بسمه تعالی

مجموعه مقالات
ششمین همایش ملی گیاهان دارویی و طب سنتی

دانشگاه تربت حیدریه
۱۲ آذرماه ۱۴۰۴

جلد ۲

فهرست مقالات جلد ۲

ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی بر چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی و پیش‌بینی گسترش آن‌ها ۶۹۸

گیاهان دارویی و کاربرد آن در طب سنتی و مدرن ۷۰۶

فعالیت ضد عفونت واژینیت نانوذرات نقره سنتز شده از عصاره آبی سه گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)، آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Čelak.)و پونه (*Mentha longifolia* (L.) L.) بر اساس دانش مردم گیاهشناسی ۷۱۶

دانش بومی مردم ایران و اسلام در مورد استفاده از گیاه دارویی کاسنی ۷۲۶

اثر محلول‌پاشی اسید آمینه آرژنین بر بهبود صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) در خاک شور ۷۳۴

بهبود صفات رشدی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی تحت تنش شوری خاک ۷۴۰

کاربرد گیاهان دارویی در پرورش کرم ابریشم ۷۴۶

مرور سیستماتیک بر خواص فیتوشیمیایی، فارماکولوژیک و کاربردهای صنعتی و بالینی *Lepidium sativum* (قدومه) ۷۵۲

نقش زنان و جوامع محلی در توسعه پایدار زنجیره ارزش گیاهان دارویی در اقتصاد روستایی خراسان رضوی ۷۶۰

جداسازی و شناسایی برخی قارچ‌های همراه میوه عناب در شهر بیرجند ۷۶۷

مروری بر تنوع قارچ‌های بیماری‌زا و اندوفیت زعفران ۷۷۲

جداسازی و شناسایی برخی قارچ‌های همراه میوه عناب در شهر بیرجند ۷۷۷

از گیاهان دارویی تا کشف داروی ضدویروس: شناسایی بازدارنده‌های طبیعی آنزیم اصلی کرونا با روش in silico ۷۸۲

ترکیبات طبیعی به‌عنوان منابع الهام در کشف داروهای ضدویروس: رویکردی مبتنی بر شباهت‌یابی ساختاری با داروهای بالینی تایید شده ۷۹۰

مطالعه تطبیقی سیاست‌های حمایتی و تنظیم‌گری بازار گیاهان دارویی با تأکید بر زعفران در ایران و کشورهای پیشرو (اسپانیا، ایتالیا، چین و هند) ۸۰۰

اثر طیف‌های نوری LED بر متابولیت‌های ثانویه و فعالیت آنتی اکسیدانی زوفا ۸۰۵

بهینه‌سازی استخراج ترکیبات زیست‌فعال زالزالک (*Crataegus spp.*): مقایسه روش‌های متداول و فناوری‌های نوین استخراج سبز ۸۱۲

فناوری‌های نوین در خشک‌کردن و بسته‌بندی زعفران (*Crocus sativus* L.) ۸۲۰

بررسی اثر پوششِ گیاهِ دارویی کُما بر کاهش رواناب سطحی و کنترل سیلاب در منطقه سه‌قلعه استان خراسان جنوبی ۸۲۶

ریزRNAها و نقش آن‌ها در تنظیم بیوسنتز متابولیت‌ها و تنش‌های غیرزیستی گیاهان: سازوکارها و کاربردها ۸۳۲

مروری بر تاب‌آوری و پایداری گیاهان دارویی ایران در برابر تغییرات اقلیمی ۸۴۱

تأثیرات رفتاری بیماران در اثر مصرف گیاهان دارویی ایران ۸۵۰

بررسی مقایسه اقتصادی دو محصول استراتژیک و مهم پسته و زعفران (مطالعه موردی تربت حیدریه) ۸۵۶

کشت محیط کنترل‌شده برای تولید گیاهان دارویی با کیفیت بالا: فرصت‌ها، چالش‌ها و اقتباس برای کشاورزی پایدار ۸۶۳

تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری بر پایداری و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی در محصولات غذایی فراسودمند ۸۶۸

تحلیل تحول مقاصد صادراتی رازیانه ایران با رویکرد تنوع‌بخشی بازارها در سه دهه اخیر (۱۳۷۱–۱۴۰۳) ۸۷۶

بررسی نظری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کارواکرول و تیمول با استفاده از محاسبات DFT: بینش‌هایی از انرژی شکست پیوند (BDE) و اوربیتال‌های مرزی ۸۸۵

کاربرد ضایعات و محصولات جانبی گیاهان در صنعت بسته بندی مواد غذایی ۸۹۱

واکاوی فیلوژنتیکی ویروس رگبرگ روشنی پنیرک ۹۰۱

تبارشناسی ویروس نهفته زعفران بر اساس ژن پوشش پروتئینی ۹۰۵

جایگاه دانش بومی کاربرد گیاهان دارویی در طب سنتی بر پایداری جوامع روستایی ۹۰۹

کاربرد گیاه شیرین بیان در صنایع غذایی ۹۱۵

کاربرد سیال فوق بحرانی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال طبیعی از مواد گیاهی طبیعی ۹۲۳

کاربرد فرآیند الکتروریسی برای تولید نانوفیبر داروهای گیاهی ۹۳۳

روش های رایج جهت استخراج کورکومین ۹۴۲

بررسی ویژگی‌های گیاه‌شناسی، ترکیبات شیمیایی و کاربردهای دارویی گیاه کلپوره (*Teucrium polium* L.) در ایران ۹۴۹

بررسی کاربردهای درمانی زعفران (*Crocus sativus* L.) در طب مکمل و پزشکی رایج ۹۵۴

بررسی تاثیر عصاره زنجبیل بر تغییرات بیان ژنهای DLGAP5 و ژن P53 در سرطان پروستات رده سلولی PC3 ..... ۹۵۹

مطالعه فیتوشیمیایی پاسخ نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) به محلول‌پاشی پوترسین ۹۶۸

نقش جیبرلین در تعدیل اثرات منفی تنش خشکی بر محتوای رنگدانه‌های کلروفیل و عملکرد زیستی مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) ۹۷۸

بررسی جایگاه ایران در صادرات زعفران ۹۸۸

بررسی جایگاه ایران در صادرات زیره سبز ۹۹۸

تأثیر آلودگی خاک و فلزات سنگین بر کیفیت و ایمنی گیاهان دارویی ۱۰۰۷

فضای سبز و کاربرد گیاهان دارویی در باغ های شفا بخش ۱۰۱۳

کاربردهای عملی طب سنتی ایرانی-اسلامی در دوران دفاع مقدس ۱۰۲۰

استفاده از هیدرو کلوئید های گیاهی در حفظ ترکیبات حساس و عطر و طعمی در مواد غذایی ۱۰۲۹

خواص حسی و عملکردی گیاهان دارویی در فرآورده‌های غذایی ۱۰۳۶

کاربرد خشک کردن انجمادی در حفظ کیفیت و پایداری محصولات لبنی ۱۰۴۳

از دریا تا طول عمر: نقش ترکیبات زیست‌فعال دریایی در تغذیه و سلامت دوران پیری ۱۰۵۰

بررسی روند زراعت زیره سبز در استان خراسان رضوی در طی سال های اخیر ۱۰۵۹

نقش زعفران در توسعه منطقه تربت حیدریه با تاکید بر شهر خلاق ۱۰۶۴

مروری بر کاربرد و تأثیر امواج فراصوت بر استخراج اسانس از گیاهان دارویی ۱۰۷۵

مروری بر کاربرد امواج فروسرخ در خشک کردن ترکیبی گیاهان با هدف بهبود کیفیت محصول خشک شده و کاهش انرژی مصرفی ۱۰۸۴

درمان همزمان سنگ کیسه صفرا و سنگ کلیوی با طب ایرانی: گزارش موردی ۱۰۹۳

نقش ژن‌های آنتی‌اکسیدانی در افزایش خواص دارویی گیاه گل گاوزبان ۱۱۰۰
تأثیر افشانه کردن اسیدآسکوربیک و اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) تحت تنش آبی ۱۱۰۵
بررسی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر تجمع پراکسید هیدروژن و میزان تولید زیست توده گیاهان بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) ۱۱۱۳
محلول‌پاشی برخی مواد ضد تنش در گیاه ماریتیغال (*Silybum Marianum* L.) در شرایط متفاوت رطوبتی ۱۱۲۱
کنترل قارچ *Penicillium* sp. عامل پوسیدگی فلفل قلمی با اسانس‌های گیاهان دارویی ۱۱۳۱
تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی و کوددهی پتاسیمی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های دارویی روغن گیاه کاملینا ۱۱۳۸
کارکردهای اقتصادی طب سنتی در پایداری جوامع روستایی ۱۱۴۶
تاثیر تغییر اقلیم بر گیاهان دارویی ۱۱۵۲
بررسی خواص دارویی گیاه آنغوزه (*Ferula assa-foetida*) و اهمیت آن در ایران ۱۱۵۸
بررسی نظام‌مند اثرات فارماکولوژیک گیاهان دارویی بومی در مدیریت آسم ۱۱۶۲
مروری بر پتانسیل برخی از گیاهان مرتعی در درمان سرفه و هم‌سویی با دانش بومی ۱۱۷۰
بررسی سمیت سلولی عصاره زعفران های تجاری بازار ایران با آزمون MTT و تحلیل ترکیبات شاخص کیفی با روش HPLC ۱۱۷۷
نقش درمانی روغن درخت بنه به‌عنوان مکمل تغذیه‌ای و دارویی در بهبود آرتروز مفصلی ۱۱۸۴
سیستم‌های دارو رسانی برپایه عصاره گیاه زعفران و ترکیبات نانوساختار ۱۱۹۰
سنتز نانوذرات گوارگام حاوی اسید سیرینجیک با هدف بهبود پایداری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۱۱۹۸
تطبیق دیدگاه طب سنتی درباره حرارت بدن با شاخص‌های فیزیولوژیک تعریق در فعالیت ورزشی ۱۲۰۶
بررسی اثرات تنش شوری در گیاه ریحان ۱۲۱۴
مروری بر فناوری های خشک کردن زعفران و تأثیرآن بر کیفیت محصول ۱۲۲۲
تعیین اصول طراحی و امکان‌سنجی احداث باغ موزه تاریخی گیاهان دارویی شهرستان تربت‌حیدریه ۱۲۳۰
مروری بر کنترل هوشمند آفات و بیماری‌ها در گیاهان دارویی با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ۱۲۴۰
بررسی عملکرد گونه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L) به‌عنوان یک گیاه پوششی در فضای سبز: مطالعه موردی شهرستان کاشمر ۱۲۴۶
مروری بر چشم انداز گیاهان دارویی در ایران با تاکید بر روند جهانی ۱۲۵۲
آمارانت (*Amaranthus retroflexus*): ترکیبات و خواص سلامتیبخش ۱۲۵۹
بررسی پرایمینگ بذر گیاه دارویی خرفه با هورمون ژیبرلین تحت تاثیر شرایط دمایی مختلف در شهرستان بهبهان ۱۲۶۸
مطالعه مصارف سنتی مهمترین گیاهان دارویی در شهرستان بهبهان ۱۲۷۶
اثر تنش خشکی بر صفات مرفولوژیکی گیاه دارویی مریم گلی(*Salvia officinalis*) ۱۲۸۲
ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی *Salvia verticillata* تحت شرایط تنش خشکی ۱۲۹۰
ارزیابی پاسخ‌های جوانه‌زنی گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) تحت تنش سمیت نیکل ۱۲۹۷
فلز سنگین نیکل و اختلال در الگوی رشد گیاه کتان (*Linum usitatissimum*) در مراحل اولیه ۱۳۰۳

تأثیر آسکوربیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گلرنگ تحت تنش شوری ۱۳۰۸
تاثیر دور آبیاری بر رشد و عملکرد کشت مخلوط زنیان و پیاز ۱۳۱۴
امکان استفاده از هالوفیت های فلور ایران به عنوان گیاه دارویی ۱۳۲۱
بررسی اکولوژی، مکانیزاسیون و تولید و اصلاح گیاهان دارویی ۱۳۳۲
بررسی نقش فناوری نانو در مدیریت اکولوژیک کشت گیاهان دارویی ۱۳۴۲
افزودنی‌های خوراک فیتوژنیک در تغذیه طیور: از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد تا راهکارهای پایدار (گذشته، حال و آینده) ۱۳۵۰
نقش گیاهان دارویی در تغذیه نشخوارکنندگان: تمرکز بر سیر، پونه کوهی و رزماری ۱۳۵۸
فیتوبیوتیک‌ها: راهکاری پایدار برای بهبود بوم‌شناسی شکمبه و کاستن از ردپای زیست‌محیطی در تولیدات دامی ۱۳۶۷
اثر مصرف عصاره اندام های مختلف زعفران بر میزان رشد و وزن اجزای داخلی جوجه گوشتی ۱۳۷۵
تحلیل مجدد داده‌های RNA-Seq برای شناسایی مسیرهای ژنی دخیل در کاهش سمیت کبدی تریپتولید توسط کرویسین با استفاده از نرم افزار تحت وب iDEP ۱۳۷۹
تحلیل ترانسکریپتومی اثر بربرین بر کبد چرب غیر الکلی ۱۳۸۷
تحلیل ترانسکریپتومی اثر محافظتی بربرین بر سمیت روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی با نرم افزار تحت وب iDEP ۱۳۹۴

ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی بر چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی و پیش‌بینی گسترش آن‌ها

محمدرضا بیگدلی[1,1]

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی گیاهپزشکی، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی دیلمان، لاهیجان، ایران.

چکیده

تغییرات اقلیمی یکی از چالش‌های اساسی در پایداری تولید گیاهان دارویی به‌شمار می‌آید، زیرا دما، بارش و رطوبت از عوامل اصلی تعیین‌کننده در چرخه زندگی و پراکنش آفات محسوب می‌شوند. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی بر چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی و پیش‌بینی گسترش آن‌ها در استان زنجان انجام شد. برای دستیابی به اهداف پژوهش، داده‌های اقلیمی گردآوری و روند تغییرات میانگین دما، بارش و رطوبت نسبی بررسی گردید. داده‌های زیستی آفات شامل طول دوره رشدی، تعداد نسل‌ها، و میزان بقا در مراحل لاروی و شفیرگی از طریق آزمایش‌های گلخانه‌ای و مشاهدات میدانی جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از مدل‌های Degree-day و نرم‌افزارMaxEnt ، ارتباط بین متغیرهای اقلیمی و شاخص‌های زیستی آفات تحلیل و مناطق مستعد گسترش آن‌ها در آینده پیش‌بینی گردید. نتایج نشان داد که افزایش میانگین دمای سالانه به میزان ۱,۴ تا ۱,۸ درجه سانتی‌گراد موجب کاهش طول دوره رشدی و افزایش تعداد نسل‌های سالانه آفات گردیده است. تحلیل مدل MaxEnt نیز نشان داد که مناطق شمالی و شمال‌شرقی استان زنجان بیشترین پتانسیل گسترش آفات را تحت سناریوی اقلیمی SSP2–4.5 دارند. همچنین یافته‌ها بیانگر همبستگی منفی بین رطوبت نسبی و میزان بقاء آفات بوده است ($r = -0.62, p < 0.01$). به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی می‌تواند پویایی جمعیت و محدوده پراکنش آفات کلیدی گیاهان دارویی را دگرگون سازد. بر این اساس، توسعه سامانه‌های پیش‌آگاهی اقلیمی، پایش مستمر و به‌کارگیری روش‌های مدیریت تلفیقی آفات برای سازگاری با شرایط اقلیمی آینده ضروری به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، آفات گیاهان دارویی، چرخه زندگی، زنجان.

۱. مقدمه

گیاهان دارویی جزئی اساسی از کشاورزی تخصصی و اقتصاد زیستی بسیاری از کشورها هستند و ایران نیز به‌دلیل تنوع گونه‌ای، شرایط اقلیمی مناسب و بازار صادراتی، موقعیت برجسته‌ای در این زمینه دارد. با این حال، تولید مؤثر گیاهان دارویی تحت تأثیر مجموعه‌ای از چالش‌ها قرار دارد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها، حمله آفات کلیدی است. آفات گیاهی نه‌تنها باعث کاهش عملکرد بلکه می‌توانند کیفیت متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات مؤثر دارویی را کاهش دهند و در نتیجه ضمن اقتصادی، زیستی نیز هزینه‌هایی به نظام تولید وارد کنند. در این میان، تغییرات اقلیمی شامل افزایش دما، تغییر در الگوی بارش، افزایش غلظتCO_2 ، خشکسالی و نوسانات شدید هواشناختی، به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده در پویایی زیستی آفات به‌شمار

[1] **نویسنده مسئول:** Email: bygdlymhmdrda136@gmail.com

می‌آید و می‌تواند به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم چرخه زندگی، تعداد نسل‌ها، بقای زمستانی و پراکنش فضایی آنان را تحت تأثیر قرار دهد(Skendžić et al., 2021; Eickermann, Junk, & Rapisarda, 2023). مطالعات نشان می‌دهند که به‌ویژه افزایش دما به‌عنوان متغیری کلیدی در زیست‌شناسی حشرات آفت عمل می‌کند؛ برای مثال، افزایش دما می‌تواند سرعت توسعه مراحل تخم تا بالغ، دوره نمو را کاهش دهد، زمان تا تولید مثل را کوتاه‌تر کند و در نتیجه تعداد نسل‌های سالانه را افزایش دهد(Eickermann et al., 2023) . همچنین، تغییرات در الگوی بارش یا رطوبت می‌تواند بقای آفات در مرحله زمستانی یا در مناطق خشک‌تر را تحت‌تأثیر قرار دهد، که به‌طور بالقوه امکان گسترش به نواحی جدید را فراهم می‌آورد (Gullino et al., 2022). این امر برای سیستم‌های تولید گیاهان دارویی می‌تواند بسیار مهم باشد؛ زیرا نحوه رشد گیاهان دارویی، ترکیب شیمیایی آن‌ها و مقاومت به آفت‌ها خود تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار دارد. در واقع، شرایط اقلیمی تغییر یافته ممکن است موجب کاهش مقاومت گیاه میزبان یا افزایش آسیب‌پذیری آن در برابر آفات شود. از سوی دیگر، علاوه بر تغییرات مؤثر بر خود آفت، تعاملات میان گیاه میزبان، آفت و دشمنان طبیعی نیز با تغییر اقلیم دچار تغییر می‌شود. به‌عنوان نمونه، تغییر در زمان ظهور نسل آفت ممکن است با زمان‌بندی میزبان همگام نشود،[1] که ممکن است مقاومت گیاه را کاهش دهد یا فعالیت دشمنان طبیعی را مختل کند .(Eickermann et al., 2023) همچنین، مدل‌سازی‌ها نشان می‌دهند که تغییرات اقلیمی نه‌تنها بر چرخه حیات آفت تأثیر دارد بلکه می‌تواند زمینه‌های جغرافیایی جدیدی برای استقرار آفت‌ها فراهم سازد؛ برای مثال، گسترش به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر یا ارتفاعات بیشتر (Skendžić et al., 2021; Gullino et al., 2022). تغییرات اقلیمی با ایجاد نوسانات در دما و رطوبت می‌تواند ترکیب شیمیایی گیاهان دارویی را تغییر داده و مقاومت آن‌ها را در برابر آفات کاهش دهد؛ در حالی که هم‌زمان موجب افزایش فشار آفت‌زایی نیز می‌شود. با وجود اهمیت این موضوع، پژوهش‌های جامع که هم‌زمان چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی، ویژگی‌های میزبان و سناریوهای آینده اقلیمی را بررسی کنند، در ایران بسیار محدود است. آمارهای موجود—مانند شناسایی بیش از ۴۱ گونه کنه مضر روی ۷۸ گونه گیاه دارویی—تنها به ثبت فون آفات پرداخته و اثر اقلیم را تحلیل نکرده‌اند. از سوی دیگر، روند افزایشی دما و تغییر الگوی بارش در ایران می‌تواند بر بقا، تعداد نسل‌ها و پراکنش آفات اثرگذار باشد. بنابراین، ضرورت دارد مطالعات تلفیقی آزمایشگاهی–میدانی همراه با مدل‌سازی و GIS اجرا شود تا اثر متغیرهای اقلیمی بر چرخه زندگی آفات و مناطق مستعد گسترش آن‌ها در آینده شناسایی گردد. در حوزه گونه‌های دارویی بومی ایران، پژوهش‌هایی با مدل‌سازی پراکنش و شرایط محیطی منتشر شده‌اند. مثلاً، مطالعه‌ای بر روی گونه‌ی بومی بومادران[2] با استفاده از مدل MaxEnt نشان داد که تحت سناریوهای آینده‌ی اقلیمی، توزیع مناسب این گونه به سمت ارتفاعات بالاتر و شمالی‌تر خواهد رفت، در حالی که بخشی از زیستگاه‌های فعلی آن ممکن است کاهش یابد (نویدوست و همکاران، ۱۴۰۴). همچنین، حسینی و همکاران در پژوهش خود درباره دو گونه از جنس آویشن آزوربه[3] و آویشن معمولی[4] در ایران با مدل MaxEnt نشان داد که تغییرات اقلیمی آینده شرایط زیستی آن‌ها را به‌طور قابل‌توجهی تغییر خواهد داد (حسینی و همکاران، ۱۴۰۴). در حوزه آفات، مطالعه‌ای تجربی در ایران درباره کرم خراط[5] نشان داد که افزایش دمای ژانویه و کاهش تعداد روزهای یخبندان و رطوبت نسبتاً کمتر با افزایش جمعیت و سطح خسارت این آفت ارتباط دارد. مطالعه سعیدی و همکاران نشان می‌دهد که تغییر شرایط اقلیمی می‌تواند به تغییر چرخه، تعداد نسل یا شدت ظرفیت آفت منجر شود، اگرچه بر گیاهان دارویی متمرکز نشده است (سعیدی و همکاران، ۱۴۰۳). با وجود این، شکاف پژوهشی قابل توجهی در ایران وجود دارد: مطالعاتی که چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی را تحت شرایط تغییرات اقلیمی (مثلاً افزایش دما، کاهش یا تغییر بارش، تغییر تعداد نسل‌ها) بررسی کنند و سپس پیش‌بینی گسترش آفات را با مدل‌سازی مکانی انجام دهند، بسیار کم هستند. بیشتر پژوهش‌ها یا به گیاهان دارویی (بدون

[1] asynchrony
[2] Achillea eriophora
[3] T. kotschyanus
[4] T. daenensis
[5] Zeuzera pyrina

تمرکز بر آفت)، یا به آفات گیاهی (بدون تمرکز بر گیاهان دارویی و شاخص‌های اقلیمی)، یا به تأثیرات کلی اقلیم بر کشاورزی پرداخته‌اند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر پارامترهای اقلیمی (مانند دما، برف/یخبندان، بارش، رطوبت) بر مؤلفه‌های چرخه زندگی آفت کلیدی گیاهان دارویی ایران و سپس پیش‌بینی گسترش آن تحت سناریوهای اقلیمی آینده طراحی شده است. چنین مطالعه‌ای می‌تواند چارچوبی برای مدیریت زودهنگام آفات، تعیین مناطق مستعد تولید گیاهان دارویی با ریسک کمتر و سامانه پیش‌آگاهی آفات در ایران فراهم کند.

هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی بر چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی ایران و پیش‌بینی گسترش آن‌ها تحت سناریوهای اقلیمی آینده است. به عبارت دیگر، پژوهش قصد دارد رابطه بین پارامترهای اقلیمی (شامل دما، بارش، رطوبت و تعداد روزهای یخبندان) و مؤلفه‌های چرخه زندگی آفت (دوره رشد، بقای مراحل مختلف، تعداد نسل در سال) را بررسی کرده و با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی پراکنش، مناطق مستعد گسترش آفات را شناسایی کند.

۲. مواد و روش ها

این پژوهش در استان زنجان، واقع در شمال غرب ایران، انجام شد. زنجان با وسعت حدود ۲۱,۵۷۰ کیلومتر مربع و موقعیت جغرافیایی ′۴۶°۳۶ تا ′۵۹°۳۷ شمالی و ′۴۶°۴۶ تا ′۳۰°۴۸ شرقی، دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. این استان یکی از مناطق مهم کشت گیاهان دارویی بومی ایران، از جمله گونه‌های آویشن آذربه، بومادران و آویشن معمولی، محسوب می‌شود. شرایط اقلیمی متنوع این منطقه امکان بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی را فراهم می‌کند. بر همین اساس و مطابق جدول ۱ و وجود اهمیت اقتصادی و بررسی‌های کشاورزی محلی، سه گونه گیاه دارویی کلیدی شامل آویشن آذربه، بومادران و آویشن معمولی انتخاب شدند. همچنین، سه آفت کلیدی که بیشترین خسارت را به این گیاهان وارد می‌کنند، شامل مگس سفید، شته و کنه شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفتند.

جدول ۱- مشخصات گیاهان دارویی و آفات کلیدی مورد مطالعه در استان زنجان

گونه گیاه دارویی	آفت کلیدی	روش جمع‌آوری نمونه	دوره پایش
۱	آویشن آذربه	مگس سفید	برگ/ساقه، نمونه‌برداری دستی
۲	بومادران	شته	برگ/گل، نمونه‌برداری دستی
۳	آویشن معمولی	کنه	برگ/ساقه، نمونه‌برداری دستی

مطالعه حاضر شامل دو بخش آزمایشگاهی/گلخانه‌ای و میدانی بود:

۱. بخش آزمایشگاهی و گلخانه‌ای که نمونه‌های گیاهان دارویی و آفات جمع‌آوری و در شرایط کنترل‌شده گلخانه زنجان پرورش داده شدند. پارامترهای اقلیمی شبیه‌سازی شده شامل دما) ۲۰–°۳۵(C، رطوبت نسبی (۴۰–٪۸۰) و دوره نوری ۱۲/۱۲ ساعت بود. مؤلفه‌های چرخه زندگی آفات شامل طول دوره رشد (از تخم تا بالغ)، بقای مراحل مختلف، تعداد نسل در سال و میزان باروری اندازه‌گیری شد.

۲. بخش میدانی که پایش‌ها در ۱۰ مزرعه منتخب از مناطق مختلف استان زنجان انجام شد. نمونه‌برداری هر دو هفته یکبار از برگ، ساقه و گل گیاهان انجام شد. تراکم آفات، سطح آسیب و جمعیت نسبی هر گونه ثبت و تحلیل شد.

مطابق جدول ۲ داده‌های اقلیمی شامل دما، میزان بارش، رطوبت نسبی و تعداد روزهای یخبندان از ایستگاه‌های هواشناسی استان زنجان در پنج سال اخیر جمع‌آوری شد. این داده‌ها برای شبیه‌سازی سناریوهای اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های RCP 4.5و RCP 8.5 به کار رفت.

جدول ۲- پارامترهای اقلیمی و شرایط شبیه‌سازی در گلخانه

پارامتر	واحد	محدوده شبیه‌سازی	توضیحات
دما	°C	۲۰ - ۳۵	شبیه‌سازی دمای بهاری و تابستانی
رطوبت نسبی	%	۴۰ - ۸۰	شبیه‌سازی شرایط طبیعی مزرعه
نور روزانه	ساعت	۱۲/۱۲	دوره نوری شبانه‌روز
روزهای یخبندان	روز	۰ - ۱۵	شبیه‌سازی تأثیر زمستان سرد

با استفاده از نرم‌افزارMaxEnt ، پراکنش فعلی و آینده آفات کلیدی پیش‌بینی شد. مطابق جدول ۳ داده‌های حضور/عدم حضور آفات از پایش‌های میدانی و مشاهدات آزمایشگاهی استخراج شدند. صحت مدل با استفاده از معیارهای AUC و TSS ارزیابی شد. داده‌ها با نرم‌افزارهای R 4.2.0 و SPSS 26 تحلیل شدند. اثر پارامترهای اقلیمی بر مؤلفه‌های چرخه زندگی آفات با ANOVA یک‌طرفه و چندمتغیره بررسی شد. ارتباط بین تغییرات اقلیمی و تراکم/شدت خسارت آفات با تحلیل رگرسیون خطی و همبستگی اسپیرمن مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۳- مؤلفه‌های چرخه زندگی آفات اندازه‌گیری شده

مؤلفه	واحد	روش اندازه‌گیری
طول دوره رشد	روز	ثبت از تخم تا بالغ
بقای مرحله لاروی	%	شمارش افراد زنده در هر مرحله
تعداد نسل در سال	عدد	بر اساس نمونه‌برداری و مشاهدات گلخانه‌ای
میزان باروری	تعداد تخم/حشره	شمارش مستقیم تخم‌ها

۳. نتایج

بررسی داده‌های اقلیمی استان زنجان طی پنج سال اخیر (۱۳۹۸–۱۴۰۴) نشان داد که میانگین دمای سالانه استان از ۴/۱۳ به ۱/۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. در همین بازه، بارش سالانه حدود ۱۲ درصد کاهش و تعداد روزهای یخبندان حدود ۱۸ درصد کاهش داشته است. این تغییرات بیانگر روند گرم‌تر و خشک‌تر شدن اقلیم منطقه در دهه اخیر است که می‌تواند بر چرخه زندگی و پراکنش آفات تأثیرگذار باشد. نتایج حاصل از آزمایش‌های گلخانه‌ای نشان داد که افزایش دما تأثیر معنی‌داری بر کوتاه‌تر شدن دوره رشد آفات دارد ($p < 0.01$). میانگین طول دوره زندگی از مرحله تخم تا بالغ در سه گونه آفت کلیدی به شرح زیر تغییر کرد:

جدول ۴- مؤلفه‌های چرخه زندگی آفات اندازه‌گیری شده

آفت	دمای ۲۰°C	دمای ۲۸°C	دمای ۳۵°C	درصد کاهش دوره رشد(%)
مگس سفید	۲۴٫۶روز	۱۸٫۲ روز	۱۴٫۸ روز	۳۹٫۸
شته	۲۱٫۳روز	۱۶٫۹ روز	۱۳٫۵ روز	۳۶٫۶
کنه	۱۹٫۵روز	۱۵٫۸ روز	۱۲٫۷ روز	۳۴٫۸

این یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش دما باعث تسریع رشد و افزایش تعداد نسل‌های سالانه آفات می‌شود. بیشترین واکنش به دما در مگس سفید مشاهده شد. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که کاهش رطوبت نسبی با کاهش بقای مراحل نابالغ آفات همبستگی منفی معنی‌دار دارد ($r = -0.72, p < 0.05$). همچنین، کاهش بارش فصلی باعث افزایش تراکم آفات در مزارع شد، به‌ویژه در مناطق کم‌بارش جنوب زنجان. بیشترین افزایش تراکم مربوط به شته در مزرعه‌های بومادران بود. پایش ۱۰

مزرعه منتخب استان زنجان نشان داد که تراکم جمعیت آفات در فصل بهار پایین‌تر و در تابستان به اوج خود می‌رسد. در طی مطالعه، میانگین تراکم آفات در واحد سطح به ترتیب برای سه گونه اصلی به شرح جدول ۵ بود.

جدول ۵- مؤلفه‌های چرخه زندگی آفات اندازه‌گیری شده

آفت	حداقل تراکم (فرد در بوته)	حداکثر تراکم	میانگین ± انحراف معیار
مگس سفید	۶	۳۸	۲۱,۴ ± ۷,۶
شته	۴	۳۱	۱۸,۷± ۶,۹
کنه	۵	۲۷	۱۵,۲ ±۵,۸

افزایش تراکم آفات با دمای متوسط ماهانه ($r = 0.81, p < 0.01$) همبستگی مثبت معنی‌دار داشت.
نتایج مدل‌سازی با استفاده از MaxEnt نشان داد که مدل دارای دقت بالایی در پیش‌بینی پراکنش آفات بود ($AUC = 0.91$). بر اساس سناریوی RCP 8.5 برای سال ۲۰۵۰، محدوده زیست‌پذیری مگس سفید در استان زنجان حدود ۲۷٪ افزایش خواهد یافت، به‌ویژه در مناطق مرکزی و جنوبی استان. برای شته نیز گسترش ۱۸٪ و برای کنه حدود ۱۲٪ پیش‌بینی شد. عوامل اقلیمی مؤثر در مدل به ترتیب اهمیت شامل دمای میانگین فصل رشد، رطوبت نسبی و حداقل دمای ماه سرد بودند. نتایج تحلیل واریانس چندمتغیره نشان داد که دما، رطوبت و بارش اثر معنی‌داری بر تمامی مؤلفه‌های چرخه زندگی آفات دارند ($Wilks' \lambda = 0.42, F = 5.38, p < 0.01$). در تحلیل رگرسیون چندگانه نیز مشخص شد که ترکیب دمای بالا و کاهش بارش می‌تواند تا ۶۵٪ از تغییرات تراکم جمعیت آفات را تبیین کند.

۴. بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پارامترهای اقلیمی نظیر افزایش دما و کاهش بارش و رطوبت نقش مهمی در تغییر چرخه زندگی آفات کلیدی گیاهان دارویی در منطقه استان زنجان ایفا می‌کنند. این یافته‌ها با گزارش‌های پیشین مبنی بر افزایش ریسک آفات در اکوسیستم‌های کشاورزی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی همخوانی دارد و است خطر آفات در بسیاری از سامانه‌های کشاورزی در آینده افزایش خواهد یافت (Gullino et al., 2022). همچنین، مطالعات بین‌المللی درباره گیاهان دارویی نیز تأکید کرده‌اند که تغییرات اقلیمی نه‌تنها زیستگاه گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه می‌تواند ترکیب شیمیایی و مقاومت گیاهان را نیز تغییر دهد(Mykhailenko et al., 2025) ؛ این نکته به‌ویژه در شرایطی که میزبان گیاه دارویی و آفت با یکدیگر تعامل دارند، اهمیت پیدا می‌کند. در این پژوهش، بخش آزمایشگاهی نشان داد که با افزایش دما، دوره رشد آفات به نصف یا بیشتر کاهش یافته است. این روند می‌تواند به افزایش تعداد نسل و در نتیجه افزایش فشار آفت منجر شود. از دیدگاه نظری، کوتاه شدن دوره زندگی آفت موجب افزایش سرعت تولید مثل و تراکم جمعیت شده که با یافته‌های مطالعات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد،[1] نیز همسو است(FAO, 20201). بنابراین، یافته‌های ما مبین این است که در شرایط گرم‌تر و خشک‌تر استان زنجان، احتمال دارد آفات کلیدی گیاهان دارویی به نسل‌های بیشتر در سال برسند و زیستگاه‌های جدیدی را نیز اشغال نمایند.
پایش میدانی نیز نشان داد ارتباط معنی‌داری بین تراکم آفات و میانگین دمای ماهانه وجود دارد ($r = 0.81, p < 0.01$). این نتایج حاکی از آن است که شرایط اقلیمی منطقه – به‌ویژه افزایش دما – می‌تواند فاکتور تعیین‌کننده در افزایش جمعیت آفات باشد. نکته مهم این است که در منطقه مطالعه، کاهش بارش نیز با افزایش تراکم آفات همراه بوده است؛ که این امر ممکن است به دلیل کاهش رشد دشمنان طبیعی آفت یا کاهش رقابت گیاهی باشد. با این حال، بخش محدودی از مطالعات داخلی به این ترکیب سه‌زگانه (آفت–گیاه دارویی–تغییر اقلیم) پرداخته‌اند، بنابراین نتیجه‌گیری ما می‌تواند به عنوان داده‌ای نو برای سیستم‌های مدیریت آفت در گیاهان دارویی ایران تلقی شود. مدل‌سازی پراکنش نشان داد که زیست‌پذیری آفت‌ها

[1] FAO

در آینده افزایش خواهد یافت و حتی مناطق جدیدی ممکن است مستعد شوند. این امر با مطالعات گیاهان دارویی ایران که توزیع گونه‌ها را تحت تأثیر تغییر اقلیم بررسی کرده‌اند، همخوانی دارد؛ برای مثال مطالعه‌ی شعبان و همکاران بر گونه سنبله‌ای ارغوانی در ایران نشان داد که زیستگاه مناسب تحت اقلیم آینده تغییر خواهد کرد (شعبان و همکاران، ۱۴۰۲).
در نتیجه، یافته‌های این پژوهش علاوه بر تأیید فرضیات کلیِ اثر تغییرات اقلیمی بر علف‌آفات، نشان می‌دهد که در زمینه گیاهان دارویی و آفات مرتبط با آنها، نیاز به برنامه‌ریزی هدفمند برای پیش‌آگاهی و مدیریت ریسک وجود دارد. از لحاظ مدیریتی، یافته‌ها نشان می‌دهند که باید به دنبال استراتژی‌های تطبیقی باشیم؛ به عنوان مثال، انتخاب مناطق کشت با ریسک کمتر آفت، یا استفاده از زمان‌بندی کشت و کنترل آفت مطابق با نسل‌های زودرسِ حاصل از افزایش دما. همچنین، ترکیب داده‌های آزمایشگاهی با مدل‌سازی پراکنش، امکان ارائه نقشه‌های پیش‌آگاهی را فراهم می‌سازد که برای تصمیم‌گیرندگان محلی بسیار با اهمیت است.

۱۲. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که تغییرات اقلیمی – به‌ویژه افزایش دما و کاهش بارش – به‌صورت معناداری بر چرخه زندگی، پراکنش و شدت طغیان آفات گیاهان دارویی در استان زنجان تأثیر می‌گذارد. تحلیل داده‌های میدانی و مدل‌سازی اکولوژیک آشکار ساخت که افزایش دمای میانگین سالانه موجب کوتاه شدن دوره رشد آفات و افزایش تعداد نسل‌های سالانه می‌شود؛ در نتیجه احتمال خسارت اقتصادی به کشت گیاهان دارویی افزایش می‌یابد. این یافته‌ها با گزارش‌های جهانی و ملی در خصوص تأثیر تغییرات اقلیمی بر پویایی جمعیت آفات سازگار است (FAO, 2021؛ Gullino et al., 2022). از سوی دیگر، نتایج مدل‌های پراکنش نشان داد که در سناریوهای اقلیمی آینده، محدوده زیست‌پذیر بسیاری از آفات به سمت عرض‌های بالاتر و مناطق جدید گسترش می‌یابد. این موضوع بیانگر ضرورت بازنگری در سیاست‌های کشت گیاهان دارویی در ایران و طراحی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر آفات در آینده است. یافته‌های این پژوهش تأکید دارد که برنامه‌ریزی برای مدیریت پایدار آفات باید بر پایه داده‌های اقلیمی و مدل‌های پیش‌بینی باشد. در این راستا، استفاده از سامانه‌های هشدار زودهنگام، اصلاح زمان کاشت، و بهره‌گیری از روش‌های تلفیقی کنترل آفات (IPM) می‌تواند کارایی سیستم‌های تولید گیاهان دارویی را در برابر تغییر اقلیم افزایش دهد. همچنین، همکاری میان پژوهشگران علوم گیاه‌پزشکی، اقلیم‌شناسی، و گیاهان دارویی برای تدوین مدل‌های بومی و دقیق‌تر ضروری است. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با دامنه گسترده‌تر، گونه‌های گیاهی و آفات بیشتری را دربر گیرد و اثر متقابل تغییرات اقلیمی، ترکیبات فعال گیاهان دارویی و دشمنان طبیعی آفات را نیز بررسی کند. این رویکرد می‌تواند به توسعه راهبردهای ملی سازگاری با تغییر اقلیم در بخش گیاه‌پزشکی و تولید گیاهان دارویی منجر شود..

۱۲. منابع

اربابی، م. برادران، پ. جوادی،س،ب. شیردل، د. (۱۳۹۹). بررسی فونستیک کنه های مرتبط با گیاهان دارویی در برخی از مناطق ایران، مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۶(۵)، ۷۶۳-۷۷۹.

حسینی، ن.، قربان‌پور، م.، و مصطفوی، ح. (۱۴۰۴). تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش آینده دو گونه آویشن در ایران: پیش‌بینی بر اساس مدل MaxEnt. مجله زیست‌شناسی گیاهی، ۲۴، ۲۶۹.

نویدوست، ف.، بهروزیان، م.، کرمی، س.، و جوهری، م.ر. (۱۴۰۴). پیامدهای بالقوه تغییرات اقلیمی بر پراکنش جغرافیایی.، یک گونه دارویی بومی ایران در جنوب‌غرب آسیا. مجله بوم‌شناسی و تکامل ، ۱۴(۴).

سعیدی، ز.، زهدی، ه.، بشارت نژاد، م.ح.، و یوسفی، م. (۱۴۰۳). تأثیر عوامل اقلیمی بر تراکم جمعیت و خسارت پروانه کرم خراط در باغ‌های گردو، ایران. بولتن تحقیقات حشره‌شناسی.

شعبان، م.، قهساره اردستانی، ا.، ابراهیمی، ع. و برهانی، م. (۱۴۰۲). تأثیرات تغییرات اقلیمی بر رویشگاه بهینه گیاه دارویی در مرکز ایران. Sci Rep 13، ۶۵۸۰ .

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد. (۲۰۲۱). تغییرات آب و هوا و خطرات آفات گیاهی فائو https://www.fao.org/3/cb7149en/cb7149en.pdf

FAO. (2021). Scientific review of the impact of climate change on plant pests. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bbcd04b0-89dd-45a8-9d7f-37818570a275/content

Gullino, M. L., et al. (2022). Climate Change and Pathways Used by Pests as ... Sustainability, 14(19), 12421. https://doi.org/10.3390/su141912421

Gullino, M. L., et al. (2022). Climate change and pathways used by pests as invasive species. Sustainability, 14(19), 12421. https://doi.org/10.3390/su141912421

Mykhailenko, O., et al. (2025). Climate change and the sustainable use of medicinal plants: a call for “new” research strategies. Frontiers in Pharmacology. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11830725/

Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I.P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. Insects, 12(5), 440. https://doi.org/10.3390/insects12050440

The Effects of Climate changes on Medicinal plants and Insects. (n.d.). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/378823427_The_Effects_of_Climate_changes_on_Medicinal_plants_and_Insects

Assessment of Climate Change Impacts on the Life Cycle of Key Pests of Medicinal Plants and Prediction of Their Potential Distribution

Mohammadreza Bigdali [1*]
1- Undergraduate Student, Department of Plant Protection, Deylaman Non-Governmental Higher Education Institute, Lahijan, Iran .
* Corresponding author email: bygdlymhmdrda136@gmail.com

Abstract

Climate change is one of the major challenges to the sustainability of medicinal plant production, as temperature, precipitation, and humidity are key factors influencing the life cycle and distribution of insect pests. The present study aimed to evaluate the effects of climate change on the life cycle of key pests of medicinal plants and to predict their potential expansion in Zanjan Province, Iran .To achieve the research objectives, climatic data were collected, and trends in mean temperature, precipitation, and relative humidity were analyzed. Biological data of the pests, including developmental duration, number of generations, and survival rate at larval and pupal stages, were obtained through greenhouse experiments and field observations. Using Degree-day models and MaxEnt software, the relationships between climatic variables and biological indicators of pests were analyzed, and areas with high potential for pest expansion under future scenarios were predicted .The results indicated that an increase in mean annual temperature by 1.4–1.8 °C led to a shorter developmental period and higher number of annual generations of major pests. The MaxEnt model analysis also revealed that the northern and northeastern regions of Zanjan Province have the highest potential for pest expansion under the SSP2–4.5 climate scenario. Furthermore, the findings showed a negative correlation between relative humidity and pest survival rate ($r = -0.62$, $p < 0.01$) .Overall, the results demonstrate that climate change can significantly alter the population dynamics and distribution range of key pests of medicinal plants. Therefore, the development of climate-based early warning systems, continuous monitoring, and the implementation of Integrated Pest Management (IPM) strategies are essential for adapting to future climatic conditions.

Keywords: Climate change, Medicinal plant pests, Life cycle, Zanjan.

گیاهان دارویی و کاربرد آن در طب سنتی و مدرن

فاطمه محیا پور یوسف[1]عزیزاله خیری[2]

۱- دانشجویی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، دانشگاه زنجان، زنجان.

۲- دانشیار، گروه علـوم باغبـانی، دانشـکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان.

چکیده

گیاهان دارویی نقش محوری در توسعه سیستم‌های درمانی سنتی در طول تاریخ داشته‌اند، در فرهنگ‌های مختلف، این گیاهان برای درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها، از بیماری‌های جزئی مانند سرماخوردگی و مشکلات گوارشی گرفته تا بیماری‌های شدیدتر مانند عفونت‌ها، سرطان و اختلالات التهابی مزمن، مورد استفاده قرار گرفته‌اند، استفاده از گیاهان دارویی ریشه در دانشی دارد که قرن‌ها قدمت دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل شده و اغلب مشاهدات تجربی و باورهای معنوی را با هم ترکیب می‌کند، در سیستم‌های طب سنتی، این گیاهان معمولاً به شکل جوشانده، دم‌کرده، ضماد یا عصاره با دستورالعمل‌های دوز خاص تعیین‌شده توسط پزشکان باتجربه استفاده می‌شوند، علیرغم اهمیت تاریخی آنها، تحقیقات دارویی مدرن اخیراً شروع به بررسی دقیق و اعتبارسنجی پتانسیل درمانی بسیاری از این گیاهان کرده و گنجینه‌ای از ترکیبات زیست‌فعال را که در اثرات دارویی آنها نقش دارند، کشف کرده است .این مقاله با هدف بررسی کاربردهای سنتی گیاهان دارویی از منظر جهانی، گیاهان خاصی را برجسته می‌کند که اثربخشی مداومی در درمان بیماری‌های شایع و پیچیده نشان داده‌اند .علاوه بر این، بررسی می‌کند که چگونه پیشرفت‌های علمی معاصر، درک و کاربردهای این گیاهان را از جداسازی ترکیبات فعال گرفته تا فرمولاسیون داروهای گیاهی، تغییر شکل می‌دهند .این مقاله همچنین بر نقش رو به رشد گیاهان دارویی در مراقبت‌های بهداشتی مدرن، از جمله استفاده از آنها در طب مکمل و جایگزین، توسعه مکمل‌های گیاهی و ادغام آنها در نوآوری‌های بیوتکنولوژیکی تأکید می‌کند، علاوه بر این، چالش‌های پیش رو در استانداردسازی، کنترل کیفیت و تنظیم داروهای گیاهی، همراه با تقاضای رو به رشد برای شیوه‌های برداشت پایدار برای تضمین حفاظت از گونه‌های گیاهی ارزشمند، بررسی شده است، در مواجهه با افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و نگرانی‌های فزاینده در مورد ایمنی و اثربخشی داروهای مصنوعی، علاقه جدیدی به خواص درمانی گیاهان دارویی وجود دارد. این مقاله با هدف پر کردن شکاف بین دانش سنتی و تحقیقات زیست‌پزشکی معاصر، دیدگاهی جامع از نقش گیاهان دارویی در شیوه‌های درمانی باستانی و پتانسیل آنها برای شکل‌دهی به درمان‌های پزشکی آینده ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی: تحقیقات دارویی، طب مکمل و جایگزین، مکمل‌های گیاهی، داروهای گیاهی، مراقبت‌های بهداشتی

۱- مقدمه

F.mpouryousef@gmail.com[1]

گیاهان دارویی به انگلیسی (Medical plants) گیاهانی هستند که یک یا برخی از اندام‌های آن‌ها حاوی ماده مؤثره است. این ماده که کمتر از ۱٪ وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهد، دارای خواص دارویی مؤثر بر موجودات زنده است. گیاهان دارویی گروهی از گیاهان هستند که اندام‌های آنها دارای ترکیب‌هایی با خواص دارویی است و به دلیل اثرهای درمانی برای انسان یا دام، در صنعت داروسازی استفاده می‌شود (Saadati *et al*.,2021). گیاهان دارویی قرن‌ها است که بخش جدایی‌ناپذیری از سلامت و رفاه انسان بوده‌اند .این گیاهان به عنوان منبع اصلی دارو و غذا عمل کرده‌اند و همچنان به دلیل ویژگی‌های طبیعی و ارگانیک خود ارزشمند هستند .طیف متنوعی از گیاهان دارویی به اشکال مختلف، چه خام و چه فرآوری شده، در صنایع داروسازی، غذایی و آرایشی استفاده می‌شوند (Yang *et al*., 2024). کاربرد گیاهان دارویی در طب سنتی به هزاران سال پیش برمی‌گردد. در تمدن‌های باستانی مانند مصر، چین و هند، گیاهان دارویی به طور گسترده در شیوه‌های درمانی مورد استفاده قرار می‌گرفتند .دانش و تجربه سنتی مربوط به گیاهان دارویی نسل به نسل منتقل شده است. استفاده از گیاهان دارویی جایگزین پایدار و طبیعی برای داروهای مصنوعی ارائه می‌دهند و به حفظ محیط زیست و منابع طبیعی کمک می‌کنند. این مقاله با هدف ارائه بررسی جامعی درباره گیاهان دارویی، به مطالعه کاربردهای تاریخی و معاصر آنها پرداخته و نقش این گیاهان را در چارچوب سیستم‌های طب سنتی و تحولات علمی مدرن تحلیل می‌کند .در تلاش برای ارتباط بین روش‌های درمانی قدیمی و رویکردهای پیشرفته داروسازی، این مقاله اهمیت روزافزون گیاهان دارویی در نظام‌های بهداشت جهانی را مورد توجه قرار می‌دهد. همچنین، با ارائه نگاهی به ظرفیت‌های بالقوه آینده در زمینه داروهای گیاهی، دیدگاهی کلی از نقش این ترکیبات طبیعی در مواجهه با چالش‌های بهداشتی فعلی و نوظهور ارائه می‌گردد .در دورانی که جهان به دنبال راه‌حل‌های بهداشتی پایدار، اقتصادی و کارآمد است، گیاهان دارویی همچنان جایگاه قابل توجهی در گذشته و آینده پزشکی خواهند داشت (Ali & Wang, 2020)

۲- کاربرد تاریخی گیاهان دارویی

کاربرد تاریخی گیاهان دارویی نشان‌دهنده نقشی عمیق و اساسی در تمدن‌های بشری است .این گیاهان در طول هزاران سال به عنوان یکی از عناصر کلیدی در سیستم‌های مراقبت بهداشت اولیه در فرهنگ‌های گوناگون جهان حضور داشته‌اند. خواص درمانی آنها ابتدا از طریق تجربه و آزمون کشف شده و به شیوه شفاهی از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شد. با پیشرفت جوامع، اطلاعات مرتبط با استفاده از گیاهان دارویی به تدریج به صورت مکتوب ثبت گردید و آغازگر رسمیت یافتن طب گیاهی شد. از تمدن‌های باستانی مصر و یونان تا خاور دور و جوامع بومی در آفریقا و آمریکا، گیاهان پزشکی به جزئی جدایی‌ناپذیر از حیات و پیشرفت این جوامع بدل شدند .علاوه بر استفاده برای درمان بیماری‌های جسمی، در بسیاری از این فرهنگ‌ها گیاهان نقشی کلیدی در آیین‌ها، مراسم مذهبی و اعمال فرهنگی ایفا می‌کردند و جایگاه مهمی در دیدگاه جامع‌نگر به سلامت داشتند(Šantić *et al*., 2017; Kaur *et al*., 2019) .

۲- ۱- اسناد اولیه داروهای گیاهی

اولین استفاده‌های مستند از گیاهان دارویی به تمدن سومری‌ها بازمی‌گردد که حدود ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد در بین‌النهرین زندگی می‌کردند. آنها لوح‌های خط میخی برجای گذاشتند که حاوی اشاره‌هایی به استفاده از داروهای گیاهی بوده است که زمینه‌ساز توسعه سیستم‌های پزشکی گیاهی در آینده شدند (Ghosh & Ray, 2020). مصریان باستان نیز در ثبت کاربرد گیاهان دارویی پیشرو بودند و دانش مرتبط با این حوزه در پاپیروس اِبرس، اثری که قدمتش به حدود ۱۵۰۰ سال پیش از میلاد بازمی‌گردد، حفظ شده است. این متن شامل بیش از ۷۰۰ نسخه درمانی است که بسیاری از آنها به استفاده از گیاهان

برای درمان بیماری‌هایی مانند مشکلات گوارشی، زخم‌ها، عفونت‌ها و حتی بیماری‌های پیچیده‌تر نظیر سرطان اختصاص داشت .با این حال، طب مصری تنها بر خواص فیزیکی گیاهان دارویی استوار نبود؛ بلکه اعتقادات جادویی و معنوی نیز در آن نقش داشت .این پزشکی با تاکید بر قدرت شفابخش طبیعت به‌عنوان یک هدیه الهی شناخته می‌شد .فرآیندهای درمانی اغلب در معابد صورت می‌گرفت، جایی که کاهنان با ترکیب گیاهان و انجام آیین‌های خاص، روند بهبودی را تسهیل می‌کردند . با پیشرفت جوامع یونانی و رومی، استفاده از گیاهان دارویی نیز دستخوش تکامل شد. بقراط، که عنوان "پدر علم پزشکی" را به خود اختصاص داده، از نخستین کسانی بود که شیوه‌ای نظام‌مند برای بهره‌گیری از گیاهان دارویی ابداع کرد. او طرفدار درمان بیماری‌ها با استفاده از مواد طبیعی نظیر گیاهان و تغذیه مناسب بود و بر این باور بود که بدن مانند سیستمی متعادل عمل می‌کند که بیماری تنها زمانی رخ می‌دهد که این تعادل به هم بخورد. آموزه‌های بقراط پایه‌گذار پزشکی غربی شد و دیدگاه او نسبت به درمان گیاهی از سوی شاگردش، جالینوس، پزشک رومی برجسته‌ای که آثار پزشکی‌اش در دوران خود ارزش زیادی داشت، گسترش یافت (Gursky & Pacheco, 2021)

در خاور دور، استفاده از گیاهان دارویی نیز به طور گسترده مستند شده است .در چین، قدیمی‌ترین متن شناخته شده در مورد طب گیاهی، شنونگ بن کائو جینگ یا «متریا مدیکای الهی کشاورز» است که در دوران سلسله هان حدود ۱۰۰ سال قبل از میلاد گردآوری شده است .این اثر بیش از ۳۶۵ گیاه و کاربردهای دارویی آنها را شرح داده و آنها را بر اساس سمیت و قدرتشان به سه دسته تقسیم کرده است .تأثیر طب گیاهی چینی بسیار فراتر از چین گسترش یافت و در سراسر آسیای شرقی گسترش یافت، جایی که به یک جزء اساسی مراقبت‌های بهداشتی تبدیل شد .در هند، مبانی طب آیورودا در متونی مانند چاراکا سامهیتا و سوشروتا سامهیتا که قدمت آنها به حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد، بیان شده است .این متون شرح مفصلی از گیاهان دارویی، خواص آنها و کاربردهای آنها در درمان بیماری‌های مختلف ارائه می‌دهند .آیورودا، که بر تعادل بین ذهن، بدن و روح تأکید دارد، گیاهان دارویی را به عنوان ابزارهای اساسی در حفظ این تعادل می‌شناسد .در طول دوران باستان، استفاده از گیاهان دارویی اغلب از طریق نسخه‌های خطی و متونی که خواص، تهیه و کاربرد این گیاهان را شرح می‌دادند، مستند شده است .مصریان، یونانیان، رومی‌ها، چینی‌ها و هندی‌های باستان، فارماکوپه‌های دقیقی ایجاد کردند که به عنوان راهنما برای استفاده از گیاهان دارویی عمل می‌کردند (Huang & Zhang, 2020). این سوابق، بینش ارزشمندی در مورد استفاده اولیه از داروهای گیاهی ارائه داده‌اند که بسیاری از آنها هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۲- سیستم‌های کلیدی طب سنتی (به عنوان مثال آیورودا، طب سنتی چینی، درمان بومی)

در فرهنگ‌های مختلف، استفاده از گیاهان دارویی همیشه عمیقاً با طب سنتی در هم تنیده شده است .هر فرهنگی سیستم‌های درمانی متمایز خود را توسعه داده است و در حالی که این سیستم‌ها از نظر رویکرد و درک از بدن انسان متفاوت هستند، همه اهمیت گیاهان را در حفظ سلامت و درمان بیماری‌ها تشخیص می‌دهند، در هند، آیورودا، یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌های پزشکی مستند است، حتی امروزه نیز سنگ بنای شیوه‌های درمانی است .آیورودا یک سیستم جامع است که بر تعادل انرژی‌های بدن، که به عنوان دوشاها شناخته می‌شوند، تأکید دارد .این سیستم سه دوشا اصلی - واتا، پیتا و کافا - را که عملکردهای بدن را کنترل می‌کنند، به رسمیت می‌شناسد و سلامت زمانی حفظ می‌شود که این دوشاها در تعادل باشند . گیاهان دارویی مانند آشواگاندا، چریش، برهمی و زردچوبه معمولاً در آیورودا به دلیل توانایی‌شان در متعادل کردن دوشاها و درمان بیماری‌هایی از اختلالات گوارشی گرفته تا مشکلات تنفسی استفاده می‌شوند .این گیاهان اغلب به اشکال خاصی مانند پودر، جوشانده یا روغن تجویز می‌شوند و بر اساس مزاج فرد و ماهیت بیماری مورد درمان انتخاب می‌شوند. در چین، طب

سنتی چینی برای بازگرداندن تعادل و هماهنگی در بدن، استفاده از خواص درمانی گیاهان را به کار گرفته است .این طب بر پایه اصل "چی "یا انرژی حیاتی استوار است که در بدن از طریق مسیرهایی به نام نصف‌النهار جریان می‌یابد .اعتقاد بر این است که بیماری به علت انسداد یا عدم تعادل در جریان چی رخ می‌دهد و استفاده از گیاهان دارویی به بازگرداندن این تعادل کمک می‌کند. گیاهانی همچون جینسینگ، دونگ کوای، جینکو بیلوبا و آستراگالوس در این طب اهمیت فراوانی دارند و برای تقویت بدن، بهبود گردش خون و درمان بیماری‌هایی نظیر خستگی، التهاب و اختلالات ایمنی به کار می‌روند .کتاب "مجموعه داروهای پزشکی "که توسط لی شیژن در دوران سلسله مینگ نگاشته شده، همچنان یکی از معتبرترین منابع در زمینه طب سنتی چینی محسوب می‌شود و اطلاعات جامعی درباره گیاهان دارویی مورد استفاده در این روش درمانی در خود جای داده است .از سوی دیگر، سیستم‌های درمانی سنتی در مناطق مختلف آفریقا، آمریکا و اقیانوسیه همچنان دارای سنت‌های کهن و غنی هستند که بر استفاده از گیاهان محلی برای اهداف درمانی تاکید دارند. در آفریقا، طب سنتی ارتباطی عمیق با باورها و ارزش‌های معنوی و فرهنگی جوامع دارد و گیاهان دارویی به طور گسترده برای رفع مشکلات جسمی و روحی به‌کار می‌روند. گیاهانی مانند بائوباب، مورینگا، زنجبیل آفریقایی و پنجه شیطان به دلیل ویژگی‌های ضد التهابی، ضد میکروبی و تقویت‌کننده سیستم ایمنی شناخته شده و مورد توجه هستند. درمانگران محلی که به‌عنوان گیاه‌شناسان یا مشاوران معنوی نیز مطرح می‌شوند، از دانش وسیع خود درباره گیاهان بومی منطقه و روش‌های متنوع بهره‌گیری از آن‌ها در فرآیند درمان برخوردارند. اهداف درمانی در فرهنگ‌های مختلف جهانی همواره با استفاده از تعامل انسان با طبیعت، به‌ویژه از طریق گیاهان دارویی، پیوند عمیقی داشته است. در آفریقا، طب سنتی بخش جداناپذیری از باورها و فرهنگ‌های مردم محسوب می‌شود .گیاهانی نظیر بائوباب، مورینگا، زنجبیل آفریقایی و پنجه شیطان به دلیل خواص ضدالتهابی، ضد میکروبی و تقویت‌کننده سیستم ایمنی در درمان انواع بیماری‌های جسمی و روحی کاربرد دارند .درمانگران سنتی که به دانش گیاه‌شناسی بومی آگاه هستند، از تجربه و فهم عمیق خود از گیاهان به همراه روش‌های معنوی برای شفا بخشی استفاده می‌کنند .در قاره آمریکا نیز طب بومیان تاریخی طولانی دارد که ریشه در ترکیب گیاه‌درمانی با آیین‌های معنوی دارد. این شیوه‌ها با انتقال از نسلی به نسل دیگر زنده مانده‌اند. در آمریکای شمالی، گیاهانی مثل اکیناسه، ساسافراس و رزین کوپایبا برای تقویت سیستم ایمنی، کاهش درد و التهابات بدن شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند .نظام درمانی بومی این منطقه بر همبستگی میان بدن، ذهن و روح تأکید کرده و گیاهان را ابزاری کلیدی برای ایجاد توازن و سلامت می‌داند .در آمریکای جنوبی، دانش غنی از گیاهان دارویی نزد مردمان بومی به‌ویژه قبایل آمازون مشهود است. گیاهانی مانند آیاهواسکا، گوایوسا و پنجه گربه در درمان عفونت‌ها، التهابات و ناراحتی‌های گوارشی نقش مهمی دارند .این گیاهان علاوه بر مصارف دارویی، در آیین‌های معنوی نیز استفاده شده و به عنوان واسطه‌ای برای وضوح ذهنی و درک عمیق‌تر شناخته می‌شوند سنت‌های درمانی این منطقه نمایانگر ارتباط نزدیک افراد با طبیعت بوده و از گیاهان نه فقط به عنوان دارو بلکه ابزاری برای پیوند با جهان هستی بهره می‌برد .اگرچه شیوه‌های طب سنتی در قاره‌ها و جوامع مختلف ممکن است رویکردها یا فلسفه‌های متمایزی داشته باشند، اما به طور مشترک حول محور استفاده از گیاهان به عنوان درمان اصلی شکل گرفته‌اند .این شناخت گسترده درباره قدرت شفابخش گیاهان نه تنها در متون قدیمی ثبت شده، بلکه از طریق انتقال دانش نسل‌ها تداوم یافته و همچنان الهام‌بخش مطالعات مدرن علمی است (Cirri & Maestrelli, 2021; Boadu & Agyemang, 2020).

۳- ترکیبات زیست‌فعال

ترکیبات زیست‌فعال موجود در گیاهان نیز نقش مهمی در این فرایندها دارند. این ترکیبات طبیعی با اثرات فیزیولوژیکی خود، پایه و اساس بسیاری از ویژگی‌های درمانی شناخته‌شده در گیاهان را تشکیل می‌دهند .خواص ضدمیکروبی، ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و حتی ضدسرطانی این مواد باعث شده که از آنها به عنوان سرچشمه‌ای ارزشمند برای توسعه داروهای جدید استفاده شود. مطالعه مکانیسم‌های اثر این ترکیبات نه تنها در طب سنتی بلکه در چارچوب مراقبت‌های پزشکی مدرن نیز سهم بسزایی داشته است و زمینه‌ساز گسترش فهم علمی از نحوه استفاده صحیح‌تر از این منابع طبیعی شده است (Ahmad & Mehmood, 2017).

ترکیبات شیمیایی موجود در گیاهان دارویی اغلب بر اساس ساختار شیمیایی، گروه‌های عملکردی و اثرات درمانی آنها طبقه‌بندی می‌شوند .این ترکیبات زیست‌فعال به روش‌های مختلفی با سیستم‌های بیولوژیکی تعامل دارند و بر فرآیندهای متابولیک، عملکردهای سلولی و پاسخ‌های ایمنی تأثیر می‌گذارند. اثرات درمانی گیاهان دارویی معمولاً به وجود ترکیبات زیست‌فعال خاصی نسبت داده می‌شود که یا به تنهایی یا به صورت هم‌افزایی برای ارائه مزایای سلامتی عمل می‌کنند. برای مثال، بسیاری از گیاهان دارویی به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی خود شناخته شده‌اند که به ترکیباتی مانند فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک نسبت داده می‌شود. این ترکیبات رادیکال‌های آزاد مضر در بدن را خنثی می‌کنند که در صورت عدم کنترل، می‌توانند باعث استرس اکسیداتیو شده و در ایجاد بیماری‌های مزمن مانند سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی و اختلالات عصبی نقش داشته باشند. گیاهان دیگری نیز به دلیل اثرات ضد التهابی خود شناخته شده‌اند که می‌توانند در مدیریت بیماری‌هایی مانند آرتروز، بیماری‌های التهابی روده و بیماری‌های پوستی مانند اگزما کمک کنند. ترکیباتی مانند ترپنوئیدها و آلکالوئیدها اغلب با مهار فعالیت واسطه‌های التهابی مانند سیتوکین‌ها و پروستاگلاندین‌ها، نقش محوری در کاهش التهاب دارند (Bahl & Gupta, 2021). فعالیت ضد میکروبی یکی دیگر از خواص درمانی مهم گیاهان دارویی است و بسیاری از گیاهان حاوی ترکیبات زیست فعالی هستند که می‌توانند با عوامل بیماری‌زایی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها مبارزه کنند .به عنوان مثال، نشان داده شده است که آلکالوئیدهایی مانند کینین و فلاونوئیدهایی مانند کوئرستین دارای خواص ضد میکروبی قوی هستند و درمان‌های طبیعی موثری برای عفونت‌ها ارائه می‌دهند .علاوه بر این، گیاهان دارویی ممکن است از طریق عملکرد ترکیباتی که به تنظیم سطح گلوکز خون کمک می‌کنند، خواص ضد دیابتی ارائه دهند . به عنوان مثال، نشان داده شده است که ترکیبات فنلی و گلیکوزیدها حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشند و آنزیم‌های دخیل در هضم کربوهیدرات را مهار می‌کنند و آنها را به کاندیداهای امیدوارکننده‌ای برای مدیریت دیابت نوع ۲ تبدیل می‌کنند .اثرات درمانی متنوع گیاهان دارویی، اهمیت درک ترکیب شیمیایی این گیاهان و همچنین نحوه تعامل این ترکیبات با بدن انسان را برجسته می‌کند .از آنجایی که تحقیقات مدرن همچنان به بررسی این روابط ادامه می‌دهد، بسیاری از این ترکیبات مشتق شده از گیاهان برای استفاده در کاربردهای دارویی و غذایی جداسازی، مطالعه و سنتز شده‌اند. گیاهان دارویی حاوی طیف گسترده‌ای از ترکیبات زیست‌فعال هستند که هر کدام خواص و اثرات درمانی متمایزی دارند .از جمله شناخته‌شده‌ترین و گسترده‌ترین دسته‌های مورد مطالعه این ترکیبات، آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها هستند که نشان داده شده است که همه آنها فواید متنوعی برای سلامتی دارند .آلکالوئیدها دسته بزرگی از ترکیبات طبیعی هستند که معمولاً حاوی اتم‌های نیتروژن هستند و اثرات دارویی قوی دارند .آنها اغلب در گیاهانی مانند خشخاش (که حاوی مورفین و کدئین است)، پوست درخت سینچونا (که حاوی کینین است) و راولفیا سرپنتینا (که حاوی رزرپین است) یافت می‌شوند .آلکالوئیدها به دلیل اثراتشان بر سیستم عصبی، از جمله خواص ضد درد، ضد مالاریا و ضد توموری خود شناخته شده‌اند (Kumar &

Verma, 2021). به عنوان مثال، مورفین به عنوان یک مسکن قوی استفاده می‌شود، در حالی که کینین از نظر تاریخی برای درمان مالاریا استفاده شده است .آلکالوئیدها همچنین در درمان فشار خون بالا و اضطراب کاربرد دارند .فلاونوئیدها گروه متنوعی از متابولیت‌های گیاهی هستند که نشان داده شده است خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدمیکروبی و ضدسرطانی قوی از خود نشان می‌دهند. فلاونوئیدها به طور گسترده در میوه‌ها، سبزیجات و گیاهان دارویی توزیع شده‌اند و برخی از رایج‌ترین آنها کوئرستین، کائمفرول و کاتچین‌ها هستند .این ترکیبات به خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و کاهش استرس اکسیداتیو در بدن کمک می‌کنند و در نتیجه از سلول‌ها در برابر آسیب محافظت می‌کنند .همچنین مشخص شده است که آنها مسیرهای سیگنالینگ مختلفی را تعدیل می‌کنند، از جمله مسیرهایی که در پاسخ‌های ایمنی، آپوپتوز (مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلولی) و تومورزایی نقش دارند .در نتیجه، فلاونوئیدها به طور فزاینده‌ای به دلیل پتانسیل خود در پیشگیری از بیماری‌های مزمن مانند سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی و بیماری‌های عصبی مانند آلزایمر مورد بررسی قرار می‌گیرند. ترپنوئیدها (که به عنوان ایزوپرنوئیدها نیز شناخته می‌شوند) دسته‌ای بزرگ و متنوع از ترکیبات هستند که از واحدهای ایزوپرن تکرارشونده تشکیل شده‌اند. ترپنوئیدها مسئول رایحه‌های خاص بسیاری از گیاهان هستند و در روغن‌های اساسی، رزین‌ها و شیره‌ها یافت می‌شوند. این ترکیبات به دلیل فعالیت‌های ضد میکروبی، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی خود به طور گسترده شناخته شده‌اند. به عنوان مثال، لیمونن، که در مرکبات یافت می‌شود، خواص ضد التهابی و ضد سرطانی خود را نشان داده است، در حالی که اکالیپتول، که در اکالیپتوس یافت می‌شود، به دلیل اثرات ضد میکروبی و ضد احتقان خود مورد استفاده قرار می‌گیرد .ترپنوئیدها همچنین به داشتن خواص آداپتوژنی معروف هستند که به بدن کمک می‌کنند تا با استرس سازگار شود و سلامت کلی را ارتقا بخشد .علاوه بر آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها، سایر ترکیبات زیست فعال قابل توجه موجود در گیاهان دارویی شامل گلیکوزیدها، اسیدهای فنولیک، ساپونین‌ها و تانن‌ها هستند. گلیکوزیدها، مانند آنهایی که در گل انگشتانه (Digitalis purpurea) یافت می‌شوند، می‌توانند بر قلب تأثیر بگذارند، گردش خون را بهبود بخشند و نارسایی قلبی را درمان کنند (Messaoudi & Vacher, 2019). اسیدهای فنولیک، از جمله اسید گالیک و اسید کافئیک، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضد سرطانی هستند. ساپونین‌های موجود در گیاهانی مانند جینسینگ و سویا به دلیل اثرات تقویت‌کننده سیستم ایمنی، کاهش‌دهنده کلسترول و ضد سرطانی شناخته شده‌اند، در حالی که تانن‌ها دارای خواص قابض هستند و برای درمان بیماری‌هایی مانند اسهال و خونریزی استفاده می‌شوند .اثرات درمانی این ترکیبات زیست فعال اغلب به توانایی آنها در تعامل با اهداف مولکولی خاص در بدن انسان، مانند آنزیم‌ها، گیرنده‌ها و DNA نسبت داده می‌شود. ترکیبات زیست فعال با اتصال به این اهداف، می‌توانند بر فرآیندهای سلولی تأثیر بگذارند، بیان ژن را تعدیل کنند و هموستاز را در بدن بازیابی کنند. .رابطه پیچیده بین ترکیبات زیست فعال و فعالیت‌های بیولوژیکی آنها یک حوزه کلیدی مطالعه در فارماکولوژی و فیتوشیمی است، زیرا به پر کردن شکاف بین طب گیاهی سنتی و تحقیقات دارویی مدرن کمک می‌کند .همچنان که تحقیقات علمی به کشف مکانیسم‌های مولکولی عملکرد این ترکیبات زیست‌فعال ادامه می‌دهد، پتانسیل توسعه درمان‌های گیاهی برای طیف وسیعی از بیماری‌ها امیدوارکننده‌تر می‌شود. فراوانی محصولات طبیعی در گیاهان دارویی، منبعی متنوع و تجدیدپذیر از ترکیبات زیست‌فعال را ارائه می‌دهد که می‌توانند برای اهداف درمانی مهار شوند و آنها را به بخش ارزشمندی از پزشکی مدرن تبدیل می‌کنند (Tiwari & Pandey, 2020).

۴- کاربردهای سنتی گیاهان دارویی

گیاهان دارویی در طول تاریخ توسط فرهنگ‌های مختلف به دلیل خواص درمانی‌شان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در سراسر جهان، این گیاهان پایه و اساس بسیاری از سیستم‌های طب سنتی را تشکیل داده‌اند و دانش آنها از نسلی به نسل دیگر منتقل شده است. کاربردهای سنتی گیاهان دارویی فراتر از صرفاً تسکین علائم است؛ آنها نقش مهمی در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها، چه شایع و چه پیچیده، ایفا می‌کنند و به طور قابل توجهی در سلامت پیشگیرانه و شیوه‌های درمانی جامع نقش دارند (Ghosh & Ray, 2020).

۵- کاربردها و پیشرفت‌های مدرن در تحقیقات گیاهان دارویی

به لطف پیشرفت‌ها در تحقیقات علمی و فناوری، ادغام گیاهان دارویی در مراقبت‌های بهداشتی مدرن طی چند دهه گذشته به طور قابل توجهی تکامل یافته است .در حالی که کاربردهای سنتی گیاهان از نسلی به نسل دیگر منتقل شده است، علم معاصر اکنون در حال اعتبارسنجی این درمان‌های قدیمی و بررسی راه‌های جدید برای استفاده از آنها در درمان بیماری‌ها است .این بخش به اعتبارسنجی علمی کاربردهای سنتی، توسعه داروهای گیاهی و نقش رو به رشد گیاهان دارویی در طب مکمل و جایگزین می‌پردازد (Balunas & Kinghorn, 2019).

۶- چالش‌های استفاده از گیاهان دارویی

در حالی که گیاهان دارویی از دیرباز منبعی ارزشمند برای طب سنتی و مدرن بوده‌اند، استفاده از آنها بدون چالش نیست . این چالش‌ها شامل مسائلی مربوط به استانداردسازی، پایداری، نگرانی‌های اخلاقی و مقررات می‌شود که همگی می‌توانند بر اثربخشی، در دسترس بودن و یکپارچگی فرهنگی درمان‌های گیاهی تأثیر بگذارند .با افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی، پرداختن به این مسائل برای تضمین استفاده ایمن و مؤثر از آنها در مراقبت‌های بهداشتی بسیار مهم می‌شود (Chohan & Ali, 2021)

۷- آینده گیاهان دارویی در مراقبت‌های بهداشتی

آینده گیاهان دارویی در مراقبت‌های بهداشتی، با توجه به تحقیقات مداوم و نوآوری‌های فناوری، امیدوارکننده به نظر می‌رسد. با تمرکز فزاینده بر سلامت جامع، درمان‌های پایدار و پتانسیل درمان‌های طبیعی، گیاهان دارویی آماده‌اند تا نقش اساسی‌تری در پزشکی مدرن ایفا کنند .این بخش به بررسی روندها و نوآوری‌های نوظهور در پزشکی گیاهی، ادغام گیاهان دارویی با تحقیقات زیست‌پزشکی مدرن و پتانسیل کاربردهای بالینی و تجاری‌سازی می‌پردازد(Aslam & Lee, 2019).

۸- نتیجه‌گیری

بررسی گیاهان دارویی و کاربردهای آنها در مراقبت‌های بهداشتی مدرن، مرز نویدبخشی را هم در تحقیقات علمی و هم در عمل درمانی نشان می‌دهد .در طول تاریخ، گیاهان دارویی بخش جدایی‌ناپذیری از سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی در سراسر جهان بوده‌اند و درمان‌های مؤثری را برای طیف وسیعی از بیماری‌ها ارائه داده‌اند .نقش آنها در سیستم‌های طب سنتی مانند آیورودا، طب سنتی چینی و شیوه‌های درمانی بومی، ارزش دیرینه آنها را برجسته می‌کند .امروزه، پیشرفت‌های علمی مدرن، درک عمیق‌تری از ترکیبات زیست‌فعال موجود در این گیاهان را آشکار کرده، کاربردهای سنتی آنها را تأیید کرده و امکانات جدیدی را برای ادغام آنها در درمان‌های پزشکی معاصر فراهم کرده است .علیرغم چالش‌های مربوط به استانداردسازی، پایداری و نگرانی‌های اخلاقی، آینده گیاهان دارویی در مراقبت‌های بهداشتی، نویدبخش نوآوری‌های فناوری و تلاش‌های تحقیقاتی مداوم است .**۸- ۱- خلاصه یافته‌ها**

این مقاله بررسی عمیقی از گیاهان دارویی ارائه داده است که با استفاده تاریخی و کاربردهای سنتی آنها در درمان بیماری‌های مختلف آغاز می‌شود،این بحث بر ترکیبات فعال زیستی کلیدی موجود در گیاهان، مانند آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و ترپنوئیدها، که مسئول خواص درمانی آنها هستند، تأکید کرد، نقش گیاهان دارویی در درمان بیماری‌های شایع و پیچیده، با تأکید ویژه بر فواید پیشگیرانه آنها برای سلامتی و رویکردهای جامع درمانی، بررسی شد، علاوه بر این، این مقاله به کاربردها و پیشرفت‌های مدرن در تحقیقات گیاهان دارویی، از جمله اعتبارسنجی علمی کاربردهای سنتی، توسعه داروهای گیاهی و نقش رو به رشد گیاهان در طب مکمل و جایگزین، پرداخته است. همچنین چالش‌های پیش روی استفاده از گیاهان دارویی، از جمله مسائل مربوط به استانداردسازی، پایداری و ملاحظات اخلاقی، به ویژه در رابطه با بهره‌برداری از دانش بومی را تشریح کرد .علیرغم این چالش‌ها، ادغام گیاهان دارویی با تحقیقات زیست‌پزشکی مدرن به سرعت در حال پیشرفت است و منجر به توسعه درمان‌های جدید گیاهی و سیستم‌های دارورسانی شده است، روندهای نوظهور، مانند استفاده از فناوری نانو و مهندسی ژنتیک مبتنی بر گیاه، به عنوان نوآوری‌های امیدوارکننده برای افزایش اثربخشی و دسترسی به داروهای مشتق از گیاه مورد بحث قرار گرفتند .علاوه بر این، کاربردهای بالینی بالقوه گیاهان دارویی در زمینه‌هایی مانند درمان سرطان، بیماری‌های عصبی و سلامت قلب و عروق، در کنار تجاری‌سازی محصولات گیاهی بررسی شد.

۸- ۲- پیامدهای تحقیقات آینده و شیوه‌های مراقبت‌های بهداشتی با نگاهی به آینده،

آینده گیاهان دارویی در مراقبت‌های بهداشتی امیدوارکننده است، با فرصت‌های تحقیقاتی متعدد و کاربردهای بالقوه در عمل بالینی .تحقیقات آینده باید همچنان بر شناسایی و جداسازی ترکیبات زیست‌فعال جدید از گیاهان، به ویژه آن‌هایی که پتانسیل درمانی ناشناخته‌ای دارند، تمرکز کند .انتظار می‌رود پیشرفت‌ها در بیوتکنولوژی و نانوتکنولوژی، انقلابی در توسعه داروهای گیاهی ایجاد کند و فراهمی زیستی، پایداری و دارورسانی هدفمند آن‌ها را بهبود بخشد .مطالعات بیشتر برای ایجاد آزمایش‌های بالینی دقیق و چارچوب‌های نظارتی برای درمان‌های گیاهی مورد نیاز است تا ایمنی و اثربخشی آن‌ها در جمعیت‌های مختلف تضمین شود .این امر به پر کردن شکاف بین درمان‌های سنتی گیاهی و پزشکی مدرن کمک می‌کند و داروهای مشتق از گیاه را در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مرسوم، قابل دسترس‌تر و قابل قبول‌تر می‌سازد .پایداری و حفاظت از منابع گیاهان دارویی همچنان یک نگرانی کلیدی خواهد بود و تحقیقات آینده باید روش‌های کشت نوآورانه و همچنین رویکردهایی برای برداشت پایدار را بررسی کنند تا اطمینان حاصل شود که این گیاهان ارزشمند همچنان در طبیعت رشد می‌کنند .همکاری بین محققان، صنعت و جوامع بومی در تدوین دستورالعمل‌های اخلاقی برای استفاده از دانش سنتی و اطمینان از به اشتراک گذاشتن عادلانه مزایای گیاهان دارویی ضروری خواهد بود .گنجاندن گیاهان دارویی در رویه‌های اصلی مراقبت‌های بهداشتی نیازمند تغییر الگویی است که پزشکی یکپارچه را در بر می‌گیرد، جایی که داروهای گیاهی مکمل درمان‌های مرسوم هستند .این رویکرد جامع می‌تواند نتایج بیمار را به ویژه در مدیریت بیماری‌های مزمن، سلامت پیشگیرانه و رفاه عمومی افزایش دهد .در نهایت، با تکامل اعتبار علمی و کاربردهای نوآورانه گیاهان دارویی، این منابع طبیعی با ارائه گزینه‌های درمانی مؤثر، پایدار و در دسترس برای طیف وسیعی از مسائل بهداشتی، پتانسیل ایجاد انقلابی در مراقبت‌های بهداشتی جهانی را دارند.

منابع

Ahmad, I. and Mehmood, Z. 2017. Bioactive compounds of medicinal plants and their uses in traditional medicine. Phytochemistry Reviews, 16(4), 899-912.

Ali, M.S., and Wang, S. 2020. Role of medicinal plants in modern pharmacology: Review. Pharmaceutical Biology, 58(1), 74-88.

Aslam, S., and Lee, S.Y. 2019. Advances in medicinal plants: New opportunities for therapeutic applications. Journal of Medicinal Plant Research, 13(2), 40-56.

Bahl, N. and Gupta, R. 2021. Antioxidant and antimicrobial properties of medicinal plants. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences, 83(4), 563-574.

Balunas, M.J. and Kinghorn, A.D. 2019. Medicinal plants: Their role in traditional medicine and modern drug development. Phytotherapy Research, 33(2), 254-264.

Boadu, J. K., and Agyemang, R. 2020. The pharmacological potential of African medicinal plants: A review. Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects, 4, 1-14.

Chohan, Z.H. and Ali, N. 2021. Medicinal plants in cardiovascular diseases: Potential and challenges. Journal of Ethnopharmacology, 271, 113795.

Cirri, M., and Maestrelli, F. 2021. Medicinal plants in drug delivery systems. Plants. 10(12), 2907.

Ghosh, S. and Ray, M. (2020). Phytochemicals and bioactive compounds from medicinal plants: An overview. Medicinal Chemistry Research, 29(9), 1763-1776.

Ghosh, S. and Ray, M. 2020. Phytochemicals and bioactive compounds from medicinal plants: An overview. Medicinal Chemistry Research, 29(9), 1763-1776.

Gursky, M.T. and Pacheco, J. 2021. Plant-based nanostructures in drug delivery. Advanced Drug Delivery Reviews, 173, 59-76.

Huang, W., and Zhang, J. 2020. Medicinal plants as a source of natural therapeutic agents: Current perspectives. Scientific Reports, 10(1), 8525.

Kaur, N., Kumar, V., Rishi, P., Sehrawat, N., Dilawari, R., Kumar, P. and Aggarwal, N. K. 2019. Phytomedicine: History, scope and future prospects. In Industrial Biotechnology: Plant Systems, Resources and Products, de Gruyter, 105-120.

Kumar, S. and Verma, P. 2021. Anticancer potential of medicinal plants: A review. Journal of Cancer Research and Therapeutics, 17(3): 600-615.

Messaoudi, M. and Vacher, M. 2019. Antiviral properties of plant-derived compounds: A review. Viruses, 11(10), 902.

Saadati, R., Sattarian, A., Daneshvar, A., Amini, E., and Nasrollahi, F. 2022. Study on supply and consumption of medicinal plants in perfumeries of Eastern Golestan province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 38(2), 332-344. (in Persion).

Šantić, Ž., Pravdić, N.., Bevanda, M. and Galić, K., 2017. The historical use of medicinal plants in traditional and scientific medicine. Psychiatria Danubina. 29(4): 787–792.

Tiwari, A., and Pandey, A. 2020. Biochemical and pharmacological properties of medicinal plants: A review. International Journal of Biological Macromolecules, 153, 928-943.

Yang, Z., Bi, J., Li, B., Mao, F., Jiang, J., Gu, X., Fang, H., Wang, Q., Zheng, K., and Zhao, Y. 2024. Phytochemical profile and antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant activities of the essential oils in the aerial part and root of *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq. Physiological and Molecular Plant Pathology, 132, 102288.

Medicinal Plants and Their Use in Traditional and Modern Medicine

Fatemeh Mahya pourYousef[1*]; Azizollah Kheri[2]

1- Master's student of Medicinal Plants, Zanjan, University of Zanjan

2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan.

* Corresponding author email: **F.mpouryousef@gmail.com**

Abstract

Medicinal plants have played a pivotal role in the development of traditional healing systems throughout history. In various cultures, these plants have been used to treat a wide range of diseases, from minor ailments such as colds and digestive problems to more severe diseases such as infections, cancer, and chronic inflammatory disorders. The use of medicinal plants is rooted in knowledge that is centuries old and has been passed down from generation to generation, often combining empirical observations and spiritual beliefs. In traditional medicine systems, these plants are usually used in the form of decoctions, infusions, poultices, or extracts with specific dosage instructions determined by experienced physicians. Despite their historical importance, modern pharmaceutical research has only recently begun to closely examine and validate the therapeutic potential of many of these plants, revealing a treasure trove of bioactive compounds that have been implicated in medicinal effects. They have discovered a role. This article aims to review the traditional uses of medicinal plants from a global perspective, highlighting specific plants that have shown consistent efficacy in the treatment of common and complex diseases. In addition, it examines how contemporary scientific advances are transforming the understanding and applications of these plants, from the isolation of active compounds to the formulation of herbal medicines. The article also highlights the growing role of medicinal plants in modern healthcare, including their use in complementary and alternative medicine, the development of herbal supplements, and their integration into biotechnological innovations. In addition, the challenges facing the standardization, quality control, and regulation of herbal medicines are reviewed, along with the growing demand for sustainable harvesting practices to ensure the conservation of valuable plant species. In the face of rising healthcare costs and growing concerns about the safety and efficacy of synthetic drugs, there is a renewed interest in the therapeutic properties of medicinal plants. Aiming to bridge the gap between traditional knowledge and contemporary biomedical research, this article provides a comprehensive view of the role of medicinal plants in ancient healing practices and their potential to shape future medical treatments.

Keywords: Complementary and alternative medicine, Healthcare,Herbal medicines, Herbal supplements, Pharmaceutical research.

فعالیت ضد عفونت واژینیت نانوذرات نقره سنتز شده از عصاره آبی سه گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)، آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Čelak.)و پونه (*Mentha longifolia* (L.) L.) بر اساس دانش مردم گیاه‌شناسی

حمزه مسعودی مرغملکی [1]، منصوره قوام[1]*

۱- گروه مهندسی طبیعت،دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین،دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

*نویسنده مسئول: mghavam@kashanu.ac.ir

چکیده

روش‌های گوناگونی برای تولید نانو ذرات نقره وجود دارد اما استفاده از سنتز سبز با کمک گیاهان به دلیل کم هزینه بودن و سازگار بودن با محیط زیست مورد توجه واقع شده است. در این مطالعه عصاره آبی سه گیاه رزماری(*Rosmarinus officinalis* L.)، آویشن دنایی(*Thymus daenensis* Čelak.)، پونه(*Mentha longifolia* (L.) L.) بر اساس دانش مردم گیاه-شناسی استان چهارمجال و بختیاری برای سنتز زیستی نانوذرات نقره و تاثیر آن بر عفونت واژینیت بررسی گردید. نانوذرات نقره بیو سنتز شده با بهره گیری از روش اسپکتوفتومتری UV- Vis و همچنین با استفاده از میکروسکوپ الکترونی FESEM، XRD و FTIR ارزیابی و ویژه‌گی‌های آنها مورد بررسی واقع شد. خواص ضد باکتری عصاره خشک و نانو ذرات به دست آمده از گیاهان، به روش انتشار در آگار، حداقل غلظت کشندگی و مهار (MIC وMBC) بر علیه باکتری گرم مثبت *Enterococcus faecalis* و مخمر *Candida albicans* مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج تغییر تدریجی رنگ عصاره از رنگ زرد به قهوه‌ای تاییدی بر بیوسنتز نانوذرات نقره بود. بررسی ساختار سطحی نانوذرات توسط میکروسکوپ الکترونی SEM ،سنتز نانوذرات نقره را با اندازه ۱۵تا ۲۵ نانومتر و مورفولوژی تقریبا بین مکعبی زاویه دار و کروی برای نمونه ها نشان داد. پیک‌هایمشاهده شده در FTIR نشان داد که ترکیبات فنولی، گروه‌های آمیدی و الکل ها از عمده ترکیبات موجود در احیاء یون نقره بودند. نانو ذرات سنتز شده مخلوط این سه گیاه بر علیه *E. faecalis* ، منطقه مهار با قطر هاله ۱۷/۵ میلی‌متر ایجاد کرده است که در مقایسه با آنتی بیوتیک جنتامایسین (قطر حاله عدم رشد ۱۲/۵ میلی‌متر) و ریفامپین(قطر حاله عدم رشد ۱۳/۵ میلی‌متر) عملکرد قوی‌تری داشت. این امر با تایید دانش مردم استان چهارمحال در زمینه این عفونت، یک گزینه احتمالی برای ساخت دارو در این زمینه است.

واژه‌های کلیدی: نعناعیان، سنتز سبز، فعالیت ضد میکروبی، دانش مردم بومی

۱. مقدمه

از یون نقره به عنوان یک عامل ضد میکروبی استفاده می‌شود که برای بیشتر میکرو ارگانیسم‌ها سمی بوده، از این رو می‌توان در صنایع مختلف پزشکی و دارو سازی از آن بهره‌برد .داروهای عصر جدید، نانو ذرات پلیمرها، فلزات و یا سرامیک‌ها هستند که می‌توانند شرایطی مانند مبارزه با سرطان و مبارزه با عوامل بیماری زای انسان، مانند باکتری‌هارا ایجاد کنند (شریواستاوا و همکاران، ۲۰۰۷) .

از نانو ذرات فلزی مختلف از جمله طلا، پلاتین، نقره و پلادیوم، نانو ذرات نقره به دلیل افزایش طیف گسترده ضد باکتری خود، به عنوان شایع‌ترین عامل ضد باکتری با مدت اثر ضد عفونی کننده طولانی شناخته شده است و کاربردهای وسیعی در طب سنتی و مواد غذایی پیدا کرده است (شریواستاوا و همکاران ۲۰۰۷؛ لی و همکاران، ۲۰۱۳) . برای درمان بیماری‌ها، نانوذرات قوی‌ترین جایگزین‌ها می‌توانند به شمار آیند.. از نانوذرات نقره می‌توان به عنوان مهم‌ترین و پرکاربردترین این مواد، نام‌برد (لی و همکاران ،۲۰۱۳) .

توجه مردم از گذشته های دور برای استفاده از گیاهان دارویی برای درمان انواع بیماری‌ها آشکار بوده. امروزه با ثروتمند شدن جوامع جهانی گرایش عمومی جامعه به استفاده از داروهای گیاهی به علّت ، ایجاد تنوع در فرهنگ استفاده، ثبت اثرات مخرب و جانبی داروهای شیمیایی و افزایش اعتماد به مصرف گیاهان دارویی باعث افزایش توجه به سمت درمان از روش عصاره گیری و تولید داروهای گیاهی به روش قدیم و کاربرد وسیع عصاره گیاهان دارویی در طیف گسترده‌ای از فراورده های غذایی و بهداشتی و درمانی شده است (حسینی و قوام، ۲۰۲۵)

نعناعیان ترکیب‌های ترپنوئیدی و معطر ساخته شده را به‌طور معمول در غدد اپیدرمی، برگ‌ها، ساقه‌ها و همچنین در اندام‌های زایشی ذخیره می‌کنند. ترکیبات اصلی تشکیل دهنده بخش‌های هوایی این گیاه پاراسمین، گاماترپینن، کارواکرول و تیمول هستند که از بین این ترکیبات، تیمول عمده‌ترین ترکیب موجود در آویشن می‌باشد؛ در بیوسنتز نانوذرات، ترکیباتی که دارای بیشترین گروه‌های عاملی فعال می‌باشند می‌توانند نقش مهمی را ایجاد کنند (شریفی‌فار ، ۲۰۰۷) .

با توجه به اهمیت و کاربرد این گیاهان در طب سنتی توسط مردم و اثرات بیولوژیکی مختلف آنها، و از انجاکه تاکنون هیچ مطالعه به طو همزمان بر روی این سه گونه برای ساخت نانو ذرات نقره بر علیه عفونت‌های زنانه استفاده نشده است؛ مطالعه حاضر با هدف سنتز نانو ذرات نقره از این سه گونه بررسی اثرات ضد میکروبی آن‌ها بر علیه برخی سویه¬های مختلف میکروارگانیسم های ایجاد کننده عفونت های زنان طراحی شد

۲.مواد و روش‌ها

۲. ۱. انتخاب گیاهان سنتی موثر

گیاهان انتخاب شده برای انجام پژوهش بر اساس دانسته های با ارزش و علوم سنتی افراد سال خورده ساکن در برخی از مناطق استان چهارمحال و بختیاری و همچنین از فروشنده های گیاهان دارویی و عطاری ها انتخاب شده اند. اطلاعات کسب شده از افراد سال خورده در رابطه با بر طرف کردن عفونت واژن یا التهاب آن با استفاده از گیاهان دارویی و روش های سنتی است و اطلاعات کسب شده از فروشنده های گیاهان دارویی و عطاری ها در رابطه با نام و میزان خرید گیاهان معرفی شده برای رفع عفونت های های واژن و یا التهاب آن بود.

۲. ۲. جمع اوری گیاهان و تهیه مواد گیاهی

گیاهان آویشن و پونه از روستای مرغملک که واقع در ۵۵ کیلومتری شهرکرد مرکز استان چهارمحال و بختیاری و در ارتفاع ۲۴۱۵ متری و ۳۶۵ متر بالاتر از شهرکرد قرار دارد.جمع آوری کرده . گیاه رزماری از فروشنده گیاهان دارویی جمع آوری شده از حوالی منطقه حفاظت شده هلن که در استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد تهیه شد.

۲. ۳. عملیات آزمایشگاهی

۲. ۳. ۱. استخراج عصاره

برای این منظور ابتدا ۵ گرم از نمونه مورد نیاز با هاون دستی پودر شد و سپس به همراه ۱۰۰ سی‌سی آب دیونیزه درون یک ارلن مناسب ریخته شد .

۲. ۳. ۲. سنتز نانو ذرات نقره

برای سنتز نانو ذرات مقدار ۱۰ سی سی از عصاره با ۹۰ سی سی نیترات نقره ۱ میلی‌مولار با ۱۰ سی سی سود۱۰ میلی مولار مخلوط شده (محلول سود دار) انجام شد. محلول به‌دست آمده را از نظر وزنی به مقدار برابر درون تیوپ‌های مخصوص دستگاه سانتریفیوژ ریخت شد و با دور ۱۲۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد.

پس از رسوب محلول به صورت دو فاز جامد، در قسمت پایین تیوپ و مایع، در قسمت بالایی تیوپ تشکیل شد. فاز مایع با استفاده از پیپت جدا شد و فاز جامد پس از جدا سازی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار داده شد. پودر به دست آمده برای مراحل بعدی آزمایش درون ظروف درب دار نگهداری شد.

۲. ۳. ۳. تشخیص نانو ذرات نقره سنتز شده

الف-طیف سنجی عبوری

با توجه به طیف جذبی نقره، در این تحقیق طول موج ۷۰۰-۳۰۰ نانومتربا دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Photonix Ar 2015 برای بررسی نانوذره نقره در تمامی آزمایش ها انتخاب شد. در پایان پس از بررسی ،نمودارهای طیف جذبی نمونه های مورد بررسی توسط برنامه اکسل رسم شدند.

ب- SEM

در این مرحله نمونه سنتزشده به وسیله دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۲۰۰ دور بر دقیقه پس ازجمع آوری و خشک شدن، به صورت پودر در آمده و برای آنالیز با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی(FE-SEM) مدل TeScan – Mira III ساخت کشور جمهوری چک مورد استفاده قرار گرفت.

ج- XRD

در این مرحله نمونه سنتز شده با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۲۰۰ دور بر دقیقه جمع آوری خشک شدن، پودر شده و برای آنالیز با دستگاه XRD مدل X'Pert Pro مورد استفاده قرار گرفت.

د- FT-IR

در این مرحله نخست نمونه مورد آزمایش کاملا پودر شده و باپتاسیم برمید مخلوط شد. سپس تحت فشار قرار گرفت و به شکل یک قرص در آمد.در اثر فشار حاصله پتاسیم برمید به صورت نیمه شفاف درآمده و در نهایت نمونه تشکیل شده را در نگه‌دارنده دستگاه طیف سنج مدل Magana550 ساخت شرکت Nicolet آمریکا قرار داده و طیف های مورد نیاز پس از انجام کار دستگاه حاصل شد.

۲. ۳. ۴. فعالیت ضد میکروبی

الف-روش انتشار در اگار

در این مرحله ارزیابی اثر گذاری ضد میکروبی نمونه های عصاره با روش انتشار در آگار بر اساس قوانین موسسه استانداردهای بالینی و آزمایشگاهی صورت گرفت. برای این کار پلیت‌های در بردارنده محیط کشت مولر هینتون آگار برای باکتری‌ها مهیا شد. سپس ۱۰۰ میکرو لیتر از سوسپانسیون‌های باکتریایی کشت داده شد. نمونه های عصاره در دی‌متیلسولفوکسید با غلظت نهایی ۳۰ میلی گرم بر میلی‌لیتر حل شده وبا فیلتر میلی‌پور ۰/۴۵ میکرومتر استریل شدند. از نمونه عصاره و مواد تشکیل شده از سنتز نانو ذرات نقره مقدار ۱۰ میکرو لیتر برداشته شده و در چاهک‌های ایجاد شده در محیط کشت اضافه شد. پلیت‌های تلقیح شده با سویه های باکتریایی به مدت زمان ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و پلیت‌های تلقیح شده با مخمر به مدت زمان ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه در انکوباتور نگهداری شدند. تاثیرات ضد میکروبی نمونه‌ها برای هر میکروارگانیسم با بررسی هاله‌ی عدم رشد مشخص گردید. همچنین از DMSO به عنوان کنترل منفی و از آنتی-بیوتیک‌های ریفامپین و جنتامایسین به عنوان کنترل مثبت استفاده شد (قوام و همکاران، ۲۰۲۵)

ب-تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی رشد(MIC)

در این مرحله از صفحه های ۹۶ خانه‌ای استریل شده استفاده شد. مقدار ۹۵ میکرولیتر محیط کشت مایع TSBبه هر یک از خانه ها ، ۱۰۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف نمونه‌ها و ۵ میکرولیتر سوسپانسیون باکتریایی با رقت معادل ۰/۵ مکفارلند اضافه شد.

برای نمونه شاهد ۵ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریای و ۱۹۵ میکرولیتر محیط کشت برای هریک از نمونه‌ها استفاده شد. برای کنترل مثبت باکتری‌ها از آنتی‌بیوتیک‌های جنتامایسین، نیستاتین و ریفامپین به کار برده شد.

سپس نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه بادمای ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داده شد. با حضور کدورت در ته چاهک، رشد میکروبی تایید شد.

ج-تعیین حداقل غلظت کشندگی باکتریایی (MBC)

در این مرحله برای ارزیابی میزان کشندگی،پس از طی ۲۴ ساعت، از هریک از خانه‌های صفحه ۹۶ خانه ای که باکتری رشد نداشته مقدار ۵ میکرولیتر به محیط کشت نوترینت آگار تلقیح شد و در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه نگهداری شد. بعد از ۲۴ ساعت هرکدام از غلطت‌ها که رشد نکند، باعث نابودی باکتری شده و غلظت کمتر به عنوان حداقل غلظت کشندگی باکتریای مد نظر گرفته شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. تغییر رنگ

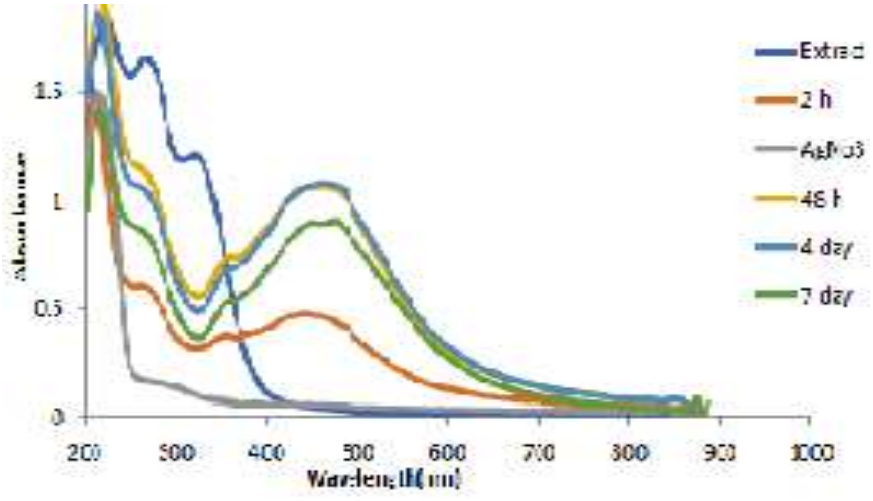
تغییر رنگ محلول ساده ترین روش اثبات تولید نانو ذرات نقره نسبت به سایر روش ها می‌باشد. پس از طی مراحل ساخت نانو ذرات با اضافه کردن محلول نیترات نقره به عصاره‌های بدست آمده از گیاهان با گذشت زمان، در محلول ها تغییر رنگ مشاهده شد و با گذشت زمان این تغییر رنگ بیشتر شد. تغییر رنگ از رنگ زرد شروع شد و با گذشت زمان به رنگ قهوه ای تیره رسید (شکل ۱)

در واقع تغییر رنگ متاثر از زمان است و با پیشروی واکنش نانو ذرات نقره رابطه مستقیم دارد. با تعیین چگالی نوری در بازه های زمانی متفاوت از محلول واکنش می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش غلظت نانو ذرات نقره، تغییر رنگ محلول تیره تر و محلول غلیظ تر می‌شود(احمد وهمکاران، ۲۰۱۰)

شکل۱-تغییر رنگ عصاره با اضافه شدن نقره نیترات به آن‌ها

۳. ۲. طیف‌سنجی UV-Visible

نمودار های موجود در شکل ۲ حاکی از آن است که جذب بین ۴۲۰ تا ۴۴۴ در زمانهای مختلف است.همچنین مشاهده شد که با افزایش مدت زمان ماندگاری نمونه ها میزان اوج جذب نیز افزایش می‌یابد و در برخی نمونه ها با گذشت مدت زمان مشخصی میزان جذب به بالاترین حد امکان خود رسیده است. صابر و همکاران (۲۰۱۸) نانودرات تولیدشده از عصاره گیاه *Trapa natana* L. را در همین محدوده از طول موج سنتز نانو ذرات نقره بدست آوردند،

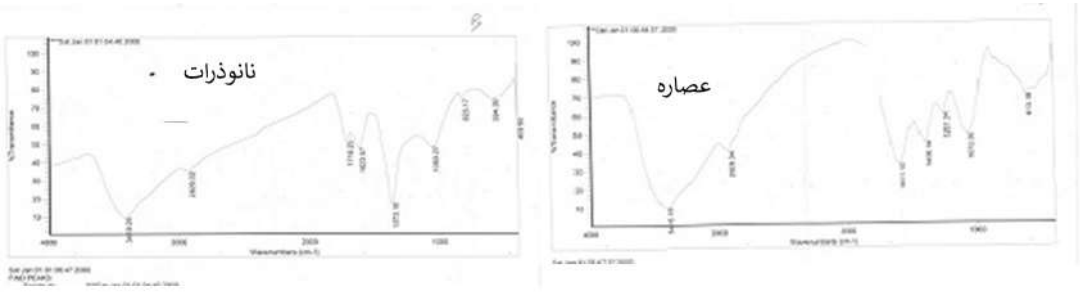


شکل ۲-طیف های جذبی نانوذرات نقره در زمانهای مختلف

۳. ۳. طیفسنجی تبدیل فوریه فروسرخFT-IR

درنتایج حاصل از طیف سنجی تبدیل فوریه سرخ برای عصاره خشک و نانوذرات آن نیز ۷ پیک مشاهده شد (شکل ۳). پیک های مربوط به ارتعاشات، حدودا در طول موج های ۶۰۱، ۲۷۸، ۱۱۵۸، ۲۳۶۵، ۲۹۳۰و ۳۴۱۰ وجود دارند که به ترتیب

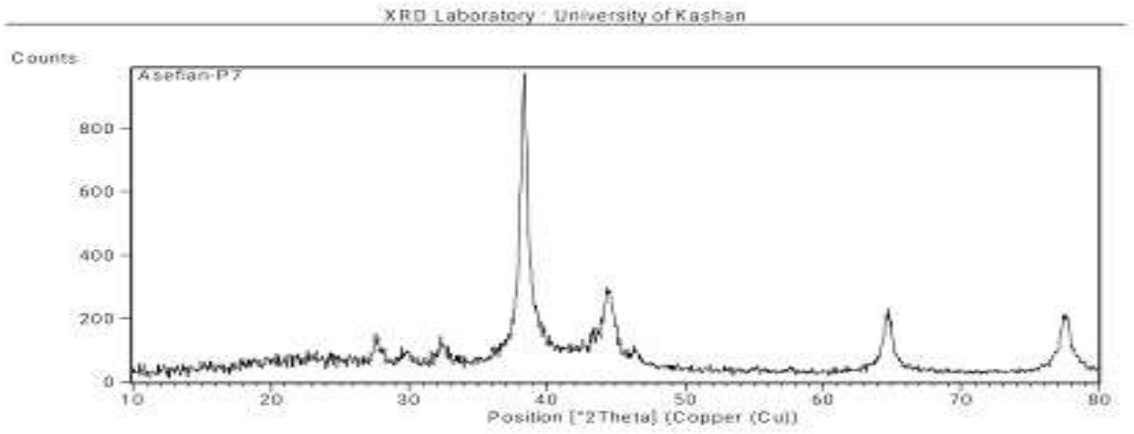
مربوط به گروه های آلکیل، آلکن، گروه های کربونیل (Co) ,(Co2)، قندی(CH) و هیدروکسیل(OH) در الکل‌ها، فنل‌ها و اسید کربوکسیلیک است (پوینرن[1] و همکاران، ۲۰۱۳؛ ولهال[2] و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۳- طیف سنجی با دستگاه FTIR

۳. ۴. پراش اشعه ایکس (XRD)

بر اساس نتایج بدست آمده چهار پیک اصلی ظاهر شده در مقادیر 2θ برابر با ۳۸، ۴۴ ، ۶۴ و۷۷ است (شکل ۴) که به ترتیب منطبق بر صفحه‌های کریستالی (۱۱۱) ،(۲۰۰)، (۲۲۰)و (۳۱۱) می‌باشدکه به طور کامل با الگوی مرجع ذرات نقره فلزی تطابق دارد(علی ور سامانی قوام، ۲۰۲۵)



شکل ۴- طیف XRD نانوذرات نقره

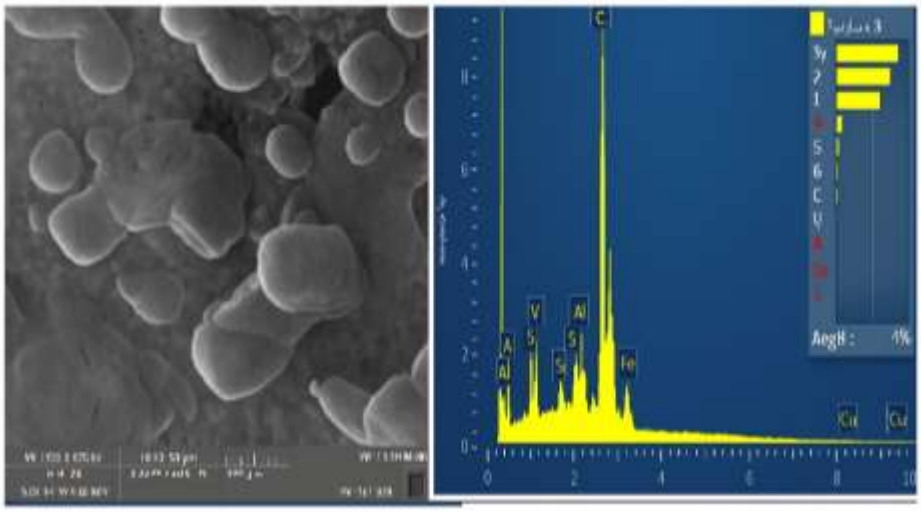
۳. ۵. مورفولوژی SEM

بررسی ساختار سطحی نانوذرات توسط میکروسکوپ الکترونی SEM ،سنتز نانوذرات نقره را با اندازه ۱۵تا ۲۵ نانومتر و مورفولوژی تقریبا بین مکعبی زاویه دار و کروی برای نمونه ها نشان داد (شکل ۵).

طیف EDX حضور عناصری مانند فلز نقره، کربن، کلر، نیتروژن و اکسیژن را در نانوذرات حاصل را نشان داد. فلز نقره دارای بیشترین درصد تولید در حدود ۵۲-۴۰ درصد بود، آلودگی اصلی در این طیف اکسیژن و کربن می‌باشند. احتمال بر این

[1] Poinern
[2] Velhal

است که اکسیژن می‌تواند ناشی از جذب فیزیکی در طول تهیه نمونه باشد و کربن می‌تواند بخاطر وجود کربن در ساختار اولیه خود گیاه باشد.



شکل ۵- طیفEDX و تصویرSEM

۳. ۶. فعالیت ضد میکروبی

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی خاصیت ضد میکروبی عصاره و نانوذرات سنتز شده مخلوط این گیاهان بر علیه باکتری گرم مثبت *E. faecalis* و مخمر *C. albicans* با روش انتشار در آگار مشخص گردید که فقط نانو ذرات سنتز شده مخلوط این سه گیاه بر علیه *E. faecalis* ، منطقه مهار با قطر هاله ۱۷/۵ میلی‌متر ایجاد کرده است که در مقایسه با آنتی بیوتیک جنتامایسین (قطر حاله عدم رشد ۱۲/۵ میلی‌متر) و ریفامپین(قطر حاله عدم رشد ۱۳/۵ میلی‌متر) عملکرد قوی‌تری داشت.

نتایج *MIC* (کمترین غلظت ممانعت کننده رشد باکتری) نانو ذرات تولید شده از مخلوط این سه گیاه(آویشن، رزماری و پونه) نشان داد ارزش MIC نانوذرات این نمونه بر علیه*E. faecalis* برابر با (MIC=500 µg/mL) و بر علیه *C. albicans* نیز برابر با(MIC=500 µg/mL) می‌باشدکه در مقایسه با آنتی‌بیوتیک‌های جنتامایسین (MIC=62.5 µg/mL)و ریفامپین (MIC=31.25 µg/mL) بر علیه*E. faecalis* و نیستاتین (MIC=125 µg/mL) بر علیه *C. albicans*نشان داد عملکرد مناسبی ندارند.

نتایج MBC (کمترین غلظت کشنده باکتری) نانو ذرات تولید شده از مخلوط گیاهان آویشن و رزماری نشان داد ارزش MBC نانوذرات مخلوط این سه گیاه بر علیه*E. faecalis* برابر با (MBC=500 µg/mL) و بر علیه *C. albicans* نیز برابر با(MBC=500 µg/mL) بود.

نانوذرات نقره اثر ضدباکتریایی قوی روی تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌ها دارند و مشخص شده است که اثر ضد باکتریایی آن‌ها به اندازه و شکل ذرات نقره بستگی دارد (گوزمان[1] و همکاران، ۲۰۱۲). از سوی دیگر،پال[2] و همکاران(۲۰۰۷) گزارش کرده اند که شکل و اندازه ذرات نقره برای خاصیت ضدباکتریایی نانوذرات نقره عاملی مهم بشمار می‌رود به نحوی که کاهش

[1] Guzman
[2])Pal

اندازه ذرات باعث ایجاد درگیری مناسب با باکتری شده که در نهایت باعث افزایش این خاصیت می‌شود(Pal, Tak, and Song 2007). افزایش رها شدن یون نقره از سطح و همچنین افزایش خاصیت ضدباکتریایی رابطه مستقیم با کاهش اندازه ذرات دارد (ماهندرا[1]،۲۰۰۹). آزاد شدن کاتیون‌های Ag^+ از نانوذرات نقره سنتز شده باعث ایجاد فعالیت ضد میکروبی آن شده که باعث تغییرات شدید در ساختار غشای باکتری شده و منجر به افزایش نفوذپذیری غشا باکتری میگردد.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر با فرض بر این که تولید نانوذرات نقره می‌تواند یک روش ساده، زیست سازگار و کم هزینه برای جلوگیری از رشد میکروب‌ها فراهم آورند را حمایت می‌کند. از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که نانوذرات نقره سنتزشده می‌توانند در غلظت‌های کم با از بین بردن باکتری *E. faecalis* و مخمر *C. albicans* که از عاملان ایجاد عفونت واژینیت هستندکمک شایانی به از بین بردن این نوع عفونت در علوم پزشکی شوند.. به هر حال استفاده محتاطانه این ذرات در کنار سایر داروهای موثر بر از بین بردنده عفونت واژینیت، قابل توصیه و کاربردی است.

فهرست منابع

Ahmad, Naheed, Seema Sharma, Md K Alam, VN Singh, SF Shamsi, BR Mehta, and Anjum Fatma. 2010. 'Rapid synthesis of silver nanoparticles using dried medicinal plant of basil', Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 81: 81-86.

analysis of extraction method

Ghavam, M., Bacchetta, G., Castangia, I., & Manca, M. L. (2025). Phlomoides molucelloides (Bunge) Salmaki essential oil: a traditional remedy revitalized for modern antimicrobial challenges. Inflammopharmacology, 1-11.

Guzman, Maribel, Jean Dille, and Stéphane Godet. 2012. 'Synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles against gram-positive and gram-negative bacteria', Nanomedicine: Nanotechnology, biology and medicine, 8: 37-45.

Lee, Tzu-Ying, Maw-Shung Liu, Li-Ju Huang, Sheng-I Lue, Lung-Chang Lin, Aij-Lie Kwan, and Rei-Cheng Yang. 2013. 'Bioenergetic failure correlates with autophagy and apoptosis in rat liver following silver nanoparticle intraperitoneal administration', *Particle and fibre toxicology*, 10: 1-13.

Pal, Sukdeb, Yu Kyung Tak, and Joon Myong Song. 2007. 'Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the gram-negative bacterium Escherichia coli', Applied and environmental microbiology, 73: 1712-20.

Poinern, Gérrard Eddy Jai, Peter Chapman, Monaliben Shah, and Derek Fawcett. 2013. 'Green biosynthesis of silver nanocubes using the leaf extracts from Eucalyptus macrocarpa', Nano Bulletin, 2.

Saber, Mohaddeseh Mahmoudi, Seyed Bashir Mirtajani, and Katayoon Karimzadeh. 2018. 'Green synthesis of silver nanoparticles using Trapa natans extract and their anticancer activity against A431 human skin cancer cells', Journal of Drug Delivery Science and Technology, 47: 375-79.

Saffron petal waste as a source of natural antimicrobials: comparative

[1] Mahendra

Samani, P. A., & Ghavam, M. (2025). Synthesis of silver nanoparticles from pure and combined extracts of Satureja bachtiarica Bung. and Satureja hortensis L. effective on some microbial strains causing digestive diseases. Discover Nano, 20(1), 90.

Sharififar, F, MH Moshafi, SH Mansouri, M Khodashenas, and M Khoshnoodi. 2007. 'In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic Zataria multiflora Boiss', Food control, 18: 800-05.

Shrivastava, Siddhartha, Tanmay Bera, Arnab Roy, Gajendra Singh, P Ramachandrarao, and Debabrata Dash. 2007. 'Characterization of enhanced antibacterial effects of novel silver nanoparticles', Nanotechnology, 18: 225103.

Velhal, SG, RV Latpate, SD Kulkarni, and RG Jaybhaye. 2015. 'Taguchi design for parameter optimization of size-controlled synthesis of silver nanoparticles', International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences, 12: 144-49.

Anti-infective activity of silver nanoparticles synthesized from aqueous extracts of three plants: rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), thyme (*Thymus daenensis* Čelak.), and mint *(Mentha longifolia* (L.) L.) based on folk botanical knowledge

Hamzeh Masoudi Morghmalaki[1], Mansureh Ghavam[1*]

1- Department of Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran

*Corresponding author: **mghavam@kashanu.ac.ir**

Abstract

There are various methods for producing silver nanoparticles, but the use of green synthesis with the help of plants has been considered due to its low cost and environmental friendliness. In this study, the aqueous extract of three plants, rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), thyme (*Thymus daenensis* Čelak.), and mint (*Mentha longifolia* (L.) L.), was investigated based on the folk knowledge of botany of Chaharmajal and Bakhtiari province for the biosynthesis of silver nanoparticles and its effect on vaginitis infection. The biosynthesized silver nanoparticles were evaluated using UV-Vis spectrophotometry and also using FESEM, XRD, and FTIR electron microscopy and their characteristics were investigated. The antibacterial properties of the dry extract and nanoparticles obtained from the plants were evaluated by the agar diffusion method, minimum inhibitory and MIC (MIC) and MBC (MBC) against the gram-positive bacteria Enterococcus faecalis and the yeast Candida albicans. Based on the results, the gradual change in the color of the extract from yellow to brown was a confirmation of the biosynthesis of silver nanoparticles. The surface structure of nanoparticles was examined by SEM electron microscopy, which showed the synthesis of silver nanoparticles with a size of 15 to 25 nm and a morphology approximately between angular cubic and spherical for the samples. The peaks observed in FTIR showed that phenolic compounds, amide groups and alcohols were the main compounds present in the reduction of silver ion. The synthesized nanoparticles of the mixture of these three plants against E. faecalis created an inhibition zone with a halo diameter of 17.5 mm, which was more effective compared to the antibiotics gentamicin (inhibition zone diameter of 12.5 mm) and rifampin (inhibition zone diameter of 13.5 mm). This is a possible option for the manufacture of drugs in this field, confirming the knowledge of the people of Chaharmahal province in the field of this infection.

Keywords: Lamiaceae, Green synthesis, Antimicrobial activity, Indigenous knowledge

دانش بومی مردم ایران و اسلام در مورد استفاده از گیاه دارویی کاسنی

منصوره قوام[1*]
۱- گروه مهندسی طبیعت،دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین،دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
*نویسنده مسئول: mghavam@kashanu.ac.ir

چکیده

دانش بومی مجموعه‌ای از دانش‌های شفاهی مبتنی بر مکان جغرافیایی خاص است که در طول زمان سازگار و منتقل میشود. ایران سنت دیرینه‌ای در استفاده از گیاهان دارویی برای مدیریت بیماری‌های مختلف دارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی کاربردهای گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.) توسط مردم ایران و اسلام به صورت مروری تدوین و طراحی شده است. کاسنی گیاهی از خانواده Asteraceae دارای ریشه‌های گوشتی با گلهایی به رنگ آبی روشن است که دارای اثرات ضد افزایش اسید اوریک خون، ضد التهاب و ضد دیابت، ضد تومور، آنتی‌اکسیدان و ضد تکثیر، ضد باکتری و ضد تک یاخته‌ای محافظت کننده از کبد و ضد اکسیداتیو است. یافته‌های اتنوبوتانی در ایران نشان می‌دهد که مردم مناطق مختلف از اندام‌های مختلف این گیاه عمدتا برای تقویت معده، بیماری‌ها کبد، یرقان و عفونتهای پوستی استفاده می‌کنند. در احادیث رسیده از امامان معصوم (ع) کاسنی به عنوان درمان هزار درد معرفی شده است. از اینرو به نظر میرسد دانش بومی مردم ایران و گزارش‌های رسیده از اسلام با یافته‌های طب مدرن منطبق است.

واژه‌های کلیدی: اتنوبوتانی، طب اسلامی، مردم، کاسنی، ایران

۱. مقدمه

دانش بومی هر درکی است که ریشه در فرهنگ محلی دارد. این دانش شامل تمام دانش‌هایی است که کم و بیش به صورت جمعی توسط جمعیتی نگهداری می‌شود و تفسیر چیزها را شکل می‌دهد. این دانش بین مناطق مختلف متفاوت است. از طیف وسیعی از منابع سرچشمه می‌گیرد و ترکیبی پویا از «سنت» گذشته و اختراعات حال حاضر با نگاهی به آینده است. مردم در مناطق مختلف سنت‌ها و تاریخ‌های فرهنگی منحصر به فردی دارند که به طور انتقادی دیدگاه‌های آنها را در مورد محیط، انتخاب‌های معیشتی، سلامت و بیماری، رفتار اجتماعی و غیره شکل می‌دهد. تحقیقات دانش بومی در پی آن است که این دیدگاه‌ها را بیشتر در توسعه بگنجاند (سیلیتو ، ۲۰۰۶).

به عبارت دیگر دانش بومی عموماً به عنوان مجموعه‌ای از دانش‌های مبتنی بر مکان در نظر گرفته می‌شود که در طول نسل‌ها در زمینه‌های فرهنگی خاص انباشته و منتقل می‌شوند. دانش بومی اغلب با مشاهدات و تجربیات معاصر که دانش انباشته شده را پالایش می‌کنند و امکان انعطاف‌پذیری و سازگاری را در زمینه تغییرات محیطی و اجتماعی فراهم می‌کنند، تقویت می‌شود (جسن و همکاران، ۲۰۲۲).

کنوانسیون تنوع زیستی در سال ۱۹۹۲ به طور صریح به جایگاه کلیدی اقوام بومی و دانش ایشان در حفاظت از ذخایر ژنتیکی پرداخت که کشورهای عضو در چارچوب قوانین ملی، به دانش، روش ها و نوآوری های اقوام بومی از جمله اسلوب زندگی آنان که مرتبط با حفاظت و بهره برداری پایدار از تنوع زیستی است احترام بگذارند و برای حفظ، تداوم و اشاعه آن با رضایت

و مشارکت صاحبان این دانش، روش‌ها و نوآوری بکوشند و سهیم شدن عادلانه ایشان در منافع حاصله از بهره‌برداری از این دانش، روش‌ها، نوآوری‌ها را تشویق کنند (قوام ، ۱۳۹۹)

بیش از ۷۰ درصد از جمعیت کشورهای در حال توسعه هنوز در درجه اول به سیستم‌های پزشکی مکمل و جایگزین وابسته هستند .در مناطق روستایی، باورها و شیوه‌های فرهنگی اغلب منجر به مراقبت از خود، درمان‌های خانگی یا مشاوره با درمانگران سنتی می‌شود (آزایزه همکاران۲۰۱۰) مبانی طب اسلامی با ظهور و گسترش اسلام (حدود قرن هفتم میلادی) آغاز شد .قرآن و سنت‌های نبوی (احادیث) در مورد اهمیت بهداشت شخصی و سلامت عمومی بحث می‌کنند(سانیوتیس ،۳۰۱۲).

گیاهان دارویی از زمان‌های قدیم برای پیشگیری و درمان بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار میگرفتند.ایران سنت دیرینه‌ای در استفاده از گیاهان دارویی برای مدیریت بیماری‌های مختلف دارد. یکی از گیاهان مهم مورد استفاده در ایران کاسنی است که در اسلام نیز به آن پرداخته شده است.

کاسنی (*Cichorium intybus* L.) گیاهی چند ساله، بوته‌ای و راست قامت از خانواده «Asteraceae» است . کاسنی منبع خوبی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی است که شامل فنل‌ها، آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، تانن‌ها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، روغن‌های ضروری و اسیدهای چرب است . بخش‌های مختلف کاسنی دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، مسکن، ضد باکتری، ضد ویروسی، ضد دیابت، التیام‌دهنده زخم، ضد سرطان، محافظت‌کننده کبد، ضد التهاب و ضد چاقی هستند (سیشو و سلواراج،۲۰۲۵). از نظر تاریخی، کاسنی توسط مصریان باستان به عنوان یک گیاه دارویی، جایگزین قهوه و محصول گیاهی کشت می‌شد و گاهی اوقات برای علوفه حیوانات مورد استفاده قرار می‌گرفت و سابقه طولانی در استفاده درمانی، چه در مناطقی که بومی آن بوده و چه در مناطقی که معرفی شده است، داشته است . نام‌های رایج یا محلی مختلف که این گیاه را توصیف می‌کنند، ممکن است به استفاده گسترده توسط گروه‌های مختلف فولکلوریک نسبت داده شود (استریت و همکاران، ۲۰۱۳)

با توجه به اهمیت و کاربرد این گیاه در طب سنتی توسط مردم ایران و نیز سفارش آن در دین اسلام مطالعه حاضر به صورت مروری طراحی شد.

۲.مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کیفی-مروری بوده و روش اجرایی آن کتابخانه‌ای و بررسی بایگانی است. در این مطالعه از طریق جستجو در پایگاههای دادههای علمی و اطلاعاتی همچونGoogle scholar،SID،Civilica، علم نت و ... و همچنین کتب مرتبط فارسی و انگلیسی، اطلاعات مرتبط با موضوع جمع آوری شده است.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. مشخصات ظاهری گیاه

گیاهی یک ساله، دو ساله یا چند ساله متعلق به خانواده Asteraceae است .این گیاه در برابر زمستان مقاوم است و معمولاً به ارتفاع ۲۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌رسد.

ریشه‌ها گوشتی، مخروطی، ساقه ۱-۳ بلند زاویه‌دار و شیاردار، شاخه‌ها سفت و گسترده، برگ‌ها به صورت رگبرگ‌های زیرین، برگ‌های ریشک‌دار نیزه‌ای دراز، و قسمت بالایی قلبی شکل و آمپلکسیک هستند .قطر رأس ۱-۲/۱ اینچ، دمگل‌ها در وسط ضخیم، برگچه‌های درون غلافی گیاهی، زبانک‌ها به رنگ آبی روشن، به ندرت سفید یا صورتی (انونیموس، ۱۹۹۲)

شکل۱-طرح واره گیاه کاسنی

۳. ۲. کاربردهی سنتی گیاه در جهان

طبق مونوگراف اروپایی، استفاده سنتی از ریشه‌های کاسنی شامل تسکین علائم مربوط به اختلالات گوارشی خفیف (مانند احساس پری شکم، نفخ و هضم کند) و از دست دادن موقت اشتها است. قبل از جنگ‌های افغانستان، گزارش‌های فولکلوریک استفاده از عصاره‌های آبی ریشه را به عنوان یک درمان گیاهی حساس به نور برای مالاریا توصیف می‌کردند. این دانش بومی از آن زمان تأیید شده است و ترکیبات ضد مالاریای ریشه‌های *C. intybus* به عنوان لاکتون‌های حساس به نور، لاکتوسین و لاکتوکوپیکرین شناسایی شده‌اند (بیسچوف و همکاران، ۲۰۰۴). گل‌های گیاه کاسنی به عنوان یک درمان گیاهی برای بیماری‌های روزمره مانند یک تونیک و محرک اشتها و به عنوان درمان سنگ کیسه صفرا، گاستروانتریت، مشکلات سینوسی، بریدگی‌ها و کبودی‌ها استفاده می‌شوند. در ایتالیا، از حلقه‌های آن جوشانده تهیه می‌شود و به عنوان یک داروی پاک‌کننده استفاده می‌شود (پاریونی، ۲۰۰۰). دانه‌های کاسنی یکی از ترکیبات اصلی جیگرین، یک محصول تجاری هندی است که برای درمان بیماری‌های مختلف کبدی استفاده می‌شود (احمد، ۲۰۰۳). سایر قسمت‌های گیاه نیز برای اختلالات کبدی استفاده می‌شوند، یعنی قسمت‌های هوایی در بوسنی و هرزگوین (هاینلدو، ۲۰۰۴) و ریشه‌ها در صربستان و هند (جاریس، ۲۰۰۷). در آفریقای جنوبی، اگرچه کاسنی به عنوان یک علف هرز رایج در نظر گرفته می‌شود، برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های آن به صورت چای برای زردی تهیه می‌شود و شربت کاسنی به عنوان یک داروی مقوی و تصفیه‌کننده برای نوزادان استفاده می‌شود(وان ویک، ۱۹۹۷) . در ترکیه، پمادی از برگ‌ها برای بهبود زخم ساخته می‌شو(سزیک و همکاران، ۲۰۰۱) .جوشانده به ترکیبی گفته می‌شود که با اضافه کردن آب سرد به گیاه تهیه می‌شود. سپس آب جوشانده شده و اجازه داده می‌شود به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه بجوشد و پس از آن صاف می‌شود (گوریب و همکاران، ۲۰۰۸)جوشانده‌های کاسنی به طور سنتی از قسمت‌های مختلف گیاه و/یا از کل گیاه تهیه می‌شوند. جوشانده ریشه کاسنی در فهرست داروهای گیاهی علیه دیابت در پاکستان نیز ذکر شده است (احمد و همکاران، ۲۰۰۹). در مراکش، «گیاه کامل کاسنی» به طور سنتی در اختلالات کلیوی و دیابت اهمیت دارد (هیلای و همکاران، ۲۰۰۳)، در حالی که در سیستم طب مردمی ایران، کل گیاه به عنوان داروهای گیاهی برای کاربردهای سنتی مختلف (سرخوشی، ملین، معده، تصفیه کننده، صفرابر، کاهش فشار خون و تب بر) استفاده می‌شود(میرعلادی و همکاران، ۲۰۰۱)

۳. ۳. خواص ارتقا دهنده سلامت

ماده تازه و خشک رایج‌ترین ماده مورد استفاده برای اهداف دارویی است . عصاره‌های مختلف *C. intybus* طیف گسترده‌ای از خواص بیولوژیکی و دارویی مانند اثرات ضد افزایش اسید اوریک خون، ضد التهاب و ضد دیابت، ضد تومور، آنتی‌اکسیدان و ضد تکثیر، اثرات ضد باکتری و ضد تک یاخته‌ای محافظت کننده از کبد را نشان داده‌اند. این گیاه همچنین خواص ملین، سم‌زدایی، تقویت‌کننده، پاک‌کننده خون و ضد اکسیداتیو را نشان می‌دهد. همچنین اثر ادرارآور آن به اسیدهای فنولیک نسبت داده می‌شود. در سیستم‌های پزشکی یونانی و آیورودا، دانه‌های آن به طور مؤثر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سطوح بالای اینولین، توسعه و حفظ میکروبیوتای مناسب روده را تسهیل می‌کند، بنابراین به این گیاه برچسب "پروبیوتیک" می‌دهد (جاندا و همکاران، ۲۰۲۱)

۳. ۴. اتنوبوتانی کاسنی در ایران

یافته‌های اتنوبوتانی نشان می‌دهد که مردم شهر فسا از برگ و گل کاسنی به عنوان تب بر، تصفیه کننده خون، تقویت معده، رفع زردی نوزادان، مقوی کبد و کلیه و مفید برای زنان باردار استفاده میکنند (رمضانین و مینایی فر، ۱۳۹۵). مردم فریدونشهر از برای افزایش نیروی جنسی و افزایش حجم اسپرم مردان استفاده میکنند (سجادی و همکاران، ۱۳۹۵). مردم فارس از اسانس برگ و گلها برای پوست پوست و مو و مشکلات کبدی استفاده میکنند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲). مردم عجب شیر از برگ و دانه و ریشه این گیاه به عنوان تصفیه کننده خون، درمان ناراحتی کبدی و تقویت معده استفاده میکنند (خضرلو و همکاران، ۱۳۹۵). مردم شهرستان بیرجند از برگ و گل و داناین گاه برای کاهش فشار خون، ضد عفونت و یرقان استفاده میکنند (گنجعلی و خاک سفیدی، ۱۳۹۵). مرم الشتر لرستان از جوشانده ریشه و سرشاخه گلدار آن برای تصفیهٔخون، درمان‌جوش‌ها، درمان یرقان، ضدتب، ضدحساسیت‌های پوستی استفاده میکنند (مهرنیا و همکاران، ۱۳۹۹)

۳. ۵. مهم ترین ترکیبات شیمیایی

ریشه *C. intybus* حاوی برخی از مواد شیمیایی گیاهی مانند اینولین (پلی‌ساکارید نشاسته‌ای)، کومارین‌ها، فلاونوئیدها، لاکتون‌های سسکوئی‌ترپن (لاکتوسین و لاکتوکوپیکرین)، تانن‌ها، آلکالوئیدها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و روغن‌های فرار است (انوافور و همکاران، ۲۰۱۷). در گزارشهای قبلی بخش‌های مختلف حاوی اینولین ، مشتقات اسید کافئیک مانند اسید فرولیک ، اسید کافتاریک ، اسید شیکوریک ، اسید کلروژنیک ، اسید ایزوکلروژنیک ، اسید دی کافئوئیل تارتاریک، قندها، پروتئین‌ها، هیدروکسی کومارین‌ها ،فلاونوئیدها ، ترپنوئیدها، لاکتون‌های سسکوئی‌ترپن) به عنوان مثال، کرپیدیازید (A ، آلکالوئیدها، استروئیدها، روغن‌ها، ترکیبات فرار، ویتامین‌ها و پلی‌ین‌ها هستند (بیرسا و ساربو، ۲۰۲۳)

۳,۶. کاربرد در اسلام

در آموزه های پزشکی اهل بیت علیهم السلام از فواید کاسنی بسیار سخن به میان آمده است. پیامبر اکرم (ص) فرموده اند: برگی از کاسنی نیست مگر قطره ای از بهشت بر آن باشد.

امام رضا(ع) درباره ی سبزیجات می فرمایند: بهترین آنها کاسنی و کاهو می باشد

محمد بن اسماعیل می گوید: شنیدم امام رضا(ع) می فرمایند: کاسنی، شفای هزار درد است، هیچ دردی در شکم نیست مگر اینکه با کاسنی خوب می شود.

امام رضا(ع) همچنین درباره ی خواص دیگر کاسنی می گویند : سبزی کاسنی بخورید چرا که آن، مال و فرزند را زیاد می کند و هر کس که دوست دارد مال و فرزندش زیاد شود به خوردن کاسنی مداومت نماید.

همچنین از امام رضا (ع) نقل شده است که : خوردن کاسنی موجب شفا یا فتن از هر درد و مرضی است هیچ دردی در درون انسان نیست مگر آنکه کاسنی آن را از بین می برد.

محمد بن اسماعیل می گوید: روزی امام رضا(ع) بعضی از ملازمان را که تب و سر درد گرفته بودند دعوت کرد. آن حضرت دستور داد (برگ) کاسنی را کوبیده سپس بر روی کاغذ قرار داد و روغن بنفشه بر آن ریخته و بر سر بیمار بگذارند سپس فرمودند: بدانید کاسنی تب را ریشه کن و سر درد را (از بین) می برد.

امام علی علیه السلام:

– کاسنی بخورید، که هیچ صبحی نیست، مگر اینکه قطره ای از بهشت برآن فرو می افتد. چون خواستید آن را بخورید، قطره ای آب را از رویش متکانید.

امام صادق علیه السلام:

– کاسنی نیکو سبزی ای است. هیچ برگی از آن نیست که قطره ای از بهشت بر آن نباشد. آن را بخورید و هنگام خوردن، متکانید. پدرم ما را نهی می فرمود که هنگام خوردن کاسنی، آن را بتکانیم.

– هر کس در حالی بخوابد که در درون او، هفت بسته از برگهای کاسنی باشد، به خواست خداوند، آن شب از قولنج در امان خواهد بود.

– برتو باد کاسنی؛ چرا که اسپرم افزون کند و فرزند را زیبا می کند. گرم و ملین است و پسرزایی را بیشتر می کند

– هر کس می خواهد اسپرم او و فرزندانش زیاد شود ، بر خوردن کاسنی مداومت ورزد.

– در جواب پیرمردی که کاسنی نمی خورد، فرمود: گویا گمان می کنید که کاسنی، سرد است، در حالی که چنین نیست؛ بلکه معتدل است و برتری آن بر دیگر سبزی ها، به سان برتری ما بر دیگر مردمان است.

– کاسنی بخورید تا خون شما افزون و میل جنسی در شما سرشار شود و فرزند زیبا و نیکو از شما به وجود آید

۴. نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر تطبیق کاربردهای مردم و دن اسلام با یافته_های امروز را تایید میکند و بیانگر آن است که مردم ایران دانش بومی غنی در استفاده از گیاهان دارویی دارند که طول قرن_ها تجربه حاصل شده است و بخشی از آن ریشه در دین اسلام دارد.

فهرست منابع

رمضانیان مریم، مینایی فر امیر عباس. مطالعه اتنوبوتانی گیاهان دارویی شهرستان فسا .مجله طب سنتی اسلام وایران. ۱۳۹۵; ۷ (۲).

سجادی ابراهیم، بخشیانی مهدی، نکو خو مسعود، ذوالفقاری بهزاد. بررسی اتنوبوتانی گیاهان دارویی شهرستان فریدونشهر . مجله طب سنتی اسلام وایران .۱۳۹۵ ;۷ (۳): ۳۷۰-۳۵۹.

حسینی, سید حمزه ,یوسفی, نرجس و فتاحی, فرنوش . (۱۴۰۲). دانش اتنوبوتانی گیاهان دارویی شهرستان پاسارگاد در استان فارس .*تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*533-515 ,(4)*39* ,

مالکی خضرلو سمیرا، انصاری اردلی سجاد، مالکی خضرلو مهدیه. مطالعه اتنوبوتانی و مصارف سنتی برخی گیاهان دارویی شهرستان عجبشیر .مجله طب سنتی اسلام وایران. ۱۳۹۵; ۷ (۴) :۴۹۹-۵۰۶

گنجعلی علیرضا، خاک سفیدی عباس. مطالعه اتنوبوتانیکی برخی از گیاهان دارویی شهرستان بیرجند .مجله طب سنتی اسلام وایران. ۱۳۹۵; ۷ (۳) :۳۴۹-۳۵۷

مهرنیا محمد، حسینی زهرا. مطالعهٔ اتنوبوتانی گیاهان دارویی بومی منطقهٔ الشتر (لرستان) .مجله طب سنتی اسلام وایران. ۱۳۹۹; ۱۱ (۱) :۱۱۲-۸۱

Sillitoe, P. (2006). Indigenous knowledge in development. *Anthropology in Action*, *13*(3), 1-12.

Jessen, T. D., Ban, N. C., Claxton, N. X., & Darimont, C. T. (2022). Contributions of Indigenous Knowledge to ecological and evolutionary understanding. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *20*(2), 93-101.

Azaizeh, H., Saad, B., Cooper, E., & Said, O. (2010). Traditional Arabic and Islamic medicine, a re-emerging health aid. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 7(4), 419-424.

Sishu, N. K., & Selvaraj, C. I. (2025). Bio-fabrication of Cichorium intybus L. root aqueous extract mediated ZnO nanoparticle (CIRAE-ZnO NP) for its promising therapeutic applications. Green Chemistry Letters and Reviews, 18(1), 2489461.

Street, R. A., Sidana, J., & Prinsloo, G. (2013). Cichorium intybus: Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2013(1), 579319.

Anonymous, Standardisation of Single drugs of Unani medicine Part II, CCRUM, New Delhi, 60, 101-107 (1992)

Janda, K., Gutowska, I., Geszke-Moritz, M., & Jakubczyk, K. (2021). The common cichory (Cichorium intybus L.) as a source of extracts with health-promoting properties—a review. Molecules, 26(6), 1814.

Sezik E., Yeşilada E., Honda G., Takaishi Y., Takeda Y., and Tanaka T., Traditional medicine in Turkey X. Folk medicine in Central Anatolia, Journal of Ethnopharmacology. (2001) 75, no. 2-3, 95–115, 2-s2.0-0035048443,

Gurib-Fakim A., Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow, Molecular Aspects of Medicine. (2006) 27, no. 1, 1–93, 2-s2.0-29044445562

Bischoff T. A., Kelley C. J., Karchesy Y., Laurantos M., Nguyen-Dinh P., and Arefi A. G., Antimalarial activity of Lactucin and Lactucopicrin: sesquiterpene lactones isolated from Cichorium intybus L., Journal of Ethnopharmacology. (2004) 95, no. 2-3, 455–457, 2-s2.0-7044224308

van Wyk B. E., van Oudtshoorn B., and Gericke N., Medicinal Plants of South Africa, 1997, Briza Publications, Pretoria, South Africa.

Pieroni A., Medicinal plants and food medicines in the folk traditions of the upper Lucca Province, Italy, Journal of Ethnopharmacology. (2000) 70, no. 3, 235–273, 2-s2.0-0034662384,

Ahmed B., Al-Howiriny T. A., and Siddiqui A. B., Antihepatotoxic activity of seeds of Cichorium intybus, Journal of Ethnopharmacology. (2003) 87, no. 2-3, 237–240, 2-s2.0-0037676080

Hanlidou E., Karousou R., Kleftoyanni V., and Kokkini S., The herbal market of Thessaloniki (N Greece) and its relation to the ethnobotanical tradition, Journal of Ethnopharmacology. (2004) 91, no. 2-3, 281–299, 2-s2.0-2342458982,

Jarić S., Popović Z., Mačukanović-Jocić M., Djurdjević L., Mijatović M., Karadžić B., Mitrović M., and Pavlović P., An ethnobotanical study on the usage of wild medicinal herbs from Kopaonik Mountain (Central Serbia), Journal of Ethnopharmacology. (2007) 111, no. 1, 160–175, 2-s2.0-33947711856

Ahmad M, Qureshi R, Arshad M, Khan MA, Zafar M (2009) Traditional herbal remedies used for the treatment of diabetes from district attock (Pakistan). Pak J Bot 41(6): 2777-2782.

El-Hilaly J, Hmammouchi M, Lyoussi B (2003) Ethnobotanical studies and economic evaluation of medicinal plants in Taounate province (Northern Morocco). J Ethnopharmacol 86(2-3): 149-158.

Miraldi E, Ferri S, Mostaghimi V (2001) Botanical drugs and preparations in the traditional medicine of West Azerbaijan (Iran). J Ethnopharmacol 75(2-3): 77-87.

Nwafor, I. C., Shale, K., & Achilonu, M. C. (2017). Chemical composition and nutritive benefits of chicory (Cichorium intybus) as an ideal complementary and/or alternative livestock feed supplement. The Scientific World Journal, 2017(1), 7343928.

Birsa, M. L., & Sarbu, L. G. (2023). Health Benefits of Key Constituents in Cichorium intybus L. Nutrients, 15(6), 1322.

Indigenous knowledge of Iranian and Islamic people on the use of chicory medicinal plant

Mansureh Ghavam[1*]

1- Department of Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran

*Corresponding author: **mghavam@kashanu.ac.ir**

Abstract

Indigenous knowledge is a set of oral knowledge based on a specific geographical location that is adapted and transmitted over time. Iran has a long tradition of using medicinal plants to manage various diseases. The present study was designed and compiled with the aim of investigating the uses of chicory (*Cichorium intybus* L.) by Iranian and Islamic people in a review manner. Chicory is a plant from the Asteraceae family with fleshy roots and light blue flowers that has anti-hyperuricemia, anti-inflammatory and anti-diabetic, anti-tumor, antioxidant and anti-proliferative, antibacterial and anti-protozoal, liver-protective and anti-oxidative effects. Ethnobotany findings in Iran show that people in different regions use different parts of this plant to strengthen the stomach, liver diseases, jaundice and skin infections. In the hadiths from the infallible Imams (AS), chicory has been introduced as a cure for a thousand pains. Therefore, it seems that the indigenous knowledge of the Iranian people and the reports from Islam are consistent with the findings of modern medicine.

Keywords: Ethnobotany, Islamic medicine, people, chicory, Iran

اثر محلول‌پاشی اسید آمینه آرژنین بر بهبود صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) در خاک شور

پاستور زندوکیلی[1]، وحیدرضا صفاری[1]، صفورا سعادتی[1]
[1] بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
نشانی نویسنده مسئول: pastor.zandvakili@gmail.com

چکیده
گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) به دلیل دارا بودن ترکیبات دارویی مانند فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌ها، در صنایع دارویی و آرایشی-بهداشتی کاربرد دارد. تنش شوری خاک، تولید این ترکیبات و رشد گیاه را مختل می‌کند. اسید آمینه آرژنین به عنوان پیش‌ساز نیتریک اکسید و پلی‌آمین‌ها، نقش کلیدی در تحمل تنش‌های محیطی ایفا می‌کند. این پژوهش اثر محلول‌پاشی آرژنین بر صفات بیوشیمیایی این گیاه در شرایط شوری را بررسی کرد. آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. سطوح اسید آمینه آرژنین شامل ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. تیمارها در سه مرحله رشدی محلول‌پاشی شدند. صفاتی مانند پرولین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پروتئین محلول اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی اسید آمینه آرژنین به‌صورت دوز-وابسته، صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه‌بهار را تحت شرایط تنش شوری خاک به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. کاربرد آرژنین با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، فعالیت آنزیم کاتالاز را تا ۶۴ درصد، فعالیت آنزیم پراکسیداز را تا ۹۲ درصد، محتوای پروتئین محلول را تا ۳۱ درصد و محتوای پرولین را تا ۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. این راهکار زیستی، پایداری تولید همیشه‌بهار را در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران افزایش داده و می‌تواند به کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی کمک کند.

واژه های کلیدی: اسید آمینه آرژنین، تنش شوری، همیشه بهار، گیاه دارویی

مقدمه
گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis L.*) از خانواده کاسنیان (Asteraceae)، گیاهی علفی، یک‌ساله یا دوساله با ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است که به دلیل گل‌های زرد تا نارنجی جذاب و دوره گل‌دهی طولانی (از بهار تا پاییز)، در باغبانی زینتی و تولید فضای سبز شهری کاربرد گسترده‌ای دارد (Szopa et al., 2020). این گیاه علاوه بر ارزش زینتی، به عنوان منبع غنی ترکیبات دارویی مانند فلاونوئیدها (کوئرستین، لوتئولین)، کاروتنوئیدها، ترپنوئیدها و اسانس‌های فرار، در صنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی و غذایی مورد توجه است. خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، التیام‌بخش زخم و محافظت‌کننده در برابر اشعه UV، همیشه‌بهار را به گزینه‌ای ایده‌آل برای فرمولاسیون کرم‌های پوستی، چای‌های درمانی و رنگدانه‌های طبیعی تبدیل کرده است (Srivastava et al., 2010). در ایران، با توجه به پراکنش گسترده در مناطق غربی و مرکزی و سازگاری با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، کشت تجاری همیشه‌بهار پتانسیل اقتصادی بالایی دارد. با این حال، شوری خاک به عنوان یکی از محدودیت‌های اصلی در مناطق کشاورزی ایران (با بیش از ۲۵ درصد اراضی شور یا نیمه‌شور)، رشد، عملکرد زینتی و سنتز ترکیبات فعال زیستی را مختل می‌کند (Munns and Tester, 2008). تنش شوری از طریق فشار اسمزی (کاهش جذب آب)، سمیت یونی و استرس اکسیداتیو منجر به کاهش محتوای کلروفیل، اختلال فتوسنتز، افزایش نشت یونی، کاهش پرولین و تضعیف فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می شود (Parida and Das, 2005).

اسید آمینه آرژنین ($C_6H_{14}N_4O_2$)، به عنوان پیش‌ساز نیتریک اکسید (NO) و پلی‌آمین‌ها (پوترسین، اسپرمیدین، اسپرمین)، نقش کلیدی در تحمل تنش‌های غیرزنده ایفا می‌کند (Corpas et al., 2019). NO مشتق‌شده از آرژنین، سیگنالینگ وابسته به کلسیم را فعال کرده، بیان ژن‌های دفاعی را القا می‌کند و تعادل ROS را تنظیم می‌نماید (Shi et al., 2014). پلی‌آمین‌ها نیز پایداری غشا را حفظ، فشار اسمزی را تعدیل و سنتز پروتئین را تحریک می‌کنند (Slocum, 2005). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که محلول‌پاشی آرژنین در گیاهانی مانند گندم و انگور، محتوای پرولین (تا ۳۵ درصد)، فعالیت CAT و POD (تا ۱/۸ برابر) و نسبت K^+/Na^+ را افزایش داده و فتوسنتز را بهبود می بخشد (Mostafa et al., 2017; Nasibi et al., 2011). با توجه به اهمیت اقتصادی همیشه‌بهار و فقدان مطالعات جامع بر روی اثر آرژنین در این گیاه تحت شوری، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی سطوح مختلف آرژنین بر صفات بیوشیمیایی مرتبط با تحمل تنش انجام شد. نتایج این مطالعه می‌تواند راهکاری زیستی برای تولید پایدار گیاهان دارویی در اراضی شور ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت آزمایش گلدانی در فصل پاییز سال ۱۴۰۳ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا گردید. این گلخانه در مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه عرض شمالی و ۵۷ درجه طول شرقی، در ارتفاع ۱۷۵۴ متری از سطح دریا واقع شده است. شرایط محیطی گلخانه شامل میانگین دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۲۵ درصد بود.

بستر کشت از ترکیب دو بخش ماسه ریز، یک بخش خاک رسی و یک بخش کود حیوانی کاملاً تجزیه‌شده تشکیل شد. هر گلدان با ۲۵۰۰ گرم خاک با هدایت الکتریکی ۸/۶۴ دسی‌زیمنس بر متر (شوری متوسط تا شدید) پر شد. این بستر برای شبیه‌سازی شرایط طبیعی خاک‌های شور مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران (مانند دشت‌های کرمان) طراحی شد. شاهد بدون شوری وجود نداشت، زیرا هدف پژوهش، بررسی عملکرد تیمارها در شرایط واقعی و عملی مزارع شور ایران بود.

نشاهای گیاه گل همیشه‌بهار از واحد تولید فضای سبز دانشگاه شهید باهنر کرمان تأمین شد. در هر گلدان سیاه‌رنگ با قطر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر، سه نشا کاشته شد. پس از تثبیت رشد گیاهان، بوته‌های اضافی حذف شدند تا یک بوته در هر گلدان باقی بماند. برای تأمین نیازهای غذایی، محلول حاوی ۱۰ درصد نیتروژن، ۰/۱ درصد آهن، ۸ درصد فسفر، ۴ درصد پتاسیم و ۰/۱درصد روی از طریق محلول‌پاشی و آبیاری به گیاهان اعمال شد.

در این پژوهش، اسید آمینه آرژنین (خلوص ۹۹٪، شرکت Sigma-Aldrich) با غلظت‌های ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر استفاده شد. محلول‌پاشی آرژنین در سه مرحله انجام شد: مرحله اول در فاز ۴ تا ۶ برگی (۲ بهمن ۱۴۰۳)، مرحله دوم در فاز ۸ تا ۱۰ برگی (۲۱ بهمن ۱۴۰۳) و مرحله سوم (۱۱ اسفند ۱۴۰۳). محلول‌پاشی‌ها صبح زود انجام شد تا تبخیر کاهش یابد و جذب مواد توسط برگ‌ها افزایش یابد. نمونه‌برداری برای بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی یک هفته پس از آخرین محلول‌پاشی انجام شد و نمونه‌ها در نیتروژن مایع ذخیره شدند.

استخراج عصاره آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

۰,۱ گرم برگ در نیتروژن مایع پودر و با ۱ میلی‌لیتر بافر استخراج (فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار، pH=7.8، حاوی EDTA، تریتون، Tris و DTT) همگن شد. عصاره در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و بخش شفاف برای سنجش آنزیم‌ها استفاده شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

فعالیت کاتالاز با ردیابی تجزیه H_2O_2 در ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. بافر واکنش (۳ میلی‌لیتر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار، pH=7، و H_2O_2 15 میلی‌مولار) با ۰/۰۵ میلی‌لیتر عصاره مخلوط شد. فعالیت ویژه کاتالاز از تقسیم فعالیت حجمی بر پروتئین

عصاره محاسبه شد. یک واحد = CAT مقدار آنزیمی که یک میکرومول H_2O_2 را در دقیقه در ۲۵° C تجزیه کند (Maehly and Chance, 1954):

فعالیت آنزیم پراکسیداز

۳ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم با ۴/۵ میکرولیتر H_2O_2 ، ۳,۳۵ میکرولیتر گایاکول و ۵۰ میکرولیتر عصاره مخلوط و در ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. فعالیت ویژه مشابه کاتالاز محاسبه شد (Maehly and Chance, 1954).

پروتئین

۱۰۰ میکرولیتر نمونه با ۵ میلی‌لیتر معرف برادفورد مخلوط و جذب در ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت پروتئین با منحنی استاندارد BSA محاسبه شد (Bradford, 1976).

پرولین

ابتدا ۰/۵ گرم برگ با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ همگن و در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. معرف ناین هیدرین (۱/۲۵ گرم در ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار و ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک) استفاده شد. نمونه‌ها با ۲ میلی‌لیتر اسید استیک در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفتند، سپس با ۴ میلی‌لیتر تولوئن ورتکس شدند. جذب فاز بالایی در ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری و غلظت پرولین از نمودار استاندارد محاسبه شد (Bates et al., 1973):

آنالیز داده‌ها

آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار آرژنین (۰، ۱۵۰، ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شرایط شوری ۸/۶۴ دسی‌زیمنس بر متر و سه تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. محاسبات جبری با Microsoft Excel ۲۰۱۶ صورت گرفت.

نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده، کاربرد آمینو اسید آرژنین به‌صورت دوز-وابسته، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و محتوای ترکیبات بیوشیمیایی را به‌طور معناداری افزایش داد. کمترین مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز در شاهد برابر با ۰/۸۴ واحد بر میلی‌گرم پروتئین و بیشترین مقدار آن در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آرژنین با ۱/۳۸ واحد بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد. آرژنین با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به افزایش ۳۹ درصدی و با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش ۶۴ درصدی آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد شد (شکل ۱ الف). کمترین و بیشترین مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۲۳ واحد بر میلی‌گرم پروتئین بود که در شاهد و غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آرژنین مشاهده شد. آرژنین با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش ۹۲ درصدی آنزیم پراکسیداز نسبت به شاهد شد (شکل ۱ ب). این افزایش نشان‌دهنده نقش برجسته آرژنین در فعال‌سازی مسیرهای پراکسیدازی و تقویت مقاومت به استرس اکسیداتیو است. این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های قبلی همسو است، به‌طوری‌که محققان به اثربخشی آرژنین در تحریک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاهان تحت استرس اشاره داشته‌اند؛ برای مثال، مطالعات Usman و همکاران (۲۰۲۳) و Nasibi و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که آرژنین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاهان تحت تنش می‌شود.

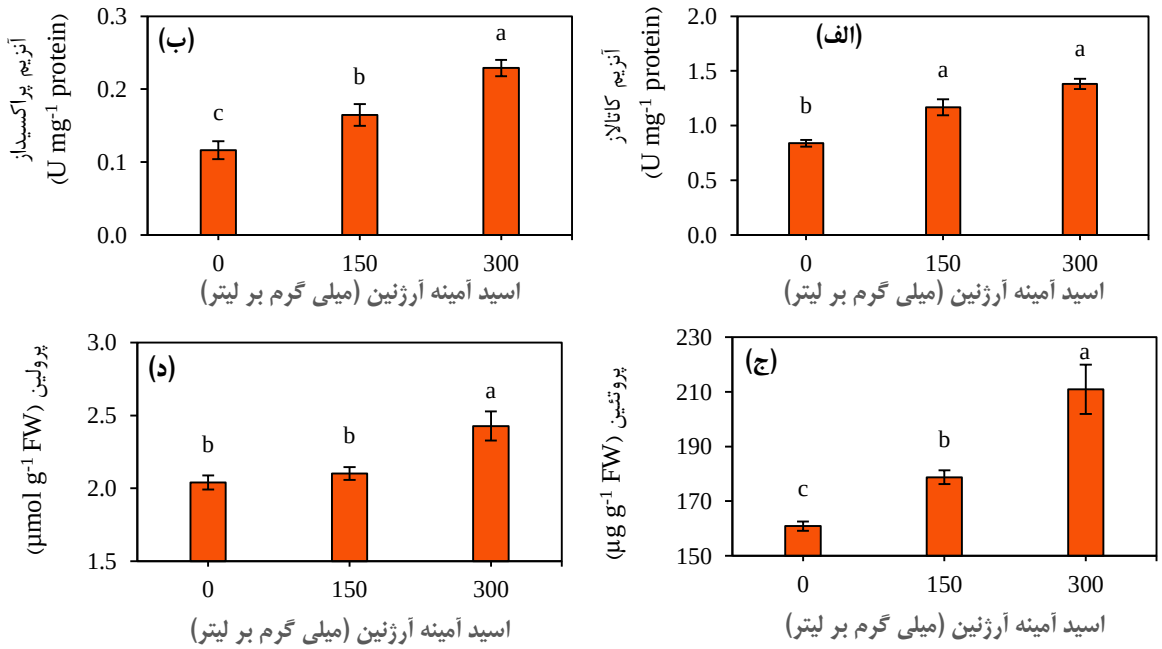
در غلظت صفر آرژنین (شاهد)، پایین‌ترین سطح محتوای پروتئین کل معادل ۱۶۰/۸۹ میکروگرم بر گرم وزن تر ثبت گردید، در حالی که بالاترین مقدار آن در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آرژنین به ۲۱۰/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن تر رسید. کاربرد آرژنین در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش ۱۱درصدی و در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به بهبود ۳۱ درصدی پروتئین کل نسبت به شاهد شد (شکل ۱ ج). افزایش معنی‌دار محتوای پروتئین کل در پاسخ به کاربرد آرژنین، بیانگر نقش این آمینو اسید در تحریک سنتز پروتئین و بهبود چرخه نیتروژن است. مطالعات پیشین ازجمله پژوهشFreitas

و همکاران (۲۰۲۲) تأیید کرده‌اند که آرژنین با ارتقای مسیر بیوسنتز پروتئین و تأمین پیش‌سازهای نیتروژن، منجر به تجمع بیشتر پروتئین کل می‌شود.

پایین‌ترین میزان محتوای پرولین در شاهد برابر با ۲/۰۴ میکرومول بر گرم وزن تر و بالاترین سطح آن در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آرژنین با ۲/۴۳ میکرومول بر گرم وزن تازه به‌دست آمد. آرژنین در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب ۱۹ درصد افزایش پرولین نسبت به شاهد گردید (شکل ۱ د). افزایش قابل توجه میزان پرولین در نتیجه کاربرد آرژنین، حکایت از نقش حفاظتی این آمینو اسید در تعدیل فشار اسمزی و پایداری غشاء سلولی دارد؛ یافته‌هایی که با یافته‌های Hussein و همکاران (۲۰۲۲) هم‌راستا است و نشان می‌دهد آرژنین از طریق بهبود انباشت پرولین، تحمل گیاهان به استرس اکسیداتیو و اسمزی را افزایش می‌دهد. این نتایج مؤید آن است که آرژنین به‌عنوان یک آمینو اسید کلیدی، با ارتقای سامانه آنتی‌اکسیدانی، تقویت سنتز پروتئین‌ها و افزایش پرولین، نقش مؤثری در بهبود سازگاری گیاه با شرایط تنش ایفا می‌کند.

نتیجه گیری

به‌طور کلی، آرژنین با تقویت سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی، تعدیل فشار اسمزی و بهبود متابولیسم نیتروژن، تحمل گیاه به تنش شوری را ارتقا داد. غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌عنوان دوز بهینه برای کاربرد عملی در کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای گیاهان دارویی در اراضی شور توصیه می‌شود.



شکل ۱. اثر اسید آمینه آرژنین بر آنزیم کاتالاز (الف)، آنزیم پراکسیداز (ب)، پروتئین (ج) و پرولین (د) برگ گیاه دارویی همیشه بهار در شرایط خاک شور. مقادیر میانگین ۳ تکرار ± خطای استاندارد (SE) می‌باشند. حروف غیر مشابه روی هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD ($p\leq0.05$) است.

منابع

Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Freitas, I.S., Trennepohl, B.I., Acioly, T.M.S., Conceição, V.J., Mello, S.C., Dourado Neto, D., and Azevedo, R.A., 2022. Exogenous application of L-arginine improves protein content and increases yield of Pereskia aculeata Mill. grown in soilless media container. Horticulturae 8: 142.

Hussein, H.A.A., Alshammari, S.O., Kenawy, S.K., Elkady, F.M., and Badawy, A.A., 2022. Grain-priming with L-arginine improves the growth performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants under drought stress. Plants 11: 1219.

Maehly, A.C., and Chance, B., 1954. The assay of catalases and peroxidases. Methods of Biochemical Analysis 1: 357-424.

Mostafa, H.M., El-Sharkawy, M., and Al-Taweel, A., 2017. Arginine application enhances grape yield under salt stress. HortScience 52: 1234-1240.

Munns, R., and Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

Nasibi, F., Kalantari, K.M., and Barand, A., 2011. Effects of arginine on physiological and biochemical attributes of wheat under salinity stress. Plant Physiology and Biochemistry 49: 1003-1009.

Parida, A.K., and Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

Shi, H., Ye, T., and Chan, Z., 2014. Nitric oxide-mediated alleviation of salinity stress in wheat. Plant Physiology and Biochemistry 74: 52-60.

Slocum, R.D., 2005. Genes, enzymes and regulation of arginine biosynthesis in plants. Plant Physiology and Biochemistry 43: 729-745.

Srivastava, J.K., Shankar, E., and Gupta, S., 2010. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future. Molecular Medicine Reports 3: 895-901.

Szopa, A., Klimek-Szczykutowicz, M., and Ekiert, H., 2020. Calendula officinalis: cultivation and biotechnological approaches. Acta Physiologiae Plantarum 42: 78.

Usman, S., Yaseen, G., Noreen, Z., Rizwan, M., Noor, H., and Elansary, H.O., 2023. Melatonin and arginine combined supplementation alleviate salt stress through physiochemical adjustments and improved antioxidant enzymes activity in Capsicum annuum L. Scientia Horticulturae 321: 112270.

Effect of Foliar Application of Arginine Amino Acid on Biochemical Traits of Medicinal Plant Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) under Salt-Affected Soil

Pastor Zandvakili[1], Vahid Reza Saffari[1], Safoora Saadati[1]
[1]Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran
Corresponding author: pastor.zandvakili@email.com

Abstract

Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) is widely used in pharmaceutical and cosmetic industries due to its rich content of medicinal compounds such as flavonoids, carotenoids, and antioxidants. Soil salinity stress disrupts the production of these compounds and plant growth. Arginine, as a precursor of nitric oxide and polyamines, plays a key role in tolerance to environmental stresses. This study investigated the effect of foliar application of arginine on biochemical traits of pot marigold under saline conditions. A completely randomized design experiment with three replications was conducted in the greenhouse of Shahid Bahonar University of Kerman. Arginine levels included 0, 150, and 300 mg L^{-1}, applied via foliar spray at three growth stages. Traits such as proline content, antioxidant enzyme activities, and soluble protein were measured. Results showed that arginine foliar application dose-dependently and significantly improved the biochemical traits of pot marigold under soil salinity stress. Application of arginine at 300 mg L^{-1} increased catalase activity by 64%, peroxidase activity by 92%, soluble protein content by 31%, and proline content by 19% compared to the control. This biocompatible approach enhances the sustainable production of pot marigold in arid and semi-arid regions of Iran and may reduce reliance on chemical fertilizers.

Keywords: Arginine amino acid, Salinity stress, Pot marigold, Medicinal plant.

بهبود صفات رشدی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی تحت تنش شوری خاک

پاستور زندوکیلی[1]، وحیدرضا صفاری[1]، صفورا سعادتی[1]

[1] بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

نویسنده مسئول: *pastor.zandvakili@gmail.com*

چکیده

گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) به عنوان یکی از گیاهان دارویی و زینتی مهم، حاوی ترکیبات فعال زیستی مانند فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌ها است که در صنایع دارویی و آرایشی کاربرد گسترده‌ای دارد. تنش شوری خاک، رشد و عملکرد این گیاه را کاهش می‌دهد. پژوهش حاضر به بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (به عنوان محرک زیستی) بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی این گیاه در شرایط شوری پرداخت. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. سطوح عصاره جلبک دریایی شامل ۰ (شاهد)، ۱ و ۲ گرم بر لیتر اعمال گردید. تیمارها در سه مرحله رشدی به صورت محلول‌پاشی اعمال شد. صفاتی نظیر تعداد گل، قطر گل، درصد ماده خشک ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. کاربرد ۲ گرم بر لیتر عصاره جلبک دریایی، تعداد گل را از ۱۱ به ۱۴ عدد (۲۷٪ افزایش)، قطر گل را از ۶۳ به ۷۳ میلی‌متر (۱۶٪ افزایش)، درصد ماده خشک ریشه را از ۱۲/۲۰٪ به ۱۷/۷۰٪ (۳۸٪ افزایش) و درصد ماده خشک اندام هوایی را از ۱۲/۷۱٪ به ۱۴/۶۷٪ (۱۵٪ افزایش) رساند. این بهبودها ممکن است از طریق تحریک هورمون‌های گیاهی، افزایش فتوسنتز، تنظیم فشار اسمزی و کاهش استرس اکسیداتیو حاصل شده باشد. به طور کلی، محلول‌پاشی ۲ گرم بر لیتر عصاره جلبک دریایی به‌عنوان دوز بهینه، راهکاری عملی و پایدار برای افزایش کیفیت و عملکرد گل همیشه‌بهار در خاک‌های شور ارائه می‌دهد.

واژه های کلیدی: عصاره جلبک دریایی، تنش شوری، همیشه بهار، محرک زیستی، گیاهان دارویی

مقدمه

گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، عضوی از خانواده کاسنی (*Asteraceae*)، گیاهی یک‌ساله یا دوساله بومی مناطق مدیترانه‌ای جنوب اروپا است که به دلیل ویژگی‌های زینتی برجسته، دوره گل‌دهی طولانی (از اوایل بهار تا اواخر پاییز)، رنگ‌های متنوع (زرد، نارنجی و ترکیبی) و مقاومت نسبی به شرایط محیطی نامساعد، جایگاه ویژه‌ای در طراحی فضای سبز شهری، باغ‌های زینتی و کشت‌های تجاری دارویی دارد (Sharifi-Rad et al., 2020). عصاره گل‌های همیشه‌بهار در فرمولاسیون‌های دارویی (پمادهای ترمیم زخم، قطره‌های چشمی)، محصولات آرایشی (کرم‌های ضدپیری، لوسیون‌های پوستی) و حتی صنایع غذایی (رنگ‌دانه طبیعی) کاربرد گسترده‌ای یافته و ارزش اقتصادی بالایی ایجاد کرده است (Dzida et al., 2025). ایران با بیش از ۳۵ میلیون هکتار اراضی شور (معادل ۲۰٪ کل اراضی کشاورزی)، به‌ویژه در مناطق مرکزی و جنوب شرقی مانند استان کرمان، با چالش جدی تنش شوری خاک مواجه است (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲). شوری خاک، ناشی از انباشت نمک‌های محلول، با ایجاد فشار اسمزی، سمیت یونی و استرس اکسیداتیو، فرآیندهای فیزیولوژیکی کلیدی مانند فتوسنتز، جذب آب، تعادل یونی و تقسیم سلولی را مختل می‌کند و منجر به کاهش شدید رشد رویشی و زایشی، کاهش تعداد و اندازه گل، کوتاه شدن طول عمر گل و در نهایت افت کیفیت و کمیت محصول می‌شود (Munns and Tester,

2008). در گیاهان زینتی مانند همیشه‌بهار، این تنش‌ها علاوه بر کاهش عملکرد، ارزش بازارپسندی را به دلیل کوچک شدن گل‌ها و کاهش شدت رنگ‌دانه‌ها به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند.

در دهه اخیر، استفاده از محرک‌های زیستی (Biostimulants) به عنوان جایگزینی پایدار و دوستدار محیط زیست برای کودهای شیمیایی، مورد توجه قرار گرفته است. عصاره جلبک‌های دریایی، به‌ویژه از گونه *Ascophyllum nodosum*، به دلیل دارا بودن ترکیبات فعال زیستی مانند هورمون‌های گیاهی (سایتوکینین، اکسین، جیبرلین)، پلی‌ساکاریدها، بتائین‌ها، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و عناصر کم‌مصرف، به عنوان یکی از مؤثرترین بیواستیمولانت‌ها شناخته شده‌اند (Khan et al., 2009). این ترکیبات با تحریک تقسیم و توسعه سلولی، افزایش فتوسنتز، بهبود جذب مواد مغذی، تنظیم تعادل یونی و فعال‌سازی سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی، مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله شوری را افزایش می‌دهند (Gupta et al., 2016). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که کاربرد عصاره جلبک دریایی در گیاهان زینتی و دارویی تحت تنش شوری، منجر به افزایش زیست‌توده، بهبود صفات گل‌دهی و ارتقای کیفیت ترکیبات مؤثره می‌شود. به عنوان مثال، رحیم‌خانی و همکاران (۱۴۰۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر عصاره جلبک در نشاء گل‌گاوزبان ایرانی، تعداد گل و وزن خشک را به ترتیب ۲۵٪ و ۳۰٪ افزایش داد. همچنین، محمدی و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای بر روی همیشه‌بهار، نشان دادند که کاربرد ۲۰۰–۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر عصاره جلبک، قطر گل را تا ۲۰٪ و طول عمر گل را تا ۳۵٪ بهبود بخشید. با این حال، اطلاعات محدودی در مورد دوز بهینه و مکانیسم‌های دقیق اثر این عصاره بر صفات زایشی همیشه‌بهار در شرایط شوری متوسط تا بالا وجود دارد.

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر دوزهای مختلف عصاره جلبک دریایی (۰، ۱ و ۲ گرم بر لیتر) بر صفات رشدی گل همیشه‌بهار در شرایط خاک شور انجام شد تا دوز بهینه برای حداکثر بهبود صفات زایشی و رویشی مشخص شود و راهکار عملی و اقتصادی برای تولید پایدار این گیاه دارویی-زینتی در اراضی شور مناطق خشک ایران (مانند کرمان) ارائه شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به صورت طرح گلدانی در پاییز ۱۴۰۳ درون گلخانه تحقیقاتی گروه کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان به انجام رسید. موقعیت جغرافیایی گلخانه ۳۰ درجه شمالی و ۵۷ درجه شرقی با ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا بود. میانگین دما ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۰ تا ۲۵ درصد تنظیم گردید.

محیط کاشت شامل نسبت ۲:۱:۱ ماسه، خاک رسی و کود دامی پوسیده بود. گلدان‌ها با ۲۵۰۰ گرم خاک دارای هدایت الکتریکی ۶۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر (شوری متوسط تا بالا) پر شدند تا شرایط خاک‌های شور نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور (مانند کویرهای کرمان) شبیه‌سازی شود. گروه شاهد فاقد شوری نبود، زیرا هدف ارزیابی تیمارها در شرایط واقعی زمین‌های شور کشاورزی ایران بود.

نشاهای گل همیشه‌بهار از نهالستان فضای سبز دانشگاه تهیه گردید. در هر گلدان پلاستیکی سیاه با ابعاد ۲۵ سانتی‌متر قطر و ارتفاع، سه نشا قرار گرفت و پس از استقرار، گیاهان مازاد حذف شد تا تنها یک گیاه در هر واحد باقی بماند. تغذیه پایه با محلول ۱۰ درصد نیتروژن، ۰/۱ درصد آهن، ۸ درصد فسفر، ۴ درصد پتاسیم و ۰/۱ درصد روی از راه آبیاری و محلول‌پاشی تأمین شد.

عصاره جلبک دریایی (گونه *Ascophyllum nodosum*، تولید Acadian Seaplants کانادا) در سطوح ۰، ۱ و ۲ گرم در لیتر به کار گرفته شد. محلول‌پاشی در سه نوبت صورت گرفت: نوبت اول در مرحله ۴ تا ۶ برگی (۳ بهمن ۱۴۰۳)، نوبت دوم در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی (۲۲ بهمن ۱۴۰۳) و نوبت سوم (۱۲ اسفند ۱۴۰۳). عملیات صبح زود اجرا شد تا از تبخیر جلوگیری و جذب برگی افزایش یابد. در طول آزمایش، ویژگی‌های مورفولوژیکی مانند قطر گل و تعداد گل‌ها بررسی شد. وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی نیز پس از برداشت گیاهان اندازه‌گیری شد.

قطر گل

قطر گل با استفاده از کولیس دیجیتال در پهن‌ترین بخش گل اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری روی حداقل ۵ گل از هر بوته در زمان باز شدن کامل گل انجام و میانگین آن‌ها ثبت شد.

تعداد گل

تعداد غنچه‌های بازشده روزانه شمارش شد و در پایان دوره رشد، مجموع گل‌های حداقل ۱۰ بوته در هر تیمار به‌عنوان شاخص عملکرد زایشی ثبت گردید.

وزن تر و خشک اندام‌ها

وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه به‌عنوان شاخص‌های کلیدی وضعیت تغذیه‌ای، سلامت گیاه و کارایی فتوسنتزی اندازه‌گیری شد. پس از اتمام دوره آزمایش (در مرحله برداشت کامل گل‌ها)، گیاهان به‌آرامی از گلدان خارج شدند و ریشه‌ها با آب مقطر شستشو داده شد تا خاک و نمک‌های چسبیده حذف گردد. وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه بلافاصله با استفاده از ترازوی دیجیتال)مدلSartorius ، دقت ۰,۰۱ گرم (ثبت شد. سپس، نمونه‌ها در آون با گردش هوا (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) تا وزن ثابت خشک شدند. وزن خشک با همان ترازو اندازه‌گیری گردید.

درصد ماده خشک با فرمول زیر محاسبه شد:

درصد ماده خشک = وزن خشک (گرم)/ وزن تر (گرم) × ۱۰۰

آنالیز داده‌ها

آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار عصاره جلبک دریایی (۰، ۱، ۲ گرم بر لیتر) در شرایط شوری ۸/۶۴ دسی‌زیمنس بر متر و سه تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. محاسبات جبری با Microsoft Excel ۲۰۱۶ صورت گرفت.

نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده، کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌صورت دوز-وابسته (۰، ۱ و ۲ گرم بر لیتر)، تعداد گل، قطر گل و درصد ماده خشک ریشه و اندام هوایی را به‌طور معناداری افزایش داد. کمترین تعداد گل در شاهد برابر با ۱۱ عدد و بیشترین مقدار آن در غلظت ۲ گرم بر لیتر عصاره جلبک دریایی با ۱۴ عدد مشاهده شد. غلظت ۱ گرم بر لیتر منجر به افزایش ۱۸ درصدی و غلظت ۲ گرم بر لیتر موجب افزایش ۲۷ درصدی تعداد گل نسبت به شاهد شد (شکل ۱ الف). افزایش تعداد گل ناشی از تحریک سایتوکینین‌های موجود در عصاره جلبک است که تعداد گره‌های گل‌دهی و تشکیل غنچه را افزایش می‌دهد. سایتوکینین‌ها با فعال‌سازی ژن‌های APETALA1 و LEAFY، گذار از فاز رویشی به زایشی را تسریع می‌کنند. هچنین، بهبود فتوسنتز و انتقال قند به سینک‌های زایشی در شرایط شوری، امکان تخصیص انرژی بیشتر به تشکیل گل را فراهم می‌آورد (Dookie et al., 2021; Jena and Topno, 2023).

کمترین قطر گل در شاهد برابر با ۶۳ میلی متر و بیشترین مقدار آن در غلظت ۲ گرم بر لیتر با ۷۳ میلی متر مشاهده شد. غلظت ۱ گرم بر لیتر منجر به افزایش ۶/۶ درصدی و غلظت ۲ گرم بر لیتر موجب افزایش ۱۶ درصدی قطر گل نسبت به شاهد شد (شکل ۱ ب). سایتوکینین و جیبرلین موجود در عصاره، تقسیم و طویل شدن سلول‌های گلبرگ را تحریک می‌کنند. پلی‌ساکاریدهای جلبکی با افزایش تورژسانس سلولی و حفظ فشار اسمزی در شرایط شوری، از کوچک شدن سلول‌های گلبرگ جلوگیری کرده و منجر به گسترش سطح گل می شوند (Khan et al., 2009).

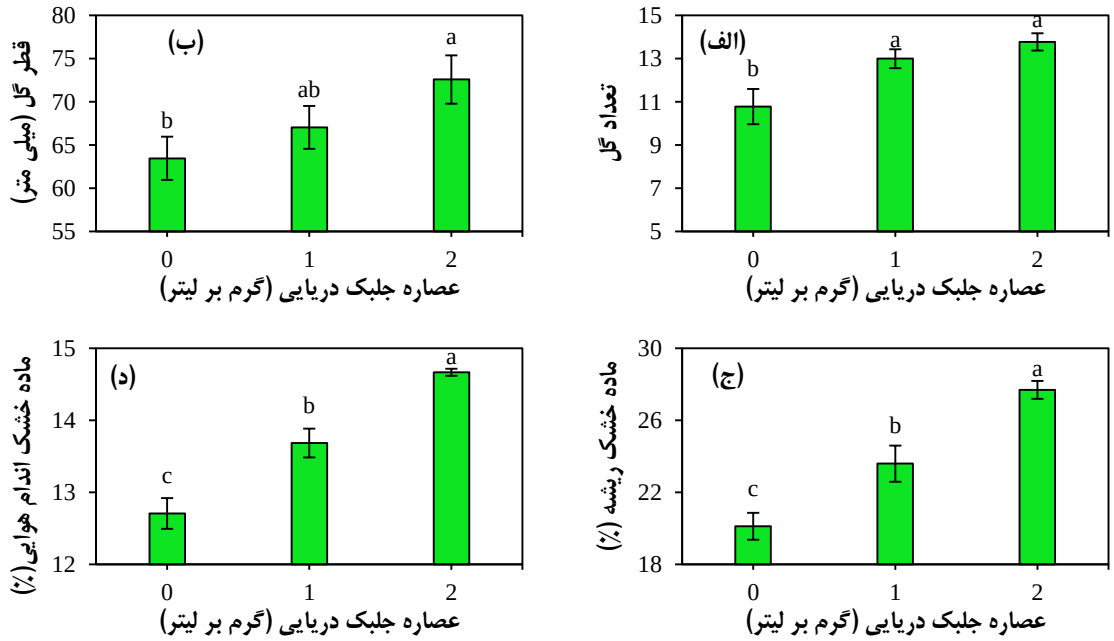
کمترین مقدار درصد ماده خشک ریشه در شاهد برابر با ۲۰/۱۲ درصد و بیشترین مقدار آن در غلظت ۲ گرم بر لیتر با ۲۷/۷۰ درصد مشاهده شد. غلظت ۱ گرم بر لیتر منجر به افزایش ۱۷ درصدی و غلظت ۲ گرم بر لیتر موجب افزایش ۳۸ درصدی درصد ماده خشک ریشه نسبت به شاهد شد (شکل ۱ ج). رشد ریشه در شرایط شوری به دلیل سمیت Na^+ و کاهش جذب

آب محدود می‌شود. عصاره جلبک با افزایش نسبت K^+/Na^+، فعال‌سازی پمپ‌های پروتون و تجمع پرولین و قندهای محلول، فشار اسمزی ریشه را تنظیم کرده و رشد طولی و جانبی ریشه را تقویت می‌کند (Gupta et al., 2016). افزایش ۳۸ درصدی ماده خشک ریشه نشان‌دهنده بهبود سیستم ریشه‌ای عمیق‌تر و کارآمدتر در جذب آب و مواد مغذی از خاک شور است.

کمترین مقدار درصد ماده خشک اندام هوایی در شاهد برابر با ۱۲/۷۱ درصد و بیشترین مقدار آن در غلظت ۲ گرم بر لیتر با ۱۴/۶۷ درصد مشاهده شد. غلظت ۱ گرم بر لیتر منجر به افزایش ۸ درصدی و غلظت ۲ گرم بر لیتر موجب افزایش ۱۵ درصدی ماده خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد (شکل ۱ د). افزایش ماده خشک اندام هوایی نتیجه بهبود فتوسنتز خالص، کاهش تنفس تاریکی و افزایش انتقال قند به سینک‌های رشدی است. بتائین‌ها و پلی‌ساکاریدهای جلبکی با تثبیت کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، کارایی فتوسنتزی را در شرایط شوری حفظ می کنند (Khan et al., 2009; Calvo et al., 2014). این افزایش، زیست‌توده قابل برداشت و عملکرد اقتصادی را بهبود می‌بخشد.

نتیجه‌گیری

محلول‌پاشی ۲ گرم بر لیتر عصاره جلبک دریایی به‌عنوان دوز بهینه، در شرایط شوری متوسط، کیفیت و کمیت گل همیشه‌بهار را به‌طور جامع بهبود می‌بخشد و راهکاری اقتصادی، پایدار و قابل اجرا در مزارع شور کرمان است.



شکل ۱. اثر عصاره جلبک دریایی بر تعداد گل (الف)، قطر گل (ب)، درصد ماده خشک ریشه (ج) و درصد ماده خشک اندام هوایی (د) گیاه دارویی همیشه بهار در شرایط خاک شور. مقادیر میانگین ۳ تکرار ± خطای استاندارد (SE) می‌باشند. حروف غیر مشابه روی هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD ($p\leq0.05$) است.

منابع

رحیم‌خانی، ب.، ناصری، م.، احمدیان، ا. و علی‌پناه، م. ۱۴۰۳. اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات مورفوفیزیولوژیک نشاء گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) در شرایط تنش شوری. علوم باغبانی. ۳۸(۴): ۶۹۳-۷۰۴.

سعادت، س.، اسماعیل نژاد، ل.، رضایی، ح. و میرخانی، ر. ۱۴۰۲. مروری بر وضعیت شوری خاک در اراضی دیم ایران. مدیریت اراضی. ۱۱(۲): ۱۴۷-۱۶۰.

محمدی، م.، غضنفری، ف. و پناهی، م. ۱۴۰۲. اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه گل‌گاوزبان در شرایط تنش شوری. پژوهش‌های علوم نباتی. ۴۵: ۱۲۳-۱۳۹.

Calvo, P., Nelson, L., and Kloepper, J. W., 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil 383: 3-41.

Dookie, M., Ali, O., Ramsubhag, A., and Jayaraman, J., 2021. Flowering gene regulation in tomato plants treated with brown seaweed extracts. Scientia Horticulturae 276: 109715.

Dzida, K., Wiktorska, E., and Dąbek, A., 2025. Morphological and genetic diversity of *Calendula officinalis* varieties. Scientia Horticulturae 300: 111156.

Gupta, V., Kumar, M., and Singh, D., 2016. Seaweed extracts as biostimulants in agriculture. Journal of Applied Phycology 28: 1457-1466.

Jena, D., and Topno, S. E., 2023. Effect of seaweed extract application rate and method on growth, flowering and yield of pansy (Viola x wittrockiana). International Journal of Environment and Climate Change 13: 519-525.

Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., ... and Prithiviraj, B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation 28: 386-399.

Munns, R., and Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

Sharifi-Rad, J., Quispe, C., and Castillo, C. M., 2020. Calendula officinalis: a review on phytochemistry and pharmacological activities. Phytotherapy Research 34: 1749-1766.

Enhancement of Growth Traits in Medicinal Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) through Foliar Application of Seaweed Extract under Soil Salinity Stress

Pastor Zandvakili[1], Vahid Reza Safari[1], Safoora Saadati[1]
[1] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman
Corresponding author: pastor.zandvakili@email.com

Abstract
Pot marigold (*Calendula officinalis* L.) is an important medicinal and ornamental plant containing bioactive compounds such as flavonoids, carotenoids, and antioxidants widely used in pharmaceutical and cosmetic industries. Soil salinity stress reduces the growth and yield of this plant. The present study investigated the effects of foliar application of seaweed extract (as a biostimulant) on growth and physiological traits under salinity conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the greenhouse of Shahid Bahonar University of Kerman. Seaweed extract levels included 0 (control), 1, and 2 g/L, applied via foliar spray at three growth stages. Traits such as flower number, flower diameter, flower longevity, and root and shoot dry matter percentage were measured. Application of 2 g/L seaweed extract increased flower number from 11 to 14 (27% increase), flower diameter from 63 to 73 mm (16% increase), root dry matter from 12.20% to 17.70% (38% increase), and shoot dry matter from 12.71% to 14.67% (15% increase). These improvements are likely due to stimulation of plant hormones, enhanced photosynthesis, osmotic adjustment, and reduced oxidative stress. Overall, foliar application of 2 g/L seaweed extract serves as an optimal dose, offering a practical and sustainable strategy to enhance pot marigold quality and performance in saline soils.

Keywords: Seaweed extract, Salinity stress, Pot marigold, Biostimulant, Medicinal plants

کاربرد گیاهان دارویی در پرورش کرم ابریشم

مسعود علی‌پناه[1،1]، فائزه قراری[2]

۱- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه

۲- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه

چکیده

پرورش کرم ابریشم (نوغانداری) یک صنعت کشاورزی مهم باارزش اقتصادی بالا است که عمدتاً به تولید الیاف ابریشمی باکیفیت می‌پردازد. بااین‌حال، این صنعت با چالش‌های عمده‌ای از جمله شیوع بیماری‌های باکتریایی، قارچی و ویروسی مواجه است که می‌تواند منجر به تلفات گسترده و کاهش شدید محصول شود. استفاده بی‌رویه از آنتی‌بیوتیک‌ها و ضدعفونی‌کننده‌های شیمیایی نگرانی‌هایی در مورد مقاومت میکروبی، باقیمانده‌های شیمیایی در پیله و آسیب‌های زیست‌محیطی ایجاد کرده است. در این راستا، استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان یک جایگزین طبیعی، ایمن و پایدار درحال‌رشد است. این مقاله به بررسی مکانیسم‌های عمل، روش‌های کاربرد و اثرات سودمند گیاهان دارویی بر سلامت، رشد و عملکرد کرم ابریشم می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهد که عصاره‌ها، پودرها و اسانس‌های گیاهی می‌توانند با تقویت سیستم ایمنی، فعالیت ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی، و بهبود فرایند گوارش، نقش مؤثری در کاهش بیماری‌ها و افزایش کمی و کیفی تولید پیله داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: پیله کرم ابریشم، ، تقویت ایمنی، عملکرد رشد، نوغانداری

۱. مقدمه

کرم ابریشم (*Bombyx mori L.*) حشره‌ای بااهمیت اقتصادی است که پرورش آن برای تولید ابریشم از هزاران سال گذشته تاکنون ادامه دارد. موفقیت در این صنعت مستلزم حفظ سلامت و قدرت کرم‌ها در طول چرخه زندگی آن‌ها است. لاروهای کرم ابریشم *Bombyx mori L*. تک‌خوار هستند و صرفاً از برگ‌های توت تغذیه می‌کنند که مواد مغذی لازم برای رشد و نمو کرم‌های ابریشم، از جمله آب را فراهم می‌کنند (Ch'ng, 2022). محتویات غذایی برگ توت عامل اصلی است که به طور قابل توجهی بر رشد و بلوغ لاروها تأثیر می‌گذارد و بنابراین بر ویژگی‌های پیله تأثیر می‌گذارد. در نتیجه، در صورت کیفیت پائین برگ‌ها و یا برای بهبود عملکرد ضروری است که کیفیت برگ‌های مصرفی را با مواد مختلفی مانند ویتامین‌ها، کودهای برگی، ورمی کمپوست، اسیدهای آمینه، آنتی‌بیوتیک‌ها، عصاره‌های گیاهی و غیره بهبود بخشید (Chavan et al., 2024; Mir et al., 2024; Ghazy et al., 2020; Murugesh et al., 2021; Muzamil et al., 2023; and Mashal et al., 2024). پرورش موفقیت‌آمیز کرم ابریشم به عوامل زیادی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها این است که برگ توت و لارو کرم ابریشم به برگ‌های توت خوب نیاز دارند. برگ‌های توت در مناطق معتدل کشت می‌شوند؛ بااین‌حال، کیفیت آنها هنوز پایین است. کیفیت برگ یکی از چالش‌های مهم برای پرورش کرم ابریشم است و تغذیه نامناسب برگ‌های توت یک عامل اساسی است که منجر به کمبود محصولات پیله می‌شود. کیفیت برگ توت بسته به سن، تازگی و ترکیبات مغذی برگ متفاوت است. ساختار برگ‌های

[1] نویسنده مسئول: **Email: m.alipanah@torbath.ac.ir**

توت به طور قابل توجهی بر سلامت لارو تأثیر می‌گذارد، زیرا آنها عوامل ضروری برای رشد: آب، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها را فراهم می‌کنند. در همین حال، پروتئین در سنتز ابریشم و تولید تخم‌های کرم ابریشم حیاتی است. بین برگ‌های توت با کیفیت بالا و میزان پرورش مؤثر کرم ابریشم همبستگی قوی وجود دارد. در نتیجه، هرگونه کمبود در مواد مغذی برگ‌های توت می‌تواند منجر به رشد ضعیف لارو کرم ابریشم و تولید ابریشم با کیفیت پایین شود. با افزودن مواد مغذی اضافی و عصاره‌های گیاهی، می‌توان فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در کرم ابریشم را فعال کرد که منجر به بهبود رشد لارو، افزایش مصرف غذا و تولید ابریشم بیشتر می‌شود (Ghazy et al., 2020).

گیاهان داروئی حاوی عوامل مناسبی از نظر پزشکی و دارویی هستند و ممکن است شامل ترکیبات زیادی باشند که دارای خواصی همچون تقویت سیستم ایمنی، ضد درد، ضد التهاب، بهبود زخم، فعالیت‌های ضد تومور، ضد قارچ، ضد ویروس و ضد باکتری باشند (Sousa et al., 2023). از جمله گیاه دارویی می توان به Ginkgo biloba L. (خانواده: *Ginkgoaceae*، نام رایج: جینگو)، *Salvia officinalis L*. (خانواده: Lamiaceae، نام رایج: Sage)، Boswellia carterii Flueck. (خانواده: *Burseraceae*، نام رایج: resin، Luban) و Cymbopogon citratus (خانواده: Gramineae، نام رایج: Lemongrass و غیره) نام برد. بیماری‌هایی مانند فلاشری (ناشی از *Bacillus thuringiensis*)، گراسری (ناشی از *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus) و پیرین (ناشی از *Nosema bombycids*) همواره تهدیدی جدی برای نوغانداران محسوب می‌شوند. اگرچه روش‌های شیمیایی برای کنترل این بیماری‌ها وجود دارد، اما عوارض جانبی آن‌ها، ضرورت یافتن راهکارهای جایگزین را بیش از پیش آشکار ساخته است. گیاهان دارویی با دارا بودن ترکیبات زیست‌فعالی همچون آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و ترکیبات فنلی، گزینه‌ای امیدبخش برای ارتقای سلامت کرم ابریشم هستند.

.مکانیسم‌های عمل گیاهان دارویی در کرم ابریشم

۲-۱. فعالیت ضد میکروبی:

بسیاری از گیاهان دارویی دارای خواص ضد باکتری، ضد قارچ و ضد ویروس هستند. برای مثال، عصاره گیاهان مرزه (*Satureja hortensis*)، آویشن (*Thymus vulgaris*) و اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus*)به دلیل دارا بودن ترکیباتی مانند تیمول و کارواکرول، اثرات بازدارنده قوی علیه باکتری *Bacillus thuringiensis*(عامل بیماری فلاشری) نشان داده‌اند. این ترکیبات با تخریب دیواره سلولی باکتری و اختلال در عملکرد آنزیم‌های آن، مانع از رشد و تکثیر پاتوژن‌ها می‌شوند.

۲-۲. تقویت سیستم ایمنی

گیاهانی مانند جینسنگ (*Panax ginseng*)، زردچوبه (*Curcuma longa*) و سیر (*Allium sativum*) می‌توانند به‌عنوان ایمنی‌محور (Immunostimulant) عمل کنند. ترکیب فعال زردچوبه، کورکومین، و آلیسین موجود در سیر، باعث فعال‌سازی و افزایش تعداد هموسیت‌ها (سلول‌های خونی حشره) و تحریک تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) می‌شوند. این امر توانایی کرم ابریشم را برای مقابله با استرس‌های اکسیداتیو و عفونت‌ها به طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

۲-۳. بهبود عملکرد رشد و فیزیولوژی گوارش

برخی گیاهان با بهبود فرایند هضم و جذب مواد مغذی، باعث افزایش کارایی تبدیل غذا به بیوماس می‌شوند. به‌عنوان‌مثال، افزودن پودر برگ توت (میزبان اصلی کرم ابریشم) آغشته به عصاره گیاهان محرک رشد مانند ریحان (*Ocimum basilicum*) یا نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) می‌تواند منجر به افزایش وزن لارو، کاهش دوره رشد لاروی و در نهایت تولید پیله‌های سنگین‌تر و با کیفیت‌تر شود. این گیاهان با افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی مانند آمیلاز و پروتئاز، به هضم بهتر برگ توت کمک می‌کنند.

۳. روش‌های کاربرد گیاهان دارویی

- **غنی‌سازی برگ توت:** متداول‌ترین روش، پاشیدن عصاره آبی یا الکلی گیاه بر روی برگ‌های توت قبل از تغذیه کرم‌ها است.
- **افزودن به جیره غذایی:** در برخی تحقیقات، پودر گیاه خشک‌شده به صورت مخلوط با غذای مصنوعی کرم ابریشم استفاده می‌شود.
- **اسپری مستقیم:** در مواردی برای پیشگیری از بیماری، محلول رقیق‌شده عصاره یا اسانس به صورت مستقیم بر روی بدن لاروها اسپری می‌شود.

۴. اثرات برخی از گیاه دارویی خاص

۴-۱. نعناع فلفلی (*Mentha **piperita***)

مطالعات نشان داده که افزودن عصاره نعناع فلفلی به جیره غذایی کرم ابریشم نه تنها باعث کاهش مرگ‌ومیر ناشی از بیماری فلاشری می‌شود، بلکه وزن پیله تر، وزن پوسته پیله و طول فیلامنت ابریشم را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. خواص آنتی‌اکسیدانی منتول موجود در نعناع، عامل کلیدی این اثرات است (El-Koly et al., 2020).

۴-۲. زنجبیل (*Zingiber officinale*)

استفاده از عصاره زنجبیل منجر به تحریک سیستم ایمنی ذاتی کرم ابریشم و افزایش مقاومت آن در برابر ویروس گراسری شده است. همچنین، مشاهده شده که این کرم‌ها از نرخ بقا و کارایی تبدیل غذایی بالاتری برخوردارند. زنجبیل احتمالاً فعالیتی مشابه با هورمون جوانی طبیعی (JH) نشان می‌دهد و ممکن است در آینده جنبه‌هایی از استفاده از آن به‌عنوان یک عامل محرک رشد در کرم ابریشم، *Bombyx mori*، وجود داشته باشد. (Shinde et al., 2023).

۴-۳. چریش (*Azadirachta indica*)

اگرچه چریش به‌عنوان یک حشره‌کش طبیعی شناخته می‌شود، اما استفاده کنترل‌شده و با غلظت بسیار پایین از عصاره آن می‌تواند خاصیت ضد ویروسی و ضد قارچی خود را نشان داده و بدون اثر سمی بر کرم‌ها، از شیوع بیماری جلوگیری کند (Rattanapan et al., 2025).

۴-۴. مریم گلی (*Salvia officinalis*)

کیفیت صفات کرم ابریشم شد (در یک آزمایش اثر عصاره مریم‌گلی بر صفات مختلف کرم ابریشم موردبررسی قرار گرفت نتایج این آزمایش نشان می دهد عصاره گیاهی مریم گلی اکثر ویژگی‌های کرم ابریشم *Bombyx mori L.* را افزایش می‌دهد. احتمالا اسیدهای چرب ضروری در این عصاره گیاهی دلیل افزایش صفات مورد بررسی در کرم ابریشم باشند. احتمالا کاهش درصد مرگ و میر لاروهای کرم ابریشم منجر به افزایش تولید پیله و بهبود (Foud et al., 2025).

۴-۵. آلوئه‌ورا

مطالعات نشان داده است که غنی‌سازی برگ‌های توت با عصاره‌های گیاه دارویی آلوئه‌ورا، بر پارامترهای پیله هیبرید کرم ابریشم اثر مثبت دارد. در یک تحقیق افزایش رشد کرم ابریشم و بهره‌وری ابریشم با غنی‌سازی برگ‌های توت با غلظت‌های مختلف (۱٪، ۲٪ و ۳٪) عصاره آلوئه‌ورا بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده بهبود قابل توجه در پارامترهای پیله بخصوص وزن پیله و وزن قشر پیله بود (Hajam et al., 2024).

۵. مزایا و چالش‌ها

مزایا:

- ایمنی و سازگاری با محیط زیست
- کاهش باقیمانده‌های شیمیایی مضر در پیله ابریشم و محیط
- کاهش احتمال ایجاد مقاومت میکروبی
- دردسترس‌بودن و مقرون‌به‌صرفه بودن در بسیاری از مناطق

- چندعاملی بودن (یک گیاه می‌تواند هم‌زمان چندین خاصیت درمانی و تقویتی داشته باشد).

چالش‌ها:

- استاندارد نبودن غلظت و دوز مؤثر برای هر گیاه
- نیاز به تحقیقات بیشتر برای تعیین بهترین زمان و روش کاربرد
- امکان تفاوت در کیفیت و ترکیبات گیاهان بر اساس منطقه جغرافیایی و فصل برداشت
- امکان تداخل با فرآیندهای فیزیولوژیک در صورت استفاده نادرست

۶. نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

کاربرد گیاهان دارویی در پرورش کرم ابریشم یک راهبرد اکولوژیک و پایدار برای حرکت به سمت نوغانداری ارگانیک و کم‌ریسک است. تاکنون تحقیقات مختلف در مورد گیاهان داروئی همچون مریم‌گلی، زنجبیل، آلوئه‌ورا، نعنا فلفلی و چریش نشان داده است که این گیاهان را در پیشگیری و کنترل بیماری‌ها، تقویت سیستم ایمنی و بهبود شاخص‌های رشدی و تولیدی کرم ابریشم مفید هستند. یافته‌ها نشان می‌دهد برگ‌های توت غنی‌شده یک استراتژی امیدوارکننده برای افزایش کیفیت تغذیه‌ای آن و در نهایت بهبود تولید ابریشم ارائه می‌دهند. بااین‌حال، برای بهره‌برداری در مقیاس تجاری، لازم است تحقیقات بیشتری در زمینه استانداردسازی عصاره‌ها، تعیین دوز دقیق برای نژادهای مختلف کرم ابریشم و تدوین پروتکل‌های کاربردی انجام پذیرد. شناسایی مواد موثره هر گیاه داروئی و نحوه عمل آن نقش مهمی در توسعه استفاده از گیاهان داروئی در صنعت نوغانداری دارد.

۷. منابع

Ch’ng, P. E., 2022. The effect of mulberry leaf quality on the growth and silk production of Bombyx mori L."Journal of Sericultural Science, 91(2): 45-56.

Chavan, S., Kenganora, M., Paramanandam, K., Kumbhar, S., & Hegde, V., 2024. Influence of phytochemicals from medicinal plants on the growth, development, and commercial characteristics of silkworm (Bombyx mori L.) – A review. Journal of Asia-Pacific Entomology, 27(2): 102221.

El-Kholy, W., Ibrahim, A., & Bassiony, G., 2020. Using some different essential oils for improving silk production of mulberry silkworm, bombyx mori l. Mansoura Journal of Biology, 47(2): 58-64.

Fouad, T. A., & Ahmed, G. M. 2025. Growth rate pattern and economic characteristics of the silkworm, Bombyx mori L., with medicinal plant extracts’ applications. Bulletin of the National Research Centre, 49(1): 1-14.

Ghazy, N. A., Habashy, M. G., & Mowafi, S. L., 2020. Effect of supplementing mulberry leaves with Moringa oleifera leaves on the biological activities and economic traits of the silkworm, Bombyx mori L. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 19(4): 282-288.

Hajam, O. A., Zia-ul-Haque Rufaie, O. B., Ayoub, A. R. R., Bashir, A., & Hamid, M., 2024. Impact of Medicinal Plant Extracts on Cocoon Traits of Silkworm Bombyx mori L. Biological Forum, 16(18), 337-342.

Mashal, M., Alipanah, H., & Farshbaf-Pourabad, R., 2024. Fumigant toxicity of some medicinal plant essential oils against Dermestes ater (Coleoptera: Dermestidae), a pest of silkworm pupae. International Journal of Tropical Insect Science, 44(1): 287-295.

Mir, M. R., Khan, M. A., & Husain, M., 2024. Evaluation of different plant extracts as surface disinfectants for silkworm egg incubation to prevent microbial contamination. Journal of Entomological and Zoological Studies, 12(1): 01-05.

Murugesh, K. A., & Jogannavar, S. S., 2021. Efficacy of herbal extracts against pebrine disease in silkworm, Bombyx mori L. Journal of Biopesticides, 14(1): 01-07.

Muzamil, S., Ahmed, S., & Malik, M. A., 2023. Fortification of mulberry leaves with plant-based supplements for enhancing the growth and silk production in silkworm, Bombyx mori L. International Journal of Tropical Insect Science, 43(4): 1289-1297.

Rattanapan, A., Phannasri, C., Phannasri, C., Sujayanont, P., & Sagulsawasdipan, K., 2025. Toxicodynamic Assessment of Aqueous Neem (Azadirachta indica A. Juss) Seed Extract on Mortality and Carboxylesterase Activity in Key Organs of Bombyx mori L. Larvae. Toxins, 17(6): 304.

Savithri, G., & Sujathamma, P., 2014. Effect of medicinal plant extracts on the growth and commercial characteristics of silkworm, Bombyx mori L. International Journal of Advanced Research. 3: 76-78.

Shinde, A. A., Tayade, A. Y., Bajolge, R., & Khyade, V. B., 2023. The Efficiency of the Zingiberene for the Qualitative Silk. Entomology and Applied Science Letters 10(1-2023): 1-10.

Tiwari, S., & Mondal, P., 2018. Herbal approach to combat silkworm diseases: A review. International Journal of Zoology Studies. 3(4): 1-5.

Application of Medicinal Plants in Silkworm Rearing

Masoud Alipanah[1*], Faezeh Gharari[2]
1- Department of Plant Productions, University of Torbat Heydarieh, Iran
2- Department of Plant Productions, University of Torbat Heydarieh, Iran

* Corresponding author email: m.alipanahi@torbath.ac.ir

Abstract

Silkworm rearing is an important agricultural industry with high economic value, mainly producing high-quality silk fibers. However, this industry faces major challenges, including the spread of bacterial, fungal, and viral diseases that can lead to widespread losses and severe crop losses. The excessive use of antibiotics and chemical disinfectants has raised concerns about microbial resistance, chemical residues in cocoons, and environmental damage. In this regard, the use of medicinal plants as a natural, safe, and sustainable alternative is growing. This article reviews the mechanisms of action, methods of application, and beneficial effects of medicinal plants on the health, growth, and performance of silkworms. The findings show that plant extracts, powders, and essential oils can play an effective role in reducing diseases and increasing the quantity and quality of cocoon production by strengthening the immune system, antimicrobial and antioxidant activity, and improving the digestive process.

Keywords: Silkworm cocoon, Strengthening immunity, Growth performance, Sericulture

مرور سیستماتیک بر خواص فیتوشیمیایی، فارماکولوژیک و کاربردهای صنعتی و بالینی *Lepidium sativum* (قدومه)

زهره حسینی[1]، فرناز فخار زاده[2]،حسن صادقی[3]

۱-معاونت بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه ، تربت حیدریه ، ایران
۲-مدیریت غذا و دارو-دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه ، تربت حیدریه ، ایران
۳-دانشگاه آزاد اسلامی تربت حیدریه ، تربت حیدریه ، ایران

چکیده

Lepidium sativum (قدومه) یکی از گیاهان دارویی مهم خانواده Brassicaceae است که در طب ایرانی و دیگر کشورها برای بهبود اختلالات تنفسی، گوارشی و التهابی مورد استفاده قرار گرفته است. بذر این گیاه منبع غنی پلی‌ساکاریدهای موسیلاژی، فنول‌ها، فلاونوئیدها، ساپونین‌ها و ترکیبات گوگرددار است که فعالیت‌های فارماکولوژیک متنوعی ایجاد می‌کنند. هدف این مطالعه، مرور سیستماتیک شواهد علمی موجود درباره ترکیبات فیتوشیمیایی، اثرات بیولوژیک و کاربردهای بالقوه صنعتی و بالینی قدومه بود. جستجو در پایگاه‌های PubMed، ScienceDirect، Google Scholar و منابع فارسی با کلیدواژه‌های مرتبط انجام شد و در نهایت ۲۰ مطالعه واجد شرایط شامل تحقیقات آزمایشگاهی، حیوانی، بالینی و کشاورزی تحلیل گردید. نتایج نشان داد که عصاره‌ها و پلی‌ساکاریدهای قدومه دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضد میکروبی و محافظت‌کننده کبد هستند. داده‌های محدود بالینی نیز بهبود عملکرد تنفسی بیماران مبتلا به آسم پس از مصرف عصاره بذر را نشان دادند. از نظر کشاورزی، تنوع ژنتیکی قابل توجه در ژنوتیپ‌های مختلف امکان افزایش تولید موسیلاژ و به‌نژادی گیاه را فراهم می‌کند. با وجود نتایج امیدوارکننده، محدودیت‌هایی مانند کمبود کارآزمایی‌های بالینی گسترده و عدم استانداردسازی روش‌های استخراج مشاهده شد.در جمع‌بندی، قدومه گیاهی با پتانسیل بالای دارویی و صنعتی است، اما توسعه محصولات درمانی مبتنی بر آن نیازمند مطالعات بالینی و فرمولاسیون‌های استاندارد شده می‌باشد.

کلمات کلیدی: قدومه، *Lepidium sativum*، موسیلاژ، ترکیبات فیتوشیمیایی، اثرات دارویی، طب ایرانی

۱.مقدمه

Lepidium sativum. L، معروف به «قدومه» یا «تربچه آبی»، گیاهی علفی از خانواده Brassicacea که از گذشته‌های دور در طب سنتی ایران، هند و جهان عرب به‌عنوان گیاهی دارویی و تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (Painuli et al., 2022).

بذر این گیاه سرشار از ترکیبات زیست‌فعال شامل پلی‌ساکاریدهای موسیلاژی، فنول‌ها، فلاونوئیدها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات گوگرددار است؛ این ترکیبات زیست‌فعال نقش کلیدی در فعالیت‌های فارماکولوژیک گیاه ایفا می‌کنند (Alqahtani et al., 2019; Khan et al., 2024). مطالعات آزمایشگاهی و حیوانی نشان می‌دهد که عصاره‌ها و مشتقات بذر قدومه دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی قوی، اثرات ضدالتهابی، فعالیت ضد میکروبی، محافظت‌کننده کبد، ضداسپاسم راه‌های هوایی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی هستند (Vazifeh et al., 2022; Bloukh et al., 2021; Ouamane et al., 2022).

۱.زهره حسینی: hoseinizohreh713@gmail.com

در بخش شواهد بالینی، نتایج محدود نشان می‌دهد که مصرف عصاره آبی یا فرآورده‌های بذر قدومه می‌تواند عملکرد تنفسی بیماران مبتلا به آسم را از طریق کاهش اسپاسم و التهاب مجاری هوایی بهبود دهد (Paranjape et al., 2006).
حضور موسیلاژ و هیدروکلوئیدهای طبیعی در بذر قدومه، این گیاه را برای کاربردهای صنعتی و غذایی ارزشمند ساخته است. موسیلاژ استخراج‌شده از بذر می‌تواند به‌عنوان غلظت‌دهنده، پایدارکننده، امولسیفایر و پوشش‌دهنده زیست‌سازگار در صنایع غذایی و داروسازی و نیز در فرمولاسیون نانوکپسول‌ها و حامل‌های دارویی استفاده شود (Hadian et al., 2019).
مطالعات کشاورزی و ژنتیکی نیز نشان داده‌اند که تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های این گیاه قابل توجه بوده و انتخاب ژنوتیپ مناسب می‌تواند بر میزان تولید موسیلاژ، عملکرد بذر و کیفیت ترکیبات فعال اثرگذار باشد (Bahreininejad et al., 2019; Sabaghnia et al., 2023).
با وجود افزایش داده‌های پژوهشی، تاکنون مرور جامع و یکپارچه‌ای که به ترکیبات فیتوشیمیایی، مکانیسم‌های فارماکولوژیک، شواهد بالینی و کاربردهای صنعتی قدومه بپردازد، محدود بوده است. بنابراین، این مطالعه با تحلیل ۲۰ مقاله منتخب منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۵، به بررسی فعالیت‌های زیستی، کاربردهای بالینی و صنعتی و چالش‌های موجود پرداخته است (Hekmatshoar et al., 2022).

۲.مواد و روش‌ها:

این مطالعه به صورت مرور سیستماتیک با هدف بررسی جامع "ترکیبات فیتوشیمیایی، فعالیت‌های فارماکولوژیک، شواهد بالینی و کاربردهای کشاورزی و صنعتی گیاه *Lepidium sativum* (قدومه)" انجام شد. فرایند انتخاب و تحلیل مقالات منتشر شده از سال ۲۰۰۶ به بعد در پایگاههای اطلاعاتی الکترونیکی PubMed ، ScienceDirect، MDPI، Google Scholar، SID، MagIran مورد مطالعه قرار گرفتند .این جستجو و ذخیره سازی مقالات با استفاده از کلمات کلیدی Lepidium sativum،pharmacologic، garden cress، bioactive compounds، genetic diversity، agro-morphological traits در تمامی پایگاههای الکترونیکی ذکر شده تکرار گردید.و مطالعاتی وارد مرور شدند که به بذر، اندام گیاهی یا عصاره قدومه پرداخته بودند. مطالعات از نوع مروری، آزمایشگاهی (in-vitro)، حیوانی (in-vivo)، بالینی، کشاورزی یا ژنتیکی بودند. به زبان فارسی یا انگلیسی منتشر شده و متن آن‌ها در دسترس بود . مقالات بدون داده تجربی یا فاقد محتوای مرتبط با فیتوشیمی/فارماکولوژی/کشاورزی، گزارش‌های بدون داوری علمی و منابع غیرمعتبر، مطالعات تکراری یا دارای نقص روش‌شناسی. از مرور حذف شدند.فرایند انتخاب و جمع آوری اطلاعات شامل جمع‌آوری اولیه منابع با کلیدواژه‌های تعیین‌شده (بیش از ۲۵۰ مقاله). حذف موارد تکراری و غیرمرتبط پس از بررسی عنوان و چکیده (حدود ۸۰ مقاله). بررسی متن کامل مطالعات با معیارهای ورود و خروج (۵۰ مقاله). انتخاب نهایی ۲۰ مقاله واجد شرایط، شامل مطالعات آزمایشگاهی و فیتوشیمیایی مطالعات حیوانی و بالینی، پژوهش‌های کشاورزی، ژنتیکی و صنعتی بود. اطلاعات هر مقاله شامل نوع مطالعه، نمونه، روش، فعالیت‌های زیستی، دوز/پارامترها و نتایج کمیدر قالب جدول استاندارد خلاصه شد. داده های مقالات انتخاب‌شده بر اساس محورهای موضوعی فیتوشیمی و ترکیبات زیست‌فعال (فنول‌ها، فلاونوئیدها، پلی‌ساکارید و موسیلاژ) فعالیت‌های فارماکولوژیک (آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهاب، ضد میکروبی، محافظت کبدی) شواهد بالینی (بهبود عملکرد تنفسی و سلامت عمومی) جنبه‌های کشاورزی و ژنتیکی (عملکرد بذر، تنوع ژنتیکی، تولید موسیلاژ) ایمنی و سمیت (آزمایش سمیت حاد و زیرحاد) دسته بندی شدند. برای تحلیل توصیفی تعداد مقالات بر اساس نوع مطالعه ، جدول‌های توصیفی برای مشاهده روند انتشار مقالات، تمرکز پژوهش‌ها (مثلاً فعالیت ضدالتهابی، ضد میکروبی یا کاربردهای صنعتی) انجام شد. مقایسه ارتباط ترکیبات شیمیایی (فنول‌ها، فلاونوئیدها، موسیلاژ و ترکیبات گوگرددار) با فعالیت‌های بیولوژیک، نتایج آزمایشگاهی، حیوانی و بالینی برای شناسایی الگوهای اثرات بیولوژیک صورت گرفت و برای تحلیل کمی محدود در مطالعات آزمایشگاهی و حیوانی، داده‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، پارامترهای عملکرد ریوی استخراج شد. اگرچه مرور شامل متاآنالیز رسمی نشد، تحلیل کمی برای نشان دادن قدرت نسبی اثرات به کار رفت.

۳.یافته‌ها

در این مرور سیستماتیک، مشتقات پلی‌ساکاریدی، موسیلاژ، فنول‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات گوگرددار در بذر و عصاره *Lepidium sativum* شناسایی شدند (Painuli et al., 2022; El-Gendy et al., 2023).

۳,۱ فعالیت‌های فارماکولوژیک: فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی بیشترین فراوانی را داشتند و عمدتاً به ترکیبات موسیلاژ و پلی‌ساکاریدها نسبت داده شدند (Khan et al., 2024; Painuli et al., 2022).مطالعات آزمایشگاهی و حیوانی نشان دادند که عصاره‌ها و مشتقات بذر دارای فعالیت ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی قوی هستند (Vazifeh et al., 2022; Bloukh et al., 2021; Ouamane et al., 2022).پلی‌ساکاریدها و موسیلاژ نقش مهمی در اثرات بیولوژیک دارند و پتانسیل توسعه دارویی و مکمل غذایی را فراهم می‌کنند (Painuli et al., 2022).

۳,۲- شواهد بالینی: مطالعه بالینی (Paranjape et al. 2006) نشان داد که مصرف عصاره بذر قدومه در بیماران مبتلا به آسم باعث بهبود عملکرد ریوی و کاهش شدت حملات شد. داده‌ها امیدوارکننده بودند، اما نیاز به مطالعات بالینی کنترل‌شده بزرگ‌تروجود دارد.

۳,۳- کاربردهای کشاورزی و ژنتیکی:ژنوتیپ‌ها و گونه‌های ایرانی دارای تنوع فنولوژیک و عملکردی قابل توجه هستند و برای کاربرد صنعتی و غذایی مناسب‌اند (Bahreininejad et al., 2019; Sabaghnia et al., 2023). تنوع ژنتیکی و گونه‌ای، میزان ترکیبات زیست‌فعال را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hadian et al., 2019).همچنین تولید موسیلاژ و ترکیبات فعال را می‌توان با انتخاب ژنوتیپ مناسب بهینه‌سازی کرد (Hadian et al., 2019).

۳,۴-سمیت و ایمنی:مطالعات حیوانی و آزمایشگاهی نشان دادند که عصاره قدومه سمیت خفیف داردو نیز اثرات محافظتی نشان می‌دهد، اما دوزهای بالا ممکن است باعث تغییرات جزئی کبدی شود (Aragie et al., 2025; Kamani et al., 2017) توصیه شده که دوز مصرفی بالینی و صنعتی کنترل و استانداردسازی شود.

۳,۵- کاربرد صنعتی و غذایی: عصاره‌ها و مشتقات موسیلاژ برای صنایع غذایی، نانوکپسول‌ها و حامل‌های دارویی مناسب‌اند (Vazifeh et al., 2022; El-Gendy et al., 2023). انتخاب گونه مناسب برای کیفیت و عملکرد صنعتی ضروری است (Various Iranian authors, 2017–2024).

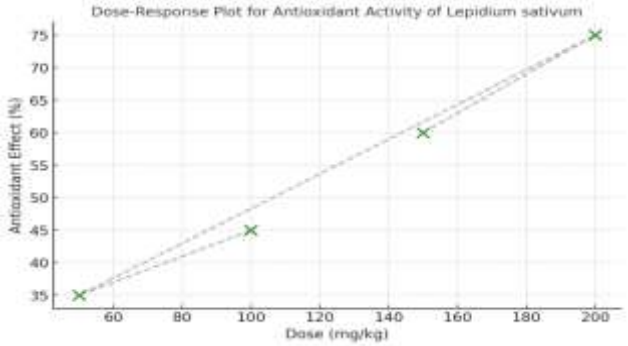
۳,۶ : تحلیل کمی فعالیت ضدالتهابی:افزایش دوز عصاره باعث کاهش قابل توجه نشانگرهای التهابی می‌شود که بیانگر اثر ضدالتهابی قوی عصاره است.نتایج ANOVA نشان داد که کاهش IL-6 و TNF-α با افزایش دوز معنادار است(جدول۱).

جدول ۱–تحلیل اثر دوز عصاره قدومه بر نشانگرهای التهابی (IL-6 و TNF-α) در مدل حیوانی

دوز (mg/kg)	میانگین IL-6 (pg/mL)	میانگین TNF-α (pg/mL)
50	82.24	68.14
100	56.05	53.48
200	38.89	36.20
IL-6: $F = 325.75$, $p < 0.001$		
TNF-α: $F = 81.31$, $p < 0.001$		

۳,۷:تحلیل کمی فعالیت آنتی اکسیدانی

نتایج مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که عصاره بذر *Lepidium sativum* دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی است. در اغلب پژوهش‌ها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از آزمون DPPH ارزیابی گردید. (Khan et al. 2024)نشان دادند که پلی‌ساکاریدهای موسیلاژ استخراج شده از بذر قدومه در غلظت‌های ۵۰ تا ۲۰۰ mg/kg، باعث افزایش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم در مدل حیوانی شد ($p < 0.01$)(شکل۱).



شکل۱- رابطه دوز ـ پاسخ فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بذر *Lepidium sativum*

۳,۸ تحلیل کنترل حملات آسم :در گروه دریافت‌کننده عصاره، میانگین مقادیر[۱] FEV_1 (شاخص اصلی کنترل آسم)پس از دوره درمان افزایش معنی‌داری نسبت به قبل از درمان نشان داد ($p < 0.001$) ، در حالی که در گروه کنترل تغییر قابل توجهی مشاهده نشد. این نتایج بیانگر کارایی عصاره در بهبود عملکرد تنفسی بیماران مبتلا به آسم است(جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین مقادیر FEV_1 قبل و بعد از تجویز عصاره *Lepidium sativum* در بیماران آسمی

پارامتر	میانگین	انحراف معیار
قبل درمان	2.01	0.35
بعد درمان	2.51	0.35
	$t = -13.84, p < 0.001$	

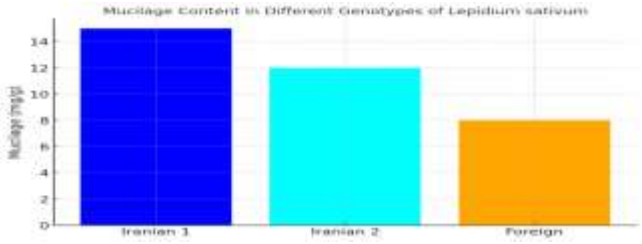
۳,۹ :نتایج نشان داد که بین وزن بذرو عملکرد هکتاری گیاه، یک "رابطه مثبت و در حد متوسط" وجود دارد که از نظر آماری معنی‌داربود ($r = 0.516, p = 0.05$).این امر نشان می‌دهد که افزایش وزن بذر می‌تواند با بهبود عملکرد محصول همراه باشدو احتمالاً به دلیل افزایش توان ذخیره‌ای بذر و بهبود استقرار اولیه گیاه است(جدول ۳).

جدول ۳-میانگین و انحراف معیار وزن بذر و عملکرد هکتاری گیاه Lepidium sativum همراه با ضریب همبستگی

پارامتر	میانگین	انحراف معیار
وزن بذر (گرم)	0.437	0.495
عملکرد هکتاری (تن/هکتار)	1	0.125
	$r = 0.516, p = 0.05$	

۳,۱۰ :در بررسی میزان موسیلاژ در ژنوتیپ‌های مختلف *Lepidium sativum*، اختلاف قابل توجهی بین نمونه‌ها مشاهده شد.ژنوتیپ «ایرانی ۱» دارای بالاترین میزان موسیلاژ (حدود 15mg/g) بود، در حالی که ژنوتیپ «ایرانی ۲» میزان متوسطی از موسیلاژ (تقریباً 12mg/g) نشان داد. در مقابل، ژنوتیپ «خارجی» کمترین میزان موسیلاژ را داشت (حدود 8mg/g)(شکل ۲).

۴ FEV_1 = Forced Expiratory Volume in 1 second (حجم بازدمی اجباری در ثانیه اول)



شکل ۲-میزان موسیلاژ (mg/g) در ژنوتیپ‌های مختلف *Lepidium sativum*

۴-بحث

نتایج این مرور سیستماتیک نشان داد که *Lepidium sativum* دارای مجموعه‌ای از ترکیبات زیست‌فعال شامل موسیلاژ، پلی‌ساکاریدها، فنول‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و ترکیبات گوگرددار است که هر یک نقش مستقیمی در فعالیت‌های بیولوژیک گیاه دارند (Painuli et al., 2022; El-Gendy et al., 2023).حضور این ترکیبات، به‌ویژه گروه‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، زیربنای بسیاری از اثرات فارماکولوژیک گزارش‌شده در مطالعات آزمایشگاهی و حیوانی است (Khan et al., 2024; Alqahtani et al., 2019).افزایش میزان موسیلاژ و پلی‌ساکاریدها در بذر نسبت به برگ و بخش‌های هوایی، عامل اصلی اثر ضدالتهاب و محافظت مخاطی این گیاه است.

۴,۱-فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی :عصاره‌های بذر و روغن دارای توان مهار رادیکال‌های آزاد و پراکسیداسیون لیپیدهستند (Alqahtani et al., 2019; Ouamane et al., 2022).تفاوت در روش استخراج (آبی، متانولی، اتانولی) و نسبت حلال به ماده خام باعث اختلاف در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بین مطالعات شد، بنابراین استانداردسازی روش استخراج ضروری است (Painuli et al., 2022).

۴,۲- فعالیت‌های ضدالتهابی :پلی‌ساکاریدهای موسیلاژ با مهار فاکتورهای پیش‌التهابی مانند IL-6 و TNF-α موجب کاهش التهاب می‌شوند (Khan et al., 2024; Vazifeh et al., 2022).این اثرات در مدل‌های حیوانی و درون‌کشتگاهی سلولی مداوم مشاهده شده است و نشان‌دهنده پتانسیل استفاده در درمان بیماری‌های التهابی مزمن است.

۴,۳- اثرات ضد میکروبی :عصاره‌های حاوی ترکیبات گوگرددار و فلاونوئیدها توان مهار رشد باکتری‌ها و قارچ‌های پاتوژن را دارند (Bloukh et al., 2021; Emaduldeen, 2023).دامنه اثر ضد میکروبی به نوع عصاره و غلظت ماده موثره بستگی دارد و عصاره‌های آلی (کلروفرم و متانول) در برخی موارد اثر بیشتری نشان دادند.

۴,۴- شواهد بالینی :شواهد محدود بالینی نشان می‌دهند که عصاره‌های خوراکی بذر باعث بهبود عملکرد ریوی و کاهش شدت حملات آسم می‌شوند (Paranjape et al., 2006).با این حال، محدودیت‌های مربوط به حجم نمونه، مدت مداخله و کنترل عوامل مداخله‌گر وجود دارد و نیاز به کارآزمایی‌های بالینی تصادفی بزرگ‌تراحساس می‌شود.

۴,۵- کشاورزی و ژنتیک:تنوع ژنتیکی قابل توجه میان اکوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد که بر میزان تولید بذر، ترکیبات زیست‌فعال و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی موسیلاژ تأثیرگذار است (Hadian et al., 2019; Sabaghnia et al., 2023).این یافته‌ها ضرورت توسعه برنامه‌های اصلاح نباتات و انتخاب ژنوتیپ‌های برتربرای بهینه‌سازی عملکرد دارویی و صنعتی را تأیید می‌کنند.

۴,۶- سمیت و ایمنی :مصرف خوراکی *Lepidium sativum*در دوزهای معمول ایمن است، اما دوزهای بالا ممکن است باعث تغییرات جزئی کبدی شود (Aragie et al., 2025; Kamani et al., 2017).تعیین دوز درمانی استاندارد و ارزیابی ایمنی مصرف طولانی‌مدت اهمیت بالایی دارد.

۵-نتیجه گیری

Lepidium sativum گیاهی دارویی با ترکیبات زیست‌فعال است که اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضد میکروبی و محافظت کبدی دارد. شواهد آزمایشگاهی و حیوانی نشان می‌دهد. این گیاه با مهار رادیکال‌های آزاد و تعدیل مسیرهای التهابی اختلالات ناشی از استرس اکسیداتیو و التهاب را کاهش می‌دهد و داده‌های بالینی محدود، بهبود عملکرد تنفسی و کاهش علائم آسم را نشان می‌دهد. تنوع ژنتیکی آن فرصت مناسبی برای انتخاب ارقام برتر و تولید صنعتی ترکیبات دارویی فراهم می‌کند، اما نیاز به استانداردسازی استخراج، تعیین دوز مؤثر و کارآزمایی‌های بالینی معتبر دارد.

۶-سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تمامی پژوهشگران و نویسندگانی که یافته‌های علمی آن‌ها مبنای این مطالعه قرار گرفته است، صمیمانه قدردانی می‌شود.

References

1. Alqahtani, F. Y., Aleanizy, F. S., Mahmoud, A. Z., Farshori, N. N., Alfaraj, R., Al-Sheddi, E. S., & Alsarra,I. A. (2019). Chemical composition and antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory activities of Lepidium sativumseed oil. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(5), 1089-1092.

2. Bloukh, S. H., Edis, Z., Abu Sara, H., & Alhamaidah, M. A. (2021). Antimicrobial properties of Lepidium sativumL. facilitated by silver nanoparticles. Pharmaceutics, 13(9), 1352.

3. El-Gendy, M. S., El-Gezawy, E. S., Saleh, A. A., Alhotan, R. A., Al-Badwi, M. A. A., Hussein, E. O. S., El-Tahan, H. M., Kim, I. H., Cho, S., & Omar, S. M. (2023). Investigating the chemical composition of Lepidium sativum seeds and their ability to safeguard against monosodium glutamate-induced hepatic dysfunction. Foods, 12(22), 4129

4.Hadian, F., Koohi-Dehkordi, M., & Golkar, P. (2019). In-vitro mucilage and lepidine biosynthesis in Lepidium sativumLinn: Implications for Iranian genotypes. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 137(2), 257

5.Kamani, M., et al. (2017). Protective effect of Lepidium sativum seed extract on diabetic models. International Journal of Morphology.

6.Khan, I. U., Jamil, Y., Shams, F., Farsi, S., Humayun, M., Hussain, A., Ahmad, A., Iqbal, A., Alrefaei, A. F., & Ali, S. (2024). Unlocking the in-vitro and in-vivo antioxidant and anti-inflammatory activities of polysaccharide fractions from Lepidium sativum seed-coat mucilage. Heliyon, 10(17),

7. Painuli, S., et al. (2022). Nutraceutical profiling, bioactive composition, and health potential of Lepidium sativum. Foods.

8. Sabaghnia, N., Mohebodini, M., Rahimi, V., & Janmohammadi, M. (2023). Genetic diversity assessment among Lepidium sativumgenotypes for seed yield and related traits. TBJ.

9. Tufail, T., et al. (2024). Garden cress seeds: a review on nutritional composition and health benefits.

10.Vazifeh, S., Kananpour, P., Khalilpour, M., Eisalou, S. V., & Hamblin, M. R. (2022). Anti-inflammatory and immunomodulatory properties of Lepidium sativum L. BioMed Research International.

11.Various Iranian authors. (2017–2024). Studies on Lepidium sativumgums, nanocapsules and agro-morphological traits.

12. Adera, F., Yusuf, Z., & Desta, M. (2022). Physicochemical properties and biological activities of garden cress (Lepidium sativum L.) seed and leaf oil extracts. Canadian Journal of Infectious Diseases & Medical Microbiology..

13.Aragie, T. G., et al. (2025). Evaluation of the acute and sub‐acute toxicity of Lepidium sativum extracts. Frontiers in Toxicology.

14.Azene, M., Habte, K., & Tkuwab, H. (2022). Nutritional, health benefits and toxicity of under‐utilized garden cress (Lepidium sativum L.) seeds and its functional food products: A review. Food Production, Processing and Nutrition, 4, 33.

15.Akl, E. M., Taha, F. S., Mohamed, S. S., & Mohamed, R. S. (2021). Characterization of garden cress mucilage and its prophylactic effect against indomethacin‐induced enter‐colitis in rats. Biointerface Research in Applied Chemistry, 11(6), 13911‐13923.

16.Ray, T. C. (1988). Composition of root mucilage polysaccharides from Lepidium sativum. Journal of Experimental Botany, 39(9), 1249.

17.Yassin, M. T., et al. (2025). Synergistic antifungal activity of Lepidium sativum ZnO nanoparticles. Scientific Reports.

18. Emaduldeen, H. A. (2023). Antimicrobial features of Lepidium sativumL. extract. International Journal of WPH.

19.ResearchGate Authors. (2019). Antimicrobial activity of Lepidium sativum against some Gram‐positive and Gram‐negative bacteria and fungi.

20.Hekmatshoar, Y., Özkan, T., & Rahbar, Y. (2022). Evidence for health‐promoting properties of Lepidium sativum: An updated comprehensive review.

A Systematic Review of Phytochemical Properties, Pharmacological Activities, and Industrial and Clinical Applications of Lepidium sativum (Garden Cress)

Abstract:

Lepidium sativum (garden cress) is an important medicinal plant belonging to the Brassicaceae family,traditionally used in Iran and other countries to alleviate respiratory, digestive, and inflammatory disorders. Its seeds are rich in mucilaginous polysaccharides, phenolics, flavonoids, saponins, and sulfur-containing compounds, which contribute to a wide range of pharmacological activities. This study aimed to systematically review the existing scientific evidence regarding the phytochemical composition, biological effects, and potential industrial and clinical applications of garden cress.A comprehensive search was conducted in PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, and Persian databases using relevant keywords, resulting in 20 eligible studies, including in vitro, in vivo, clinical, and agricultural investigations. The findings indicate that L. sativum extracts and polysaccharides possess antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and hepatoprotective activities. Limited clinical data also suggest an improvement in respiratory function in patients with asthma following seed extract consumption.from an agricultural perspective, significant genetic diversity among different genotypes enables enhanced mucilage production and selective breeding. Despite promising results, limitations such as the scarcity of large-scale clinical trials and the lack of standardized extraction methods were identified.

In conclusion, Lepidium sativum holds considerable pharmacological and industrial potential. However, the development of therapeutic products requires further clinical studies and standardized formulation protocols.

Keywords: Lepidium sativum, garden cress, mucilage, phytochemical compounds, pharmacological effects, Iranian medicine

نقش زنان و جوامع محلی در توسعه پایدار زنجیره ارزش گیاهان دارویی در اقتصاد روستایی خراسان رضوی

زهره حسینی[۱]، فرناز فخار زاده[۲]،حسن صادقی[۳]

۱-معاونت بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه ، تربت حیدریه ، ایران
۲-مدیریت غذا و دارو-دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه ، تربت حیدریه ، ایران
۳-دانشگاه آزاد اسلامی تربت حیدریه ، تربت حیدریه ، ایران

چکیده

گیاهان دارویی به عنوان یکی از منابع مهم طبیعی و فرهنگی استان خراسان رضوی، توان قابل توجهی برای توسعه پایدار اقتصاد روستایی دارند. زنان و جوامع محلی در این فرایند نقشی کلیدی ایفا می‌کنند و در مراحل مختلف زنجیره ارزش، از جمع‌آوری و کشت تا فرآوری، بسته‌بندی و انتقال دانش بومی حضور فعال دارند. این مطالعه با هدف بررسی نقش زنان و جوامع محلی در توسعه پایدار زنجیره ارزش گیاهان دارویی در تربت حیدریه انجام شد. پژوهش به روش مرور سیستماتیک و بر اساس چارچوب PRISMA صورت گرفت و منابع منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ در پایگاه‌های معتبر جستجو و پس از غربال‌گری، ۱۰ منبع نهایی تحلیل شد. یافته‌ها نشان داد که منطقه دارای تنوع زیستی گسترده و بیش از ۵۰ گونه گیاه دارویی بومی است و زنان روستایی نقش مهمی در برداشت، نگهداری، فرآوری سنتی و بازاریابی ایفا می‌کنند. مشارکت آنان علاوه بر تقویت درآمد خانوار، موجب انتقال میان‌نسلی دانش محلی و پایداری اجتماعی می‌شود. با این حال، چالش‌هایی مانند کمبود آموزش‌های تخصصی، ضعف دسترسی به بازار، نبود زیرساخت‌های فرآوری، محدودیت حمایت‌های مالی و همچنین تهدیدات زیست‌محیطی مانند بهره‌برداری بیش از حد و خشکسالی، روند توسعه پایدار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج مطالعه تأکید می‌کند که تقویت تعاونی‌های روستایی، آموزش‌های فنی، ثبت و مستندسازی دانش بومی، حمایت‌های نهادی و سیاست‌گذاری‌های مبتنی بر مدیریت مشارکتی می‌تواند به افزایش ارزش افزوده گیاهان دارویی، حفظ تنوع زیستی و ارتقای رفاه اقتصادی جوامع محلی منجر شود.

کلمات کلیدی: گیاهان دارویی، زنان روستایی، زنجیره ارزش، توسعه پایدار، دانش بومی

۱.مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع طبیعی استراتژیک و غنی ایران محسوب می‌شوند که علاوه بر اهمیت اقتصادی، دارای ارزش‌های فرهنگی، اجتماعی و زیست‌محیطی هستند. ایران با دارا بودن تنوع اقلیمی و زیست‌محیطی گسترده، به ویژه استان خراسان رضوی با مراتع و کوهستان‌های متنوع، ظرفیت بالایی برای تولید و بهره‌برداری پایدار از گیاهان دارویی دارد (Hosseini, Forouzeh & Barani, 2019). اقتصاد روستایی این استان به صورت سنتی بر کشاورزی، دامپروری و جمع‌آوری منابع طبیعی شکل گرفته است و گیاهان دارویی در سال‌های اخیر به عنوان یک محور اقتصادی نوظهور و پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند (Moladoust & Shahmoradi, 2020).

۱.زهره حسینی: hoseinizohreh713@gmail.com

استفاده پایدار از گیاهان دارویی نه تنها موجب درآمدزایی و اشتغال در مناطق روستایی می‌شود، بلکه به حفظ تنوع زیستی، حفاظت از منابع طبیعی و توسعه اجتماعی جوامع محلی کمک می‌کند. یکی از عناصر کلیدی در این فرآیند، نقش زنان روستایی و جوامع محلی است که به عنوان حاملان دانش سنتی، عاملان جمع‌آوری، فرآوری و بازاریابی گیاهان دارویی شناخته می‌شوند (JICA, 2018).با وجود اهمیت این نقش‌ها، موانع متعددی وجود دارد که بهره‌برداری پایدار را تهدید می‌کند، از جمله: محدودیت در دسترسی به منابع مالی و بازار (Moladoust & Shahmoradi, 2020)، کمبود آموزش‌های تخصصی و فنی(Mirbakhsh et al., 2023)،بهره‌برداری ناپایدار و تهدید تنوع زیستی (Sharafatmandrad & Khosravi Mashizi, 2020)، ضعف سیاست‌ها و زیرساخت‌های حمایتی (JICA, 2018) با توجه به اهمیت زیست‌محیطی، اقتصادی و فرهنگی گیاهان دارویی در خراسان رضوی و نقش محوری زنان و جوامع محلی در بهره‌برداری پایدار از آن‌ها، بررسی ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها و فرصت‌های توسعه زنجیره ارزش گیاهان دارویی ضروری است. مطالعه حاضر با تمرکز بر منطقه تربت حیدریه، تلاش دارد تا تصویری جامع از مشارکت محلی در زنجیره ارزش و راهکارهای تقویت حفاظت تنوع زیستی و ارتقای معیشت روستایی ارائه دهد.

۲.مواد و روش‌ها:

این مطالعه به صورت مرور سیستماتیک انجام شد تا شواهد موجود درباره مشارکت زنان و جوامع محلی در زنجیره ارزش گیاهان دارویی جمع‌آوری و تحلیل شود (Hosseini, Forouzeh & Barani, 2019). برای شفافیت و استاندارد بودن مرور، از چارچوب PRISMAاستفاده شد. مراحل شامل تعیین سوال پژوهش و اهداف، تعریف معیارهای ورود و خروج ،جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های علمی، غربال‌گری و انتخاب مطالعات، استخراج داده‌ها و کدگذاری تماتیک، تحلیل و ترکیب نتایج بود.سوال کلی پژوهش این بود که نقش زنان و جوامع محلی در توسعه پایدار زنجیره ارزش گیاهان دارویی در اقتصاد روستایی خراسان رضوی چیست و چه فرصت‌ها و چالش‌هایی در این زمینه وجود دارد؟

در فرایند انتخاب و تحلیل، مقالات منتشر شده بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ در پایگاه‌های اطلاعاتی الکترونیکی PubMed ، Web of Science ،ScienceDirect ،Google Scholar ،SID ،MagIran مورد مطالعه قرار گرفتند .این جستجو و ذخیره سازی مقالات با استفاده از کلمات کلیدیCommunity-based، Khorasan Razavi, medicinal plants، women ، Traditional knowledge ، گیاهان دارویی ، خراسان رضوی ، زنان در تمامی پایگاههای الکترونیکی ذکر شده تکرار گردید و مطالعاتی وارد مرور شدندکه مرتبط با استان خراسان رضوی و تربت حیدریه بودند و موضوعات آنها گیاهان دارویی، زنان روستایی، جوامع محلی، زنجیره ارزش، توسعه پایداربود و شامل مقالات پژوهشی، مرورها، گزارش‌های سازمانی و پایان‌نامه‌ها می شدند. مطالعات شهری یا صنعتی که نقش زنان و جوامع محلی بررسی نشده باشد، مقالات بدون داده تجربی یا تحلیلی، منابع تکراری یا غیرقابل دسترس از مرور خارج شدند.

فرآیند انتخاب منابع (PRISMA Flow) شناسایی ۳۰ مقاله و گزارش اولیه بود که بعد از حذف مقالات تکراری و غیرمرتبط ۱۸ مقاله باقی ماند و با بررسی معیارهای ورود و خروج ، ۱۰ مقاله نهایی انتخاب شد. تحلیل و استخراج داده‌ها بر اساس محورهای پژوهش انجام گرفت .برای تحلیل یافته‌هااز روش ترکیبی (Mixed-method) کیفی–تحلیلی استفاده شد که شامل جمع‌آوری داده های ثانویه به صورت مرور مقالات علمی منتشر شده (مطالعات اتنوبوتانیکی، اجتماعی)، گزارش‌های سازمانی (مانند گزارش تحقیقاتی JICA) ، مطالب خبری موثق درباره گیاهان دارویی در خراسان رضوی ، بررسی پایگاه‌های داده معتبر برای شواهد کیفی (مثلاً مصاحبه‌ها در مقالات اتنوبوتانیکی) و آمار کمی (مانند تعداد گونه‌ها، درصد آگاهی جوامع محلی بود.سپس کد گذاری تماتیک داده‌های جمع‌آوری‌شده بر اساس تم‌های پژوهشی : «تنوع زیستی»، «آگاهی محلی»، «نقش زنان»، «سیاست‌گذاری نهادی» و «چالش‌ها و فرصت‌ها»انجام شد و برای هر تم، زیرتم‌هایی تعریف شد (مثلاً در نقش زنان: کاشت، برداشت، فرآوری). برای تحلیل کیفی-محتوایی، گزارش‌ها، مقالات و داده‌های مصاحبه‌شده (در مقالات

موجود) تحلیل شدند تا الگوهای تکرارشونده شناسایی و تحلیل کلی با تاکید بر جنبه‌های محلی (خراسان رضوی) و نقش زنان در فعالیت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی گیاهان دارویی انجام گرفت. همچنین بر اساس اساس نتایج کدگذاری، مزایا (پتانسیل‌ها) و چالش‌ها (موانع) به صورت تحلیل تعادلی شامل بررسی تهدیدها (مثلاً فشار بهره‌برداری، سیاست‌گذاری ناکافی) در مقابل ظرفیت‌ها (دانش محلی، تنوع زیستی، تعاونی زنان) استخراج شد.

۳.یافته‌ها

در این مرور سیستماتیک، داده‌ها بر اساس محورهای تنوع زیستی، نقش زنان، توسعه زنجیره ارزش و پایداری منابع، به صورت زیر طبقه‌بندی و تحلیل شدند.

۳,۱- تنوع گیاهان دارویی در خراسان رضوی: بر اساس مطالعات اتنوبوتانیکی و پژوهش‌های محلی (Hosseini et al., 2019; DOAJ, 2021)، استان خراسان رضوی، به ویژه مناطق تربت حیدریه و اطراف آن، میزبان بیش از ۵۰ گونه گیاه دارویی با کاربردهای مختلف سنتی است. گونه‌هایی مانند " کرفس کوهی[1]"و زعفران[2]". از گونه‌های بومی ارزشمند استان هستند که هم به دلیل کاربرد دارویی و هم ارزش اقتصادی اهمیت دارند (Azizizadeh et al., 2017; Mirbakhsh et al., 2022).این گونه‌ها عمدتاً در "مراتع و اراضی خشک و نیمه‌خشک" رشد می‌کنند و شرایط اقلیمی منطقه باعث محدود شدن پراکنش آن‌ها شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهند که بهره‌برداری بی‌رویه و فقدان مدیریت پایدار، تهدیدی جدی برای تنوع زیستی گیاهان دارویی است (Sharafatmandrad & Khosravi Mashizi, 2020).

۳,۲- نقش زنان و جوامع محلی : مطالعات میدانی و اتنوبوتانیکی (DOAJ, 2021; JICA, 2018) نشان می‌دهند که "زنان روستایی و عشایر" نقش مهمی در جمع‌آوری، پردازش و استفاده از گیاهان دارویی دارند. آن‌ها عمدتاً مسئول برداشت سنتی گیاهان دارویی، خشک‌سازی، بسته‌بندی و فروش محصولات محلی هستند.
این فعالیت‌ها، علاوه بر ایجاد درآمد خانگی، موجب انتقال دانش بومی گیاهان دارویی از نسلی به نسل دیگر می‌شود و پایداری اجتماعی و فرهنگیمنطقه را تقویت می‌کند (ResearchSquare, 2024). در مناطق تربت حیدریه، زنان روستایی با مشارکت در باغچه‌های خانگی و کشت کوچک گیاهان دارویی، بخشی از زنجیره ارزش را کنترل می‌کنند و نقش کلیدی در بازاریابی محلی و حفظ گونه‌ها دارند.

۳,۳- کاربرد اقتصادی و توسعه پایدار زنجیره ارزش: مطالعات اقتصادی و اجتماعی (Moladoust & Shahmoradi, 2020; JICA, 2018) نشان می‌دهند که زنجیره ارزش گیاهان دارویی شامل مراحل جمع‌آوری، فرآوری، بسته‌بندی و فروش محلی و ملی است. زنان و جوامع محلی به عنوان عاملان کلیدی در بخش ابتدایی و میانی زنجیره ارزش عمل می‌کنند و نقش آن‌ها در توسعه پایدار اقتصادی قابل توجه است. زنان روستایی با فروش گیاهان دارویی در بازار محلی یا به کارگاه‌های فرآوری، منبع درآمد مستقیم دارند. مشارکت در زنجیره ارزش موجب افزایش توانمندی‌های اقتصادی و اجتماعی زنان و کاهش مهاجرت به شهرها می‌شود .همچنین آموزش‌های ترویجی و تکیه بر دانش بومی (JICA, 2018; Hosseini et al., 2019) به مدیریت پایدار برداشت گیاهان دارویی کمک می‌کند و بهره‌برداری بی‌رویه را کاهش می‌دهد.

۳,۴- دانش بومی و انتقال بین نسل :تحقیقات اتنوبوتانیکی (Nadaf et al., 2023; Jalali et al., 2019) نشان می‌دهند که دانش بومی گیاهان دارویی، شامل شناخت گونه‌ها، زمان مناسب برداشت و روش‌های پردازش سنتی، عمدتاً توسط زنان به نسل بعد منتقل می‌شود. این دانش علاوه بر کاربرد درمانی، در صنایع کوچک محلی و توسعه گردشگری گیاه‌محور (بوم‌گردی گیاه محور) نیز به کار می‌رود.

[1] Ferula flabelliloba
[2] Crocus sativus L

۳,۵-چالش‌ها و محدودیت‌ها : یافته‌ها نشان می‌دهند که با وجود اهمیت زنان در زنجیره ارزش، موانعی وجود دارد: عدم حمایت مالی و بیمه که بیشتر زنان روستایی فاقد حمایت مالی یا بیمه محصولات هستند. کمبود آموزش‌های فنی که دانش سنتی غالباً بدون پایه علمی و مدیریتی است و نیاز به آموزش‌های تکمیلی و علمی دارد (Mirbakhsh et al., 2023).
تهدید منابع طبیعی که بهره‌برداری غیرقانونی یا بیش از حد، تهدیدی جدی برای گونه‌های دارویی بومی ایجاد می‌کند (Sharafatmandrad & Khosravi Mashizi, 2020) و کمبود دسترسی به بازارکه زنان روستایی اغلب به بازارهای گسترده و فناوری‌های بسته‌بندی مدرن دسترسی ندارند و این امر موجب کاهش درآمد و ارزش افزوده محصولات می‌شود.

۴-بحث

بحث پیرامون نقش زنان و جوامع محلی در زنجیره ارزش گیاهان دارویی در اقتصاد روستایی خراسان رضوی، از منظر علمی می‌تواند بر سه محور اصلی تحلیل شود: ۱-پتانسیل زیست‌محیطی و تنوع گیاهی،۲- مشارکت اجتماعی ـ اقتصادی زنان و ۳-چالش‌های نهادی ـ ساختاری

۴,۱- پتانسیل زیست‌محیطی و تنوع گیاهی : تنوع بالای گیاهان دارویی در خراسان رضوی و تربت حیدریه، ظرفیت بهره‌برداری پایدار و توسعه اقتصادی محلی را فراهم می‌کند. مدیریت مشارکتی منابع با حضور زنان و جوامع محلی کلید موفقیت است. بهره‌گیری از دانش سنتی زنان در مدیریت مراتع، انتخاب زمان مناسب برداشت و حفاظت از گونه‌ها، می‌تواند بهره‌برداری پایدار را تضمین کند (Hosseini, Forouzeh & Barani, 2019).این سطح از تنوع زیستی، ظرفیت زیادی برای بهره‌برداری پایدار گیاهان دارویی فراهم می‌آورد. از منظر توسعه پایدار، این گونه‌ها می‌توانند به عنوان منبع اقتصادی مهم برای روستاها عمل کنند، مشروط بر آنکه جمع‌آوری، کشت و فرآوری آن‌ها به شکلی پایدار و مدیریت‌شده انجام شود. البته این پتانسیل زیستی باید به صورت استراتژیک مدیریت شود، به‌طوری که منابع مرتعی و بومی بیش از حد بهره‌برداری نشوند. ایجاد برنامه‌های مدیریت محلی (Community-based Management) برای مشارکت جوامع محلی در حفاظت از این گونه‌ها ضروری است، و زنان روستایی می‌توانند نقش محوری در این مدیریت ایفا کنند، چرا که به دانش محلی دسترسی دارند و علاقه‌مندی به حفظ منابع طبیعی بیشتر دارند.
۴,۲-مشارکت زنان و جوامع محلی در اقتصاد گیاهان دارویی: زنان در زنجیره ارزش گیاهان دارویی نقش چندوجهی دارند، از نظر اقتصادی که منبع درآمد و کاهش فقر می باشند.در بعد اجتماعی این فعالیتها موجب ارتقای توانمندی‌ها و استقلال زنان می شود و در بعد فرهنگی زنان به عنوان حاملان داده‌های سنتی (نام محلی گیاهان، شیوه جمع‌آوری، روش‌های فرآوری) نقش مهمی در انتقال و نگهداری دانش محلی دارند که برای پایداری استفاده از گیاهان دارویی حیاتی است. تشکیل تعاونی‌ها و گروه‌های خودیار زنان می‌تواند مشارکت اقتصادی و مدیریتی آنان را تقویت کند از جمله در بازاریابی، فرآوری و حفاظت محیطی(JICA, 2018).

۴,۳- چالش‌های نهادی، ساختاری و سیاست‌گذاری: ضعف زیرساخت‌ها، سیاست‌گذاری ناکافی و تهدیدات زیست‌محیطی نظیر خشکسالی، ریسک بهره‌برداری ناپایدار را افزایش می‌دهند. توجه به سیاست‌های حمایتی، تسهیلات مالی و زیرساخت فرآوری محلی ضروری است (Moladoust & Shahmoradi, 2020). خشکسالی یکی از تهدیدهای طبیعی است که می‌تواند سطح زیر کشت گیاهان دارویی را کاهش دهد
از سوی دیگر، اگرچه برخی پروژه‌ها و سازمان‌ها (مانند پژوهشکده گیاهان دارویی) در حال توسعه زیرساخت‌های علمی هستند، اما انتقال این زیرساخت‌ها به جوامع محلی (به‌خصوص زنان روستایی) نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، سرمایه‌گذاری و آموزش است. بدیهی است در صورت عدم مداخله به موقع و موثر پیامد های منفی مانند بهره‌برداری ناپایدار و تخریب زیستگاه‌های گیاهی بومی. نابرابری در بهره‌مندی اقتصادی پیش می آید به طوری که اگر زنان و جوامع محلی از بازار دسترسی نداشته باشند، ممکن است منافع اقتصادی به گروه‌های بزرگتر یا سرمایه‌گذاران بیرونی منتقل شود.و از دست رفتن

دانش محلینیز از پیامد های دیگر است که بدون ثبت و حفاظت دانش سنتی زنان محلی، این دانش ممکن است نسل‌به‌نسل کاهش یابد.

۴،۴-. پیشنهادها برای توسعه پایدار زنجیره ارزش گیاهان دارویی با محوریت زنان و جوامع محلی:

ایجاد پروژه‌های مشارکتی محلی از طریق تشکیل تعاونی‌های گیاهان دارویی با مدیریت زنان روستایی برای جمع‌آوری، فرآوری، بسته‌بندی و بازاریابی گیاهان دارویی.یک اقدام اساسی است و حمایت فنی و مالی از این تعاونی‌ها از طریق سازمان‌های محلی (جهاد کشاورزی، سازمان‌های غیردولتی)صورت گیرد.

برای آموزش و ترویج دانش بومی دوره‌های آموزشی محلی برای زنان روستایی در حوزه شناسایی گیاهان دارویی، زمان برداشت درست، روش‌های خشک کردن و فرآوری بر گزار گردد و دانش سنتی زنان محلی در قالب پروژه‌های مردم‌نگاری و گیاه‌شناسی محلی و انتشار آن به شکل کتابچه یا پلتفرم دیجیتال محلی مستند سازی شود.

برای سیاست‌گذاری و تسهیل دسترسی به بازار، سیاست‌های حمایتی برای کشاورزان و جمع‌آورندگان گیاهان دارویی مانند تسهیلات مالی، حمایت از ایجاد کارگاه فرآوری محلی و تضمین خرید محصولات محلی با قیمت منصفانه ایجاد شده و با سازمان‌های بین‌المللی و محلی برای گواهی‌گذاری محصولات گیاهان دارویی (استانداردهای ارگانیک، استانداردهای صادراتی) همکاری صورت گیرد تا بازارهای محلی و بین‌المللی برای تعاونی‌های محلی بازتر شود.

جهت مدیریت پایدار زیست‌محیطی، طرح‌های مدیریت مشارکتی مراتع گیاهی با مشارکت جوامع محلی برای حفظ تنوع گیاهی و جلوگیری از بهره‌برداری بیش از حد.طراحی و اجرا شده، نظارت بر اثرات زیست‌محیطی برداشت گیاهان دارویی و تدوین معیارهای برداشت پایدار بر اساس ظرفیت بوم‌شناختی مناطقی که گیاهان رشد می‌کنند صورت پذیرد.

یکی از نکات بسیار مهم، اجرای پژوهش‌های میدانی ویژه بر روی نقش اقتصادی زنان در زنجیره ارزش گیاهان دارویی (افزایش داده‌های کمی و کیفی). پایش دوره‌ای تنوع گیاهی و وضعیت جمعیت گیاهان دارویی در مراتع به منظور ارزیابی اثرات بهره‌برداری و تنظیم سیاست‌ها بر اساس داده‌های علمی می باشد.

محدودیت‌های مطالعه:

داده محدود و پراکنده: بسیاری از یافته‌ها از گزارش‌های خبری یا اسناد سازمانی آمده‌اند، نه پژوهش‌های علمی کامل، که ممکن است از نظر اعتبار آکادمیک محدودتر باشند.

عدم تمرکز بر نقش زنان در مقالات محلی: مطالعات علمی موجود در خراسان رضوی کمتر نقش زنان را به طور کمّی در تمام مراحل زنجیره ارزش تحلیل کرده‌اند.

پوشش جغرافیایی نامتوازن: برخی مطالعات مربوط به بخش‌هایی از استان (مثلا خواف) هستند و ممکن است نمایانگر کل استان یا تمام جوامع محلی نباشند.

خطر تعمیم‌پذیری: با توجه به محدودیت داده‌ها، نتایج تحلیل ممکن است به تمام جوامع روستایی استان قابل تعمیم نباشد، بویژه جوامع کوچک‌تر یا مناطقی با فرهنگ گیاه پرورشی متفاوت.

۵-نتیجه گیری

مطالعه نشان می‌دهد که خراسان رضوی، به ویژه تربت حیدریه، با تنوع زیستی بالا و دانش غنی بومی، به‌ویژه از سوی زنان روستایی و عشایر، ظرفیت بهره‌برداری پایدار و توسعه زنجیره ارزش گیاهان دارویی را دارد و مشارکت آنان هم به توانمندسازی اقتصادی و هم حفظ دانش سنتی کمک می‌کند. با این حال، چالش‌های نهادی و زیست‌محیطی وجود دارد که مدیریت منابع، تعاونی‌های محلی، آموزش و سیاست‌گذاری حمایتی را برای توسعه پایدار ضروری می‌سازد.

۶-سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تمامی پژوهشگران و نویسندگانی که یافته‌های علمی آن‌ها مبنای این مطالعه قرار گرفته است، صمیمانه قدردانی می‌شود.

References

1. Dolatkhahi, M., & Nabipour, I. (2014). Ethnobotanical study of medicinal plants used in Arjan‐Parishan (Iran) for the treatment of human ailmentsJournal of Ethnopharmacology, 152 (1), 113–125.

2. Haerinasab, M., Tabad, M. A., & Jalilian, N. (2019). Ethnobotanical study of medicinal plants in Zarivar region (Marivan), Iran.Journal of Medicinal Plants, 2 (54), 55–75. ([jmp.ir][2])

3. Mirbakhsh, M., Zahed, Z., & Mashayekhi, S., & Jafari, M. (2023). Investigation of in vitro apocarotenoid expression in perianth of Crocus sativus L. under different soil EC.arXiv. arXiv: 2304.01049

4. Moladoust, K., & Shahmoradi, M. (2020). Challenges facing the development of medicinal plants sector in Iran: A case study from Khorasan Razavi Province.Iranian Journal of Medicinal Plants Research, 36 (5), 748–762.

5. Omogbadegun, Z., Uwadia, C., Ayo, C., Mbarika, V., Omoregbe, N., Otofia, E., & Chieze, F. (2011). Multimedia‐based Medicinal Plants Sustainability Management System.arXiv. arXiv: 1111.6911.

6. Rostami, M., Sharifi, H., & Hajizadeh, A. (2016). Ethnobotanical study of medicinal plants in Kordestan based on interviews with native people.Journal of Integrative Traditional Medicine, 3 (2), 1–9.

7. Sharafatmandrad, M., & Khosravi Mashizi, A. (2020). Ethnopharmacological study of native medicinal plants and the impact of pastoralism on their loss in arid to semiarid ecosystems of southeastern Iran. Scientific Reports, 10 (1) , Article 15526.

8. Tabad, M. A., & Jalilian, N. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants in Zarivar region (Marivan), Iran.Journal of Medicinal Plants, 2 (54), 55–75.

9. Mashayekhan, A., Pourmajidian, M. R., Jalilvand, H., Gholami, M. R., & Teimouri, M. S. (2015). Ethnobotanical Survey of Herbal Remedies Traditionally Used in North Khorasan Province of Iran. Medicinal & Aromatic Plants, 4 (3). DOI: 10.4172/2167-0412.1000192

10. Sharififar, F., Koohpayeh, A., Motaghi, M. M., Amirkhosravi, A., Puormohseni Nasab, E., & Khodashenas, M. (2010). Study of the ethnobotany of medicinal plants in Sirjan, Kerman Province, Iran. Journal of Herbal Drugs, 3 (1), 19–28.

The Role of Women and Local Communities in the Sustainable Development of the Medicinal Plants Value Chain in the Rural Economy of Razavi Khorasan

Abstract:

Medicinal plants represent one of the most valuable natural and cultural resources of Razavi Khorasan Province and hold significant potential for sustainable rural economic development. Women and local communities play a central role in this process, actively participating in various stages of the value chain, including collection, cultivation, processing, packaging, and the transmission of traditional knowledge. This study aimed to investigate the role of women and local communities in the sustainable development of the medicinal plants value chain in Torbat-e Heydarieh. A systematic review was conducted following the PRISMA framework, and scientific sources published between 2000 and 2025 were searched across major academic databases. After screening and applying inclusion criteria, ten studies were selected for final analysis. The findings indicate that the region hosts considerable biodiversity, with more than 50 native medicinal plant species, and that rural women are extensively involved in traditional harvesting, preservation, processing, and local marketing. Their participation not only enhances household income but also supports intergenerational transmission of indigenous knowledge and strengthens social sustainability. Nevertheless, challenges such as limited technical training, weak market access, lack of processing infrastructure, insufficient financial support, and environmental threats— including overharvesting and drought— hinder sustainable development. The study highlights that strengthening rural cooperatives, providing technical training, documenting traditional knowledge, institutional support, and implementing participatory resource management policies can enhance value-added production, conserve biodiversity, and improve the economic well-being of local communities.

Keywords: Medicinal plants, Rural women, Value chain, Sustainable development, Indigenous knowledge

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

جداسازی و شناسایی برخی قارچ‌های همراه میوه عناب در شهر بیرجند

سارا پارسا مقدم[1]، عباس محمدی [2]، سیده عاطفه حسینی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

۲-دانشیار گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

چکیده

عناب از محصولات بومی و اقتصادی شرق ایران، به‌دلیل ارزش دارویی و تغذیه‌ای، مورد توجه کشاورزی و صنایع غذایی قرار دارد. با وجود این اهمیت، آلودگی‌های قارچی یکی از عوامل اصلی کاهش کیفیت و ماندگاری میوه عناب به‌شمار می‌رود. این تحقیق با هدف جداسازی و شناسایی قارچ‌های آلوده‌کننده‌ی میوه عناب در منطقه بیرجند انجام گردید. نمونه‌برداری از میوه‌های عناب انجام و پس از ضدعفونی سطحی، قطعات میوه بر روی محیط کشت عصاره سیب زمینی دکستروز آگار کشت داده شدند. جدایه‌های رشدکرده با روش نوک هیف خالص‌سازی و بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و مولکولی شناسایی شدند. شناسایی مولکولی جدایه ها براساس توالی ناحیه ITS توسط آغازگرهای ITS1&4 انجام شد. سه گونه قارچی *Fusarium brachygibbosum*، *Trichoderma longibrachiatum* و *Aspergillus ochraceus* از میوه‌های آلوده جداسازی شدند. این قارچ‌ها می‌توانند سبب پوسیدگی و کاهش کیفیت میوه و در برخی موارد تولید مایکوتوکسین‌های خطرناک شوند.

کلید واژه: آسپرژیلوس، بیماری‌زا، تریکودرما، فوزاریوم

۱. مقدمه

عناب (*Ziziphus jujuba*) گیاهی دارویی از خانواده‌ی Rhamnaceae است که در مناطق گرم و نیمه‌گرم ایران، به‌ویژه در استان خراسان جنوبی و شهرستان بیرجند، به‌صورت گسترده کشت می‌شود. این گیاه به‌دلیل مقاومت بالا در برابر خشکی و توانایی رشد در شرایط اقلیمی سخت، یکی از محصولات بومی و اقتصادی مهم شرق ایران به‌شمار می‌آید و از جایگاه ویژه‌ای در بخش کشاورزی و دارویی منطقه برخوردار است(Ghobadi *et al*., 2019) . میوه‌ی عناب منبع غنی از ویتامین‌هایA ، B وC ، مواد معدنی و ترکیبات زیست‌فعال همچون آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، استرول‌ها، تانن‌ها، ساپونین‌ها و اسیدهای چرب است. وجود این ترکیبات، به‌ویژه فلاونوئیدها و ساپونین‌ها، باعث ایجاد خواص آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجه در این میوه شده و توانایی آن را در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد؛ ازاین‌رو، عناب جایگاه مهمی در طب سنتی و صنایع دارویی دارد.(Tatari *et al*., 2016)

قارچ‌های مختلف می‌توانند موجب پوسیدگی، تغییر رنگ، کاهش ارزش غذایی و در برخی موارد تولید مایکوتوکسین‌های خطرناک درون میوه ها و بافت های ذخیره ای شوند(Kirk *et al*., 2008). مهم‌ترین جنس‌های قارچی مرتبط با آلودگی عناب شامل آسپرژیلوس، آلترناریا، فوزاریوم و پنی‌سلیوم هستند (Wu *et al*., 2017; Bertuzzi *et al*., 2015; Zhou *et al*., 2021) که در میان آن‌ها، گونه‌های *Aspergillus flavus*، *A. ochraceus*، *A. niger* و برخی گونه‌های جنس آلترناریا و فوزاریوم

[1] **نویسنده مسئول:** sara.parsamoghadam@birjand.ac.ir

به‌عنوان عوامل غالب پوسیدگی و تخریب میوه شناخته شده‌اند و حضور آن‌ها می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان و صادرات محصول باشد(Xu *et al*., 2023; Xin *et al*., 2023).
.این تحقیق با هدف جداسازی برخی قارچ های آلوده‌کننده میوه عناب در شهر بیرجند انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری‌های از میوه‌های عناب در منطقه بیرجند (۵۹°۱۳′ طول شرقی، ۳۲°۵۳′ عرض شمالی، ارتفاع ۱۴۷۰ متر از سطح دریا، استان خراسان جنوبی) انجام شد. جداسازی قارچها از میوه‌آلوده پس از ضدعفونی‌سطحی و کشت در محیط عصاره سیب زمینی دکستروز آگار صورت گرفت و خالص‌سازی به روش نوک هیف انجام شد .(Sivakumar and Suresh. 2016)

شناسایی مورفولوژیک جدایه‌ها براساس خصوصیات رشدی روی محیط کشت های مختلف صورت گرفت. شناسایی مولکولی با استخراج DNA از میسلیوم‌های جمع‌آوری شده از روی محیط PDA به روش CTAB انجام شد (Griffiths *et al*., 2006) .تکثیر ژنوم قارچی با آغازگر ITS1&4 صورت گرفت و نواحی تکثیر شده توسط شرکت زیست فناوری پیشگام تعیین توالی گردید. بر اساس توالی ناحیه‌ی ITS و همولوژی آن با توالی‌های موجود در بانک ژن NCBI نتایج شناسایی مورفولوژیک تائید گردید.

۳.نتایج و بحث

پس از ضدعفونی و کشت بافت میوه عناب روی محیطPDA ، رشد قارچها طی ۵ تا ۷ روز مشاهده گردید و سه گونه قارچی شامل*Fusarium brachygibbosum* ، *Trichoderma longibrachiatum* و *A. ochraceus* شناسایی شدند. کلنی *F. brachygibbosum* سفید تا صورتی، پنبه‌ای و پرپشت با اسپورهای کوتاه و کروی (شکل1&2) بود. *T. longibrachiatum* دارای کلنی سبز روشن، مسطح و پوشیده از رشته‌های کوتاه با رشد سریع و اسپورهای گرد بود (شکل5&6) و *A. ochraceus* کلنی زرد تا قهوه‌ای، گرد و فشرده با اسپورهای زرد تا قهوه‌ای تولید کرد (شکل3&4).

نتایج این پژوهش با یافته‌های Dhlamini *et al.* (2024) درباره نقش فوزاریوم در پوسیدگی میوه‌ها همخوانی دارد. حضور *T. longibrachiatum*نیز مشابه گزارش Hassan *et al*. (2019) است که نشان دادند این قارچ با وجود نقش مفید در کنترل زیستی، گاهی به محصولات آسیب می‌زند. همچنین شناسایی *A. ochraceus* در این مطالعه با گزارش Qi *et al*. (2024) و Bertuzzi *et al.* (2015)مطابقت دارد که آن را تولیدکننده اوکراتوکسین معرفی کرده‌اند.

این نتایج در مقایسه با مطالعه Shestakova *et al.* (2024) تأیید می‌کند که میوه‌های خشک مناطق گرم و خشک به‌دلیل شرایط نگهداری نامناسب مستعد آلودگی قارچی هستند. با وجود محدودیت در تعداد نمونه و محدوده جغرافیایی، یافته‌ها بیانگر اهمیت مدیریت آلودگی قارچی، رعایت شرایط انبارداری و بررسی تعامل قارچ‌های مفید و مضر درمیوه عناب است

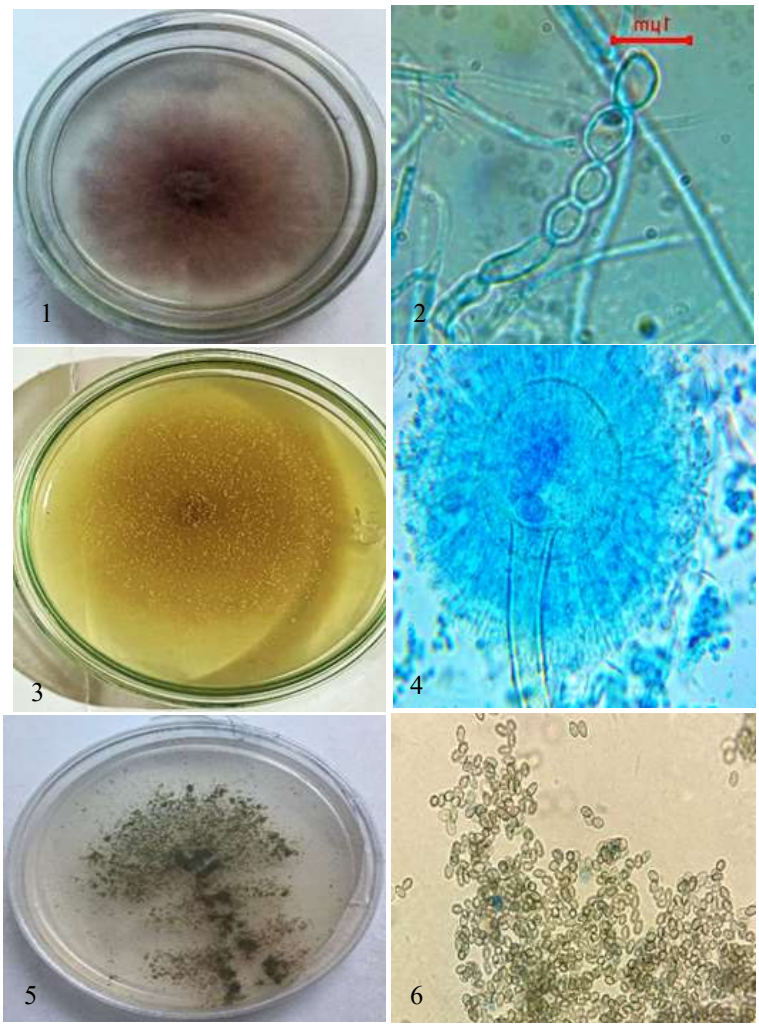


Figure1; 1&2: *Fusarium brachygibbosum*, ***3&4****: Aspergillus ochraceus*, ***5&6****: Trichoderma longibrachiatum*

۴. منابع

Bertuzzi, T., Rastelli, S., Pietri, A. (2015). *Aspergillus* and *Penicillium* toxins in chestnuts and derived products produced in Italy. *Food Control*, *50*, 876–880. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.047.

Dhlamini, L., Jacobs, A., van der Merwe, N. A., Summerell, B., Venter, E. (2024). The population structure of the *Fusarium brachygibbosum* species complex in the grassland biome of South Africa. *Australasian Plant Pathology*, *53*(1), 31–39. https://doi.org/10.1007/s13313-023-00943-7.

Ghobadi, A., Amini-Behbahani, F., Yousefi, A., Taghavi Shirazi, M., Behnoud, N. (2019). Medicinal and nutritional properties of *Ziziphus jujuba Mill*. *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences*, *6*(2), 146–150.

Griffiths, L. J., Anyim, M., Doffman, S. R., Wilks, M., Millar, M. R., Agrawal, S. G. (2006). Comparison of DNA extraction methods for *Aspergillus fumigatus* using real-time PCR. *Journal of Medical Microbiology*, *55*(9), 1187–1191. https://doi.org/10.1099/jmm.0.46510-0.

Hassan, M. M., Abdelaziz, A., Mahmoud, A., Elshafei, M. (2019). Rapid identification of clinical *Trichoderma* species using sequence-characterized amplified region markers. *Journal of Clinical Microbiology*, *57*(5), e01959-18. https://doi.org/10.1128/JCM.01959-18.

Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. (2008). Dictionary of the Fungi, Wallingford, UK: CABI.

Qi, G., Hao, L., Gan, Y., Xin, T., Lou, Q., Xu, W., Song, J. (2024). Identification of closely related species in *Aspergillus* through Analysis of Whole-Genome. *Frontiers in microbiology*, *15*, 1323572. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1323572.

Shestakova, A., Surkova, D., Fatkulin, A., Osmolovskiy, A., Popova, E. (2024). Draft genome sequence of *Aspergillus ochraceus* VKM-F4104D (L-1) producing peptidase activator of protein C. *Microbiology Resource Announcements*, *13*(e00416-24). https://doi.org/10.1128/mra.00416-24.

Sivakumar, R., Suresh, S. (2016). Fungal isolation & identification from fruit samples and their purification. *Mycological Studies*, *12*(3), 45-58.

Tatari, M., Ghasemi, A., Mousavi, A. (2016). Genetic diversity in jujube germplasm (*Ziziphus jujuba Mill*.) based on morphological and pomological traits in Isfahan province, Iran. *Crop Breeding Journal*, *6*(2), 79–85. https://doi.org/10.22092/cbj.2016.107110.

Xin, X. Y., Nan, M. N., Bi, Y., Xue, H. L., Zhang, Y., Wang, J. J. (2023). Effects of *Aspergillus niger* infection on the quality of jujube and ochratoxin A cumulative effect. Toxins, *15*(7), 406. https://doi.org/10.3390/toxins15070406.

Wu, L., Xiao, X., Chen, K., Yin, W., Li, Q., Wang, P., Lu, Z., Ma, J., Han, H. (2017). Ultrasensitive SERS detection of Bacillus thuringiensis special gene based on Au@Ag NRs and magneticbeads.*Biosensors & bioelectronics*,*92*,321–327. https://doi.org/10.1016/j.bios.2016.11.005

Xu, X., Guo, L. F., Yang, C. B., Teng, H. L., Shen, G. J., Wang, S. (2023). Diversity and pathogenicity of fungi associated with fruit rot of winter jujube in Shandong province, China. Plant Disease, *107*(3), 794–801. https://doi.org/10.1094/PDIS-05-22-1254-RE.

Zhou, J., Zhang, D. D., Chen, X. H., Guo, Y. B., Jin, M. C., Zhao, Y. G. (2021). Investigation on the occurrence and contamination of multi-mycotoxin in chestnut and jujube (red date). J*ournal of Chromatography A*, *1659*, 462486. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462486.

Isolation and identification of fungi from jujube fruits in Birjand

Sara Parsa Moghadam[1*], Abbas Mohammadi [2],Seyedeh Atefe Hosseini
1- Master's student in Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
2- Associate Professor of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
* Corresponding author email: sara.parsamoghadam@birjand.ac.ir

Abstract

Ziziphus jujuba is an indigenous fruit crop in eastern Iran, widely recognized for its nutritional and medicinal properties. However, fungal contamination significantly limits its postharvest quality. This study aimed to isolate and identify fungi associated with jujube fruits collected from orchards in Birjand, South Khorasan Province. Surface-sterilized fruit tissues were cultured on Potato Dextrose Agar, and fungal colonies were purified using the single-spore method. Morphological characteristics were examined microscopically, and molecular identification was performed by sequencing the internal transcribed spacer region using ITS1 and ITS4 primers. *Fusarium brachygibbosum*, *Trichoderma longibrachiatum*, and *Aspergillus ochraceus* were isolated from contaminated jujube fruits. These fungi are known to cause fruit decay, reduce postharvest quality, and, in the case of *A. ochraceus*, potentially produce hazardous mycotoxins

Key words: *Aspergillus, Fusarium***,** pathogen, *Trichoderma*

مروری بر تنوع قارچ‌های بیماری‌زا و اندوفیت زعفران

ساراپارسامقدم[۱،۱]، نرگس مهربان [۱]، عباس محمدی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

۲_دانشیار گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

چکیده

زعفران یکی از با ارزش‌ترین گیاهان دارویی و ادویه‌ای جهان است که کیفیت و عملکرد آن به عوامل متعددی وابسته است. آلودگی‌های قارچی، شامل قارچ‌های بیماری‌زا و اندوفیت، نقش مهمی در کاهش عملکرد و کیفیت محصول دارند. این تحقیق مروری به بررسی تنوع قارچ‌های بیماری‌زا و اندوفیت جداشده از زعفران در مراحل قبل و بعد از برداشت، و بر اساس منشاء خاک‌زاد و غیر خاک‌زاد می‌پردازد. گونه‌هایی مانند *Rhizopus oryzae*، *Aspergillus niger*، *Fusarium oxysporum*، *Fusarium annulatum*، *Botrytis cinerea* و *Trichoderma* sp. در بافت‌های ریشه، بنه، برگ و گل شناسایی شدند. یافته‌ها نشان می‌دهد که قارچ‌های خاک‌زاد عمدتاً باعث پوسیدگی بنه و کاهش عملکرد می‌شوند، در حالی که قارچ‌های غیر خاک‌زاد موجب لکه‌برگی و پژمردگی اندام هوایی می‌شوند. این مرور می‌تواند اطلاعات علمی مفیدی برای مدیریت بیماری‌ها و حفظ کیفیت زعفران فراهم آورد

کلمات کلیدی: پس از برداشت زعفران، خاک‌زاد، گیاهان دارویی

۱. مقدمه

زعفران (*Crocus sativus*) گیاهی دارویی با اهمیت است که به خانواده Iridaceae از راسته Asparagales تعلق دارد. این گیاه به طور گسترده در چندین کشور مانند ایران، ایتالیا، اسپانیا، مراکش، فرانسه، یونان، چین، هند و مکزیک کشت می‌شود (Giorgi & Scheurer., 2015).

زعفران به دلیل خواص دارویی، غذایی و اقتصادی، جایگاه ویژه‌ای در تولیدات کشاورزی کشورهای مختلف به‌ویژه ایران دارد (Busconi *et al*., 2015; Ren *et al*., 2023). با وجود اهمیت بالای این گیاه، تولید زعفران با تهدیدات متعددی روبه‌رو است که سلامت گیاه و کیفیت محصول آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از مهم‌ترین این تهدیدات، آلودگی‌های قارچی است که در مراحل مختلف رشد و نگهداری زعفران اتفاق می افتد. قارچ‌های بیماری‌زا می‌توانند باعث پوسیدگی غده‌ها ، زردی برگ، کاهش رشد ریشه و افت عملکرد گل شوند (Ren *et al*., 2023; Tian *et al*., 2024). قارچ‌های خاکزاد مانند *Fusarium oxysporum enicillium* spp., و *Alternaria* spp. معمولاً در خاک یا اطراف غده‌ها حضور دارند و از جمله عوامل اصلی پوسیدگی بنه زعفران محسوب می‌شوند (Ren *et al*., 2023; Tian *et al*., 2024)برخی از این قارچ‌ها حتی پس از برداشت نیز در شرایط انبارداری فعال می‌مانند و سبب تخریب بنه‌های زعفران می‌شوند (El Aymani *et al*.,2019). قارچ‌های غیر خاکزاد اغلب از برگ، ساقه یا گل زعفران جدا می‌شوند و ممکن است بیماری‌زا نباشند. برخی از این قارچ‌ها اندوفیت هستند؛ یعنی بدون ایجاد علائم بیماری در بافت‌های گیاه زندگی می‌کنند و گاهی نقش حفاظتی ایفا می‌کنند. گونه‌هایی مانند *Trichoderma brevicompactum* با رقابت زیستی و ترشح متابولیت‌های مهارکننده، رشد قارچ‌های بیماری‌زا را محدود کرده و در عین حال باعث بهبود رشد ریشه و افزایش مقاومت گیاه می‌شوند(Tian *et al*., 2024; Chamkhi *et al*., 2018). مطالعات

[۱] نویسنده مسئول: sara.parsamoghadam@birjand.ac.ir

انجام شده در کشورهای مختلف مانند مراکش، ایتالیا و ایران نشان می‌دهند که تنوع قارچ‌های جداشده از زعفران بسیار زیاد است و شامل گونه‌های پاتوژن، اندوفیت و فرصت‌طلب می‌شود (El Aymani *et al*.,2019.; Belfiori *et al*., 2021). در پژوهشی در مراکش، گونه‌های مختلفی از *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* و *Trichoderma* از غده و ریشه زعفران جدا شدند که برخی از آن‌ها عامل بیماری بوده و برخی دیگر اندوفیت‌های مفید شناخته شدند (El Aymani *et al*.,2019).مطالعات مولکولی نشان داده‌اند که قارچ‌های اندوفیت می‌توانند ترکیبات ثانویه با خاصیت ضدباکتری، آنتی‌اکسیدانی و ضدقارچی تولید کنند و از این طریق نقش مهمی در بهبود مقاومت گیاه و سلامت اکوسیستم ریشه ایفا کنند (Chamkhi *et al*., 2018; Belfiori *et al.* 2021).

از سوی دیگر، بررسی‌های ژنتیکی نشان داده‌اند که تنوع قارچ‌های مرتبط با زعفران از نظر ژنومی نیز چشمگیر است. استفاده از روش‌های مولکولی مانند AFLP[1] و MS-AFLP[2] امکان شناسایی دقیق گونه‌ها و ارزیابی تنوع ژنتیکی آن‌ها را فراهم کرده است (Busconi *et al*., 2015).

جدول۱: قارچ های جدا شده از عفران با بافت جدا شده، زمان حضور، نوع خاکزاد و غیر خاکزاد و منابع

نام علمی قارچ	نوع	بافت جداشده	زمان (برداشت قبل/بعد)	خاکزاد/ غیر خاکزاد	کشور	منبع
Rhizopus oryzae	پاتوژن /اندوفیت	ریشه، پیاز	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	Chamkhi *et al*., 2018; Belfiori *et a*l., 2021
Aspergillus fumigatiaffinis	اندوفیت	ریشه	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	Chamkhi *et al*., 2018
Aspergillus niger	پاتوژن /اندوفیت	ریشه، پیاز	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	Chamkhi *et al*., 2018; El Aymani *et al*., 2019
Aspergillus flavipes	اندوفیت	برگ، پیاز	قبل برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Penicillium spp.	اندوفیت	برگ، ریشه	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	Chamkhi *et al*., 2018; El Aymani *et al*., 2019
Fusarium solani	اندوفیت	ریشه، پیاز	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	El Aymani *et al*., 2019
Fusarium oxysporum	پاتوژن	پیاز	قبل برداشت	خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021; El Aymani *et al*., 2019
Fusarium annulatum	پاتوژن	پیاز	قبل برداشت	خاکزاد	ایران	Mirghasempour *et al*., 2022
Fusarium commune	پاتوژن	پیاز	قبل برداشت	خاکزاد	ایران	Mirghasempour *et al*., 2022
Fusarium nirenbergiae	پاتوژن	پیاز	قبل برداشت	خاکزاد	ایران	Mirghasempour *et al*., 2022
Botrytis cinerea	پاتوژن	گل، برگ	بعد برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Hypoxylon fuscum	سازگار	برگ	بعد برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Coprinellus micaceus	خوارچوب	برگ	بعد برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Trichoderma sp.	مفید /اندوفیت	خاک، ریشه	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	El Aymani *et al*., 2019
Cadophora spp.	اندوفیت	پیازک، برگ	قبل برداشت	خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Talaromyces pinophilus	اندوفیت	پیازک، برگ	قبل برداشت	خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Alternaria alternata	اندوفیت	برگ	بعد برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Epicoccum nigrum	اندوفیت	برگ	بعد برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021

[1] **Amplified Fragment Length Polymorphism**
[2] **Methylation-Sensitive Amplified Fragment Length Polymorphism**

Mucor fragilis	اندوفیت	برگ	بعد برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Stemphylium vesicarium	اندوفیت	برگ	بعد برداشت	غیر خاکزاد	ایتالیا	Belfiori *et al*., 2021
Curvularia spp.	پاتوژن	پیازک، ساقه	قبل برداشت	خاکزاد	ایران	Reiabi *et al*., 2024
Rhizoctonia spp.	پاتوژن	پیازک، ساقه	قبل برداشت	خاکزاد	ایران	Reiabi *et al*., 2024
Fusarium spp. (genus)	پاتوژن	پیازک، برگ	قبل برداشت	خاکزاد	چین	Song *et al*., 2024
Aspergillus spp. (genus)	اندوفیت	ریشه، پیازک	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	El Aymani *et al*., 2019
Penicillium spp. (genus)	اندوفیت	ریشه، پیازک	قبل برداشت	خاکزاد	مراکش	El Aymani *et al*., 2019

۲.نتیجه‌گیری

قارچ‌های مرتبط با زعفران نقش دوگانه‌ای دارند: گروهی بیماری‌زا هستند و باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شوند، به‌ویژه قارچ‌های خاکزاد پیش و پس از برداشت (*Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*) (Ren *et al*., 2023; Tian *et al*., 2024; El Aymani *et al*., 2019) در مقابل، قارچ‌های غیر خاکزاد و اندوفیت‌ها، با تولید متابولیت‌های ثانویه و فعالیت‌های رقابتی، می‌توانند رشد گیاه را بهبود داده و مقاومت آن را در برابر پاتوژن‌ها افزایش دهند (Chamkhi *et al*., 2018; Belfiori *et al*., 2021; Tian *et al*., 2024).

بنابراین، شناسایی و مدیریت جامع قارچ‌های زعفران، هم برای کنترل بیماری‌ها و پیشگیری از خسارت‌های اقتصادی و هم برای بهره‌برداری از گونه‌های مفید در افزایش کیفیت و پایداری تولید، حیاتی است. این مرور نشان می‌دهد که ادغام اقدامات پیشگیرانه و بهره‌گیری از قارچ‌های مفید می‌تواند پایه‌ای برای کشاورزی پایدار زعفران باشد

۳.منابع

Belfiori, B., Rubini, A., Riccioni, C., Lanciotti, R., & Tosi, S. (2021). Diversity of endophytic and pathogenic fungi of saffron (*Crocus sativus*). *Diversity*, *13*(11), 535. https://www.mdpi.com/1424-2818/13/11/535

Busconi, M., Colli, L., Sánchez, R. A., Santaella, M., De Los Mozos Pascual, M., Santana, O., Roldán, M., & Fernández, J. A. (2015). AFLP and MS-AFLP analysis of the variation within saffron crocus *(Crocus sativus L.*) germplasm. *PLoS ONE*, *10*(4), e0123434. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123434

Chamkhi, I., Sbabou, L., & Aurag, J. (2018). Endophytic fungi isolated from *Crocus sativus L*. (Saffron) as a source of bioactive secondary metabolites. *Pharmacognosy Journal*, *10*(6), 1143-1148.

El Aymani, I., Qostal, S., Mouden, N., Selmaoui, K., Ouazzani Touhami, A., Benkirane, R., & Douira, A. (2019). Fungi associated with saffron (*Crocus sativus*) in Morocco. *Plant Cell, Biotechnology and Molecular Biology*, *20*(23-24), 1180-1188.

Giorgi, A., & Scheurer, T. (2015). Alpine resources: Assets for a promising future—Conclusions from the Forum Alpinum 2014. *Mountain Research and Development*, *35*(4), 414–415. https://doi.org/10.1659/mrd-journal-d-15-00061

Mirghasempour, S. A., Studholme, D. J., Chen, W., Zhu, W., & Mao, B. (2022). Molecular and pathogenic characterization of fusarium species associated with corm rot disease in saffron from china. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, *8*(5), 515. https://doi.org/10.3390/jof8050515

Reiabi, J. R. A., & Salariyan, A. (2024). Identification and characterization of fungal pathogens associated with black root rot on saffron from Southern Khorasan, Iran. *Journal of Applied Plant Biology*, *2*(1), Article 95. https://doi.org/10.22034/JAPB.2024.95

Ren, T., Dai, D., Yu, M., Li, T., & Zhang, C. (2023). Identification and characterization of pathogens causing saffron corm rot in China. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1188376.

Song, J., Xi, X., et al. (2024). Revealing the microbial composition changes and relationship with *Fusarium* caused by rot disease in the *Crocus sativus L*. *Annals of Microbiology*, *74*, 24.

Tian, L., Zhang, H., Li, Y., Chen, X., & Wang, J. (2024). Antagonism of rhizosphere *Trichoderma* brevicompactum DTN19 against the pathogenic fungi causing corm rot in saffron (*Crocus sativus L*.). *Frontiers in Microbiology*, *15*, Article 1454670.

A Review on the Diversity of Pathogenic and Endophytic Fungi of Saffron

Sara Parsamoghadam[1*], Narges Mehraban[2] , Abbas Mohammadi[3]

1- Master's student in Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
3- Associate Professor of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

* Corresponding author email: sara.parsamoghadam@birjand.ac.ir

Abstract

Saffron is one of the most valuable medicinal and spice plants worldwide, and several factors influence its quality and yield. Fungal infection, including pathogenic and endophytic fungi, significantly reduces crop performance and quality. This review focuses on the diversity of pathogenic and endophytic fungi isolated from saffron at pre- and post-harvest stages. Fungal species such as Rhizopus oryzae, Aspergillus niger, Fusarium oxysporum, Fusarium annulatum, Botrytis cinerea, and Trichoderma sp. were detected in saffron roots, corms, leaves, and flowers. The findings suggest that soilborne fungi mainly cause corm rot and reduce yield, while non-soilborne fungi lead to leaf spots and wilting of aerial organs. This review provides important scientific insights into fungal disease control and the preservation of saffron quality**.**

Keywords: After saffron harvest, before harvest, soilborne fungi, non-soilborne fungi

جداسازی و شناسایی برخی قارچ‌های همراه میوه عناب در شهر بیرجند

سارا پارسا مقدم[۱]، عباس محمدی [۲]، سیده عاطفه حسینی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

۲-دانشیار گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

چکیده

عناب از محصولات بومی و اقتصادی شرق ایران، به‌دلیل ارزش دارویی و تغذیه‌ای، مورد توجه کشاورزی و صنایع غذایی قرار دارد. با وجود این اهمیت، آلودگی‌های قارچی یکی از عوامل اصلی کاهش کیفیت و ماندگاری میوه عناب به‌شمار می‌رود. این تحقیق با هدف جداسازی و شناسایی قارچ‌های آلوده‌کننده‌ی میوه عناب در منطقه بیرجند انجام گردید. نمونه‌برداری از میوه‌های عناب انجام و پس از ضدعفونی سطحی، قطعات میوه بر روی محیط کشت عصاره سیب زمینی دکستروز آگار کشت داده شدند. جدایه‌های رشدکرده با روش نوک هیف خالص‌سازی و بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و مولکولی شناسایی شدند. شناسایی مولکولی جدایه ها براساس توالی ناحیه ITS توسط آغازگرهای ITS1&4 انجام شد. سه گونه قارچی *Fusarium brachygibbosum*، *Trichoderma longibrachiatum* و *Aspergillus ochraceus* از میوه‌های آلوده جداسازی شدند. این قارچ‌ها می‌توانند سبب پوسیدگی و کاهش کیفیت میوه و در برخی موارد تولید مایکوتوکسین‌های خطرناک شوند.

کلید واژه: آسپرژیلوس، بیماری‌زا، تریکودرما، فوزاریوم

۱. مقدمه

عناب (*Ziziphus jujuba*) گیاهی دارویی از خانواده‌ی Rhamnaceae است که در مناطق گرم و نیمه‌گرم ایران، به‌ویژه در استان خراسان جنوبی و شهرستان بیرجند، به‌صورت گسترده کشت می‌شود. این گیاه به‌دلیل مقاومت بالا در برابر خشکی و توانایی رشد در شرایط اقلیمی سخت، یکی از محصولات بومی و اقتصادی مهم شرق ایران به‌شمار می‌آید و از جایگاه ویژه‌ای در بخش کشاورزی و دارویی منطقه برخوردار است(Ghobadi *et al*., 2019) . میوه‌ی عناب منبع غنی از ویتامین‌هایA ، B وC ، مواد معدنی و ترکیبات زیست‌فعال همچون آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، استرول‌ها، تانن‌ها، ساپونین‌ها و اسیدهای چرب است. وجود این ترکیبات، به‌ویژه فلاونوئیدها و ساپونین‌ها، باعث ایجاد خواص آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجه در این میوه شده و توانایی آن را در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد؛ ازاین‌رو، عناب جایگاه مهمی در طب سنتی و صنایع دارویی دارد.(Tatari *et al*., 2016)

قارچ‌های مختلف می‌توانند موجب پوسیدگی، تغییر رنگ، کاهش ارزش غذایی و در برخی موارد تولید مایکوتوکسین‌های خطرناک درون میوه ها و بافت های ذخیره ای شوند (Kirk *et al*., 2008). مهم‌ترین جنس‌های قارچی مرتبط با آلودگی عناب شامل آسپرژیلوس، آلترناریا، فوزاریوم و پنی‌سلیوم هستند (Wu *et al*., 2017; Bertuzzi *et al*., 2015; Zhou *et al*.,

[۱] نویسنده مسئول: sara.parsamoghadam@birjand.ac.ir

(2021که در میان آن‌ها، گونه‌های *Aspergillus flavus*، *A. ochraceus*، *A. niger* و برخی گونه‌های جنس آلترناریا و فوزاریوم به‌عنوان عوامل غالب پوسیدگی و تخریب میوه شناخته شده‌اند و حضور آن‌ها می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان و صادرات محصول باشد(Xu *et al*., 2023; Xin *et al*., 2023).

این تحقیق با هدف جداسازی برخی قارچ های آلوده‌کننده میوه عناب در شهر بیرجند انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری‌های از میوه‌های عناب در منطقه بیرجند (۱۳°۵۹′ طول شرقی، ۵۳°۳۲′ عرض شمالی، ارتفاع ۱۴۷۰ متر از سطح دریا، استان خراسان جنوبی) انجام شد. جداسازی قارچها از میوه‌آلوده پس از ضدعفونی‌سطحی و کشت در محیط عصاره سیب زمینی دکستروز آگار صورت گرفت و خالص‌سازی به روش نوک هیف انجام شد (Sivakumar and Suresh. 2016).

شناسایی مورفولوژیک جدایه‌ها براساس خصوصیات رشدی روی محیط کشت های مختلف صورت گرفت. شناسایی مولکولی با استخراج DNA از میسلیوم‌های جمع‌آوری شده از روی محیط PDA به روش CTAB انجام شد (Griffiths *et al*., 2006) .تکثیر ژنوم قارچی با آغازگر ITS1&4 صورت گرفت و نواحی تکثیر شده توسط شرکت زیست فناوری پیشگام تعیین توالی گردید. بر اساس توالی ناحیه‌ی ITS و همولوژی آن با توالی‌های موجود در بانک ژن NCBI نتایج شناسایی مورفولوژیک تائید گردید.

۳.نتایج و بحث

پس از ضدعفونی و کشت بافت میوه عناب روی محیطPDA ، رشد قارچها طی ۵ تا ۷ روز مشاهده گردید و سه گونه قارچی شامل*Fusarium brachygibbosum* ، *Trichoderma longibrachiatum* و *A. ochraceus* شناسایی شدند. کلنی *F. brachygibbosum* سفید تا صورتی، پنبه‌ای و پرپشت با اسپورهای کوتاه و کروی (شکل1&2) بود. *T. longibrachiatum* دارای کلنی سبز روشن، مسطح و پوشیده از رشته‌های کوتاه با رشد سریع و اسپورهای گرد بود (شکل5&6) و *A. ochraceus* کلنی زرد تا قهوه‌ای، گرد و فشرده با اسپورهای زرد تا قهوه‌ای تولید کرد (شکل3&4).

نتایج این پژوهش با یافته‌های Dhlamini *et al.* (2024) درباره نقش فوزاریوم در پوسیدگی میوه‌ها همخوانی دارد. حضور *T. longibrachiatum*نیز مشابه گزارش Hassan *et al*. (2019) است که نشان دادند این قارچ با وجود نقش مفید در کنترل زیستی، گاهی به محصولات آسیب می‌زند. همچنین شناسایی *A. ochraceus* در این مطالعه با گزارش Qi *et al*. (2024) و Bertuzzi *et al.* (2015)مطابقت دارد که آن را تولیدکننده اوکراتوکسین معرفی کرده‌اند.

این نتایج در مقایسه با مطالعه Shestakova *et al.* (2024) تأیید می‌کند که میوه‌های خشک مناطق گرم و خشک به‌دلیل شرایط نگهداری نامناسب مستعد آلودگی قارچی هستند. با وجود محدودیت در تعداد نمونه و محدوده جغرافیایی، یافته‌ها بیانگر اهمیت مدیریت آلودگی قارچی، رعایت شرایط انبارداری و بررسی تعامل قارچ‌های مفید و مضر درمیوه عناب است

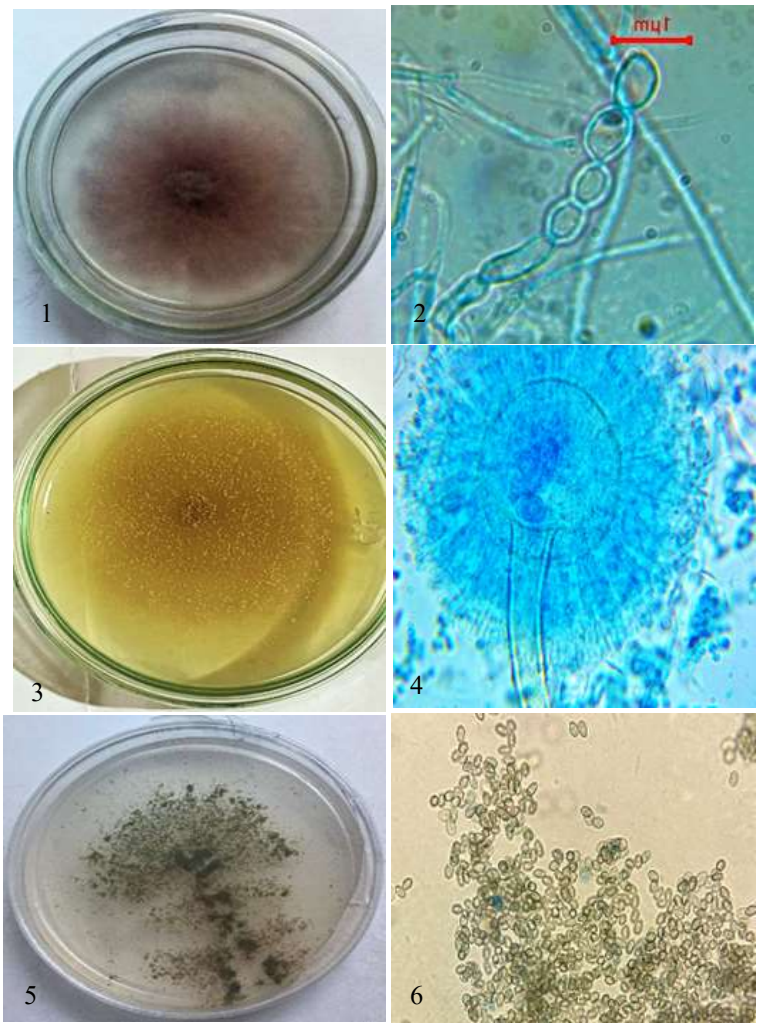


Figure1; 1&2: *Fusarium brachygibbosum*, ***3&4****: Aspergillus ochraceus*, ***5&6****: Trichoderma longibrachiatum*

۴. منابع

Bertuzzi, T., Rastelli, S., Pietri, A. (2015). *Aspergillus* and *Penicillium* toxins in chestnuts and derived products produced in Italy. *Food Control*, *50*, 876–880. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.047.

Dhlamini, L., Jacobs, A., van der Merwe, N. A., Summerell, B., Venter, E. (2024). The population structure of the *Fusarium brachygibbosum* species complex in the grassland biome of South Africa. *Australasian Plant Pathology*, *53*(1), 31–39. https://doi.org/10.1007/s13313-023-00943-7.

Ghobadi, A., Amini-Behbahani, F., Yousefi, A., Taghavi Shirazi, M., Behnoud, N. (2019). Medicinal and nutritional properties of *Ziziphus jujuba Mill*. *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences*, *6*(2), 146–150.

Griffiths, L. J., Anyim, M., Doffman, S. R., Wilks, M., Millar, M. R., Agrawal, S. G. (2006). Comparison of DNA extraction methods for *Aspergillus fumigatus* using real-time PCR. *Journal of Medical Microbiology*, *55*(9), 1187–1191. https://doi.org/10.1099/jmm.0.46510-0.

Hassan, M. M., Abdelaziz, A., Mahmoud, A., Elshafei, M. (2019). Rapid identification of clinical *Trichoderma* species using sequence-characterized amplified region markers. *Journal of Clinical Microbiology, 57*(5), e01959-18. https://doi.org/10.1128/JCM.01959-18.

Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. (2008). Dictionary of the Fungi, Wallingford, UK: CABI.

Qi, G., Hao, L., Gan, Y., Xin, T., Lou, Q., Xu, W., Song, J. (2024). Identification of closely related species in *Aspergillus* through Analysis of Whole-Genome. *Frontiers in microbiology*, *15*, 1323572. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1323572.

Shestakova, A., Surkova, D., Fatkulin, A., Osmolovskiy, A., Popova, E. (2024). Draft genome sequence of *Aspergillus ochraceus* VKM-F4104D (L-1) producing peptidase activator of protein C. *Microbiology Resource Announcements, 13*(e00416-24). https://doi.org/10.1128/mra.00416-24.

Sivakumar, R., Suresh, S. (2016). Fungal isolation & identification from fruit samples and their purification. *Mycological Studies, 12*(3), 45-58.

Tatari, M., Ghasemi, A., Mousavi, A. (2016). Genetic diversity in jujube germplasm (*Ziziphus jujuba Mill*.) based on morphological and pomological traits in Isfahan province, Iran. *Crop Breeding Journal, 6*(2), 79–85. https://doi.org/10.22092/cbj.2016.107110.

Xin, X. Y., Nan, M. N., Bi, Y., Xue, H. L., Zhang, Y., Wang, J. J. (2023). Effects of *Aspergillus niger* infection on the quality of jujube and ochratoxin A cumulative effect. Toxins, *15*(7), 406. https://doi.org/10.3390/toxins15070406.

Wu, L., Xiao, X., Chen, K., Yin, W., Li, Q., Wang, P., Lu, Z., Ma, J., Han, H. (2017). Ultrasensitive SERS detection of Bacillus thuringiensis special gene based on Au@Ag NRs and magneticbeads.*Biosensors & bioelectronics*,*92*,321–327. https://doi.org/10.1016/j.bios.2016.11.005

Xu, X., Guo, L. F., Yang, C. B., Teng, H. L., Shen, G. J., Wang, S. (2023). Diversity and pathogenicity of fungi associated with fruit rot of winter jujube in Shandong province, China. Plant Disease, *107*(3), 794–801. https://doi.org/10.1094/PDIS-05-22-1254-RE.

Zhou, J., Zhang, D. D., Chen, X. H., Guo, Y. B., Jin, M. C., Zhao, Y. G. (2021). Investigation on the occurrence and contamination of multi-mycotoxin in chestnut and jujube (red date). J*ournal of Chromatography A, 1659*, 462486. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462486.

Isolation and identification of fungi from jujube fruits in Birjand

Sara Parsa Moghadam[1*], Abbas Mohammadi [2],Seyedeh Atefe Hosseini
1- Master's student in Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
2- Associate Professor of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
* Corresponding author email: sara.parsamoghadam@birjand.ac.ir

Abstract

Ziziphus jujuba is an indigenous fruit crop in eastern Iran, widely recognized for its nutritional and medicinal properties. However, fungal contamination significantly limits its postharvest quality. This study aimed to isolate and identify fungi associated with jujube fruits collected from orchards in Birjand, South Khorasan Province. Surface-sterilized fruit tissues were cultured on Potato Dextrose Agar, and fungal colonies were purified using the single-spore method. Morphological characteristics were examined microscopically, and molecular identification was performed by sequencing the internal transcribed spacer region using ITS1 and ITS4 primers. *Fusarium brachygibbosum*, *Trichoderma longibrachiatum*, and *Aspergillus ochraceus* were isolated from contaminated jujube fruits. These fungi are known to cause fruit decay, reduce postharvest quality, and, in the case of *A. ochraceus*, potentially produce hazardous mycotoxins

Key words: *Aspergillus, Fusarium*, pathogen, *Trichoderma*

از گیاهان دارویی تا کشف داروی ضدویروس: شناسایی بازدارنده‌های طبیعی آنزیم اصلی کرونا با روش in silico

حسین ثابت سروستانی* [۱،۱]، شادی بلوریان[۲]، فرشته حسینی[۲]، حامد حسینی[۱] و محمد جواد صدیقی[۳]

۱- استادیار، گروه پژوهشی افزودنی های مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

۲- دانشیار، گروه پژوهشی افزودنی های مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه پژوهشی افزودنی های مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

چکیده

ویروس کرونا (SARS-CoV-2) با ایجاد بحران جهانی، نیاز به یافتن داروهای مؤثر را برجسته ساخته است. یکی از اهداف کلیدی در طراحی دارو علیه این ویروس، مهار آنزیم اصلی تکثیر ویروس (Mpro یا CLpro۳) می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از روش‌های محاسباتی و شباهت‌یابی ساختاری، ترکیبات ذخیره‌شده در پایگاه داده‌ی COCONUT با ترکیبات طبیعی موجود در پایگاه NPASS مقایسه شدند. نتایج غربالگری نشان داد که چهار ساختار منتخب (۱، ۴، ۵ و ۱۹) بیشترین شباهت را با ترکیبات طبیعی موجود در گیاهان و میکروارگانیسم‌ها دارند. یافته‌ها بیانگر آن است که این ترکیبات، به‌ویژه ترکیبات موجود در گیاه کچوله، پتانسیل بالایی برای بازدارندگی فعالیت آنزیم Mpro داشته و می‌توانند به عنوان گزینه‌های امیدوارکننده در توسعه‌ی داروهای ضدویروس COVID-19 مطرح شوند.

واژه‌های کلیدی: ویروس کرونا (COVID-19) ، شباهت‌یابی ساختاری، مهارکننده‌های آنزیمی ، کشف دارو، ترکیبات طبیعی، گیاهان دارویی

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، همه‌گیری کووید-۱۹ ناشی از ویروس SARS-CoV-2 چالش‌های جدی برای سلامت جهانی ایجاد کرده و نیاز به رویکردهای نوین درمانی را برجسته ساخته است. در حالی که واکسن‌ها و داروهای شیمیایی پیشرفت‌های چشمگیری داشته‌اند، ترکیبات طبیعی موجود در گیاهان دارویی به دلیل خواص ضد ویروسی، ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی خود، به عنوان گزینه‌های ایمن و مکمل، توجه محققان را جلب کرده‌اند (Anton Kolodnitsky, Nikita Ionov, Irina Gravel, 2023). این ترکیبات می‌توانند با مهار آنزیم‌های کلیدی ویروس، مانند پروتئاز اصلی (Mpro یا 3CLpro)، که نقش حیاتی در تکثیر و بلوغ ویروسی ایفا می‌کند، به مبارزه با عفونت کمک کنند. پروتئاز اصلی SARS-CoV-2 مسئول برش پلی‌پروتئین‌های ویروسی است و مهار آن می‌تواند چرخه زندگی ویروس را مختل سازد، بنابراین هدف درمانی مهمی به شمار می‌رود(Srivastava et al., 2022). مطالعات in silico و in vitro نشان داده‌اند که گیاهان دارویی مانند زردچوبه (حاوی

* نویسنده ی مسئول: Email: bozorgmehr1388@gmail.com

کورکومین[1]، زنجبیل (حاوی جینجرول[2] و شوگاول[3])، آلوئه ورا (حاوی آلوئین[4])، و گیلوی[5](حاوی بربرین[6]) پتانسیل بالایی در مهار Mpro از طریق اتصال به سایت‌های فعال آنزیم دارند (Srivastava et al., 2022; Milugo et al., 2025). برای نمونه، در رویکردهای محاسباتی مانند داکینگ مولکولی و شبیه‌سازی دینامیک مولکولی، این ترکیبات انرژی اتصال قوی‌تری نسبت به برخی داروهای مرجع مانند هیدروکسی‌کلروکین نشان داده‌اند و می‌توانند تعاملات هیدروژنی با باقی‌مانده‌های کلیدی مانند THR-190 و GLY-143 ایجاد کنند. علاوه بر این، گیاهانی مانند نعناع هندی، پیاز قرمز (حاوی کوئرستین[7])، ریحان (حاوی اورسولیک اسید[8])، و فلفل سیاه (حاوی پیپرین[9]) نیز اثرات بازدارنده مشابهی از خود بروز داده‌اند. با توجه به تنوع گیاهان دارویی در مناطق مختلف جهان، تحقیقات بیشتر می‌تواند به توسعه داروهای گیاهی مؤثر و ترکیبات مکمل برای کنترل همه‌گیری‌های ویروسی آینده منجر شود.

اتامین[10] و همکارانش در سال ۲۰۲۳ مطالعات جامعی در رابطه با نقش بازدارندگی ۴۰۰۰۰۰ ترکیب طبیعی ذخیره شده در پایگاه داده ی ترکیبات طبیعی دانشگاه برن موسوم به COCONUT در برابر آنزیم Mpro ویروس کووید-۱۹ انجام دادند. مطالعات آن ها شامل ترکیبی از روش های in-silico و in-vitro بود که در نهایت منجر به معرفی ۲۰ ترکیب طبیعی به عنوان بازدارنده های موثر آنزیمی گردید(Ang, Kendall and Atamian, 2023). اما مسئله ی اساسی آن است تمام ترکیبات ذخیره شده در پایگاه داده ی COCONUT ممکن است به‌طور مستقیم از منابع طبیعی (گیاهی، جانوری، یا میکروبی) استخراج نشده باشند. در عوض، این ترکیبات می‌توانند مشتقات سنتزی یا ترکیبات نیمه‌سنتزی باشند که از ساختارهای طبیعی الهام گرفته شده‌اند. برای مثال، شیمیدان‌ها ممکن است ساختار یک ترکیب طبیعی را اصلاح کنند تا خواص دارویی یا شیمیایی بهتری به دست آورند. این مشتقات در طبیعت یافت نمی‌شوند، اما به دلیل ارتباط ساختاری با ترکیبات طبیعی، در پایگاه داده ثبت می‌شوند. بر این اساس اهمیت شباهت یابی ترکیبات موجود در پایگاه داده ها با ترکیبات طبیعی ثبت شده در گیاهان دارویی مشخص می شود. این کار به کشف ترکیبات جدید کمک می‌کند که می‌توانند به‌عنوان مهارکننده‌های آنزیمی عمل کنند. این روش زمان و هزینه سنتز داروهای جدید را کاهش می‌دهد، از طرف دیگر ترکیبات طبیعی گیاهی اغلب bioavailable (قابل جذب در بدن) و کمتر سمی هستند، زیرا از طبیعت تکامل‌یافته‌اند. شباهت‌یابی اجازه می‌دهد ترکیبات به دست آمده از پایگاه داده ها که شبیه این ترکیبات طبیعی گیاهی هستند، برای طراحی بازدارنده های آنزیمی استفاده شوند. از این رو شباهت یابی پلی بین ترکیبات طبیعی گیاهی و طراحی داروهای نوین محسوب می شود

در پژوهش حاضر با توجه به تجربیات گذشته در زمینه ی طراحی دارو (Sabet-Sarvestani et al., 2014; Sabet-Sarvestani, et al , 2018; Sabet-Sarvestani, et al, 2020; Absalan et al., 2021; Moghimi et al., 2022; Moghimi, et al, 2023; Eshghi et al., 2024; Afrough et al., 2025)، ۲۰ ترکیب معرفی شده توسط اتامین و همکارانش با ترکیبات طبیعی با منشا کاملا گیاهی و مشخص شباهت یابی شده است و درصد شباهت این ۲۰ ترکیب با کتابخانه های ترکیبات طبیعی برآورد شده است و در نهایت برا اساس میزان درصد شباهت مشخص شده است که چه گیاهانی می توانند به عنوان گیاهان دارویی موثر با خاصیت بازدارندگی قوی در برابر آنزیم Mpro ویروس کووید-۱۹ عمل کنند. برای ارزیابی میزان شباهت از آخرین کتاب خانه ی ترکیبات پایگاه داده ی NPASS که حاوی ترکیبات طبیعی و منشا آن ها می باشد استفاده

[1] Curcumin
[2] Gingerol
[3] Shogaol
[4] Aloin
[5] Giloy
[6] Berberine
[7] Quercetin
[8] Ursolic acid
[9] Piperine
[10] Atamian

شده. جدول-۱ شناسه ی ۲۰ ترکیب برتر ذخیره شده در پایگاه داده COCONUT (Coconut_id) و رشته‌های SMILES این ترکیبات را نشان می دهد.

جدول-۱. شناسه ی COCONUT و رشته های SMILES ۲۰ ترکیب برتر معرفی شده به عنوان بازدارنده های آنزیمی آنزیم Mpro ویروس کووید-۱۹

Entry	Coconut_id	SMILE
1	CNP0372136	O=C1N2C=3C=CC=CC3C45CC[N+]6(CC7=CC=C(C=C7)[N+](=O)[O-])CC8=CCOC(C1)C(C8CC46)C25
2	CNP0061237	O=C(OC1=CC=C2C(OC(=CC=3OC(=CC3)C)C2=O)=C1)C4=CC=C(C=C4)C
3	CNP0161104	O=C(OC1CCC[N+](C)(C)C1)C(O)(C=2C=CC=CC2)C=3C=CC=CC3
4	CNP0331537	O=C1C=CCC2C(C=CC(=O)C=3C(=O)NC(C3O)CCCN1)CC4C5CC(C)C(CC)C5C6OC6C24
5	CNP0064681	O=C(OC)C1=COC(C)C2C[NH+]3CCC4(C(=O)NC=5C=CC=CC54)C3CC12
6	CNP0047370	O=C1C(=C(N=C2SC=CN21)C)CC[NH+]3CCC(=C(C4=CC=C(F)C=C4)C5=CC=C(F)C=C5)CC3
7	CNP0403000	O=C1NC(C(=O)NC=2C=CC=CC12)CCC(=O)NCC3=NC=4C=CC=CC4N3C
8	CNP0391183	O=C(NC1=CC(Cl)=CC=C1OC)C2CC(NC32C(=O)NC4=CC=C(Br)C=C43)C(O)C
9	CNP0043743	O=C1C2=CC(=CC=C2NC(=O)C3N1CC(NS(=O)(=O)C)C3)C=4C=CC(Cl)=CC4
10	CNP0336034	ClC=1C=CC(O)=C(C1)C=2ON=CC2C3=CC=C4OCCOC4=C3
11	CNP0366487	O=C1C(OC=2C1=CC=C([O-])C2C[NH+]3CCCCC3C)=CC4=CN(C=5C=CC(OC)=CC45)CC
12	CNP0403473	O=C1NC(C(=O)NC=2C=CC=CC12)CC(=O)NCC3=CC=C4OCOC4=C3
13	CNP0105187	O=C(OC1=CC=C2C(=O)C(OC2=C1)=CC3=CC=C(F)C=C3)N4CCOCC4
14	CNP0402005	O=C1NC=NC=2C=CC(=CC12)NC(=O)CCC3NC(=O)C=4C=CC=CC4NC3=O
15	CNP0375828	O=C1N2CC=3NC=4C=CC=CC4C3CC2C(=O)N(N=CC5=CC=C(C=C5)[N+](=O)[O-])C1
16	CNP0259483	O=C1N2C(C=3C=CC=C(C3)[N+](=O)[O-])C=4NC=5C=CC=CC5C4CC2C(=O)N(C1)C6CCCC6
17	CNP0028523	O=C1C(=CC=C2N1CC3CN(CC2C3)C4CC[NH+](C)CC4)C=5C=NC=CC5
18	CNP0381522	O=C1N2C(C=3C=CC=C(C3)[N+](=O)[O-])C=4NC=5C=CC=CC5C4CC2C(=O)N(C1)CCC6=CC=C(F)C=C6
19	CNP0038881	O=C(OC1CC2CCC(C1)[NH+]2C)C(O)(C=3C=CC=CC3)C=4C=CC=CC4
20	CNP0333632	O=C1OC(C(OC)=C1C)=C2OC3=CC4C=CC5(CCCC(C(O)CCC(C)C)[NH+]5C4)C3C2C

۲. مواد و روش ها

به منظور انجام فرآیند شباهت یابی ۲۰ ترکیب گزارش شده توسط اتامین و همکارانش از پایگاه داده مرجع ، NPASS (Natural Product Activity and Species Source) که شامل بیش از ۳۰،۰۰۰ ترکیب طبیعی همراه با SMILES استاندارد و اطلاعات ارگانیسم منبع است استفاده شد(Datta and Bisset, 1990). داده‌های NPASS در قالب SDF (npass-09-2025.sdf) دریافت و برای استخراج ویژگی‌های مرتبط مانند canonical_smiles و organisms پردازش شدند. شباهت ساختاری بین ۲۰ ترکیب و محصولات طبیعی در NPASS با استفاده از اثر انگشت‌های مولکولی[1] و معیارهای شباهت ارزیابی

[1] Molecular fingerprints

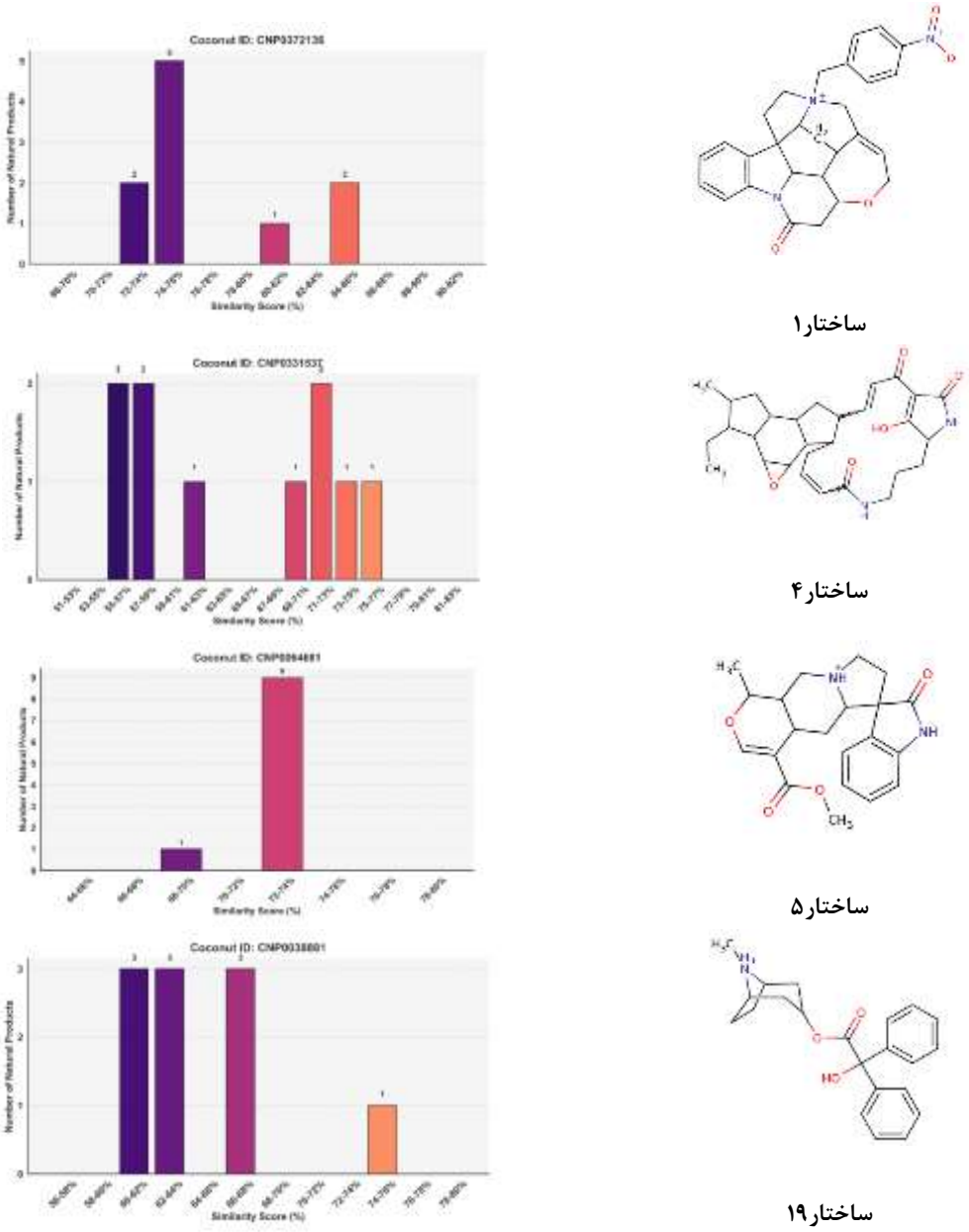
شد. تمام محاسبات با استفاده از کتابخانه RDKit (نسخه ۲۰۲۳,۰۳,۲) در پایتون (نسخه ۳,۱۰) انجام شدند. اثر انگشت‌های مورگان (Extended Connectivity Fingerprints, ECFP) با شعاع ۱ و ۱۰۲۴ بیت برای تمام ۲۰ ترکیب و ترکیبات پایگاه داده ی NPASS با استفاده از تابع GetMorganFingerprintAsBitVect در RDKit تولید شدند. ضریب شباهت Dice بین اثر انگشت هر کدام از ۲۰ ترکیب و تمام اثر انگشت‌های مرجع با استفاده از تابع DataStructs.DiceSimilarity محاسبه شد. این معیار به دلیل تأکید بر ویژگی‌های مشترک، برای شناسایی محصولات طبیعی با ساختار مشابه مناسب است. آستانه‌های شباهت ۰,۷، ۰,۸ و ۰,۹ (معادل ٪۷۰، ٪۸۰ و ٪۹۰ شباهت) برای فیلتر کردن نتایج اعمال شدند. برای ۱۰ ترکیب NPASS با بیشترین شباهت همراه با SMILES، امتیاز شباهت و ارگانیسم منبع آن‌ها ذخیره شدند. تمام تحلیل‌ها روی با استفاده از پایتون ۳,۱۰ انجام شدند. کتابخانه RDKit برای پردازش مولکول‌ها و تولید اثر انگشت‌ها استفاده شد و کتابخانه Pandas برای مدیریت داده‌ها به کار رفت. اجرای کدها در محیط Jupyter Notebook انجام شد.

۳-نتایج و بحث

پس از انجام فرآیند شباهت یابی میان ۲۰ ترکیب منتخب و ترکیبات موجود در پایگاه NPASS با استفاده از کد محاسباتی نوشته شده با زبان برنامه نویسی پایتون، پارامتری تحت عنوان Similarity به دست آمد که بر اساس آن میزان شباهت ترکیبات این پایگاه با ۲۰ ترکیب منتخب بر حسب عددی بین صفر تا ۱ امتیاز دهی شده است. از میان ۲۰ ترکیب، جدول ۲- حاوی بیشترین میزان شباهت برای ۴ ترکیب و ترکیبات پایگاه NPASS می باشد که علاوه بر مقدار پارامتر Similarity برای هر ترکیب، رشته ی SMILE ترکیب مشابه استخراج شده از پایگاه NPASS (SMILE_NP) بر اساس پارامتر Similarity نشان داده شده است. ساختارهای ۱ ، ۴ ، ۵ و ۱۹ به ترتیب با پارامترهای شباهت ۰/۸۵ ، ۰/۷۷ ، ۰/۷۴ و ۰/۷۵ بیشترین مقدار شباهت را به خود اختصاص داده اند . بر این اساس می توان گفت که این ۴ ساختار پتانسیل بالایی به عنوان بازدارنده ی آنزیم Mpro برخوردار هستند. نمودار های ارائه شده در شکل-۱ نشان دهنده ی تعداد ترکیباتی هست که در بازه ی شباهت یابی مورد مطالعه، با درصد مشخصی از شباهت مشابه با ساختارهای ۱ ، ۴ ، ۵ و ۱۹ بوده اند. در این نمودارها محور x نشان دهنده ی پارامتر شباهت بر حسب درصد می باشد و محور y تعداد ترکیبات موجود در پایگاه NPASS که با درصد شباهت مشخصی مشابه با ساختارهای مذکور بوده اند. ساختارهای شیمیایی ۴ ترکیب مذکور نیز در این شکل نشان داده شده است. این نمودارها برای تمام ۲۰ ترکیب منتخب اولیه به دست آمده است که به دلیل محدودیت تعداد صفحات مقاله قابل ارائه نمی باشد.

جدول ۲.پارامتر شباهت (Similarity) میان ترکیبات NPASS و ۴ ترکیب منتخب و رشته‌های SMILE استخراج شده(SMILE_NP) از این پایگاه

Entry	Coconut_id	SMILE_NP	Similarity
1	CNP0372136	O=C1C[C@@H]2OCC=C3C[N+]4([O-])CC[C@]56C7=CC=CC=C7N1[C@@H]5[C@H]2[C@H]3C[C@@H]64	0.85
4	CNP0331537	CCC1C[C@@H]2C[C@H]3C=C/C=C/C(=O)NCC[C@H](O)[C@@H]4NC(=O)C(=C4O)C(=O)C/C=C\C[C@H](O)[C@H]3[C@@H]2[C@H]1C	0.77
5	CNP0064681	COC(=O)C1=CO[C@H](C)[C@H]2CN3CC[C@]4(C(O)=NC5=CC=CC=C54)[C@@H]3C[C@H]12	0.74
19	CNP0038881	CN1[C@@H]2CC[C@H]1CC(OC(=O)C(O)(CO)C1=CC=CC=C1)C2	0.75



شکل ۱- نمودارهای تعداد ترکیبات مشابه با ساختارهای ۱ ، ۴ ، ۵ و ۱۹ بر حسب درصد پارامتر شباهت

پس از آن که از میان ۲۰ ترکیب منتخب، ساختارهای برتر که بیشترین شباهت را با ترکیبات طبیعی ذخیره شده در پایگاه NPASS دارند مشخص گردید (شکل-۱)، در ادامه ساختار های به دست آمده از این پایگاه مشخص شده است و همین طور به منشا این ترکیبات پرداخته شده است. شکل-۲ نشان می دهد که ساختار ۱ با بیشترین عدد شباهت با کدامیک از ساختارهای NPASS بیشترین شباهت را داشته اند. با مشخص شدن ساختار مشابه با ساختار ۱ در گام بعد هدف آن است که مشخص شود چه گیاهی منبع این ساختار بوده و در آن ها یافت می شود. شکل-۳ منشا گیاهی شبه ساختار۱، نام علمی و معادل فارسی آن ها را شامل می شود. همانگونه که مشخص است این ترکیب در گیاه کچوله، یافت می شود که بومی چین و فیلیپین می باشد.

(شبه ساختار۱) پارامتر شباهت = ۸۵ ٪

ساختار۱

شکل ۲ ساختار به دست آمده از NPASS که بیشترین شباهت را با ساختار ۱ به عنوان ساختار برتر دارد

تصویر	نام (نام های فارسی)	منشا زیستی ساختار	ساختار
	کچوله یا آذاراقی	Strychnos ignatii	شبه ساختار۱

شکل ۳ مشخصات منبع زیستی شبه ساختار۱

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از روش‌های محاسباتی (in silico) و شباهت‌یابی ساختاری میان ترکیبات پایگاه داده‌ی COCONUT و NPASS، ترکیبات طبیعی با پتانسیل مهار آنزیم اصلی ویروس کرونا (Mpro) شناسایی شدند. نتایج نشان دادند که چهار ساختار منتخب (۱، ۴، ۵ و ۱۹) بیشترین شباهت را به ترکیبات طبیعی موجود در منابع زیستی واقعی دارند. بررسی‌ها حاکی از آن است که از میان این ترکیبات، شبه ساختار ۱ یافت شده در گیاه کچوله، توان بالقوه‌ی بالایی برای بازدارندگی از فعالیت Mpro دارند و می‌توانند به عنوان نامزدهای ارزشمند در توسعه‌ی داروهای ضدویروس COVID-19 مطرح شوند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ترکیبات طبیعی موجود در گیاهان دارویی و میکروارگانیسم‌ها، با کمک ابزارهای شیمی محاسباتی، می‌توانند به طور مؤثر در فرایند کشف داروهای جدید، کم‌هزینه و زیست‌سازگار علیه بیماری‌های ویروسی به کار گرفته شوند.

منابع:

م. خ. نجف آبادی، س. م. اطیابی. ۱۳۸۳." بررسی اثر عصاره الکلی بذر گیاه تاتوره بر درد حاصل از آزمونهای فرمالین و صفحه داغ در موشهای صحرایی نر،" فصلنامهٔ پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد بیستم، ۳۲۲-۳۰۹.

Absalan, Y. *et al.* (2021) 'Schiff bases-titanium (III) & (IV) complex compounds: Novel photocatalysts in Buchwald-Hartwig C–N cross-coupling reaction', *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 417(April), p. 113346. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2021.113346.

Afrough, T. *et al.* (2025) 'Novel pyrimidine-based derivatives as potential SARS-CoV-2 Mpro inhibitors: Synthesis, computational insights, and conformational dynamics', *Journal of Molecular Structure*, 1344(May), p. 142901. Available at: https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2025.142901.

Ang, D., Kendall, R. and Atamian, H.S. (2023) 'Virtual and In Vitro Screening of Natural Products Identifies Indole and Benzene Derivatives as Inhibitors of SARS-CoV-2 Main Protease (Mpro)', *Biology*, 12(4). Available at: https://doi.org/10.3390/biology12040519.

Anton Kolodnitsky, Nikita Ionov, Irina Gravel, V.P. (2023) 'Natural compounds from medicinal plants against COVID-19', *Exploration of Drug Science*, 1(4), pp. 253–275. Available at: https://doi.org/10.37349/eds.2023.00017.

Datta, B. and Bisset, N.G. (1990) 'Alkaloids of strychnos ignatii', *Planta Medica*, 56(1), p. 133. Available at: https://doi.org/10.1055/s-2006-960910.

Eshghi, H. *et al.* (2024) 'β-amino alcohols as promising inhibitory candidates against the SARS-CoV-2, A theoretical design based on MD simulation and DFT insights', *Computational and Theoretical Chemistry*, 1241(September), p. 114872. Available at: https://doi.org/10.1016/j.comptc.2024.114872.

Milugo, T.K. *et al.* (2025) 'Natural compounds from ethno-medicinal plants exhibit multiple binding activities on SARS-CoV-2 spike protein receptor-binding domains', *Frontiers in Natural Products*, 4(May), pp. 1–13. Available at: https://doi.org/10.3389/fntpr.2025.1597609.

Moghimi, P. *et al.* (2022) 'Pyrido[1,2- e]purine: Design and Synthesis of Appropriate Inhibitory Candidates against the Main Protease of COVID-19', *Journal of Organic Chemistry*, 87(6), pp. 3922–3933. Available at: https://doi.org/10.1021/acs.joc.1c02237.

Moghimi, P., Sabet-Sarvestani, H. and Shiri, A. (2023) 'Synthesis, molecular docking and dynamics studies of pyridazino[4,5-b]quinoxalin-1(2H)-ones as targeting main protease of COVID-19', *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 41(22), pp. 13198–13210. Available at: https://doi.org/10.1080/07391102.2023.2191127.

Sabet-Sarvestani, H. *et al.* (2014) 'Theoretical investigation of the chemoselectivity and synchronously pyrazole ring formation mechanism from ethoxymethylenemalononitrile and hydrazine hydrate in the gas and solvent phases: DFT, meta-GGA studies and NBO analysis', *RSC Advances*, 4(82), pp. 43485–43495. Available at: https://doi.org/10.1039/c4ra06316c.

Sabet-Sarvestani, H., Izadyar, M., Eshghi, H. and Noroozi-Shad, N. (2018) 'Understanding the thermodynamic and kinetic performances of the substituted phosphorus ylides as a new class of compounds in carbon dioxide activation', *Energy*, 145, pp. 329–337. Available at: https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.149.

Sabet-Sarvestani, H., Izadyar, M. and Eshghi, H. (2020) 'Molecular electrostatic potential at nuclear position as a new concept in evaluation of the substitution effects of intramolecular B/N frustrated Lewis pairs in H2 splitting and CO2 reduction', *International Journal of Quantum Chemistry*, 120(24), pp. 1–16. Available at: https://doi.org/10.1002/qua.26416.

Srivastava, A.K. *et al.* (2022) 'The role of herbal plants in the inhibition of SARS-CoV-2 main protease: A computational approach', *Journal of the Indian Chemical Society*, 99(9). Available at: https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100640.

From Medicinal Plants to Antiviral Drug Discovery: Identification of Natural Inhibitors of the SARS-CoV-2 Main Protease Using in Silico Approaches

Hossein Sabet-sarvestani [1*], Shadi Bolourian [2], Fereshteh Hosseini[2], Hamed Hosseini[1], Mohammad Javad Seddighi[3]

1-Assistant Professor, Department of Food Additives, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Food Additives, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran
3- Ph.D student, Department of Food Additives, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran

* Corresponding author email: bozorgmehr1388@gmail.com

Abstract

The global outbreak of SARS-CoV-2 has highlighted the urgent need for effective therapeutic agents. One of the main targets in drug design against this virus is the inhibition of the main protease (Mpro or 3CLpro), which plays a crucial role in viral replication. In this study, a computational and structure-based similarity screening was performed by comparing natural compounds stored in the COCONUT database with those available in the NPASS database. The results revealed that four selected structures (1, 4, 5, and 19) showed the highest similarity to natural compounds identified in plants and microorganisms. The findings indicate that these compounds, particularly alkaloids present in Datura, possess strong potential to inhibit Mpro activity and may serve as promising candidates for the development of anti-COVID-19 drugs. This study demonstrates that the integration of natural product resources and computational chemistry tools can provide an efficient and cost-effective strategy for novel drug discovery.

Keywords: COVID-19, Structure-based similarity, Enzyme inhibitors, Drug discovery, Natural compounds, Medicinal plants

ترکیبات طبیعی به‌عنوان منابع الهام در کشف داروهای ضدویروس: رویکردی مبتنی بر شباهت‌یابی ساختاری با داروهای بالینی تایید شده

حسین ثابت سروستانی* [۱،۱]، شادی بلوریان[۲]، فرشته حسینی[۲]، حامد حسینی[۱] و محمد جواد صدیقی[۳]

۱- استادیار، گروه پژوهشی افزودنی های مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

۲- دانشیار، گروه پژوهشی افزودنی های مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه پژوهشی افزودنی های مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

چکیده

ترکیبات طبیعی به دست آمده از گیاهان دارویی همواره یکی از منابع اصلی الهام در کشف و توسعه‌ی داروهای نوین بوده‌اند. این ترکیبات با دارا بودن تنوع ساختاری بالا و اسکلت‌های شیمیایی منحصربه‌فرد، پتانسیل چشمگیری برای شناسایی داروهای جدید یا بازمصرف داروهای موجود دارند. در پژوهش حاضر، ۲۰ ترکیب منتخب از پایگاه داده‌ی COCONUT که پیش‌تر به‌عنوان بازدارنده‌های بالقوه‌ی آنزیم Mpro ویروس SARS-CoV-2 معرفی شده بودند، انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفتند. به منظور ارزیابی پتانسیل دارویی این ترکیبات، شباهت‌یابی ساختاری میان آن‌ها و داروهای تأییدشده‌ی FDA با استفاده از رویکردهای محاسباتی و شاخص Similarity انجام شد. نتایج نشان داد که چندین ترکیب طبیعی بیشترین میزان شباهت را با داروهای بالینی نظیر مپنوزولات، ریتانسرین و نیتروفورانتوئین دارند. این شباهت‌ها بیانگر آن است که اسکلت‌های شیمیایی موجود در طبیعت می‌توانند به‌عنوان الگوهای ارزشمند برای طراحی آنالوگ‌های دارویی جدید یا توسعه‌ی رویکردهای بازمصرف دارو مورد استفاده قرار گیرند. به طور کلی، این مطالعه بر نقش کلیدی ترکیبات طبیعی گیاهی در کشف دارو تأکید دارد و نشان می‌دهد که ترکیب این ظرفیت طبیعی با روش‌های محاسباتی مدرن، راهی کارآمد برای شناسایی مهارکننده‌های بالقوه‌ی آنزیم‌های کلیدی و توسعه‌ی داروهای نوین در برابر بیماری‌های ویروسی فراهم می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات طبیعی، شباهت‌یابی ساختاری، بازمصرف دارو، آنزیم Mpro ، کشف داروهای مبتنی بر منابع طبیعی

۱. مقدمه

ترکیبات طبیعی به دست آمده از گیاهان دارویی به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع الهام در کشف و توسعه‌ی داروهای نوین شناخته می‌شوند. ساختارهای شیمیایی متنوع و پیچیده‌ای که از منابع گیاهی، میکروبی و دریایی استخراج می‌شوند، همواره زمینه‌ساز شناسایی داروهای مؤثر در حوزه‌های مختلف از جمله سرطان، بیماری‌های عفونی و اختلالات متابولیک بوده‌اند. در سال‌های اخیر، با رشد پایگاه‌های داده‌ی جامع، امکان گردآوری و تحلیل سیستماتیک اطلاعات مربوط به این ترکیبات بیش از پیش فراهم شده است. در این میان، پایگاه داده‌ی COCONUT (COlleCtion of Open NatUral producTs) جایگاه ویژه‌ای یافته است. پایگاه COCONUT با پوشش میلیون‌ها ترکیب طبیعی از منابع مختلف، بزرگ‌ترین مجموعه‌ی آزاد و در دسترس در این حوزه محسوب می‌شود. این پایگاه نه تنها داده‌های ساختاری و فیزیکوشیمیایی ترکیبات طبیعی را

[۱] * نویسنده ی مسئول: Email: bozorgmehr1388@gmail.com

یکپارچه‌سازی کرده است، بلکه اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی منابع زیستی، مسیرهای بیوسنتزی و ارتباط آن‌ها با فعالیت‌های زیستی در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد. چنین زیرساختی امکان کشف الگوهای جدید در تنوع شیمیایی، بررسی "فضای شیمیایی" ترکیبات طبیعی، و مقایسه‌ی آن‌ها با کتابخانه‌های دارویی شناخته‌شده را فراهم می‌سازد. در نتیجه، COCONUT به ابزاری راهبردی برای کشف داروهای مبتنی بر منابع طبیعی و توسعه‌ی روش‌های نوین شیمی دارویی تبدیل شده است(Sorokina *et al.*, 2021). از سوی دیگر، شباهت‌یابی ساختاری بین ترکیبات طبیعی به دست آمده از گیاهان دارویی و داروهای تأییدشده‌ی FDA رویکردی مهم در تسریع فرآیند کشف دارو به شمار می‌آید. بسیاری از داروهای موفق موجود، ریشه در اسکلت‌های شیمیایی طبیعی دارند یا الهام گرفته از آن‌ها طراحی شده‌اند. مقایسه‌ی سیستماتیک میان ترکیبات موجود در COCONUT و داروهای FDA می‌تواند به شناسایی مولکول‌های طبیعی با پتانسیل دارویی بالا منجر شود(Newman and Cragg, 2020). این شباهت‌ها معمولاً بیانگر ویژگی‌های مهمی همچون دسترسی زیستی مطلوب، پایداری متابولیکی، یا برهم‌کنش مؤثر با اهداف بیولوژیکی هستند. به علاوه، ارزیابی شباهت ساختاری می‌تواند مسیر طراحی آنالوگ‌های نیمه‌سنتزی یا سنتزی را هموار سازد، به‌گونه‌ای که ترکیبات طبیعی شناسایی‌شده به عنوان اسکلت‌های پیش‌ماده (Scaffold) برای تولید نسل‌های جدید دارو مورد استفاده قرار گیرند. چنین رویکردی نه تنها ارزش علمی و صنعتی پایگاه COCONUT را برجسته می‌کند، بلکه نقش ترکیبات طبیعی را به عنوان پلی میان تنوع شیمیایی طبیعت و نیازهای دارویی مدرن آشکار می‌سازد.

در همین راستا، اهمیت پایگاه داده‌ی COCONUT در مطالعات اخیر به‌خوبی آشکار شده است. به عنوان نمونه، اتامین[1] و همکارانش (۲۰۲۳) پژوهشی گسترده را بر روی بیش از ۴۰۰،۰۰۰ ترکیب طبیعی ذخیره‌شده در این پایگاه داده، با هدف شناسایی بازدارنده‌های مؤثر علیه آنزیم Mpro ویروس SARS-CoV-2 ، انجام دادند(Ang, Kendall and Atamian, 2023). این آنزیم به دلیل نقش کلیدی در چرخه‌ی تکثیر ویروس کووید-۱۹، یکی از اهداف دارویی اصلی برای طراحی داروهای ضدویروسی به شمار می‌آید. روش‌شناسی این مطالعه ترکیبی از رویکردهای in silico و in vitro بود؛ به‌گونه‌ای که ابتدا غربالگری مجازی و تحلیل‌های محاسباتی برای پیش‌بینی قدرت اتصال و پایداری کمپلکس‌های پروتئین-لیگاند انجام گرفت، و سپس ترکیبات منتخب در آزمایش‌های آزمایشگاهی اعتبارسنجی شدند. این فرآیند سیستماتیک در نهایت به شناسایی ۲۰ ترکیب طبیعی با توان بازدارندگی مؤثر منجر گردید که به‌عنوان مهارکننده‌های بالقوه‌ی آنزیم Mpro معرفی شدند. شناسایی این ۲۰ ترکیب طبیعی به‌عنوان بازدارنده‌های بالقوه‌ی آنزیمMpro ، نقطه‌ی آغازی ارزشمند برای پژوهش‌های دارویی به شمار می‌آید. با این حال، برای ارزیابی دقیق‌تر پتانسیل دارویی این ترکیبات، مقایسه‌ی ساختاری آن‌ها با داروهای تأییدشده‌ی FDA اهمیت ویژه‌ای دارد. شباهت‌یابی ترکیبات طبیعی با داروهای موجود نه تنها می‌تواند مسیر کشف مکانیزم‌های عمل مشترک یا اهداف مولکولی مشابه را هموار سازد، بلکه امکان بهره‌گیری از داده‌های موجود در خصوص ویژگی‌های فارماکوکینتیک، سمیت و دسترسی زیستی داروهای شناخته‌شده را نیز فراهم می‌کند. از سوی دیگر، وجود شباهت ساختاری بین ترکیبات طبیعی و داروهای موفق، اغلب بیانگر آن است که اسکلت شیمیایی یا الگوی فارماکوفوری این ترکیبات از پیش مورد تأیید سیستم‌های زیستی قرار گرفته است. چنین رویکردی می‌تواند به کاهش ریسک‌های مربوط به توسعه‌ی دارو کمک کرده و فرآیند طراحی آنالوگ‌های نیمه‌سنتزی یا سنتزی را تسریع نماید. علاوه بر این، مقایسه‌ی جامع میان این ترکیبات و داروهای FDA می‌تواند فرصت‌های نوینی برای بازمصرف دارویی (Drug Repurposing) یا الهام از اسکلت‌های دارویی مؤثر فراهم آورد (Pushpakom *et al.*, 2018; Atanasov *et al.*, 2021). بنابراین، شباهت‌یابی سیستماتیک این ۲۰ ترکیب طبیعی با مجموعه‌ی داروهای تأییدشده، نه تنها ابزاری برای اعتبارسنجی و اولویت‌بندی ترکیبات کشف‌شده محسوب می‌شود، بلکه پلی میان تنوع شیمیایی طبیعت و نیازهای داروی‌سازی مدرن ایجاد می‌کند. در پژوهش حاضر با توجه به تجربیات گذشته در رابطه با طراحی دارو (Sabet-Sarvestani *et al.*, 2014; Sabet-Sarvestani, Izadyar, Eshghi and Noroozi-Shad, 2018; Sabet-Sarvestani, Izadyar, Eshghi, Noroozi-Shad, *et al.*, 2018;

[1] Atamian

Rakhshanipour, Sabet-Sarvestani and Eshghi, 2020; Sabet-Sarvestani, Izadyar and Eshghi, 2020; Absalan *et al.*, 2021; Moghimi *et al.*, 2022; Assadzadeh *et al.*, 2023; Moghimi, Sabet-Sarvestani and Shiri, 2023; Tirehdast *et al.*, 2024; Eshghi *et al.*, 2024; Noroozi-Shad *et al.*, 2024; Afrough *et al.*, 2025) هدف انجام فرآیند شباهت یابی با دیتابیس ترکیبات داروی مورد تاید FDA است. جدول-۱ شناسه ی ۲۰ ترکیب برتر ذخیره شده در پایگاه داده COCONUT (Coconut_id) و رشته‌های SMILES این ترکیبات را نشان می دهد.

جدول-۱. شناسه ی COCONUT و رشته های SMILES ۲۰ ترکیب برتر معرفی شده به عنوان بازدارنده های آنزیمی آنزیم Mpro ویروس کووید-۱۹

Entry	Coconut_id	SMILE
1	CNP0372136	O=C1N2C=3C=CC=CC3C45CC[N+]6(CC7=CC=C(C=C7)[N+](=O)[O-])CC8=CCOC(C1)C(C8CC46)C25
2	CNP0061237	O=C(OC1=CC=C2C(OC(=CC=3OC(=CC3)C)C2=O)=C1)C4=CC=C(C=C4)C
3	CNP0161104	O=C(OC1CCC[N+](C)(C)C1)C(O)(C=2C=CC=CC2)C=3C=CC=CC3
4	CNP0331537	O=C1C=CCC2C(C=CC(=O)C=3C(=O)NC(C3O)CCCN1)CC4C5CC(C)C(CC)C5C6OC6C24
5	CNP0064681	O=C(OC)C1=COC(C)C2C[NH+]3CCC4(C(=O)NC=5C=CC=CC54)C3CC12
6	CNP0047370	O=C1C(=C(N=C2SC=CN21)C)CC[NH+]3CCC(=C(C4=CC=C(F)C=C4)C5=CC=C(F)C=C5)CC3
7	CNP0403000	O=C1NC(C(=O)NC=2C=CC=CC12)CCC(=O)NCC3=NC=4C=CC=CC4N3C
8	CNP0391183	O=C(NC1=CC(Cl)=CC=C1OC)C2CC(NC32C(=O)NC4=CC=C(Br)C=C43)C(O)C
9	CNP0043743	O=C1C2=CC(=CC=C2NC(=O)C3N1CC(NS(=O)(=O)C)C3)C=4C=CC(Cl)=CC4
10	CNP0336034	ClC=1C=CC(O)=C(C1)C=2ON=CC2C3=CC=C4OCCOC4=C3
11	CNP0366487	O=C1C(OC=2C1=CC=C([O-])C2C[NH+]3CCCCC3C)=CC4=CN(C=5C=CC(OC)=CC45)CC
12	CNP0403473	O=C1NC(C(=O)NC=2C=CC=CC12)CC(=O)NCC3=CC=C4OCOC4=C3
13	CNP0105187	O=C(OC1=CC=C2C(=O)C(OC2=C1)=CC3=CC=C(F)C=C3)N4CCOCC4
14	CNP0402005	O=C1NC=NC=2C=CC(=CC12)NC(=O)CCC3NC(=O)C=4C=CC=CC4NC3=O
15	CNP0375828	O=C1N2CC=3NC=4C=CC=CC4C3CC2C(=O)N(N=CC5=CC=C(C=C5)[N+](=O)[O-])C1
16	CNP0259483	O=C1N2C(C=3C=CC=C(C3)[N+](=O)[O-])C=4NC=5C=CC=CC5C4CC2C(=O)N(C1)C6CCCC6
17	CNP0028523	O=C1C(=CC=C2N1CC3CN(CC2C3)C4CC[NH+](C)CC4)C=5C=NC=CC5
18	CNP0381522	O=C1N2C(C=3C=CC=C(C3)[N+](=O)[O-])C=4NC=5C=CC=CC5C4CC2C(=O)N(C1)CCC6=CC=C(F)C=C6
19	CNP0038881	O=C(OC1CC2CCC(C1)[NH+]2C)C(O)(C=3C=CC=CC3)C=4C=CC=CC4
20	CNP0333632	O=C1OC(C(OC)=C1C)=C2OC3=CC4C=CC5(CCCC(C(O)CCC(C)C)[NH+]5C4)C3C2C

۲. مواد و روش ها

مجموعه‌ی اولیه شامل ۲۰ ترکیب طبیعی منتخب از پایگاه داده‌ی COCONUT بود که در مطالعه‌ی پیشین به‌عنوان بازدارنده‌های بالقوه‌ی آنزیم Mpro ویروس SARS-CoV-2 شناسایی شده بودند. این ترکیبات در قالب فایل Top20.csv شامل شناسه‌ی ترکیب (coconut_id) و ساختار شیمیایی در قالب SMILES آماده‌سازی شدند. مجموعه‌ی مرجع شامل تمام داروهای تأییدشده‌ی FDA از پایگاه PubChem استخراج و در قالب فایل PubChem_FDA Approved Drugs.csv مورد استفاده قرار گرفت. تمام ساختارهای SMILES با استفاده از بسته‌ی RDKit (نسخه‌ی پایتون) بررسی و مولکول‌های نامعتبر حذف شدند. برای هر ترکیب، اثر انگشت‌های مورگان (Extended Connectivity Fingerprints, ECFP) با شعاع ۱

و طول بیت ۱۰۲۴ با استفاده از تابع GetMorganFingerprintAsBitVect در RDKit تولید گردیدند. این نوع اثر انگشت به دلیل توانایی در نمایش الگوهای زیرساختاری مولکول‌ها انتخاب شد. برای هر یک از ترکیبات COCONUT، شباهت ساختاری آن‌ها با تمام داروهای FDA محاسبه گردید. ضریب شباهت Dice بین اثر انگشت هر کدام از ۲۰ ترکیب و تمام اثر انگشت‌های مرجع با استفاده از تابع DataStructs.DiceSimilarity محاسبه شد که یکی از شاخص‌های پرکاربرد در سنجش شباهت بین بردارهای دودویی اثر انگشت‌های مولکولی است. نتایج شباهت در بازه‌ی ۰/۴ تا ۱/۰ با گام‌های ۰/۱ دسته‌بندی شدند. تمام محاسبات با استفاده از Google Colab اجرا شد و کتابخانه Pandas برای مدیریت داده‌ها به کار رفت. نتایج شباهت‌یابی در قالب فایل خروجی CSV ذخیره و برای هر آستانه‌ی شباهت (۰,۴ تا ۱,۰) تعداد تطابق‌های به‌دست‌آمده گزارش شد.

۳. نتایج و بحث

پس از انجام فرآیند شباهت‌یابی میان ۲۰ ترکیب منتخب و داروهای تأییدشده‌ی FDA با استفاده از کد محاسباتی توسعه‌یافته در محیط پایتون، شاخصی تحت عنوان Similarity محاسبه گردید. این شاخص معیاری کمی برای سنجش میزان شباهت ساختاری بوده و مقادیر آن در بازه‌ای بین صفر تا یک تعریف می‌شود؛ به‌گونه‌ای که اعداد نزدیک به یک بیانگر شباهت بالاتر میان ترکیبات هستند. نتایج حاصل در جدول-۲ ارائه شده‌اند. این جدول بیشترین میزان شباهت هر یک از ۲۰ ترکیب منتخب با داروهای مورد تایید را نشان می‌دهد. علاوه بر مقدار پارامتر Similarity، رشته‌ی SMILES مربوط به داروی مشابه استخراج‌شده از دیتابیس داروهای تأییدشده‌ی FDA (با عنوان SMILE_FDA) نیز گزارش شده است. این اطلاعات امکان شناسایی ترکیبات طبیعی با بیشترین همپوشانی ساختاری با ترکیبات منتخب را فراهم می‌سازد و مبنایی برای تحلیل‌های بعدی در زمینه‌ی کشف یا طراحی داروهای بالقوه ایجاد می‌کند. در جدول-۲ ترکیبات با عدد شباهت بیشتر از ۰/۵۹ شامل ساختارهای ۳ ، ۶ ، ۹ ، ۱۵، ۱۷ و ۱۹ می باشد. میزان پارامتر شباهت برای این ترکیبات به ترتب ۱/۰۰ ، ۰/۹۰ ، ۰/۵۹، ۰/۶۶ ، ۰/۵۹ و ۰/۷۸ محاسبه شده است. از میان این ترکیبات ترکیبات ۳ ، ۶ ، ۱۵ و ۱۹ به عنوان ساختارهای برتر شناخته می شوند.

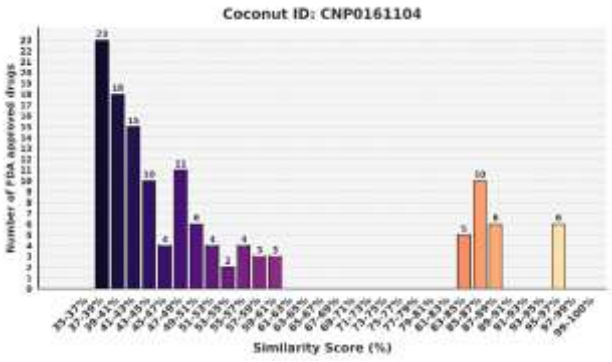
جدول ۲.پارامتر شباهت (Similarity) میان داروهای تأییدشده‌ی FDA و ۲۰ ترکیب منتخب و رشته های SMILE استخراج شده(SMILE_ FDA) از دیتابیس

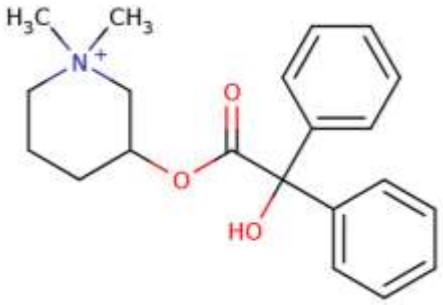
Entry	Coconut_id	SMILE_NP	Similarity
1	CNP0372136	CN1C(=O)CN=C(C2=C1C=CC(=C2)[N+](=O)[O-])C3=CC=CC=C3F	0.46
2	CNP0061237	CN(C)C(=O)OC1=CC=CC(=C1)[N+](C)(C)C	0.51
3	CNP0161104	C[N+]1(CCCC(C1)OC(=O)C(C2=CC=CC=C2)(C3=CC=CC=C3)O)C	1.00
4	CNP0331537	CC[C@H](C)C(=O)O[C@H]1C[C@H](C=C2[C@H]1[C@H]([C@H](C=C2)C)CC[C@@H]3C[C@H](CC(=O)O3)O)C	0.43
5	CNP0064681	CC1=C(C(C(=C(N1)C)C(=O)OC)C2=CC=CC=C2[N+](=O)[O-])C(=O)OC	0.52
6	CNP0047370	CC1=C(C(=O)N2C=CSC2=N1)CCN3CCC(=C(C4=CC=C(C=C4)F)C5=CC=C(C=C5)F)CC3	0.90
7	CNP0403000	CN1CCN(CC1)CC(=O)N2C3=CC=CC=C3C(=O)NC4=C2N=CC=C4	0.58
8	CNP0391183	COC1=CC(=C(C=C1)OC)C(CNC(=O)CN)O	0.50
9	CNP0043743	C1=CC=C(C=C1)C2=NC(C(=O)NC3=C2C=C(C=C3)Cl)O	0.59
10	CNP0336034	CN1C(=O)CN=C(C2=C1C=CC(=C2)Cl)C3=CC=CC=C3	0.53
11	CNP0366487	CCN1C=C(C(=O)C2=CC3=C(C=C21)OCO3)C(=O)O	0.48
12	CNP0403473	CC1([C@@H](N2[C@H](S1)[C@@H](C2=O)NC(=O)CC3=CC=CC=C3)C(=O)O)C	0.54
13	CNP0105187	C1CCN(CC1)C(=O)/C=C/C=C/C2=CC3=C(C=C2)OCO3	0.58
14	CNP0402005	C1=CC=C(C=C1)C2=NC(C(=O)NC3=C2C=C(C=C3)Cl)O	0.55
15	CNP0375828	C1C(=O)NC(=O)N1/N=C/C2=CC=C(O2)[N+](=O)[O-]	0.66

16	CNP0259483	C1CCC(CC1)C(=O)N2CC3C4=CC=CC=C4CCN3C(=O)C2	0.52
17	CNP0028523	CN1[C@@H](CCC1=O)C2=CN=CC=C2	0.59
18	CNP0381522	C1CN(CCC1N2C3=CC=CC=C3NC2=O)CCCC(C4=CC=C(C=C4)F)C5=CC=C(C=C5)F	0.52
19	CNP0038881	C[N+]1(CCCC(C1)OC(=O)C(C2=CC=CC=C2)(C3=CC=CC=C3)O)C	0.78
20	CNP0333632	CCC(=O)O[C@H](C(C)C)O[P@](=O)(CCCCC1=CC=CC=C1)CC(=O)N2C[C@@H](C[C@H]2C(=O)O)C3CCCCC3	0.47

شکل-۱ ساختارهای برتر و نمودار درصد داروهای تایید شده ی مشابه با این ساختارها را نشان می دهد. در واقع در این نمودارها محور x پارامتر شباهت بر حسب درصد میباشد و محور y تعداد داروهایی را نشان می دهد که با درصد مشخصی مشابه با ساختار مورد نظر بوده اند. همانگونه که مشخص است درصد شباهت داروهای تایید شده ی FDA با ساختار ۳ بسیار قابل توجه است. در شکل-۲ ساختارهای شیمیایی داروهایی آورده شده است که با ۴ ساختار منتخب شباهت دارند. و همین طور درصد شباهت هر کدام از آن ها نیز گزارش شده است. نام های دارویی برای ساختار دارویی ۳ ، ۶ ، ۱۵ و ۱۹ به ترتیب عبارت انداز مپنوزولات[1](یک داروی مورد استفاده در درمان زخم معده)، ریتانسرین[2](یک داروی ضد افسردگی) و نیتروفیوران توایین[3](یک آنتیبیوتیک ضد باکتری) می باشد. قابل ذکر است که ساختار دارویی مشابه با ساختار ۱۹ مجددا مپنزولیک اسید است.

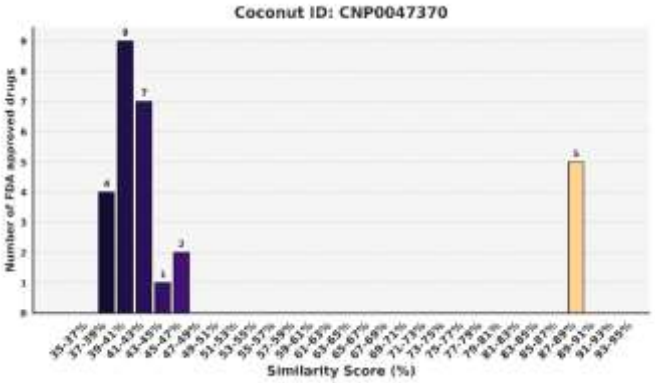
داروی مپنوزولات ترشح اسید معده و پپسین را کاهش می‌دهد و انقباضات خودبه‌خودی روده را سرکوب می‌کند. این دارو برای درمان مشکلات گوارشی استفاده می‌شود و التهاب روده یا اسپاسم‌های گوارشی را کاهش می دهد. ریتانسرین سبب بهبود کیفیت خواب و درمان بی‌خوابی می شود همین طور در درمان اختلالات اضطرابی ، افسردگی ، درمان علائم منفی اسکیزوفرنی ،درمان اختلالات پارکینسونی و عوارض جانبی داروهای ضد روان‌پریشی نیز به طور گسترده استفاده می شود. نیتروفیوران توایین به عنوان یک آنتی بیوتیک در درمان عفونت‌های حاد دستگاه ادراری و پیشگیری از آن ها مورد استفاده قرار می گیرد. با این حال از میان این داروها مپنوزولات بیشترین میزان پارامتر شباهت را به خود اختصاص داده است و می توان گفت که ساختار ۳ به عنوان یک ترکیب طبیعی مشتق شده از گیاهان دارویی، بیشترین شباهت را با مپنوزولات دارند. بنابراین با توجه به رویکرد بازمصرف دارویی (Drug Repurposing) می توان گفت که نگاه ویژه ای در مورد استفاده از ساختار ۳ به عنوان مهار کننده ی آنزیم Mpro ویروس SARS-CoV-2 می توان داشت.

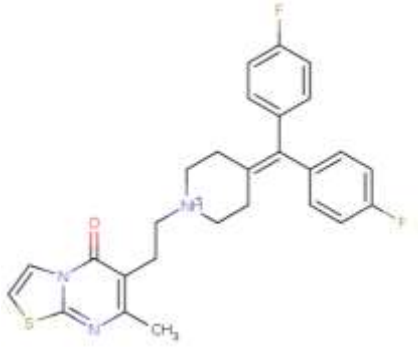




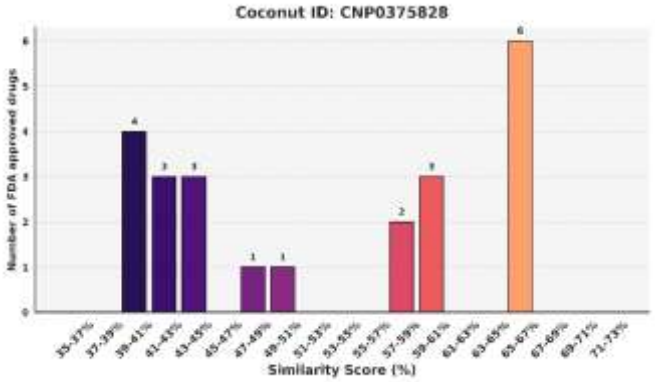
ساختار۳

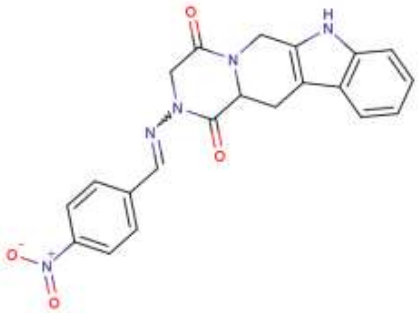
[1] Mepenzolate
[2] Ritanserin
[3] Nitrofurantoin



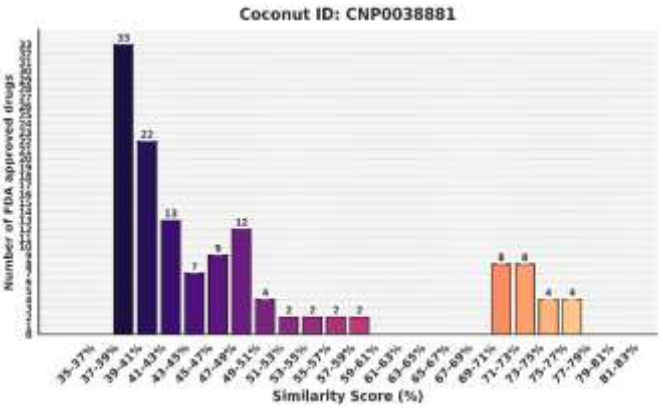


ساختار۶





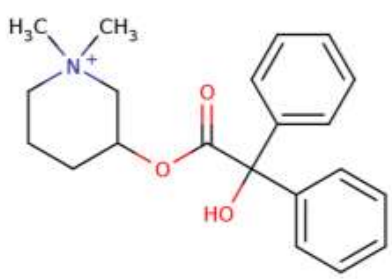
ساختار۱۵



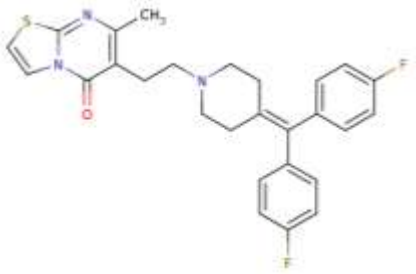
ساختار۱۹

شکل-۱ نمودار های تعداد داروهای مشابه با ساختارهای ۳ ، ۶ ، ۱۵ و ۱۹ بر حسب درصد پارامتر شباهت

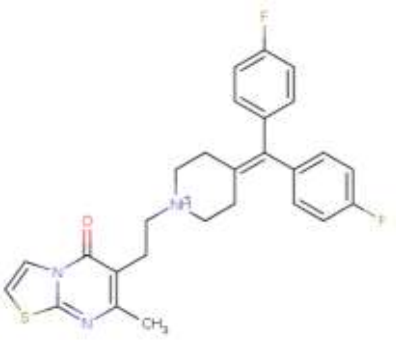
(داروی مشابه ساختار۳) پارامتر شباهت = ۱۰۰ ٪



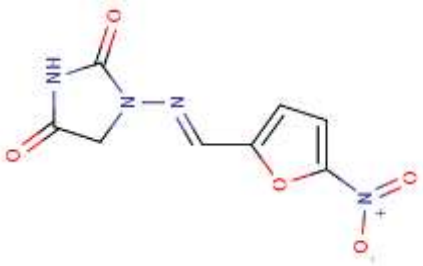
ساختار۳



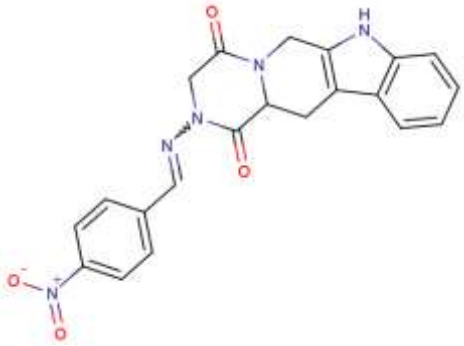
(داروی مشابه ساختار۶) پارامتر شباهت = ۹۰ ٪



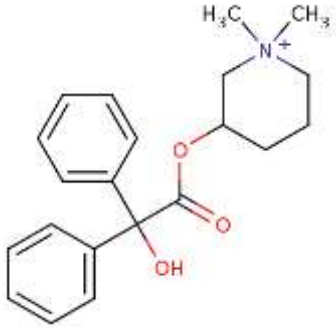
ساختار۶



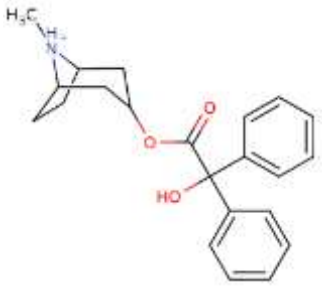
(داروی مشابه ساختار۱۵) پارامتر شباهت = ۶۶ ٪



ساختار۱۵



(داروی مشابه ساختار۱۹) پارامتر شباهت = ۷۸ ٪



ساختار۱۹

شکل-۲ ساختارهای به دست آمده از داروهای تایید شده ی FDA که بیشترین شباهت را با ۴ ساختار برتر دارند

۴. نتیجه گیری کلی

یافته‌های این پژوهش بار دیگر نشان داد که ترکیبات طبیعی به دست آمده از گیاهان منبعی غنی و الهام‌بخش برای کشف داروهای نوین محسوب می‌شوند. مقایسه‌ی ساختاری ۲۰ ترکیب منتخب پایگاه داده‌ی COCONUT با داروهای تأییدشده‌ی FDA آشکار ساخت که برخی از این ترکیبات دارای شباهت قابل‌توجه با داروهای بالینی موجود هستند. این شباهت‌ها نه تنها بر اهمیت اسکلت‌های شیمیایی طبیعی در طراحی دارو تأکید دارند، بلکه مسیرهایی نوین برای بازمصرف داروها (Drug Repurposing) و توسعه‌ی آنالوگ‌های جدید فراهم می‌سازند. در میان ترکیبات مورد بررسی، چندین ترکیب از جمله CNP0038881، CNP0375828، CNP0047370 و CNP0161104 به‌عنوان ساختارهای برتر شناسایی شدند که بیشترین میزان شباهت را با داروهای مورد تأیید FDA نشان دادند. این ترکیبات، به دلیل همپوشانی بالا با داروهایی نظیر مپنوزولات (Mepenzolate)، ریتانسرین (Ritanserin) و نیتروفورانتوئین (Nitrofurantoin)، می‌توانند به‌عنوان نقاط شروع امیدبخشی

برای کشف یا طراحی مهارکننده‌های جدید آنزیم Mpro در نظر گرفته شوند. از سوی دیگر، نتایج این پژوهش اهمیت بهره‌گیری از رویکردهای محاسباتی در غربالگری ترکیبات طبیعی را برجسته می‌سازد. محاسبه‌ی شاخص Similarity و مقایسه‌ی سیستماتیک با داروهای FDA ابزاری قدرتمند برای اعتبارسنجی، اولویت‌بندی و انتخاب ترکیبات در مراحل اولیه‌ی کشف دارو فراهم می‌کند و می‌تواند هزینه و زمان توسعه‌ی داروهای نوین را به میزان چشمگیری کاهش دهد. به طور کلی، این تحقیق نشان داد که ترکیبات طبیعی گیاهی، با تنوع ساختاری و ویژگی‌های زیستی منحصربه‌فرد، همچنان یکی از مهم‌ترین منابع بالقوه برای داروسازی مدرن هستند. ترکیب این ظرفیت طبیعی با فناوری‌های محاسباتی نوین می‌تواند راهگشای کشف مهارکننده‌های قدرتمند علیه اهداف دارویی کلیدی همچون آنزیم Mpro ویروس SARS-CoV-2 باشد.

۵. منابع

Absalan, Y. *et al.* (2021) 'Schiff bases-titanium (III) & (IV) complex compounds: Novel photocatalysts in Buchwald-Hartwig C–N cross-coupling reaction', *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 417(April), p. 113346.

Afrough, T. *et al.* (2025) 'Novel pyrimidine-based derivatives as potential SARS-CoV-2 Mpro inhibitors: Synthesis, computational insights, and conformational dynamics', *Journal of Molecular Structure*, 1344(May), p. 142901.

Ang, D., Kendall, R. and Atamian, H.S. (2023) 'Virtual and In Vitro Screening of Natural Products Identifies Indole and Benzene Derivatives as Inhibitors of SARS-CoV-2 Main Protease (Mpro)', *Biology*, 12(4).

Assadzadeh, F. *et al.* (2023) 'A convenient one-pot synthesis of novel heterocyclic systems of 9-chloro-4-methyl-6,11-dihydro-5H-benzo[b]pyrimido[4,5-e][1,4]diazepine and inhibitory evaluation against bromodomain-containing protein 4 (BRD4) enzyme by molecular docking', *Journal of the Iranian Chemical Society*, 20(11), pp. 2841–2848.

Atanasov, A.G. *et al.* (2021) 'Natural products in drug discovery : advances and opportunities', *nature reviews drug discovery*, 20(March), pp. 200–216.

Eshghi, H. *et al.* (2024) 'β-amino alcohols as promising inhibitory candidates against the SARS-CoV-2, A theoretical design based on MD simulation and DFT insights', *Computational and Theoretical Chemistry*, 1241(September), p. 114872.

Moghimi, P. *et al.* (2022) 'Pyrido[1,2- e]purine: Design and Synthesis of Appropriate Inhibitory Candidates against the Main Protease of COVID-19', *Journal of Organic Chemistry*, 87(6), pp. 3922–3933.

Moghimi, P., Sabet-Sarvestani, H. and Shiri, A. (2023) 'Synthesis, molecular docking and dynamics studies of pyridazino[4,5-b]quinoxalin-1(2H)-ones as targeting main protease of COVID-19', *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 41(22), pp. 13198–13210.

Newman, D.J. and Cragg, G.M. (2020) 'Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019', *journal of natural products*, 83(3), pp. 770–803.

Noroozi-Shad, N. *et al.* (2024) 'Quinoxaline derivatives as potent compounds against both 3CLpro and PLpro enzymes of SARS-CoV-2 virus: an insight from experimental and theoretical approaches', *New Journal of Chemistry*, 48(33), pp. 14791–14800.

Pushpakom, S. *et al.* (2018) 'Drug repurposing: progress, challenges and recommendations', *Nature reviews*, 18, pp. 41–58.

Rakhshanipour, M., Sabet-Sarvestani, H. and Eshghi, H. (2020) 'Performance studies of CO2 transformation to methanol by zwitterionic indenylammonium derivatives as a new class of carbon-centered organocatalysts', *Structural Chemistry*, 31(2), pp. 585–598.

Sabet-Sarvestani, H. *et al.* (2014) 'Theoretical investigation of the chemoselectivity and synchronously

pyrazole ring formation mechanism from ethoxymethylenemalononitrile and hydrazine hydrate in the gas and solvent phases: DFT, meta-GGA studies and NBO analysis', *RSC Advances*, 4(82), pp. 43485–43495.

Sabet-Sarvestani, H., Izadyar, M., Eshghi, H., Noroozi-Shad, N., *et al.* (2018) 'Proton sponge as a new efficient catalyst for carbon dioxide transformation to methanol: Theoretical approach', *Fuel*, 221(February), pp. 491–500.

Sabet-Sarvestani, H., Izadyar, M., Eshghi, H. and Noroozi-Shad, N. (2018) 'Understanding the thermodynamic and kinetic performances of the substituted phosphorus ylides as a new class of compounds in carbon dioxide activation', *Energy*, 145, pp. 329–337.

Sabet-Sarvestani, H., Izadyar, M. and Eshghi, H. (2020) 'Molecular electrostatic potential at nuclear position as a new concept in evaluation of the substitution effects of intramolecular B/N frustrated Lewis pairs in H2 splitting and CO2 reduction', *International Journal of Quantum Chemistry*, 120(24), pp. 1–16.

Sorokina, M. *et al.* (2021) 'COCONUT online : Collection of Open Natural Products database', *Journal of Cheminformatics*, pp. 1–13.

Tirehdast, A. *et al.* (2024) 'Design and synthesis of novel main protease inhibitors of COVID-19: quinoxalino[2,1-b]quinazolin-12-ones', *RSC Advances*, 14(40), pp. 29122–29133.

Natural Products as Inspirations for Antiviral Drug Discovery: A Structural Similarity Approach with FDA-Approved Drugs

Hossein Sabet-sarvestani [1*], Shadi Bolourian [2], Fereshteh Hosseini[2], Hamed Hosseini[1], Mohammad Javad Seddighi[3]

1-Assistant Professor, Department of Food Additives, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Food Additives, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran
3- Ph.D student, Department of Food Additives, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran

* Corresponding author email: bozorgmehr1388@gmail.com

Abstract

Natural products derived from medicinal plants have long served as one of the most important sources of inspiration in drug discovery and development. Due to their remarkable structural diversity and unique chemical scaffolds, these compounds possess significant potential for identifying novel drug candidates or repurposing existing therapeutics. In the present study, twenty selected compounds from the COCONUT database, previously reported as potential inhibitors of the main protease (Mpro) of SARS-CoV-2, were investigated. To further assess their drug-like potential, structural similarity analyses were performed between these compounds and FDA-approved drugs using computational approaches and the Similarity index. The results revealed that several natural compounds exhibited high structural similarity to clinically used drugs such as Mepenzolate, Ritanserin, and Nitrofurantoin. These findings highlight that naturally occurring chemical scaffolds can serve as valuable templates for designing novel drug analogs or developing drug repurposing strategies. Overall, this study emphasizes the pivotal role of plant-derived natural products in drug discovery and demonstrates that integrating natural chemical diversity with modern computational techniques provides an efficient pathway for identifying potential inhibitors of key therapeutic targets such as the SARS-CoV-2 Mpro enzyme.

Keywords: Natural Products, Structural Similarity, Drug Repurposing, Mpro enzyme, Natural Product-based Drug Discovery

مطالعه تطبیقی سیاست‌های حمایتی و تنظیم‌گری بازار گیاهان دارویی با تأکید بر زعفران در ایران و کشورهای پیشرو (اسپانیا، ایتالیا، چین و هند)

سمیرا مقدم پور[1]

۱) پژوهشگر ارشد اقتصاد در مرکز پیشرفت اقتصادی ، تهران

چکیده :

در دهه‌های اخیر، افزایش توجه جهانی به سلامت طبیعی و استفاده از منابع گیاهی، موجب رشد سریع تجارت گیاهان دارویی در بسیاری از کشورها شده است (امینی، ۱۳۹۷). زعفران، به عنوان یکی از ارزشمندترین محصولات کشاورزی ایران، جایگاهی ممتاز از نظر اقتصادی و فرهنگی دارد. با وجود اینکه ایران حدود ۸۵ درصد تولید جهانی زعفران را در اختیار دارد سهم آن از بازار جهانی و ارزش افزوده صادراتی نسبتاً پایین است. این موضوع عمدتاً به ضعف سیاست‌های حمایتی، نبود نظام کارآمد تنظیم‌گری بازار، فقدان برند ملی، و ساختار ناکارآمد زنجیره تأمین بازمی‌گردد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تطبیقی سیاست‌های حمایتی و تنظیم‌گری بازار گیاهان دارویی به ویژه زعفران در ایران و کشورهای پیشرو مانند اسپانیا، ایتالیا، چین و هند انجام شده است. روش تحقیق توصیفی–تحلیلی و مبتنی بر منابع اسنادی و مطالعات تطبیقی بوده است. نتایج نشان می‌دهد کشورهایی که توانسته‌اند جایگاه جهانی خود را در بازار گیاهان دارویی تثبیت کنند، از سیاست‌های یکپارچه شامل حمایت از زنجیره ارزش، آموزش کشاورزان، بسته‌بندی و بازاریابی علمی، توسعه برند ملی و حمایت از صادرات برخوردار بوده‌اند در مقابل، سیاست‌های ایران پراکنده، کوتاه‌مدت و فاقد پیوند نهادی میان تولید، فرآوری و تجارت است. اصلاح نظام سیاست‌گذاری و ایجاد نهاد تنظیم‌گر مستقل برای زعفران می‌تواند زمینه ارتقای جایگاه ایران در بازار جهانی را فراهم کند.

کلمات کلیدی: توسعه صادرات ، مقایسه تطبیقی، گونه گیاهی

مقدمه :

نوسانات شدید درآمدهای نفتی و محدودیت‌های ناشی از اقتصاد تک‌محصولی در ایران، ضرورت بازنگری در سیاست‌های اقتصادی را آشکار ساخته است (قربانی، ۱۴۰۰). تکیه طولانی‌مدت بر صادرات نفت، کشور را در برابر تحریم‌ها و تغییرات بازار جهانی آسیب‌پذیر کرده و سیاست‌گذاران را بر آن داشته تا به سمت توسعه صادرات غیرنفتی و تقویت بخش کشاورزی حرکت کنند (مرادی، ۱۳۹۸) . گیاهان دارویی به عنوان یکی از ظرفیت‌های بالقوه اقتصاد ایران، نه تنها از نظر اقتصادی اهمیت دارند، بلکه در سلامت جامعه، کاهش هزینه‌های درمانی، اشتغال‌زایی روستایی و توسعه پایدار نقش اساسی ایفا می‌کنند (یزدانی، ۱۳۹۶). طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت، بیش از ۸۰ درصد جمعیت جهان برای درمان بیماری‌ها از داروها و ترکیبات گیاهی استفاده می کنند . ایران با داشتن بیش از ۸ هزار گونه گیاهی و دانش بومی گسترده، مهد تولید و مصرف

[1]samira.moghadam68@gmail.com

گیاهان دارویی است (امینی، ۱۳۹۷). زعفران به‌عنوان طلای سرخ ایران، ارزش اقتصادی بالایی دارد و نماد فرهنگ و تمدن ایرانی محسوب می‌شود (احمدی ، ۱۳۹۹). با وجود تولید حدود ۸۵ درصد زعفران جهان سهم ایران از بازار جهانی پایین است ، زیرا بخش عمده زعفران به صورت فله ای صادر و سپس فرآوری و بسته بندی آن (farnandez,2016) توسط کشورهای دیگر انجام می شود. دلایل این وضعیت شامل نبود سیاست‌های حمایتی مؤثر، ضعف در آموزش و انتقال فناوری، کمبود زیرساخت‌های فرآوری و بسته‌بندی، و نبود نظام تنظیم‌گر بازار کارآمد است (کریمی، ۱۴۰۱). کشورهای پیشرو مانند اسپانیا و ایتالیا، با تدوین سیاست‌های یکپارچه حمایتی، توسعه برند ملی و بازاریابی علمی، توانسته‌اند سهم قابل توجهی از بازار جهانی را به دست آورند .

مواد و روش‌ها :

این پژوهش از نوع توصیفی–تحلیلی و تطبیقی است و با هدف بررسی و مقایسه سیاست‌های حمایتی و تنظیم‌گری بازار گیاهان دارویی، به‌ویژه زعفران، در ایران و کشورهای پیشرو شامل اسپانیا، ایتالیا، چین و هند انجام شده است.

شاخص‌های مقایسه

شاخص‌های اصلی تحلیل تطبیقی عبارتند از :

ساختار نهادی: بررسی وزارتخانه‌ها، نهادهای تنظیم‌گر، اتحادیه‌ها و شرکت‌های تعاونی مرتبط با گیاهان دارویی
نوع حمایت مالی و اقتصادی: شامل یارانه‌ها، تسهیلات صادراتی و مشوق‌های مالی برای تولید و فرآوری
مکانیزم‌های قیمت‌گذاری و تنظیم بازار: سیاست‌های کنترل قیمت، خرید تضمینی و ابزارهای تنظیم بازار
فرآوری و استانداردسازی: ظرفیت‌های فرآوری، کنترل کیفیت و رعایت استانداردهای ملی و بین‌المللی
برند ملی و استراتژی بازاریابی: وجود برندهای معتبر، تبلیغات و حضور فعال در بازارهای جهانی
آموزش و انتقال فناوری: برنامه‌های آموزشی برای کشاورزان، ارتباط دانشگاه و صنعت و توسعه فناوری‌های نوین

روش جمع‌آوری داده‌ها

اطلاعات مورد نیاز از طریق مطالعه اسناد رسمی، گزارش‌های وزارتخانه‌ها، مقالات علمی داخلی و بین‌المللی و گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی جمع‌آوری شد. معیار انتخاب منابع شامل مرتبط بودن با سیاست‌های حمایتی و بازار گیاهان دارویی، به‌روز بودن و اعتبار علمی یا رسمی بودن بود. برای هر کشور، ترکیبی از اسناد دولتی و مقالات علمی انتقادی مورد استفاده قرار گرفت تا تحلیل جامع و بدون سوگیری باشد چارچوب تحلیل تطبیقی پس از جمع‌آوری داده‌ها، وضعیت هر کشور با توجه به شاخص‌های ذکر شده به صورت توصیفی و نظام‌مند تحلیل شد. تمامی کشورها بر اساس همان شاخص‌ها مقایسه شده و نقاط قوت و ضعف هر کشور در چارچوب تحلیلی مشخص گردید. این روش امکان می‌دهد که استنتاج‌های نهایی بر اساس مقایسه علمی و ساختاریافته شکل گیرند و تحلیل‌ها صرفاً برداشت شخصی یا توصیفی نباشند .

روش تحلیل داده‌ها

تحلیل داده‌ها بر اساس مقایسه نظام‌مند شاخص‌ها و بررسی روابط سیاستی و نهادی میان دولت، تولیدکنندگان و بازار انجام شد.

این رویکرد تضمین می‌کند که یافته‌ها نه تنها توصیفی بلکه علمی، ساختاریافته و قابل استناد باشند و بتوانند مبنای تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران و فعالان بازار زعفران قرار گیرند .

نتایج و بحث :

تحلیل اسناد و مطالعات تطبیقی نشان داد تفاوت میان سیاست‌های حمایتی کشورهای منتخب ناشی از نوع نگاه به نقش دولت، میزان مداخله در بازار و توجه به زنجیره ارزش صادراتی است .(chen,2018 ; Garcia,2018) در ایران، سیاست‌های حمایتی عمدتاً کوتاه‌مدت، واکنشی و فاقد تداوم هستند. برنامه‌ها بیشتر به شکل یارانه یا خرید تضمینی وقت اجرا می‌شوند و ساختار مشخصی برای تنظیم بازار و کنترل کیفیت وجود ندارد (مرادی، ۱۳۹۸). در اسپانیا، سیاست‌های حمایتی بر محور برندسازی منطقه‌ای و کیفیت متمرکز است و دولت نقش ناظر دارد؛ حمایت اصلی (Fernandez,2016) از طریق تسهیلات صادراتی، آموزش و کنترل استانداردهای محصول انجام می‌شود. در ایتالیا، تمرکز بر توسعه صنایع کوچک فرآوری‌کننده و آموزش کشاورزان است و نهادهای محلی حلقه ارتباطی میان دولت و تولیدکننده محسوب می‌شوند (rossi,2019). در چین، سیاست‌های حمایتی جامع و بلندمدت‌اند و دولت ساختار متمرکزی برای توسعه گیاهان دارویی ایجاد کرده است .(huang,;li,2017) که شامل تحقیق و توسعه، برندسازی، نظارت بر کیفیت و حمایت از صادرات فرآوری‌شده می‌شود. در هند، سیاست‌ها بر خوشه‌های تولیدی و شرکت‌های دانش‌بنیان متمرکز است و دولت با ارائه مشوق‌های مالی، تسهیل صادرات و ایجاد مراکز آموزشی محلی، به رشد پایدار صادرات کمک می‌کند (kumar,2019;patel,2020) .

فقدان سیاست‌های جامع و پایدار در ایران: سیاست‌ها فاقد انسجام، استمرار و هماهنگی نهادی کافی هستند (قربانی، ۱۴۰۰). نبود نهاد تنظیم‌گر تخصصی: تعدد سازمان‌ها و نهادهای ذی‌ربط باعث تداخل وظایف و ناپایداری تصمیمات شده است (کریمی، ۱۴۰۱) . کمبود آموزش و پژوهش کاربردی: در ایران نظام آموزشی کشاورزان و فرآوری‌کنندگان سنتی است و پیوند دانشگاه، صنعت و بازار ضعیف است (یزدانی، ۱۳۹۶) . ضعف در زنجیره ارزش و فرآوری : صادرات عمدتاً به صورت خام انجام می‌شود و ارزش افزوده اصلی در فرآوری، بسته‌بندی و برندسازی نهفته است .(fernandes,2016) نبود برند ملی و استراتژی بازاریابی جهانی: ایران با وجود تولید بالای زعفران، سهم اندکی از بازار جهانی دارد زیرا برند . (Garcia,2018) جهانی ندارد و عمده صادرات توسط واسطه‌ها و شرکت‌های خارجی انجام می‌شود.

نتیجه گیری :

کشورهای موفق توانسته‌اند با تدوین سیاست‌های ملی، حمایت از نوآوری و تقویت نظام صادراتی پایدار، موقعیت خود را در سیاست های موفق فراتر از حمایت مالی هستند و بر پایه (chen,2018;rossi,2019) بازار جهانی تثبیت کنند ساختارهای نهادی کارآمد، نظام استاندارد سازی،آموزش و نوآوری شکل می گیرند .

منابع:

احمدی، محمد. (۱۳۹۹). بررسی سیاست‌های حمایتی دولت در توسعه صادرات زعفران ایران. فصلنامه اقتصاد کشاورزی ایران، ۲۵(۴)، ۱۱۲–۱۳۴ .

مرادی، فاطمه. (۱۳۹۸). تحلیل ساختار بازار زعفران ایران با تأکید بر نقش واسطه‌ها. پژوهشنامه اقتصاد روستایی، ۱۸(۲)، ۸۷–۱۰۳.

قربانی، علی‌اکبر. (۱۴۰۰). سیاست‌های حمایتی کشاورزی در ایران؛ چالش‌ها و راهکارها. مجله سیاست‌های عمومی، ۹(۳)، ۵۱–۷۴.

امینی، سمیه. (۱۳۹۷). بررسی جایگاه ایران در بازار جهانی گیاهان دارویی. پژوهش‌های بازرگانی، ۱۵(۱)، ۴۲–۶۳

کریمی، رضا. (۱۴۰۱). تأثیر سیاست‌های تجاری بر توسعه صادرات زعفران ایران. فصلنامه توسعه اقتصادی، ۲۹(۲)، ۹۴–۱۱۸.

یزدانی، مریم. (۱۳۹۶). نقش آموزش کشاورزان در ارتقای کیفیت زعفران. مطالعات کشاورزی نوین، ۱۳(۱)، ۶۷–۸۲.

García, C. (2018). Government Support Policies for Saffron Production in Spain. Journal of Agricultural Policy, 14(2), 45–61.

Fernandez, L. (2016). Value Chain of Spanish Saffron: A Model for Producers. Food Economics Review, 11(3), 188–204.

Rossi, A. (2019). EU Policies on Medicinal Plants in Italy. European Agricultural Review, 32(3), 112–130.
Li, C. (2017). China’s Medicinal Plant Industry Development Policy. Asian Economic Perspectives, 9(1), 75–98.

Patel, R. (2020). India’s Export Promotion Policies for Herbal Products. International Trade Journal, 28(4), 223–247.

Chen, Z. (2018). R&D Policy and Innovation in China’s Herbal Industry. Journal of Economic Development, 13(2), 121–142.

Marchetti, L. (2021). Regulatory Framework of Agricultural Markets in Italy. European Policy Studies, 27(1), 93–117.

Kumar, A. (2019). Farmers’ Training and Productivity in India’s Herbal Sector. Journal of Rural Development, 22(4), 161–184.

Huang, M. (2022). Export Strategies of China’s Herbal Medicine Industry. Asian Trade Policy Review, 31(2), 77–99.

Comparative study of support policies and regulation of the medicinal plants market with respect to saffron in Iran and the leading countries (Spain, Italy, China and India)

Samira Moghadampour

1) Senior Researcher in Economics at the Center for Economic Progress, Tehran

EMAIL : samira.moghadam68@gmail.com

Abstract:

In recent decades, the increasing global attention to natural health and the use of plant resources has led to the rapid growth of the trade in medicinal plants in many countries (Amini, 2018). Saffron, as one of the most valuable agricultural products of Iran, has a privileged position in economic and cultural terms. Although Iran has about 85% of the global production of saffron, its share of the global market and export value added is relatively low. This is mainly due to the weakness of support policies, the lack of an efficient market regulation system, the lack of a national brand, and the inefficient structure of the supply chain. The present study aimed to conduct a comparative study of support policies and regulation of the medicinal plants market, especially saffron, in Iran and leading countries such as Spain, Italy, China, and India. The research method was descriptive-analytical and based on documentary sources and comparative studies. The results show that countries that have been able to establish their global position in the medicinal plants market have benefited from integrated policies including value chain support, farmer training, scientific packaging and marketing, national brand development, and export support. In contrast, Iran's policies are fragmented, short-term, and lack institutional linkages between production, processing, and trade. Reforming the policy-making system and establishing an independent regulatory body for saffron can pave the way for Iran to improve its position in the global market.

Keywords: Export development, comparative comparison, plant species

اثر طیف‌های نوری LED بر متابولیت‌های ثانویه و فعالیت آنتی اکسیدانی زوفا

فاطمه اسماعیلی[1]، حسن بیات[2]، حسین نستری نصرآبادی[3]*، محمدحسین امینی‌فرد[4]
۱، ۲، ۴- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بیرجند
۳- گروه علوم باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام
ایمیل نویسنده مسئول: nastari@tjamcaas.ac.ir

چکیده

نور یکی از ا صلی ترین عوامل موثر در فرآیند فتو سنتز ا ست که بر ر شد و متابولی سم گیاهان تاثیر می‌گذارد. در سال‌های اخیر، دیودهای ساطع‌کننده نور (LED) به‌عنوان نسل جدیدی از منابع نوری، جایگاه ویژه‌ای در تولید گیاهان در محیط‌های کنترل شده و همچنین در پژوهش‌های فیزیولوژی گیاهی راه یافته‌اند. این پژوهش به منظور برر سی تاثیر طیف‌های مختلف نوری LED بر مواد موثره گیاه زوفا در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۲ در اتاقک رشد آزمایشگاه مجتمع آموزش عالی تربت جام اجرا شد. تیمارهای نوری LED شامل نور سفید، قرمز ۱۰۰ درصد، آبی ۱۰۰ درصد و ترکیب نور قرمز:آبی (۷۰:۳۰) درصد، قرمز:آبی (۳۰:۷۰) درصد، قرمز:آبی (۵۰:۵۰) درصد که به شدت ۱۰±۲۵۰ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه در آزمایشگاه مجتمع آمورش عالی تربت‌جام انجام شد. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف نوری در سطح پنج در صد و یک در صد تاثیر معنی‌داری بر مواد موثره گیاه زوفا دا شتند. کمترین میزان فلاونوئید در تیمار نور قرمز (۰۸/ ۲۶میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) گزارش شد. طبق نتایج به‌دست آمده نور آبی کمترین (۲/۵۶میکروگرم گالیک‌ا سید بر گرم وزن خ شک) میزان فنل کل و کمترین (۱/۷۰میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) مقدر تانن ۸۹٪ کاهش نسبت به شاهد داشته است. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب‌های مختلف نوری LED تاثیر متفاوتی بر مواد موثره گیاه زوفا دارند. بر اساس نتایج بدست آمده، استفاده از نورهای ترکیبی در نسبت‌های مناسب قرمز و آبی به ویژه ترکیب نوری قرمز:آبی (۳۰:۷۰) می‌تواند به بهبود مواد موثره این گیاه دارویی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: تانن، فنل، فلاونوئید، کیفیت نور

مقدمه

زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) گیاهی دارویی از خانواده نعنائیان است که به دلیل خواص درمانی و معطر بودن، در صنایع داروسازی و غذایی استفاده می‌شود. این گیاه چندساله، بومی مناطق مدیترانه‌ای و آسیای میانه است و ترکیبات موثره مانند فلاونوئیدها، تانن‌ها، فنل‌ها و اسانس‌ها را در خود دارد که خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی دارند. ترکیبات اسانسی زوفا خاصیت ضدباکتریایی و ضد ویروسی دارند و در درمان عفونت‌های تنفسی و پوستی مؤثرند (Ghasempour *et al*., 2022).

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و نیاز به تأمین غذا و دارو، ارتقاء کارایی گیاهان دارویی به یکی از چالش‌های اصلی تبدیل شده است. نور به عنوان یک عامل حیاتی در فرآیند فتوسنتز و رشد گیاهان، نقش مهمی در رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی دارد. گیاهان برای فعالیت‌های مهم از جمله نورگرایی، گل انگیزی، رشد و نمو، فتوسنتز و تولید متابولیت‌های گیاهی به نور نیاز دارند. نور از نظر شدت، کیفیت و مدت تابش بسیار اهمیت دارد. کیفیت و کمیت نور می‌تواند بر فتوسنتز، رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه تأثیرگذار باشد، به‌ویژه در گیاهان دارویی که به شرایط نوری حساس‌اند (Amini-Harandi

et al., 2025). در سال‌های اخیر، استفاده از لامپ‌های LED به عنوان منبع نوری به دلیل توانایی در تولید طیف‌های مختلف نوری، به عنوان یک راهکار نوین در کشاورزی مدرن مطرح شده است. این لامپ‌ها علاوه بر بهینه‌سازی مصرف انرژی، قادرند نور مورد نیاز گیاهان را با دقت تنظیم کنند، که این امر می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و کیفیت محصولات دارویی گردد (Zhao *et al*., 2020). حسینی و همکاران (۲۰۱۹)، افزایش تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی، کارایی انتقال الکترون و شاخص‌های رشد واریته‌های سبز و بنفش ریحان را تحت تأثیر طیف نورهای ترکیبی قرمز و آبی گزارش کردند. تحقیقات نشان می‌دهد که ترکیب‌های مختلف نوری، به ویژه نورهای قرمز و آبی، می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر رشد و توسعه گیاهان دارویی داشته باشند و کیفیت مواد مؤثره را افزایش دهند (Skrypnik *et al*., 2024).

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر طیف‌های مختلف نوری LED بر مواد مؤثره گیاه دارویی زوفا است. با مطالعه واکنش‌های فیتوشیمیایی این گیاه تحت شرایط نوری متنوع، می‌توان اطلاعات مفیدی برای بهینه‌سازی کشت و تولید گیاهان دارویی در محیط‌های کنترل‌شده به دست آورد. این تحقیق می‌تواند به درک بهتر نیازهای نوری گیاه زوفا و در نهایت بهبود کیفیت و عملکرد آن در شرایط گلخانه‌ای و اتاقک‌های رشد کمک کند.

مواد و روش ها

این مطالعه به منظور ارزیابی تأثیر طیف‌های مختلف نور LED بر ترکیبات مؤثره گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اتاقک رشد گیاه مجتمع آموزش عالی تربت جام انجام شد. بذرهای زوفا از شرکت گلس گاردن تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع و ۱۵ سانتی‌متر قطر، در بستر کشت شامل ۴۰٪ کوکوپیت، ۴۰٪ پرلایت و ۲۰٪ ورمی‌کلایت کشت شدند. سه بذر در هر گلدان به صورت مثلثی قرار گرفت. برای بررسی تأثیر نور بر عملکرد گیاه، شش تیمار نوری شامل نور سفید (کنترل)، نور قرمز ۱۰۰ درصد، نور آبی ۱۰۰ درصد و ترکیبات نور قرمز و آبی به نسبت‌های (۳۰:۷۰)، (۷۰:۳۰) و(۵۰:۵۰) درصد اعمال شدند. شدت نور در تمامی تیمارها به میزان ۱۰±۲۵۰ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه تنظیم گردید. دوره نوری روزانه شامل ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود و دمای اتاقک رشد در طول روز ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شب ۲۰ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد. نوردهی به گیاهان از طریق دو والواشر LED با توان ۲۴ وات و در محفظه‌هایی با ابعاد ۲ متر طول، ۱/۵ متر عرض و ۱ متر ارتفاع انجام شد. فاصله بین لامپ‌ها و سطح گیاهان ۲۵ سانتی‌متر تنظیم شد و برای اطمینان از یکنواختی نور، ارتفاع لامپ‌ها با استفاده از گیره‌های قابل تنظیم در طول دوره رشد کنترل شد. به منظور جلوگیری از تداخل نوری بین تیمارها، از پارچه‌های عایق (رفکتور) برای جدا کردن محفظه‌ها استفاده شد. گیاهان پس از جوانه‌زنی با محلول غذایی نیم‌هوگلند تغذیه شدند. هنگامی که گیاهان به مرحله چهار برگی رسیدند، تغذیه با محلول کامل هوگلند به میزان ۱۰۰ سی‌سی هر دو روز یک‌بار انجام شد. تیمارهای نوری به مدت پنج ماه اعمال شدند. در پایان دوره رشد صفات فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فنل کل

ارزیابی فنل کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو و روش چن (۲۰۱۳) و همکاران انجام شد. برای این منظور ۲۵۰ میکرولیتر عصاره با ۱۷۵۰ میکرولیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر فولین سیوکالتیو مخلوط شد و پس از گذشت دو دقیقه یک میلی‌لیتر سدیم کربنات (Na_2Co_3) ۲۰٪ به آن اضافه گردید. سپس نمونه‌ها به مدت دو ساعت در دمای اتاق و در تاریکی قرار داده شدند و در نهایت جذب آن‌ها در ۷۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. برای رسم نمودار استاندار از غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر گالیک اسید استفاده گردید (Chen *et al*., 2013).

اندازه‌گیری تانن کل

برای اندازه‌گیری مقدار تانن از روش فولین-دنیز (۱۹۹۵) استفاده شد. در این روش ابتدا ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی با ۱۳۷۵ میکرولیتر آب مقطر مخلوط گردید، سپس ۱۲۵ میکرولیتر فولین سیکالتیو به آن اضافه شد. بعد از ۳ دقیقه، ۲۵۰

میکرولیتر محلول سدیم کربنات ($Na_2 Co_3$) و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و نمونه‌ها به مدت یک ساعت روی شیکر قرار گرفتند. درنهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Folin & Denis,1995)..

میزان فلاونوئید کل

برای محاسبه میزان فلاونوئید کل از روش رنگ سنجی کلریدآلومینیم (چانگ و همکارن، ۲۰۰۲) استفاده شد. در ابتدا به ۰/۵ میلی‌لیتر محلول عصاره، ۱/۵میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد اضافه شد. در مرحله بعدی ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد و همچنین ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار به آنها اضافه گردید. در آخر ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. مخلوط نهایی برای هر عصاره به مدت ۳۰ دقیقه در دما اتاق نگه داشته شد پس جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار فلاونوئید کل به صورت معادل میلی گرم کوئرستین در گرم وزن عصاره با استفاده از منحنی استاندار محاسبه و بیان شد (Chang *et al*., 2002).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA, 9.1) انجام گرفت و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD ($p\leq0.05$) محاسبه گردید.

نتایج

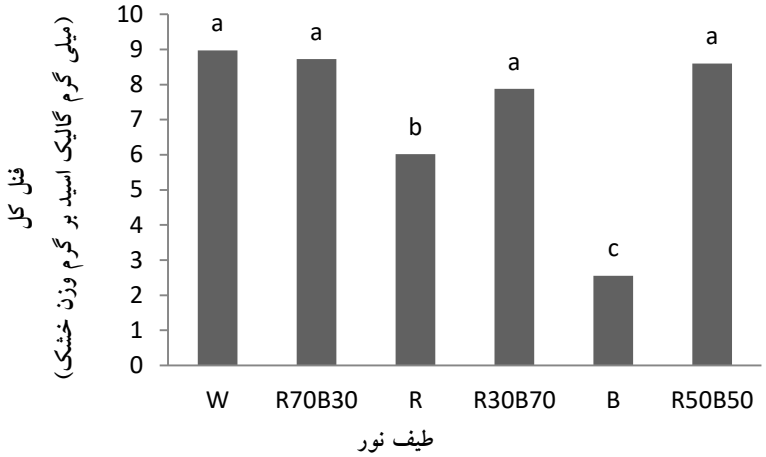
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات تیمارهای مختلف نوری بر روی فنل کل و تانن کل و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شدند. همچنین، مشخص گردید که اثرات تیمارهای مختلف نوری بر روی محتوای فلاونوئید کل در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف نوری LED بر عملکرد و مواد موثره گیاه زوفا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		فنل کل (میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن)	تانن (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	فلاونوئید کل (میلی گرم بر گرم وزن خشک)
تیمار	5	18.48*	94.89*	48.45ns
خطا آزمایش	12	1.02	5.26	13.75
ضریب تغییرات		0.34	0.46	0.15

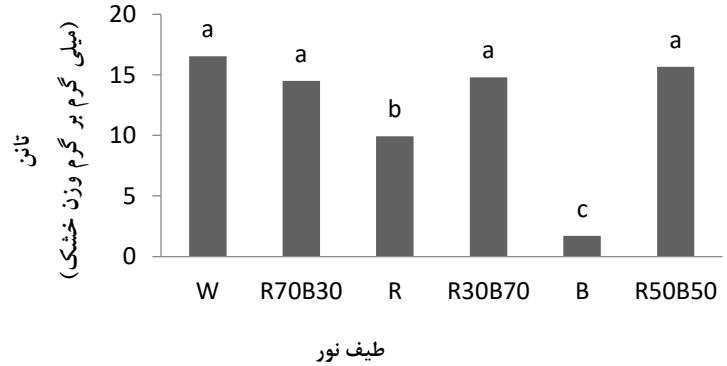
ns ،** و * به ترتیب عدم معنا داری ،معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

میزان فنل کل: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین (۲/۵۶میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مقدار فنل کل در محیط نور آبی و بیشترین (۸/۹۷ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) ثبت گردید که نسبت به شاهد به میزان ۷۰٪ کاهش داشت (شکل۳). در گیاه *Salvia miltiorrhiza* استفاده از نور ترکیبی آبی و قرمز باعث افزایش معنی‌دار اسیدهای فنولی و بهبود رشد گیاه شده است، در حالی‌که نور آبی خالص تأثیر مثبتی نداشت (Li *et al*., 2021). این نتایج با یافته حاضر همخوانی دارد و نشان می‌دهد که نور آبی ممکن است برای تحریک حداکثری متابولیسم فنولی به‌تنهایی کافی نباشد و حضور نور قرمز یا سایر طول موج‌ها برای القای کامل مسیرهای بیوسنتزی ضروری است.



شکل۱- تأثیر طیف‌های مختلف نوری LED بر محتوای فنل کل گیاه زوفا

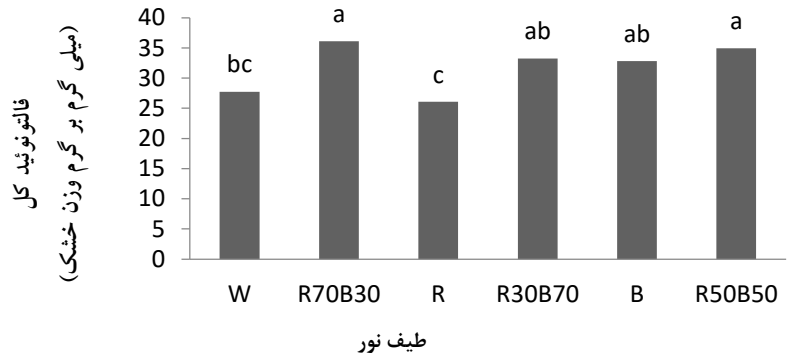
میزان تانن : مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین (۱/۷۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) میزان تانن در تیمار تک طیف نور آبی و بیشترین (۱۶/۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مقدار آن در تیمار نور سفید به‌دست آمد. بر اساس نتایج بدست آمده، میزان تانن در تیمار نور آبی به مقدار ۸۹٪ نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل۵). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که کیفیت نور می‌تواند فعالیت آنزیمی و بیان ژن‌های مسیر فنیل‌پروپانوئید و تانن‌سازی را تحت تأثیر قرار دهد. به‌عنوان مثال، مطالعه نشان داد که نور آبی خالص باعث کاهش تجمع تانن‌ها در *Scutellaria baicalensis* شد، در حالی که نور سفید یا ترکیب قرمز–آبی موجب افزایش محتوا شد. این یافته‌ها با نتایج حاضر همخوانی دارد و تأکید می‌کند که نور آبی ممکن است محرک کافی برای فعال‌سازی مسیر تانن نباشد (Ma *et al*., 2024).



شکل۲- تأثیر طیف‌های مختلف نوری LED بر تانن کل گیاه زوفا

میزان فلاونوئید کل: کمترین مقادیر فلاونوئید کل در گیاه زوفا در تیمار نوری تک طیف قرمز (۲۶/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و سفید (۲۷/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) به‌دست آمد. در مقابل، تیمار ترکیب نوری قرمز:آبی (۷۰:۳۰) نشان‌دهنده افزایش ۳۰٪ در میزان فلاونوئید کل نسبت به تیمار شاهد بود (شکل۶). مطالعات مشابه نشان داده‌اند که استفاده از نور آبی غالب در کنار نور قرمز می‌تواند به‌طور معنی‌داری محتوای فلاونوئید کل را در گیاهان دارویی افزایش دهد. به‌عنوان مثال، (Ma *et al*., 2024) گزارش کردند که در گیاه دارویی *Scutellaria baicalensis* تیمار با نور آبی غالب همراه با مقدار

مشخصی از نور قرمز منجر به افزایش چشمگیر فلاونوئیدها نسبت به نور قرمز یا سفید خالص شد. همچنین، در پژوهشی روی دو گونه دارویی *Scutellaria* نشان دادند که نور آبی نقش تعیین‌کننده‌ای در تجمع فلاون‌ها دارد و استفاده از نور ترکیبی بهینه می‌تواند باعث تقویت این مسیر شود (Costine *et al*., 2022). به‌طور مشابه، در مطالعه‌ای بر روی *Centella asiatica* افزایش قابل توجه فلاونوئیدها را در تیمارهایی با نسبت بالاتر نور آبی گزارش کردند (Song *et al*., 2022)، در حالی که نور قرمز خالص منجر به کاهش محتوای فلاونوئیدی شده بود.



شکل۳ – تأثیر طیف‌های مختلف نوری LED بر محتوای فلاونوئید کل گیاه زوفا

نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که تنظیم طیف‌های نوری LED تأثیر قابل‌توجهی بر تولید متابولیت‌های ثانویه گیاه دارویی زوفا دارد. استفاده از ترکیب‌های مختلف نور قرمز و آبی، به‌ویژه نسبت (۷۰:۳۰) و (۵۰:۵۰)، منجر به افزایش محتوای فلاونوئید و تانن گردید. در مقابل، نور آبی به‌تنهایی کاهش معنی‌داری در میزان تانن و فنل کل نشان داد. نتایج این پژوهش تأکید می‌کند که استفاده از ترکیبات بهینه نوری، با قابلیت تنظیم دقیق از طریق فناوری LED می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای ارتقاء کیفیت و کمیت گیاهان دارویی در محیط‌های کنترل‌شده به کار رود. این یافته‌ها پتانسیل بالای نورهای ترکیبی برای کاربرد در کشاورزی مدرن، به‌ویژه در کشت گلخانه‌ای و سیستم‌های کشاورزی عمودی، را برجسته می‌کند. در آینده، تحقیقاتی در زمینه بررسی تأثیر شدت‌های مختلف نور و تأثیر بلندمدت این تیمارها بر عملکرد و خواص دارویی سایر گیاهان توصیه می‌شود.

منابع

1. Amini-Harandi, M., et al. (2025). Phytochemical, physiological and morphological alterations in *Hyssopus officinalis* L. as affected by light emitting diodes (LEDs) and water deficit. *Science of Horticulture, 295*, 110858.
2. Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis, 10* (3), 178–182.
3. Chen, S., Shen, X., Cheng, S., Li, P., Du, J., Chang, Y., & Meng, H. (2013). Evaluation of garlic cultivars for polyphenolic content and antioxidant properties. *PLoS One*, 8(11), 1-12.
4. Costine, B. et al. (2022). Impact of Blue Light on Plant Growth, Flowering and Accumulation of Medicinal Flavones in Scutellaria baicalensis and S. lateriflora. *Horticulturae*, 8(12):1141.

5. Folin, O., & Denis, W. (1915). Colorimetric method for the determination of phenols. *Journal of Biological Chemistry*, 22, 305–308.

6. Ghasempour, M., Hosseini, M., Soltani-Zangbar, M. S., Motavalli, R., Aghebati-Maleki, L., Dolati, S., Mehdizadeh, A., Yousefi, M., & Ahmadian Heris, J. (2022). The impact of Hyssop (*Hyssopus officinalis*) extract on activation of endosomal toll-like receptors and their downstream signaling pathways. *BMC Research Notes, 15* (1), 366.

7. Hosseini, A., Mehrjerdi, M.Z., Aliniaeifard, S. and Seif, M. (2019). Photosynthetic and growth responses of green and purple basil plants under different spectral compositions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25, 741-752.

8. Li, H. et al. (2021). The combination of blue and red LED light improves growth and phenolic acid contents in *Salvia miltiorrhiza* .*Plant Physiology and Biochemistry*, 162: 589–599.

9. Ma, J. et al. (2024). Light quality regulates growth and flavonoid content in a widespread forest understorey medicinal species Scutellaria baicalensis Georgi. *Frontiers in Plant Science*, 15:1488649.

10. Skrypnik, L., et al. (2024). Comparative study on the response of *Hyssopus officinalis*, *Salvia* officinalis, and *Origanum vulgare*to drought stress and the possibility of reducing the effect of stress in these plants by foliar treatment with selenium. *Frontiers in Plant Science, 15*, 11547996.

11. Song, J.W. et al. (2022). The Influence of Red and Blue Light Ratios on Growth Performance, Secondary Metabolites, and Antioxidant Activities of Centella asiatica (L.) Urban. *Horticulturae.*

12. Zhao, C., Zhang, Y., & Liu, S. (2020). Recent advances in the application of LED technology in horticulture: A review. *Agronomy*, 10(2), 1-14.

Effects of LED Light Spectra on Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of Hyssop (*Hyssopus officinalis*)

Fatemeh Esmaeili[1], Hassan Bayat[2], Hossein Nastari Nasrabadi[3]*, and Mohammad Hossein Aminifard[4]
1, 2, 4 – Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Birjand
3 – Department of Horticultural Science, Torbat-e Jam Higher Education Complex
* Corresponding author email: nastari@tjamcaas.ac.ir

Abstract

Light is one of the most important factors influencing the photosynthesis process, affecting plant growth and metabolism. In recent years, light-emitting diodes (LEDs) have emerged as a new generation of light sources, gaining a prominent role in plant production under controlled environments as well as in plant physiology research. This study was conducted to investigate the effects of different LED light spectra on the bioactive compounds of Hyssopus officinalis (hyssop) using a completely randomized design with three replications in 2023 at the growth chamber of Torbat Jam Higher Education Complex. The LED light treatments included white light, 100% red, 100% blue, and red:blue combinations (30:70, 70:30, 50:50) at an intensity of 250 ± 10 µmol photons m^{-2} s^{-1}. The results showed that different light treatments had significant effects at the 5% and 1% levels on the bioactive compounds of hyssop. The lowest flavonoid content was observed under red light treatment (26.08 mg g^{-1} dry weight). According to the results, blue light led to the lowest total phenol content (2.56 µg gallic acid g^{-1} dry weight) and the lowest tannin content (1.70 mg mL^{-1}), representing an 89% reduction compared to the control. These findings indicate that different LED light combinations have distinct effects on the bioactive compounds of hyssop. Based on the results, using suitable red and blue light combinations, particularly red:blue (30:70), can enhance the bioactive compounds of this medicinal plant.

Keywords: Tannin, Phenol, Flavonoid, Light quality

بهینه‌سازی استخراج ترکیبات زیست‌فعال زالزالک (*Crataegus spp.*): مقایسه روش‌های متداول و فناوری‌های نوین استخراج سبز

امیررضا غیبی[1]، سیّده فریناز صارم‌نژاد نمینی[2*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه محقق اردبیلی

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

گیاه دارویی زالزالک (*Crataegus spp.*) با دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند از جمله فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها و اسیدهای تری‌ترپنیک، از پتانسیل درمانی بالایی در حوزه قلبی-عروقی برخوردار است. این مطالعه به مقایسه سیستماتیک روش‌های سنتی (خیساندن و سوکسله) و فناوری‌های نوین استخراج سبز (اولتراسوند و مایکروویو) در استخراج این ترکیبات می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهد روش‌های نوین در مقایسه با روش‌های سنتی، نه تنها بازده استخراج را به طور چشمگیری افزایش می‌دهند، بلکه زمان فرآیند را کاهش داده و مصرف حلال را نیز به حداقل می‌رسانند. همچنین این روش‌ها قادر به حفظ بهتر ترکیبات حساس حرارتی هستند. در میان روش‌های مورد بررسی، استخراج به کمک امواج فراصوت (UAE) و مایکروویو (MAE) به ترتیب با بازده بیشتر نسبت به روش خیساندن و سوکسله، کارآمدترین روش‌ها شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: زالزالک، استخراج سبز، اولتراسوند (UAE)، مایکروویو (MAE)، ترکیبات زیست‌فعال

۱- مقدمه

۱-۱- اهمیت گیاهان دارویی و جایگاه زالزالک

محصولات طبیعی از دیرباز نقشی حیاتی در درمان بیماری‌ها ایفا کرده‌اند و در طب سنتی، گیاهان دارویی و فرمولاسیون‌های گیاهی به عنوان ابزاری کلیدی برای پیشگیری و تسکین بیماری‌های مختلف انسان به کار رفته‌اند. در دو دهه اخیر، توجه به داروهای گیاهی به عنوان گزینه‌های درمانی نوین به طور قابل توجهی افزایش یافته است (S. F. Nabavi et al., 2012; S. F. Nabavi, Russo, et al., 2015). امروزه به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است که اثرات فارماکولوژیک گیاهان دارویی، ناشی از حضور ترکیبات زیست‌فعال متنوع در آن‌هاست. در این میان، گیاهان خوراکی به دلیل اثرات جانبی ناچیز، به عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین منابع برای دستیابی به این ترکیبات ارزشمند، مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند (Curti et al., 2014; S. M. Nabavi et al., 2012).

گیاه زالزالک (*Hawthorn*) که با نام علمی *Crataegus L* شناخته می‌شود و از دیرباز به عنوان یکی از شناخته‌شده‌ترین گیاهان دارویی در طب سنتی غرب و شرق جایگاه ویژه‌ای داشته است (Martino et al., 2008). این گیاه که در اروپا، آفریقا و آسیا پراکندگی گسترده‌ای دارد، معمولاً به صورت درختچه یا درخت کوچک با ارتفاع ۵ تا ۱۰ متر رشد می‌کند (Chang et al., 2002). میوه‌های کوچک و قرمز تیره این گیاه، حاوی غنی‌ترین ترکیبات زیست‌فعال است که عامل اصلی خواص درمانی آن محسوب می‌شود (S. F. Nabavi, Habtemariam, et al., 2015).

[2]* Email :sareminamin@uma.ac.ir

۱-۲- ترکیبات زیست‌فعال زالزالک و خواص درمانی

اهمیت دارویی این گیاه ریشه در پروفایل شیمیایی پیچیده و منحصربه‌فرد آن، دارد. زالزالک به عنوان منبعی غنی از متابولیت‌های ثانویه ارزشمند شناخته می‌شوند که طیف وسیعی از ترکیبات زیست‌فعال نظیر فلاونوئیدها، گلیکوزیدها، آنتوسیانین‌ها را در بر میگیرد (Rodrigues et al., 2012). در طب سنتی از میوه و گل‌های خشک شده این گیاه برای درمان بیماری‌هایی چون التهاب گلو، تپش قلب، تصلب شرایین و نارسایی کبد استفاده می‌شد. میوه‌های گونه‌های مختلف زالزالک به عنوان منبع غنی آنتی‌اکسیدان شناخته می‌شوند که این ویژگی ناشی از وجود ترکیبات فنولی شاخصی مانند اسید پروتوکاتکوئیک، روتین، کوئرستین، اسید کلروژنیک و اپی‌کاتچین است (Erkek et al., 2025).

استخراج عصاره‌های غنی از این مواد هدف اصلی بسیاری از فرآیندهای استخراج پیشرفته محسوب می‌شود.

۱-۳- ضرورت بهینه‌سازی روش‌های استخراج

با توجه به اهمیت فزاینده ترکیبات زیست‌فعال زالزالک، انتخاب روش بهینه استخراج به چالش مهمی در صنایع دارویی و غذایی تبدیل شده است. کارایی فرآیند استخراج نه تنها بر بازده نهایی، بلکه بر پروفایل کیفی عصاره و حفظ خواص درمانی آن نیز تأثیر مستقیم دارد. روش‌های متعددی از فناوری‌های سنتی مبتنی بر حلال تا رویکردهای نوین و سبز برای این منظور توسعه یافته‌اند. این مطالعه با هدف ارائه تحلیلی از روش‌های مختلف استخراج ترکیبات مؤثره زالزالک، با تمرکز بر مقایسه مزایا، معایب و کارایی هر روش تهیه شده است. در این راستا، روش‌های متداول و روش‌های پیشرفته دوست‌دار محیط زیست به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته و معیارهای انتخاب روش بهینه ارائه خواهد شد.

۲- روش‌های متداول استخراج

روش‌های متداول استخراج، همچون خیساندن و سوکسله، از ابتدایی‌ترین‌و قدیمی‌ترین‌روش‌های‌جدلسازی ترکیبات طبیعی محسوب می‌شوند. این روش‌ها که بر پایه استفاده از حلال عمل می‌کنند، با وجود مزایایی نظیر سادگی و هزینه کم، به دلیل زمان طولانی و نیاز به مقادیر زیاد حلال، کارایی محدودی دارند (Patel et al., 2019). امروزه بررسی این فناوری‌ها بیشتر با هدف مقایسه و درک برتری روش‌های نوین استخراج صورت می‌گیرد.

۲-۱- خیساندن[1]

استخراج به روش خیساندن به عنوان قدیمی‌ترین و پایه‌ای‌ترین روش استخراج جامد-مایع، اغلب به عنوان روش مرجع در مقایسه با روش‌های نوین مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس این روش بر پایه اصول نفوذ و اسمز استوار است که در آن ماده گیاهی برای مدت زمان مشخصی در تماس با حلال قرار گرفته و ترکیبات مؤثره به تدریج به فاز مایع منتقل می‌شوند. این فرآیند به دلیل سادگی، اقتصادی بودن و عدم نیاز به تجهیزات پیچیده، در مقیاس‌های مختلف از آزمایشگاهی تا صنعتی قابل اجراست. با این وجود، مهم‌ترین محدودیت این روش، زمان طولانی مورد نیاز برای دستیابی به تعادل و استخراج کامل است که کارایی آن را در مقایسه با روش‌های پیشرفته کاهش می‌دهد (Naviglio et al., 2019).

درمطالعه‌ای به اثبات رسید که تأثیر شرایط فرآیندی بر استخراج ترکیب فلاونوئیدی هایپروزید در روش خیساندن مورد توجه است بطوریکه بیشترین بازده استخراج این ترکیب، برابر با۲/۳۸۱میلی گرم بر گرم وزن خشک در دمای اتاق و با استفاده از اتانول ۵۰٪ به‌عنوان حلال به دست آمد. با این حال، افزایش دما تا ۶۰°C منجر به کاهش قابل‌توجه بازده تا ۱/۷۱۹ میلی گرم بر گرم وزن خشک گردید. این افت محسوس در بازده نشان می‌دهد که هایپروزید، با وجود پایداری نسبی بیشتر نسبت به ویتکسین، همچنان در معرض تخریب حرارتی در فرآیندهای طولانی‌مدت قرار دارد. یافته‌های مذکور اهمیت

[1] *Maceration*

بهینه‌سازی دقیق پارامترهای استخراج، به‌ویژه کنترل دما و زمان تماس با حلال را حتی در روش‌های متداول مانند خیساندن، به‌منظور حفظ حداکثری ترکیبات زیست‌فعال مورد تأکید قرار می‌دهند (Martino et al., 2008).

۲-۲- سوکسله[1]

یک روش متداول و استاندارد برای استخراج ترکیبات از ماتریکس‌های جامد است. اساس کار این روش بر یک فرآیند نیمه‌پیوسته استوار است که در آن، نمونه به صورت مکرر در معرض حلال تازه و متراکم‌شده قرار می‌گیرد. حلال پس از عبور از نمونه و استخراج ترکیبات، از طریق یک سیفون به محفظه تقطیر بازمی‌گردد و این چرخه به طور مداوم تکرار می‌شود.

مزیت اصلی این فرآیند، تماس دائمی نمونه با حلال خالص است که با جابجایی تعادل انتقال جرم، به استخراج کامل‌ترمی‌انجامد. علاوه بر این، سادگی، هزینه پایین تجهیزات و عدم نیاز به فیلتراسیون، آن را به روشی رایج در بسیاری از پروتکل‌های استاندارد تبدیل کرده است (Luque de Castro et al., 2010).

با این حال، روش سوکسله دارای معایب قابل توجهی است که کاربرد آن را به ویژه برای ترکیبات حساس، محدود می‌کند. زمان بسیار طولانی فرآیند (اغلب چندین ساعت) و مصرف حجم بالای حلال، از مهم‌ترین چالش‌های اقتصادی‌و زیست‌محیطی آن به شمار می‌رود. نقطه ضعف کلیدی دیگر، قرار گرفتن عصاره در دمای جوش حلال برای مدت زمان طولانی است. این شرایط حرارتی شدید می‌تواند منجر به تخریب ترکیبات زیست‌فعال حساس به حرارت، نظیر برخی فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی موجود در زالزالک، گردد (Luque de Castro et al., 2010).

همین محدودیت‌ها، به ویژه زمان‌بر بودن و احتمال آسیب به ترکیبات هدف، انگیزه اصلی برای توسعه و جایگزینی آن با روش‌های استخراج نوین بوده است.

به اثبات رسید که روش‌سوکسله کارایی قابل توجهی در استخراج ترکیبات فنولی از زالزالک دارد به طوریکه مطالعات روی گونه *Crataegus microphylla* با این روش نشان داد که این گیاه منبع غنی از ترکیبات زیست‌فعال است. اپی‌کاتچین با غلظت بسیار بالا (۲۴۷۹/۱میکروگرم بر گرم وزن خشک) به عنوان ترکیب غالب شناسایی شد. همچنین مقادیر قابل توجهی اسید گالیک (۳۰۵/۹میکروگرم بر گرم) و پروتوکاتچوالدهید (۸۸/۸میکروگرم بر گرم) استخراج گردید (Şeker et al., 2025).

و در مطالعه ای دیگر به اثبات رسید که، روش سوکسله برای جداسازی ترکیبات فلاونوئیدی موجود در زالزالک میتواند استفاده شود به طوریکه فرآیند استخراج در این مطالعه به مدت ۳۰۰ دقیقه و در دمای جوش حلال،[2] با بهره‌گیری از اتانول ۹۶٪ به‌عنوان حلال انجام گرفت. نتایج حاصل نشان داد که در این شرایط، بازده استخراج ترکیب هایپروزید برابر با ۲/۵۲۲میلی گرم بر گرم وزن خشک بوده است، که بیانگر کارایی مناسب این روش در استخراج ترکیبات مقاوم به حرارت از ماتریکس گیاهی زالزالک می‌باشد (Martino et al., 2008).

اگرچه این نتایج توانایی بالای روش سوکسله را نشان می‌دهد، اما باید توجه داشت که شرایط حرارتی این روش ممکن است بر پایداری برخی ترکیبات حساس تأثیر گذاشته باشد. مقایسه این نتایج با روش‌های استخراج در دمای پایین می‌تواند تصویر کامل‌تری از کارایی واقعی ارائه دهد.

۳- فناوری‌های نوین استخراج سبز

محدودیت‌های‌روش‌های‌استخراج متداول از جمله زمان طولانی، مصرف بالای حلال و خطر تخریب ترکیبات، محرک توسعه روش‌های نوین و دوستدار محیط زیست بوده است. روش‌های پیشرفته‌ای مانند استخراج به کمک امواج فراصوت (*UAE*) و استخراج به کمک مایکروویو (*MAE*) با کاهش چشمگیر زمان فرآیند و مصرف حلال، پتانسیل بالایی برای جایگزینی

[1] Soxhlet
[2] Reflux

روش‌های سنتی نشان داده‌اند. از مزایای کلیدی این روش‌ها می‌توان به عملکرد در دماهای پایین‌تر و حفظ پایداری ترکیبات حساس اشاره کرد (Christen et al., 2002; Tiwari, 2015).

۳-۱- استخراج به کمک امواج فراصوت[1]

با توجه به چالش‌های موجود در روش‌های متداول استخراج، از جمله طولانی بودن فرآیند و تخریب حرارتی ترکیبات زیست‌فعال، استفاده از فناوری‌های نوین به عنوان یک راهکار کارآمد مطرح شده است. در این میان، استخراج به کمک امواج فراصوت (*UAE*) به دلیل راندمان بالا، کاهش هزینه‌های فرآیندی و سازگاری با اصول شیمی سبز، جایگاه ویژه‌ای یافته است. مکانیزم عملکرد این روش برمبنای استفاده از امواج صوتی با فرکانس بالا است که موجب بهبود انتقال جرم و آزادسازی ترکیبات فعال از بافت گیاهی می‌شود. (Tiwari, 2015)

از مهم‌ترین مزایای *UAE* می‌توان به کوتاه‌تر شدن زمان استخراج، مصرف کمتر حلال و حفظ ترکیبات حساس در دماهای پایین اشاره کرد. این ویژگی‌ها سبب شده است که این روش در صنایع غذایی و دارویی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال با اهمیت رو به گسترش باشد (Tiwari, 2015).

در پژوهشی به اثبات رسید که بازده استخراج ترکیب هایپروزید با استفاده از روش استخراج به کمک امواج فراصوت (*UAE*) به میزان۳/۳ میلی‌گرم بر گرم در دمای اتاق و طی ۶۰ دقیقه است. این بازده در مقایسه با روش‌های متعارف، برتری قابل توجهی را نشان می‌دهد (Martino et al., 2008).

در مطالعه‌ای بر روی برگ‌های *Crataegus almaatensis* برتری روش استخراج به کمک امواج فراصوت (UAE) را نسبت به روش مرسوم مایع–جامد، به صورت کمی نشان داده است. بر اساس نتایج به اثبات رسید که، استفاده از UAE منجر به دست امدن ۴۸ میلی‌گرم گالیک اسید معادل به ازای هر گرم وزن خشک شد این بهبود کمی در محتوای ترکیبات زیست‌فعال، با ارتقاء فعالیت آنتی‌اکسیدانی همراه بود؛ به‌گونه‌ای که عصاره‌های حاصل از UAE افزایش ۷، ۴ و ۹ درصدی را به ترتیب در آزمون‌های *FRAP*، *DPPH* و *ABTS* نشان دادند. علاوه بر کیفیت عصاره، بازده کلی فرآیند استخراج نیز با کاربرد امواج فراصوت تا ۲۰٪ ارتقاء یافت که بیانگر کارایی بالاتر این روش در آزادسازی ترکیبات از بافت گیاهی است (Nabiyeva et al., 2025).

به طور کلی، بر اساس یافته‌ها ثابت شد که UAE در مقایسه با روش‌های متداول، ضمن بهبود چشمگیر بازده و کیفیت عصاره‌های سرشار از آنتی‌اکسیدان، با کاهش قابل توجه مصرف حلال نیز همراه است. این مزایا، *UAE* را به گزینه‌ای توانمند، سازگار با محیط زیست و اقتصادی برای بهره‌برداری در مقیاس صنعتی جهت تولید عصاره‌های زالزالک با ارزش تغذیه‌ای و دارویی مطرح می‌سازد (Nabiyeva et al., 2025).

۳-۲- استخراج به کمک مایکروویو[2]

مایکروویو، به‌عنوان یک فناوری پیشرفته در حوزه استخراج ترکیبات زیست‌فعال، بر مبنای تبدیل انرژی الکترومغناطیسی به انرژی حرارتی در داخل ماتریکس گیاهی عمل می‌کند. در این فرآیند، امواج مایکروویو به‌طور انتخابی با مولکول‌های قطبی خصوصاً آب برهم‌کنش کرده و نوسانات سریع آن‌ها منجر به ایجاد گرمایش شدید و موضعی در مقیاس سلولی می‌گردد. این پدیده به افزایش فشار داخلی، پارگی دیواره‌های سلولی و آزادسازی سریع ترکیبات زیست‌فعال به محیط حلال منجر می‌شود. بر خلاف روش‌های حرارتی متداول که انتقال گرما از سطح خارجی به سمت داخل صورت می‌گیرد، MAE با ایجاد گرمایش حجمی[3] امکان دستیابی به فرآیندی بسیار سریع‌تر، کارآمدتر و با بازده بالاتر را فراهم می‌آورد.

---

[1] Ultrasound-Assisted Extraction - UAE
[2] Microwave-Assisted Extraction - MAE
[3] Volumetric Heating

مزایای کلیدی این روش شامل کاهش چشمگیر زمان فرآیند، کاهش مصرف حلال و انرژی، و ارتقاء راندمان استخراج است.شواهد علمی متعددی نیز کارایی بالای *MAE* را در استخراج ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی از طیف وسیعی از منابع گیاهی تأیید کرده‌اند (Christen et al., 2002).

در پژوهشی ،کارایی روش استخراج به کمک مایکروویو (*MAE*) برای استخراج هایپروزید نیز مورد بررسی قرار گرفت و به اثبات رسید در این روش در دمای ۶۰°C و زمان کوتاه ۳ دقیقه، به بازده استخراج قابل توجه ۲/۱میلی‌گرم بر گرم دست یافت. در یک پژوهش دیگر، کارآمدی(*MAE*) ، در استخراج پلی‌فنول‌ها از برگ و گل *Crataegus monogyna* به‌وضوح اثبات گردید نتایج نشان داد که *MAE* در مقایسه با روش‌های متداول نه‌تنها بازده بالاتری دارد، بلکه توانایی استخراج مقادیر چشمگیرتری از پلی‌فنول‌های کل (TPC) و فلاونوئیدهای کلیدی از جمله ویتکسین، هایپروزید و روتین را نیز داراست. میتوان تحت شرایط بهینه شامل مدت زمان بسیار کوتاه ۱۰ دقیقه، دمای ۶۰°C و حلال اتانول ۵۰٪، محتوای کل پلی‌فنول‌ها به ۱۱۶/۲۳میلی گرم بر گرم وزن خشک بر حسب گالیک اسید دست یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که *MAE* یک رویکرد نوین، سریع، کارآمد و زیست‌پایدار برای دستیابی به عصاره‌های غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از زالزالک محسوب می‌شود (Gavrila et al., 2025).

نتایج حاصل از استخراج به کمک مایکروویو (*MAE*) برتری چشمگیر این روش را در مقایسه با روش‌های مرسوم به خوبی نشان می‌دهد. در حالی که روش‌های متداول مانند سوکسله نیاز به چندین ساعت زمان دارند، *MAE* تنها در ۱۰ دقیقه به بازده استخراج قابل توجهی دست می‌یابد. این کاهش شدید زمان فرآیند، همراه با مصرف کمتر انرژی و حلال، *MAE* را به گزینه‌ای بسیار مطلوب برای کاربردهای صنعتی تبدیل کرده است. بنابراین، به اثبات رسید که *MAE* به عنوان یک روش سریع و دوستدار محیط زیست، پتانسیل بالایی برای تولید عصاره‌های دارویی و غذایی از زالزالک، به ویژه در مقیاس صنعتی، دارا می‌باشد.

۴- مقایسه عملکرد روش‌های استخراج سنتی و نوین

۴-۱- جدول مقایسه‌ای بازده، زمان و دما

همانطور که در جدول ۱ دیده می‌شود، بازده استخراج در روش‌های نوین به‌طور چشمگیری بیشتر از روش‌های متداول است.

روش خیساندن که ساده و قدیمی است، به دلیل زمان طولانی تماس با حلال و دمای پایین، کمترین بازده حدود ۱/۷میلی گرم بر گرم را داشت. در روش سوکسله نیز اگرچه بازده کمی بهبود یافت حدود ۲/۵میلی گرم بر گرم و برای ترکیبات پایدار مانند هایپروزید مناسب بود.

جدول ۱- جدول مقایسه روش های استخراج با تمرکز بر استخراج هایپروزید (Martino et al., 2008)

روش استخراج	دما	زمان	بازده
خیساندن	60 درجه سانتی گراد	360 min	1.7mg/g
سوکسله	دمای جوش	300 min	2.5mg/g
اولتراسونیک	دمای اتاق	60 min	3.3mg/g
مایکروویو	60 درجه سانتی گراد	3 min	2.1mg/g

۴-۲- تحلیل مزایا و محدودیت‌ها

طبق جدول ۱، فناوری‌های جدید مانند اولتراسوند (*UAE*) و مایکروویو (*MAE*) نتیجه‌ای به مراتب بهتر داشتند. اولتراسوند با ایجاد پدیده کاویتاسیون و تخریب دیواره سلولی، تنها در ۶۰دقیقه بازده را به۳/۳میلی گرم بر گرم افزایش داد. اما بازده

مربوط به مایکروویو : ۲/۱میلی گرم بر گرم در تنها ۳ دقیقه. داده‌ها نشان می‌دهد روش‌های‌نوین بازده بیشتری دارند، زمان استخراج را کاهش می‌دهند و ترکیبات حساس را بهتر حفظ می‌کنند. بنابراین انتخاب روش، به ماهیت ترکیب هدف، پایداری آن و مقیاس کار بستگی دارد.

۶- نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

۶-۱-جمع‌بندی نهایی

در جمع‌بندی می‌توان گفت که انتخاب روش استخراج بهینه، یک تصمیم مطلق و یکنواخت نیست، بلکه به هدف نهایی فرآیند بستگی دارد. در مطالعات آزمایشگاهی که کاهش زمان و افزایش کارایی در اولویت قرار دارد، روش مایکروویو (*MAE*) به‌عنوان گزینه‌ای ایده‌آل مطرح است. در مقابل، برای کاربردهای صنعتی که حفظ پایداری‌ترکیبات حساس در دماهای پایین‌تر اهمیت بیشتری دارد، روش اولتراسوند (*UAE*) جایگزینی کارآمد و دوستدار محیط زیست محسوب می‌شود. با این حال، بی‌تردید آینده فناوری استخراج ترکیبات طبیعی از منابع گیاهی ارزشمند نظیر زالزالک، در گرو توسعه و ترکیب فناوری‌های نوین سبز است.

۶-۲- پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی

پژوهش‌های آتی می‌توانند بر توسعه روش‌های ترکیبی مانند تلفیق امواج فراصوت و مایکروویو (*UMAE*) متمرکز شوند. به کارگیری نانوفناوری و حلال‌های یوتکتیک عمیق طبیعی (*NADESs*) نیز از اولویت‌های تحقیقاتی است. در نهایت، توسعه محصولات کاربردی از عصاره زالزالک و انجام مطالعات تکنو-اقتصادی برای ارزیابی مقیاس‌پذیری صنعتی این فناوری‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

۷- منابع

Chang, Q., Zuo, Z., Harrison, F., Sing, M., & Chow, S. (2002). *Qi Chang, PhD, Zhong Zuo, PhD, Francisco Harrison, MD, and Moses Sing Sum Chow, PharmD*. 605–612.

Christen, P., & Kaufmann, B. (2002). Recent Extraction Techniques for Natural Products : Microwave-assisted Extraction and Pressurised Solvent Extraction. *Phytochemical Analysis*, *113*(Phytochem. Anal. 13), 105–113. Retrieved from University of Geneva, School of Pharmacy, Laboratory of Pharmaceutical Analytical Chemistry, 20 bd d'Yvoy, CH-1211 Geneva 4, Switzerland

Curti, V., Capelli, E., Boschi, F., Nabavi, S. F., Bongiorno, A. I., Habtemariam, S., Nabavi, S. M., & Daglia, M. (2014). Modulation of human miR-17-3p expression by methyl 3-O-methyl gallate as explanation of its in vivo protective activities. *Molecular Nutrition and Food Research*, *58*(9), 1776–1784. doi: 10.1002/mnfr.201400007

Erkek, B., Yaman, M., Sümbül, A., Demirel, S., Demirel, F., Coşkun, Ö. F., Say, A., Eren, B., Aydin, A., & Eroglu, A. (2025). Natural Diversity of Crataegus monogyna Jacq. in Northeastern Türkiye Encompassing Morphological, Biochemical, and Molecular Features. *Horticulturae*, *11*(3), 1–23. doi: 10.3390/horticulturae11030238

Gavrila, A. I., Damian, E. J., Rosca, A., Calinescu, I., Hodosan, C., & Popa, I. (2025). Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Polyphenols from Crataegus monogyna L. *Antioxidants*, *14*(3), 1–20. doi: 10.3390/antiox14030357

Ljubuncic, P., Portnaya, I., Cogan, U., Azaizeh, H., & Bomzon, A. (2005). Antioxidant activity of Crataegus aronia aqueous extract used in traditional Arab medicine in Israel. *Journal of Ethnopharmacology*, *101*(1–3), 153–161. doi: 10.1016/j.jep.2005.04.024

Luque de Castro, M. D., & Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, *1217*(16), 2383–2389. doi: 10.1016/j.chroma.2009.11.027

Martino, E., Collina, S., Rossi, D., Bazzoni, D., Gaggeri, R., Bracco, F., & Azzolina, O. (2008). Influence of the extraction mode on the yield of hyperoside, vitexin and vitexin-2-O-rhamnoside from Crataegus monogyna Jacq. (Hawthorn). *Phytochemical Analysis*, *19*(6), 534–540. doi: 10.1002/pca.1081

Nabavi, S. F., Habtemariam, S., Ahmed, T., Sureda, A., Daglia, M., Sobarzo-Sánchez, E., & Nabavi, S. M. (2015). Polyphenolic composition of Crataegus monogyna jacq.: From chemistry to medical applications. *Nutrients*, *7*(9), 7708–7728. doi: 10.3390/nu7095361

Nabavi, S. F., Nabavi, S. M., Moghaddam, A. H., Naqinezhad, A., Bigdellou, R., & Mohammadzadeh, S. (2012). Protective effects of Allium paradoxum against gentamicin-induced nephrotoxicity in mice. *Food and Function*, *3*(1), 28–29. doi: 10.1039/c1fo10173k

Nabavi, S. F., Russo, G. L., Daglia, M., & Nabavi, S. M. (2015). Role of quercetin as an alternative for obesity treatment: You are what you eat! *Food Chemistry*, *179*, 305–310. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.02.006

Nabavi, S. M., Nabavi, S. F., Eslami, S., & Moghaddam, A. H. (2012). In vivo protective effects of quercetin against sodium fluoride-induced oxidative stress in the hepatic tissue. *Food Chemistry*, *132*(2), 931–935. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.070

Nabiyeva, Z., Kulaipbekova, A., Carpentieri, S., Pronina, Y., Samadun, A., Assembayeva, E., & Ferrari, G. (2025). Optimization of Conventional and Ultrasound-Assisted Extraction to Maximize Recovery of Total Phenolic Content and In Vitro Antioxidant Activity from Crataegus almaatensis Leaves. *Antioxidants*, *14*(8), 1–27. doi: 10.3390/antiox14081003

Naviglio, D., Scarano, P., Ciaravolo, M., & Gallo, M. (2019). Rapid solid-liquid dynamic extraction (RSLDE): A powerful and greener alternative to the latest solid-liquid extraction techniques. *Foods*, *8*(7), 1–22. doi: 10.3390/foods8070245

Patel, K., Panchal, N., & Ingle, P. (2019). Techniques Adopted for Extraction of Natural Products Extraction Methods: Maceration, Percolation, Soxhlet Extraction, Turbo distillation, Supercritical Fluid Extraction. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science*, *6*(4), 1–12. doi: 10.20431/2349-0403.0604001

Rodrigues, S., Calhelha, R. C., Barreira, J. C. M., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Abreu, R. M. V., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2012). Crataegus monogyna buds and fruits phenolic extracts: Growth inhibitory activity on human tumor cell lines and chemical characterization by HPLC-DAD-ESI/MS. *Food Research International*, *49*(1), 516–523. doi: 10.1016/j.foodres.2012.07.046

Şeker, M. E., Erdoğan, A., & Ay, E. (2025). Comparative Analysis of Phenolic, Carotenoid, and Elemental Profiles in Three Crataegus Species from Şebinkarahisar, Türkiye: Implications for Nutritional Value and Safety. *Molecules*, *30*(14). doi: 10.3390/molecules30142934

Tiwari, B. K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, *71*, 100–109. doi: 10.1016/j.trac.2015.04.013

Optimization of Bioactive Compound Extraction from Hawthorn (*Crataegus spp.*): A Comparative Study Between Conventional and Emerging Green Extraction Technologies

Amirreza Gheibi[1], Seyyedeh Farinaz Saremnezhad namini[2]*
[1] MSc Student, Department of Food Science and Engineering, University of Mohaghegh Ardabili
[2] Assistant Professor, Department of Food Science and Engineering, University of Mohaghegh Ardabili
*Corresponding author email: **sareminamin@uma.ac.ir**

Abstract

The medicinal plant hawthorn (Crataegus spp.), enriched with valuable bioactive constituents such as flavonoids, polyphenols, and triterpenic acids, possesses significant therapeutic potential, particularly in the cardiovascular domain. This study provides a systematic comparison of traditional extraction methods (maceration and Soxhlet) with modern green extraction technologies, including ultrasound-assisted extraction (UAE) and microwave-assisted extraction (MAE), for the recovery of these compounds. The findings indicate that, compared to conventional techniques, advanced methods not only markedly enhance extraction yield but also reduce processing time and minimize solvent consumption. Moreover, these techniques demonstrate superior preservation of thermolabile phytochemicals. Among the evaluated approaches, UAE and MAE were identified as the most efficient methods, offering substantially higher yields than maceration and Soxhlet extraction..

Keywords: *Crataegus*, green extraction, ultrasound-assisted extraction (UAE), microwave-assisted extraction (MAE), bioactive compounds

فناوری‌های نوین در خشک‌کردن و بسته‌بندی زعفران (*Crocus sativus* L.)

میثم یعقوبی دشتاب ئی [۱]، ایمان ابدالی [۲]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه فردوسی ۲-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه تربت حیدریه

1-Mesam.n70@gmail.com
2-Iman67tj@gmail.com

چکیده:

بهبود کیفیت و افزایش عمر انبارمانی زعفران به عنوان چالشی اساسی در صنعت این محصول باارزش مطرح است. این مطالعه به بررسی کارآمدترین فناوری‌های نوین در دو مرحله حیاتی خشک‌کردن و بسته‌بندی زعفران می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهد خشک کردن انجمادی با حفظ ۹۸ درصدی ترکیبات فرار (سافرانال) و رنگدانه‌ها (کروسین)، در مقایسه با ۶۰ تا ۷۰ درصد در روش‌های سنتی، برتری چشمگیری دارد. همچنین فناوری نوظهور پلاسمای سرد با کاهش زمان فرآیند به چند دقیقه و انجام استریلیزاسیون همزمان، رویکردی انقلابی را ارائه می‌دهد. در حوزه بسته‌بندی، تلفیق سامانه اتمسفر اصلاح‌شده با نانوکامپوزیت‌های پلیمری و شاخص‌های هوشمند نظارت بر کیفیت، عمر ماندگاری محصول را تا ۶۰ ماه تضمین می‌کند. پژوهش حاضر اثبات می‌کند که به کارگیری یکپارچه این فناوری‌ها می‌تواند ضمن ۴۰ درصد افزایش عمر انبارمانی، تا ۶۰ درصد بر ارزش افزوده زعفران در بازارهای جهانی بیفزاید.

واژه‌های کلیدی: زعفران، خشک کردن انجمادی، پلاسمای سرد، بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده (MAP)، بسته‌بندی هوشمند، نانوکامپوزیت

مقدمه

۱ .اهمیت مرحله خشک‌کردن و بسته‌بندی در زنجیره ارزش زعفران

زعفران (Crocus sativus L.) به عنوان گران‌بهاترین محصول کشاورزی جهان، دارای ترکیبات زیست‌فعال ارزشمندی از جمله کروسین (عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال (عامل عطر) است (Abdullaev,2004). این ترکیبات به شدت در برابر عوامل محیطی حساس بوده و کیفیت آن‌ها به طور مستقیم تحت تأثیر روش‌های خشک‌کردن و بسته‌بندی قرار می‌گیرد (Carmona et al.2006,).

۲ .چالش‌های روش‌های سنتی

روش‌های سنتی خشک‌کردن از جمله خشک کردن در سایه و آفتاب، اگرچه کم‌هزینه هستند، اما به دلیل زمان طولانی فرآیند و قرارگیری در معرض عوامل تخریب‌کننده، منجر به کاهش قابل توجه ترکیبات موثره می‌شوند (Raina et al.1996,). به طور مثال، روش‌های سنتی تنها قادر به حفظ ۶۰-۷۰ درصد از ترکیبات فرار هستند، در حالی که این رقم در روش‌های نوین به ۹۸ درصد می‌رسد (Maggi et al.2024,).

۳ .ضرورت به کارگیری فناوری‌های نوین

با توجه به ارزش بالای زعفران و حساسیت ترکیبات آن، استفاده از فناوری‌های پیشرفته در مراحل خشک‌کردن و بسته‌بندی نه تنها یک انتخاب، بلکه یک ضرورت برای حفظ کیفیت و رقابت در بازارهای جهانی است (Cardoso et al.2024,). این فناوری‌ها قادرند ضمن حفظ ترکیبات ارزشمند، عمر انبارمانی محصول را به طور چشمگیری افزایش دهند.

۴ .اهداف پژوهش

این مطالعه با هدف بررسی نظام‌مند فناوری‌های نوین در خشک‌کردن و بسته‌بندی زعفران و تحلیل مزایا و محدودیت‌های هر یک از این روش‌ها نگاشته شده است. نوآوری این پژوهش در ارائه تحلیل کمی مقایسه‌ای بین فناوری‌های مختلف و ارائه راهکارهای عملی برای به کارگیری آن‌ها در مقیاس‌های مختلف تولید می‌باشد.

۵ .ساختار مقاله

در ادامه، به ارزیابی کمی و کیفی فناوری‌های نوین خشک‌کردن از جمله خشک کردن انجمادی، پلاسمای سرد و مایکروویو پرداخته و سامانه‌های پیشرفته بسته‌بیدی شامل بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده، بسته‌بندی فعال و هوشمند مورد تحلیل قرار خواهند گرفت. در پایان، راهکارهای عملی برای توسعه و بومی‌سازی این فناوری‌ها ارائه خواهد شد.

بخش مواد و روش‌ها

روش‌های نوین خشک‌کردن زعفران

خشک کردن انجمادی (Freeze Drying):

این روش با انجماد سریع کلاله‌ها در دمای ۸۰- تا ۴۰- درجه سانتی‌گراد و سپس تصعید رطوبت در شرایط خلأ انجام می‌شود (Maggi et al.,2024) مزیت اصلی این روش حفظ ۹۸-۹۵ درصدی ترکیبات فرار و رنگدانه‌هاست، اما به دلیل زمان طولانی (۲۰-۴۰ ساعت) و مصرف انرژی بالا (۸/۵ کیلووات ساعت بر کیلوگرم)، برای محصولات با ارزش افزوده بسیار بالا مناسب است. (Rokni et al.,2023)

خشک کردن با پلاسمای سرد (Cold Plasma Drying):

این فناوری نوظهورخشک کردن با ایجاد میدان پلاسمایی در دمای نزدیک به محیط (۳۰-۲۵ درجه) عمل می‌کند .(Cardoso et al.,2024)ذرات باردار پلاسما با ایجاد منافذ ریز در دیواره سلولی، خروج رطوبت را تسهیل می‌کنند. بزرگترین مزیت این روش، سرعت بالای خشک‌کردن (کمتر از ۳۰ دقیقه) و استریلیزاسیون همزمان محصول است.

خشک کردن با امواج مادون قرمز (Infrared Drying):

در این روش، امواج مادون قرمز با طول موج ۲۰-۲/۵ میکرومتر مستقیماً به مولکول‌های آب نفوذ کرده و با گرمایش یکنواخت، زمان خشک‌کردن را به ۶۰-۳۰ دقیقه کاهش می‌دهند .(Chen & Wang,2024) این روش تعادل مناسبی بین سرعت، کیفیت و هزینه ارائه می‌دهد.

سامانه‌های پیشرفته بسته‌بندی زعفران

بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده:(MAP)

در این سیستم، هوای درون بسته با ترکیب گازی خاص (۹۵-۹۰٪ نیتروژن، ۱۰-۵٪ دی‌اکسیدکربن) جایگزین می‌شود .(Zhang & Li,2024) این محیط گازی مطلوب، سرعت اکسیداسیون و فساد را بشدت کاهش داده و عمر انبارمانی را تا ۶۰ ماه افزایش می‌دهد.

بسته‌بندی فعال:(Active Packaging)

این بسته‌ها حاوی موادی هستند که به طور فعال با عوامل فساد مقابله می‌کنند ,International Saffron Council) ۲۰۲۴). جاذب‌های اکسیژن بر پایه آهن، رطوبت‌گیرهای سیلیکاژل و رهایش‌دهنده‌های آنتی‌اکسیدان از جمله این مواد هستند. این سیستم مانند یک "نگهبان فعال" دائماً کیفیت محصول را حفظ می‌کند.

بسته‌بندی هوشمند:(Smart Packaging)

این نسل از بسته‌بندی‌ها مجهز به شاخص‌های زمان-دما (TTI) و سنسورهای تشخیص تازگی هستند (Chen & Wang, ۲۰۲۴) .این سیستم‌ها به مصرف‌کننده و فروشنده این امکان را می‌دهند که به صورت بصری و بلادرنگ از وضعیت کیفی محصول مطلع شوند.

معیارهای ارزیابی عملکرد

برای مقایسه علمی فناوری‌های مختلف، پارامترهای کلیدی شامل میزان حفظ ترکیبات موثره (سافرانال، کروسین، پیکروکروسین)، عمر انبارمانی و شاخص‌های اقتصادی (هزینه سرمایه‌گذاری، دوره بازگشت سرمایه) مورد سنجش قرار می‌گیرند (ISO 3632,2023). داده‌های کمی بر اساس استاندارد بین‌المللی ISO3632 اندازه‌گیری و تحلیل می‌شوند.

بخش یافته‌ها و بحث

۱-۳عملکرد فناوری‌های نوین خشک‌کردن

مطالعات تجربی نشان می‌دهد که خشک کردن انجمادی با حفظ ۹۸-۹۵ درصدی ترکیبات فرار، بهترین روش از نظر کیفی محسوب می‌شود .(Rokni et al.,2023) در این روش، ساختار متخلخل ایجاد شده در اثر تصعید، نه تنها باعث حفظ کامل عطر و طعم می‌شود، بلکه امکان بازجذب سریع رطوبت در زمان مصرف را فراهم می‌کند. با این حال، زمان طولانی فرآیند (۴۰-۲۰ ساعت) و مصرف انرژی بالا، کاربرد آن را به محصولات با ارزش افزوده بسیار بالا محدود می‌کند (Maggi et al.,2024).

فناوری پلاسمای سرد به عنوان یک روش انقلابی، توانسته است زمان خشک‌کردن را به کمتر از ۳۰ دقیقه کاهش دهد (Cardoso et al.,2024).

مکانیسم عمل این فناوری مبتنی بر ایجاد میکرومنفذ در دیواره سلولی از طریق بمباران یونی است که مسیر خروج رطوبت را کوتاه می‌کند. مزیت منحصر به فرد این روش، انجام استریلیزاسیون همزمان با خشک‌کردن است که امکان رشد میکروارگانیسم‌ها را به طور کامل از بین می‌برد.

خشک کردن مادون قرمز نیز با زمان ۶۰-۳۰ دقیقه و حفظ ۸۸-۸۲ درصدی ترکیبات فرار، گزینه اقتصادی مناسبی برای تولیدکنندگان متوسط محسوب می‌شود .(Chen & Wang,2024) در این روش، انتقال حرارت تشعشعی موجب گرمایش یکنواخت و جلوگیری از سوختگی موضعی می‌شود.

۲-۳ .کارایی سامانه‌های پیشرفته بسته‌بندی

بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) در ترکیب با نانوکامپوزیت‌های پلیمری، توانسته است عمر انبارمانی زعفران را به ۶۰ ماه افزایش دهد .(Zhang & Li,2024) در این سیستم، لایه نانوکامپوزیتی با ضخامت حداکثر ۱۰۰ نانومتر، سدی تقریباً غیرقابل نفوذ در برابر اکسیژن و رطوبت ایجاد می‌کند.

بسته‌بندی فعال با به کارگیری جاذب‌های هوشمند، به طور دائمی عوامل فساد را حذف می‌کند (International Saffron Council,2024).به عنوان مثال، جاذب‌های اکسیژن بر پایه آهن قادرند غلظت اکسیژن درون بسته را به کمتر از ۱/۰ درصد کاهش دهند.

بسته‌بندی هوشمند با ارائه اطلاعات بلادرنگ، تحول بزرگی در مدیریت زنجیره تأمین ایجاد کرده است (Chen & Wang,2024). شاخص‌های زمان-دما (TTI) با تغییر رنگ محصول، تاریخ انقضای پویا را نمایش می‌دهند و به مصرف‌کننده امکان می‌دهند از سلامت محصول اطمینان حاصل کند.

۳-۳ .تحلیل یکپارچه‌سازی فناوری‌ها

ترکیب خشک کردن انجمادی با بسته‌بندی هوشمند MAP، بهینه‌ترین راهکار برای تولید زعفران با کیفیت ممتاز شناخته شده است .(Maggi et al.,2024) این ترکیب نه تنها کیفیت محصول را در بالاترین سطح حفظ می‌کند، بلکه با ارائه اطلاعات شفاف به مصرف‌کننده، ارزش افزوده قابل توجهی ایجاد می‌نماید.

تحلیل اقتصادی نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در این فناوری‌ها با دوره بازگشت ۳-۲ سال، توجیه‌پذیر بوده و سودآوری بلندمدت قابل توجهی دارد (Kumar et al.,2024).

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان به وضوح دریافت که به کارگیری فناوری‌های نوین در خشک‌کردن و بسته‌بندی زعفران، تحولی اساسی در کیفیت و ارزش افزوده این محصول ایجاد می‌کند.

دستاوردهای کلیدی این مطالعه نشان می‌دهد:

از نظر فنی:

خشک کردن انجمادی با حفظ ۹۸-۹۵ درصدی ترکیبات فرار، بهترین روش از نظر کیفی شناخته شد (Rokni et al.,2023) .

فناوری پلاسمای سرد با کاهش زمان خشک‌کردن به کمتر از ۳۰ دقیقه و استریلیزاسیون همزمان، رویکردی انقلابی ارائه می‌دهد(Cardoso et al.,2024) .

بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده همراه با نانوکامپوزیت‌ها، عمر انبارمانی را تا ۶۰ ماه افزایش می‌دهد (Zhang & Li, 2024)

از نظر اقتصادی:

سرمایه‌گذاری در این فناوری‌ها با دوره بازگشت ۳-۲ سال کاملاً توجیه‌پذیر است (Kumar et al.,2024)

بهبود کیفیت محصول، ارزش افزوده زعفران را در بازارهای جهانی تا ۶۰ درصد افزایش می‌دهد

از نظر کیفی:

یکنواختی محصول و شفافیت اطلاعات از طریق بسته‌بندی هوشمند، اعتماد مصرف‌کننده را جلب می‌کند. رعایت استانداردهای بین‌المللی ISO3632 امکان رقابت در بازارهای جهانی را فراهم می‌سازد

چشم‌انداز آینده:

ترکیب هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در مدیریت یکپارچه فرآیندهای خشک‌کردن و بسته‌بندی، نسل بعدی تحولات در صنعت زعفران خواهد بود. سرمایه‌گذاری در این فناوری‌ها نه تنها حفظ کیفیت، بلکه تضمین آینده‌ای پایدار برای صنعت زعفران ایران است.

منابع:

Abdullaev, F. I. (۲۰۰۴). Bioactive properties of saffron and its potential use in cancer therapy and chemoprevention trials. Cancer Detection and Prevention, ۲۸(۶), ۴۲۶-۴۳۲.

Cardoso, M. J., et al. (۲۰۲۴). Emerging Drying Technologies for High-Value Spices. Trends in Food Science & Technology, ۱۴۳, ۱۰۴-۱۱۶.

Carmona, M., Zalacain, A., Salinas, M. R., & Alonso, G. L. (۲۰۰۶). Generation of saffron volatiles by thermal carotenoid degradation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, ۵۴(۱۸), ۶۸۲۵-۶۸۳۴.

Chen, L., & Wang, H. (۲۰۲۴). Infrared Drying Technology for Saffron. Innovative Food Science and Emerging Technologies, ۸۲, ۱۰۳-۱۱۵.

Chen, L., & Wang, H. (۲۰۲۴). Smart Packaging Technologies for High-Value Spices. Trends in Food Science & Technology, ۱۴۳, ۱۰۴-۱۱۶.

International Saffron Council. (۲۰۲۴). Future Trends in Saffron Packaging. Technical Report No. ۵۲.

ISO ۳۶۳۲ (۲۰۲۳). Saffron — Specification. International Organization for Standardization.

Kumar, R., et al. (۲۰۲۴). Energy and Quality Analysis of Saffron Drying Methods. Energy Conversion and Management, ۲۹۸, ۱۱۷-۱۲۹.

Maggi, L., et al. (۲۰۲۴). Drying Kinetics and Quality Parameters of Saffron. Journal of Food Engineering, ۳۳۴, ۱۱۱-۱۲۳.

Raina, B. L., Agarwal, S. G., Bhatia, A. K., & Gaur, G. S. (۱۹۹۶). Changes in pigments and volatiles of saffron (Crocus sativus L.) during processing and storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, ۷۱(۱), ۲۷-۳۲.

Rokni, M., et al. (۲۰۲۳). Optimization of Freeze-Drying Parameters for Saffron. LWT - Food Science and Technology, ۱۷۴, ۱۱۴-۱۲۵.

Zhang, Y., & Li, W. (۲۰۲۴). Nanocomposite Films for Saffron Packaging. Carbohydrate Polymers, ۳۲۴, ۱۲۱-۱۳۴.

Modern Technologies in Saffron Drying and Packaging (*Crocus sativus* L.)

Meysam Yaghoobi Dashtabi[1]*, Iman Abdali[2]

[1] M.Sc. Student in Horticultural Science and Engineering, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
[2] M.Sc. Student in Horticultural Science and Engineering, Torbat Heydariyeh University, Torbat Heydariyeh, Iran
1-Mesam.n70@gmail.com
2-Iman67tj@gmail.com

Abstract

Enhancing the quality and extending the shelf life of saffron pose significant challenges in the industry of this valuable product. This study investigates the most efficient novel technologies in the two critical stages of saffron drying and packaging. Findings indicate that freeze-drying, with 98% preservation of volatile compounds (safranal) and pigments (crocin), shows remarkable superiority compared to the 60-70% preservation in traditional methods. Additionally, the emerging cold plasma technology, by reducing process time to a few minutes and performing simultaneous sterilization, presents a revolutionary approach. In the field of packaging, the integration of modified atmosphere systems with polymer nanocomposites and smart quality monitoring indicators guarantees a product shelf life of up to 60 months. The present research demonstrates that the integrated application of these technologies can increase shelf life by 40% while adding up to 60% to the added value of saffron in global markets.

Keywords: *Crocus sativus* L., Freeze-Drying, Cold Plasma, Intelligent Packaging, Nanocomposite, Modified Atmosphere Packaging

بررسی اثر پوششِ گیاهِ دارویی کُما بر کاهش رواناب سطحی و کنترل سیلاب در منطقه سه‌قلعه استان خراسان جنوبی

محمد رمضانی‌فر[۱و۲]، حسین سیستانی[۳]، عباس خاشعی سیوکی[۴]

۱و۲- کارشناس منابع آب شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی گروه علوم اقتصاد و مهندسی آب دانشگاه تربت حیدریه

۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی گروه علوم اقتصادی و مهندسی آب دانشگاه تربت حیدریه

۳- استاد گروه علوم اقتصادی و مهندسی آب دانشگاه تربت حیدریه

چکیده

پدیده سیلاب از جمله چالش‌های زیست‌محیطی مناطق خشک و نیمه خشک ایران است که در اثر تغییرات اقلیمی، تخریب پوشش گیاهی و بهره‌برداری ناپایدار از منابع طبیعی تشدید می‌شود. پوشش گیاهی به ویژه گیاهان بومی مانند کُما (Ferula spp) نقش کلیدی در تثبیت خاک، افزایش نفوذ آب و کاهش رواناب سطحی دارند. این پژوهش مروری با هدف بررسی نقش گیاه دارویی کما در کنترل سیلاب و حفاظت خاک در منطقه‌ی سه قلعه استان خراسان جنوبی انجام شده است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد گسترش و احیای پوشش گیاهی کما با افزایش تخلخل خاک، بهبود ساختار فیزیکی و کاهش فرسایش سطحی، می‌تواند از شدت سیلاب های فصلی بکاهد. همچنین با توجه به اینکه این گیاه دارای ارزش دارویی و اقصادی و نقش موثر در تعادل اکولوژیکی و پایداری سرزمین دارد و برداشت های غیراصولی و بی رویه آن در چند سال اخیر باعث فقر پوشش گیاهی شده و لذا می بایست نظارت بر برداشت توسط مردم و دستگاه‌های اجرایی مانند اداره منابع طبیعی و آبخیزداری به عمل آمده چراکه توسعه کشت کما و مدیریت اصولی مراتع می‌تواند به عنوان روشی کم هزینه و سازگار با محیط زیست در کنترل رواناب و مدیریت جامع حوزه های آبخیز منطقه سه قلعه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: حفاظت خاک، رواناب سطحی، سه قلعه، کُما

مقدمه

سیلاب یکی از مهم‌ترین و پرخطرترین بلایای طبیعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شود و سالانه خسارات جبران ناپذیری به منابع طبیعی و زیرساخت‌ها و جوامع انسانی وارد می‌کند (FAO, 2020). با توجه به اینکه بخش اعظمی از ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک واقع شده و از طرفی بارندگی در این نواحی از پراکنش خوب برخوردار نبوده و معمولاً به صورت رگبارهای شدید و همراه با وقوع سیلاب‌های فراوان می‌باشد، بنابراین همه ساله در اثر بارش رگبارهای متعدد، سیلاب‌های بسیاری جریان می‌یابد که نه تنها خسارت‌های قابل توجه به طبیعت این مناطق و منافع مردم وارد می‌کند، بلکه به عنوان مایه حیات که اهمیتی فوق العاده در زندگی و فعالیت‌های بشری دارد، به راحتی از دسترس خارج می‌گردد (جوادی، ۱۳۹۰). این سیلاب‌های ناگهانی و رواناب‌های سطحی به دلیل شدت بارندگی‌های کوتاه مدت، شیب زیاد اراضی و نبود پوشش گیاهی پایدار، به یکی از معضلات اساسی مدیریت سرزمین تبدیل شده‌اند. یکی از اقدامات اساسی جهت

کنترل سیلاب‌ها که از دیرباز مورد توجه انسان‌ها بوده است عملیات پخش سیلاب است که می تواند تاثیرات مثبتی در مقابله با بحران آب و خشکسالی و بهره‌برداری پایدار از آن داشته باشد (بیات موحد، ۱۳۸۱). اهمیت پخش سیلاب در ارتباط با منابع خاکی در مناطق خشک و نیمه خشک به این دلیل است که رسوب گذاری مواد معلق در سیلاب‌ها در اراضی سنگلاخی و درشت دانه می‌تواند آن ها را به کشترازهای مناسبی تبدیل نماید. مواد معلق موجود در سیلاب‌ها باعث تغییراتی در بافت، ساختمان، ازدیاد عمق و حاصل خیزی خاک‌هایی که سیلاب‌ها بر روی آن ها جاری‌اند می‌شود. پروژه‌های پخش سیلاب با اهداف مختلفی همچون جلوگیری از خسارت احتمالی سیل، افزایش تغذیه آب‌های زیرزمینی، افزایش رطوبت خاک در محدوده توسعه ریشه، کنترل و بهره‌وری از سیلاب و افزایش حاصل خیزی خاک اجرا می‌گردد (جوادی، ۱۳۹۰). در چنین شرایطی پوشش گیاهی نقش حیاتی در کنترل فرسایش و کاهش شدت رواناب ایفا می‌کند. گیاهان دارویی از طریق افزایش نفوذپذیری خاک، کاهش سرعت جریان سطحی، تثبیت ذرات خاک و افزایش تخلخل، فرآیند تشکیل سیلاب را مهار می‌کنند (Nasiri et al., 2020). از میان گونه‌های گیاهی بومی ایران، گیاه دارویی کُما (Ferula spp) جایگاه ویژه ای در اکوسیستم های خشک و نیمه خشک کشور دارد. این گیاه چند ساله و پایا، با سیستم ریشه‌ای عمیق و توانایی رشد در خاک‌های فقیر و شیب دار، به عنوان یکی از گونه‌های مقاوم به خشکی شناخته می‌شود (Zohary, 1987). منطقه سه قلعه در استان خراسان جنوبی به دلیل قرار گرفتن در خروجی دشت سرایان از جمله نواحی آسیب پذیر در برابر رواناب‌های سطحی است که به دلیل تخریب مراتع، چرای مفرط دام و برداشت بی رویه و غیر اصولی گیاهان دارویی، تعادل بوم شناختی آن دچار اختلال شده است. در دهه‌های اخیر کاهش پوشش گیاهی و افزایش نوسانات بارندگی موجب تشدید سیلاب های فصلی در این منطقه شده، به طوری که در سیلاب دیماه ۱۴۰۰ این منطقه آسیب‌های جدی به زیرساخت‌های شهری آن وارد شده است. از سوی دیگر، گیاه کُما علاوه بر اهمیت بوم شناختی، از نظر اقتصادی نیز برای جوامع محلی حائز اهمیت است. صمغ استخراجی آن، موسوم به آنغوزه، یکی از مهمترین فرآورده‌های صادراتی گیاهی ایران است که در صنایع داروسازی، غذایی و آرایشی کاربرد دارد (Safari et al., 2021). بدین ترتیب احیای کشت و پوشش طبیعی کُما می‌تواند به طور همزمان دو هدف عمده را دنبال کند: کنترل طبیعی سیلاب و ارتقای معیشت پایدار روستاییان. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که افزایش تراکم و گسترش گونه های گیاهی ریشه عمیق مانند کُما در اراضی شیب دار، میزان نفوذ آب را افزایش داده و رواناب سطحی را کاهش می دهد (Ahmadi et al., 2018). همچنین وجود این گونه‌ها در سطح خاک با افزایش مقاومت هیدرولیکی سطح و کاهش انرژی جنبشی قطرات باران، مانع از فرسایش سطحی می‌شود. بنابراین می‌توان از این گیاه به عنوان یکی از عناصر کلیدی در طرح‌های مدیریت جامع حوزه آبخیز و کنترل سیلاب‌های فصلی استفاده کرد. با توجه به اهمیت موضوع، هدف پژوهش حاضر ارزیابی اثر پوشش گیاهی دارویی کُما بر کاهش رواناب سطحی و کنترل سیلاب در منطقه سه قلعه استان خراسان جنوبی است. در این مطالعه تلاش شده است تا با مرور منابع علمی و تجربیات گذشته، نقش بوم شناختی و کارکرد حفاظتی این گیاه در مدیریت پایدار سرزمین مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

مواد و روش ها

استان خراسان جنوبی به مرکزیت شهر بیرجند دارای مساحتی بالغ بر ۸۲۸۶۶ کیلومتر مربع می‌باشد. این استان از شمال به استان خراسان رضوی و از شرق به طول ۳۳۰ کیلومتر دارای مرز مشترک با کشور افغانستان بوده و از غرب به استان یزد و از شمال غرب با استان خراسان رضوی و از جنوب به استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان محدود می‌باشد. شهر سه قلعه مرکز بخش سه‌قلعه واقع در شهرستان سرایان در تابعیت استان خراسان جنوبی است. این شهر در طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۳۰۵ متری از سطح دریا قرار گرفته است. بخش سه قلعه نیز از لحاظ موقعیت جغرافیایی، از شمال با بخش مرکزی شهرستان سرایان و بخش نیمبلوک قاینات همسایگی دارد و از جهت غرب به بخش مرکزی شهرستان فردوس و بخش دیهوک شهرستان طبس متصل است. این دیار

که در حاشیه کویر و در دشتی وسیع و به نسبت هموار واقع گردیده، دارای اقلیمی گرم و خشک و همواره شاهد تابستان‌های گرم (بیشینه دمای پنج ساله: ۴۳,۵ درجه سانتی گراد) و زمستان‌های سرد (کمینه دمای پنج ساله: ۱۳,۳ درجه سانتی گراد) در طول سال است. متوسط بارندگی سالانه منطقه مذکور در پنج سال گذشته ۱۱۲ میلی‌متر بوده و پویایی پوشش گیاهی طبیعت آن، بسته به حجم بارندگی هر سال متغیر است (محمودی، ۱۴۰۳: ۲۳). گیاه دارویی کما از گیاهان دارویی مهم و بومی منطقه سه قلعه بوده که در سطح وسیعی از این منطقه گسترانیده شده است. این گیاه از گونه چتریان و یکی از گونه‌های دارویی، صنعتی و غذایی است که ارزش علوفه‌ای چندانی ندارد، اما علاوه بر نقشی که در حفاظت خاک دارد نوعی صمغ تولید می‌نماید که ارزش دارویی و صنعتی فراوانی دارد (حسینی بمرود، ۱۳۹۲). منطقه سه قلعه نیز به دلیل اینکه در نقطه ی خروجی دشت سرایان می باشد و شیب هیدرولیکی به سمت این منطقه می‌باشد لذا در صورت وقوع سیلاب همگی به این منطقه منتهی می‌شود. کما اینکه در یکی از سیلاب های چند سال اخیر منطقه یعنی سیلاب دی ماه ۱۴۰۰ آسیب های جدی به بخش‌های زیرساخت‌های شهری وارد گردید و خسارت‌هایی نیز به مزارع و باغات کشاورزی به بار آورد. لذا مدیریت سیلاب یکی از مواردی است که می بایست رعایت شده تا خسارات سیلاب به حداقل ممکن برسد.

نتایج و بحث

پوشش گیاهی یکی از مؤثرترین عوامل طبیعی در کنترل رواناب سطحی و مدیریت سیلاب‌های فصلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. گیاهان با افزایش زبری سطح زمین، کاهش انرژی جنبشی قطرات باران و افزایش نفوذپذیری خاک، از شکل‌گیری رواناب‌های سریع جلوگیری می‌کنند (Ahmadi et al., 2018). در میان گونه‌های بومی ایران، گیاه دارویی کُما به‌دلیل ویژگی‌های مورفولوژیکی و اکولوژیکی خاص خود، نقشی دوگانه در پایداری اکوسیستم و بهره‌برداری اقتصادی ایفا می‌کند. در منطقه سه قلعه با توجه به اینکه یکی از گیاهان دارویی مهم گیاه کما محسوب می‌گردد که نقشی مهم در کنترل سیلاب دارد لیکن به دلیل برداشت بی رویه و فاقد اصولی آن که گاهاً سبب از بین رفتن ریشه آن می‌گردد و همینطور برداشت های خارج از چاچوب قوانین و مقررات منابع طبیعی وآبخیزداری سبب شده خاک سطح زمین تراکم خود را از دست داده و وقوع رواناب باعث تشدید خسارت گردد. این گیاه به دلیل خاصیت اقتصادی و دارویی آن نقش مهمی در تغذیه افراد محلی و ساکنین حتی سایر استان ها دارد. به گونه ای که هر ساله شاهد صادرات زیاد این محصول هستیم.

کُما از گیاهان چندساله و ریشه‌عمیق است که در شرایط کم‌بارش و خاک‌های سبک و فقیر توانایی رشد دارد. ریشه‌های طویل این گیاه گاه تا بیش از دو متر در خاک نفوذ کرده و موجب بهبود ساختار فیزیکی خاک می‌شوند. این ویژگی سبب افزایش نفوذ آب، کاهش تبخیر سطحی و جلوگیری از حرکت افقی آب‌های سطحی می‌گردد (Zohary, 1987). همچنین پوشش سطحی متراکم برگ‌ها و ساقه‌های این گیاه، از برخورد مستقیم قطرات باران با خاک جلوگیری کرده و انرژی ضربه‌ای بارش را کاهش می‌دهد؛ در نتیجه فرسایش سطحی و رواناب کاهش می‌یابد.

مطالعات متعددی در نواحی خشک ایران نشان داده‌اند که تراکم پوشش گیاهی ارتباط مستقیمی با کاهش حجم و سرعت رواناب دارد (Nasiri et al., 2020). بررسی‌ها نشان می‌دهد که در مناطقی که تراکم پوشش گیاه کُما بالا است، حجم رواناب تا حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد کمتر از اراضی فاقد این پوشش گزارش شده است. علاوه بر آن، کُما به دلیل حفظ رطوبت در لایه‌های سطحی و میانی خاک، موجب تأخیر در زمان تمرکز رواناب و کاهش احتمال وقوع سیلاب‌های ناگهانی می‌شود. این خاصیت به‌ویژه در منطقه سه‌قلعه که بارش‌ها عمدتاً رگباری و کوتاه‌مدت هستند، اهمیت فراوانی دارد.

یکی از جنبه‌های مهم کاشت و حفاظت از کُما، ارزش اقتصادی صمغ آنغوزه است که از پایه‌های بالغ گیاه استخراج می‌شود. این صمغ، یکی از اقلام صادراتی مهم ایران محسوب می‌شود و در صنایع دارویی و غذایی کاربرد گسترده دارد (Safari et al., 2021). اگر برداشت آن به‌صورت اصولی و پایدار انجام شود، می‌تواند به‌عنوان منبع درآمد قابل اتکا برای جوامع محلی

عمل کرده و انگیزه مردم را برای حفاظت از مراتع و پوشش گیاهی افزایش دهد. در نتیجه، علاوه بر نقش اکولوژیکی، کُما به‌صورت غیرمستقیم در کاهش فرسایش و کنترل سیلاب نیز مؤثر است.

در چارچوب مدیریت جامع منابع آب و خاک، استفاده از گونه‌های بومی مقاوم به خشکی مانند کُما به‌عنوان ابزار طبیعی کنترل فرسایش توصیه می‌شود .(FAO, 2020) کشت و احیای کُما در مناطق بحرانی حوزه‌های آبخیز، از جمله سه‌قلعه، می‌تواند به تثبیت خاک، افزایش نفوذپذیری سطح زمین و کاهش بار رسوبی رودخانه‌ها منجر شود. این رویکرد زیست‌محیطی در مقایسه با روش‌های مهندسی سخت (مانند سازه‌های بتنی و سدهای انحرافی) هزینه‌ی بسیار کمتری دارد و با شرایط اکولوژیکی منطقه نیز سازگارتر است.

با وجود مزایای متعدد، برخی چالش‌ها در مسیر بهره‌گیری مؤثر از کُما در مدیریت سیلاب وجود دارد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به برداشت بی‌رویه صمغ آنغوزه، چرای مفرط دام، کمبود آموزش‌های بومی و نبود طرح‌های منسجم برای احیای مراتع اشاره کرد. راهکارهای پیشنهادی برای غلبه بر این مشکلات شامل:

- آموزش بهره‌برداران محلی در زمینه برداشت اصولی صمغ
- ایجاد طرح‌های مشارکتی میان جوامع محلی و سازمان منابع طبیعی
- کاشت گونه‌های مقاوم‌تر از جنس Ferula در مناطق بحرانی
- انجام مطالعات خاک و آب‌خیزداری برای تعیین مناطق مستعد کاشت

اجرای چنین برنامه‌هایی می‌تواند موجب گسترش پایدار پوشش گیاه کُما، کاهش رواناب سطحی و در نهایت کاهش خسارات ناشی از سیلاب‌های فصلی در خراسان جنوبی شود.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که گیاه دارویی کُما با ویژگی‌های اکولوژیکی خاص خود، نقش مهمی در کاهش رواناب سطحی و کنترل سیلاب در منطقه سه‌قلعه دارد. توسعه و احیای پوشش این گیاه در مراتع منطقه، علاوه بر منافع دارویی و اقتصادی، می تواند به عنوان رویکردی موثر در حفاظت خاک، افزایش نفوذ و پایداری اکوسیستم‌های بیابانی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود سازمان منابع طبیعی و دانشگاه‌ها با اجرای طرح‌های پژوهشی و آموزشی، اولاً توسعه کاشت و حفاظت از گونه‌های بومی مانند کُما را در چارچوب برنامه‌های مدیریت سیلاب گسترش دهند. ثانیاً با اعمال تشدید سیاست‌های نظارتی جلوی برداشت بی‌رویه و غیر اصولی آن گرفته شود.

منابع

بیات موحد، ف. (۱۳۸۱). بررسی تاثیر پخش سیلاب بر تغییرات کمی بده قنات سهرین-قره چریان، زنجان، علوم خاک و آب، ۲۵۰-۲۵۷:(۲)۱۶

حسینی بمرود، غلامرضا، و مهدوی، سیده خدیجه. (۱۳۹۲). بررسی برخی خصوصیات اکولوژیکی گیاه دارویی کما آنغوزه (. Ferula assa-foetida L) مطالعه موردی منطقه سبزوار استان خراسان رضوی. گیاه و زیست بوم، ۹(۳۶-۱ (ویژه نامه))، ۳۱-۴۵.

جوادی، م.ر. و ا. محمودی. ۱۳۹۰. بررسی اثرات پخش سیلاب در تغییر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه موردی: سیستم پخش سیلاب جاجرم). فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی ۶(۱):۱۲-۱.

Ahmadi, M., Jafari, R., & Shamsi, S. (2018). Impact of native vegetation on runoff and soil loss in arid lands of Iran. Journal of Arid Environments, 157, 45–53.

FAO. (2020). Nature-based solutions for flood risk management in drylands. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Nasiri, H., Ghasemi, M., & Rahimi, F. (2020). Assessment of watershed vegetation cover for flood mitigation in arid regions of Iran. Environmental Earth Sciences, 79(11), 266–279.

Safari, A., Rezaei, S., & Ghorbani, M. (2021). Socio-economic importance of Ferula assa-foetida in Iran: Sustainable harvesting and ecological impacts. Economic Botany, 75(4), 412–425.

Zohary, M. (1987). Flora of Iran and neighboring countries. Academic Press.

Evaluating the Impact of Ferula assa-foetida (Koma) Vegetaion Cover on Surface Runoff Reduction and Flood Control in the Seghaleh Area, South Khorasan Province

Mohammad Ramezanifar [1,2*], Hosein Sistani [3], Abbas Khashei Siuki[4]

1,2- Water Resources Expert at the South Khorasan Regional Water Company and PhD Student of Irrigation & Drainage, Dept of Water Engineering university of Torbat Heydarieh, Iran
3- PhD Student of Irrigation & Drainage, Dept of Water Engineering university of Torbat Heydarieh, Iran
4- Full Professor, Dept of Water Engineering university of Torbat Heydarieh, Iran

* Corresponding author email: m.ramezanifar69@gmail.com

Abstract

The phenomenon of flooding is one of the major environmental challenges in the arid and semi-arid regions of Iran, which has been intensified by climate change, vegetation degradation, and unsustainable exploitation of natural resources. Vegetation cover, especially native plants such as Ferula spp. (locally known as “Koma”), plays a key role in soil stabilization, increasing water infiltration, and reducing surface runoff. This review study aims to examine the role of the medicinal plant Ferula in flood control and soil conservation in the Seghaleh region of South Khorasan Province. Findings from various studies indicate that the expansion and restoration of Ferula vegetation can reduce the intensity of seasonal floods by increasing soil porosity, improving soil physical structure, and decreasing surface erosion. Moreover, considering that this plant possesses significant medicinal and economic value and plays an important role in ecological balance and land sustainability, unregulated and excessive harvesting in recent years has led to a decline in vegetation cover. Therefore, monitoring of harvesting activities by local communities and executive organizations such as the Department of Natural Resources and Watershed Management is essential.
The development of Ferula cultivation and the proper management of rangelands can serve as a cost-effective and environmentally friendly approach for runoff control and integrated watershed management in the Seghaleh region.

Keywords: Soil Conservation, Surface Runoff, Seghaleh, Ferula (Koma)

ریزRNAها و نقش آن‌ها در تنظیم بیوسنتز متابولیت‌ها و تنش‌های غیرزیستی گیاهان: سازوکارها و کاربردها

خاطره طاهری[*۱]، هنگامه طاهری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

آدرس نویسنده مسئول: Khatereh.taheri@yahoo.com

چکیده

ریزRNAها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اصلی در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه گیاهان عمل می‌کنند و با کنترل بیان ژن‌های درگیر در مسیرهای متابولیکی، بر تولید ترکیباتی مانند آلکالوئیدها، ترپنوئیدها و فنولیک‌ها تأثیر می‌گذارند. این تنظیم موجب افزایش ترکیبات مفید و کاهش مواد سمی می‌شود و بستری برای مهندسی متابولیکی و بهبود صفات دارویی و صنعتی گیاهان فراهم می‌سازد. علاوه بر نقش آن‌ها در تنظیم مسیرهای متابولیکی، ریزRNAها در واکنش گیاهان به شرایط محیطی نامساعد نیز عملکردی اساسی دارند و پیوندی میان متابولیسم ثانویه و پاسخ به تنش‌های غیرزیستی برقرار می‌کنند. تنش‌های غیرزنده مانند خشکی، شوری، گرما و سرما از مهم‌ترین تهدیدها برای بهره‌وری محصولات کشاورزی و امنیت غذایی جهانی به شمار می‌روند. گیاهان برای مقابله با این تنش‌ها، شبکه‌های تنظیمی پیچیده‌ای را تکامل داده‌اند که در میان آن‌ها، ریزRNAها نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند. ریزRNAها، RNAهای کوچک غیرکدکننده (۲۰ تا ۲۴ نوکلئوتید) هستند که بیان ژن را در سطح پسارونویسی از طریق هدایت برش mRNA یا مهار ترجمه تنظیم می‌کنند ریزRNAها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های کلیدی در پاسخ گیاه به تنش‌های غیرزیستی عمل کرده و با تعامل در شبکه‌های رونویسی، هورمونی و متابولیکی، تعادل میان رشد و بقاء را برقرار می‌سازند. در این مطالعه، مبانی مولکولی ریزRNAها، از رونویسی تا بلوغ و سازوکارهای عملکردی آن‌ها مانند برش mRNA و مهار ترجمه بررسی شد. همچنین به نقش آن‌ها در شبکه‌های تنظیمی پرداخته شد که عملکرد ریزRNAها را همراه با فاکتورهای رونویسی و مسیرهای هورمونی نشان داد. افزون بر این، بررسی ریزRNAهای شناخته‌شده در تنظیم مسیرهای متابولیتی گیاهان دارویی انجام شد تا ارتباط میان بیان ریزRNAها و تغییر در تولید متابولیت‌های ثانویه شناسایی گردد. این نتایج نشان می‌دهد که ریزRNAها می‌توانند اهداف مؤثری برای مهندسی ژنتیک و افزایش بازده ترکیبات دارویی در گیاهان باشند و نقشی کلیدی در توسعه بیوتکنولوژی گیاهان دارویی ایفاء کنند.

واژگان کلیدی: متابولیت های ثانویه، تنش خشکی، تنش شوری، تنش گرما، تنش سرما

مقدمه

گیاهان دارویی به تولید متابولیت‌های ثانویه‌ای شناخته می‌شوند که در داروسازی گیاهی (فیتوداروها) کاربرد دارند. با این حال، تولید این متابولیت‌ها با چالش‌هایی مانند غلظت پایین این ترکیبات در بخش‌های مختلف گیاه مواجه است. بنابراین، پژوهشگران در پی یافتن راه‌هایی برای افزایش میزان این ترکیبات در گیاهان دارویی هستند. در این راستا، زیست‌فناوری

گزینه‌های متعددی را پیشنهاد می‌کند که از طریق آن‌ها می‌توان مسیرهای بیوسنتز متابولیت‌ها را تغییر داد؛ از جمله فناوری‌های تداخل RNA (RNAi) و ضدخاموش‌سازی ژنی (Counter-silencing). فناوری RNAi برای خاموش‌سازی ژن‌های نامطلوب به کار می‌رود، در حالی‌که فناوری ضدخاموش‌سازی می‌تواند برای افزایش بیان ژن‌های مطلوب مورد استفاده قرار گیرد. از این‌رو، RNAi به‌عنوان یکی از قدرتمندترین رویکردها در دست‌کاری ژنتیکی گیاهان دارویی شناخته شده است (Hannon, 2002; Sabzehzari and Naghavi., 2019).

تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری، دمای شدید و کمبود مواد مغذی همچنان از مهم‌ترین موانع بهره وری کشاورزی در جهان هستند. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که تنش‌های همزمان خشکی و گرما در برخی مناطق بر روی محصولاتی مانند غلات تاثیرگذار بوده و باعث کاهش عملکرد آن تا حدود ۱۲٪ شده است (Brás et al., 2021). علاوه بر این، افزایش میانگین دمای جهانی منجر به کاهش عملکرد گندم، ذرت، برنج و سویا به ترتیب به میزان حدود ۶–۷٪ به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش دما شده است (Parthasarathi *et al.*, 2022). تغییرات اقلیمی نه فقط شدت و فراوانی این تنش‌ها را افزایش می‌دهد، بلکه به یکی از تهدیدات اصلی امنیت غذایی تبدیل شده است؛ به‌ویژه در شرایطی که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۹,۷ میلیارد نفر خواهد رسید (FAO, 2021). برای توسعه‌ی کشاورزی پایدار و مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی، لازم است سازوکارهای مولکولی سازگاری گیاهان با این شرایط به کار گرفته شود.

گیاهان قادرند از طریق سازوکارهایی همچون درک تنش، سیستم‌های پیام‌رسانی، بازبرنامه‌ریزی رونویسی و پسارونویسی و تنظیمات متابولیکی، خود را با شرایط تنش تطبیق دهند (Ma and Hu, 2023; Zhou et al, 2024). در میان این سازوکارها، RNAهای غیرکدکننده کوچک به‌ویژه ریزRNAها نقش تنظیم‌کننده‌ی کلیدی‌ای دارند. طول معمول این مولکول‌ها ۲۰ تا ۲۴ نوکلئوتید است و عملکردشان از طریق هدایت کمپلکس RISC به mRNA های مکمل صورت می‌گیرد که منجر به برش رونوشت یا مهار ترجمه می‌شود (Kakumani, 2024). پیشرفت‌های اخیر، به ویژه آنهایی که بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ منتشر شده‌اند، به طرز قابل توجهی شناسایی ریزRNAهای مرتبط با تنش‌های غیرزیستی در گونه‌های گیاهی را بهبود بخشیده‌اند. برای مثال، miR169 به‌عنوان یکی از ریزRNAهای کلیدی در پاسخ به تنش‌های خشکی و شوری شناخته شده و در مطالعات جدید نیز تأیید شده است (Chen *et al.*, 2025). همچنین، miR319 وmiR395 با تنظیم رشد ساقه، کنترل جذب گوگرد و تعدیل واکنش‌های گیاه به تنش‌های محیطی، نقش مهمی بر عهده دارند (Ran et al., 2022).

تحقیقات اخیر در زمینه‌ی ژنومیک عملکردی مبتنی برCRISPR[1] و مطالعات سامانه‌ای نشان می‌دهند که ریزRNAها به ندرت به صورت منفرد عمل می‌کنند و اغلب بخشی از شبکه‌ها و ماژول‌های پیچیده هستند. این ماژول‌ها شامل حلقه‌های بازخوردی، تعامل با فاکتورهای رونویسی و ارتباط با دیگرRNA های غیرکدکننده مانند lncRNA ها[2] می‌شوند Shang *et al.*, 2023). این ویژگی‌ها باعث می‌شوند ریزRNAها بتوانند مسیرهای فیزیولوژیکی و متابولیکی متعدد را به‌طور همزمان تنظیم کنند و نقش کلیدی در هماهنگی بین پیام‌رسانی تنش و برنامه‌های رشدی ایفاء کنند. علاوه بر این، مطالعات کاربردی اخیر نشان داده‌اند که دست‌کاری ریزRNAهای مشخص می‌تواند مقاومت گیاهان را در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری و گرما افزایش دهد و به توسعه‌ی گونه‌های مقاوم کمک کند (Miotto *et al.*, 2019; Miki *et al.*, 2018). با توجه به نقش اساسی آن‌ها، ریزRNAها اهداف بسیار امیدوارکننده‌ای برای بهبود عملکرد گیاهی هستند. کارهای اخیر نشان داده‌اند که دست‌کاری ریزRNAهای پاسخ‌دهنده به تنش می‌تواند تحمل گیاهان به تنش‌هایی مانند خشکی و گرما را افزایش دهد. برای مثال، در مطالعات تراریختی (transgenic) مربوط به miR156 وmiR398 اثرات مثبتی بر معماری ریشه و تحمل گرما دیده شده است (Yanfei Ding *et al.*, 2020).

اگرچه مرورهای متعددی موضوع ریزRNAها در ارتباط با متابولیت های ثانویه و پاسخ به تنش را پوشش داده‌اند، این مقاله با تمرکز بر پیشرفت‌های بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴، ساختاری نوین ارائه می‌دهد: ابتدا بیوژنز و مکانیسم عملکرد

[1] Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
[2] Long non-coding RNA

ریزRNAها را بررسی می‌کنیم، سپس نقش‌های تنظیمی آن‌ها در تولید متابولیت های ثانویه و شرایط تنش(مانند: خشکی، شوری، گرما و سرما) را تحلیل می‌نماییم. همچنین، شبکه‌های تنظیمی مبتنی بر ریزRNA، مطالعات موردی در گیاهان مدل و زراعی، و کاربردهای کشاورزی را برجسته کرده و در پایان با نگاهی به چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده، پتانسیل ریزRNAها در بهبود تولید متابولیت های ثانویه و محصولات اقلیمی را مرور خواهیم کرد.

بیوژنز و سازوکارهای عملکردی ریزRNA

مسیر بیوژنز

رونوشت برداری از ریزRNAها توسط آنزیم RNA پلی‌مراز II انجام می‌شود و منجر به تشکیل رونوشت‌های اولیه بلند (Pri-miRNAs) با ساختارهای ساقه-حلقه‌ای می‌گردد. در گیاهان، این رونوشت‌ها در هسته توسط آنزیم Dicer-like1 (DCL1) پردازش شده و به پیش‌سازهای پیش ریزRNA (pre-miRNAs) و در ادامه به دوبلکس‌های ریزRNA (miRNA/miRNA) تبدیل می‌شوند. در نهایت، رشته بالغ ریزRNA در کمپلکس خاموش‌سازی القاء شده توسط RNA(RISC) بارگذاری می‌شود که عمدتاً با پروتئین‌های Argonaute(AGO) همراه است (Li *et al*., 2025b).

سازوکار عملکردی

به طور معمول، ریزRNAهای گیاهی مکملی تقریباً کامل با mRNAهای هدف خود نشان می‌دهند که این امر موجب برش مستقیم و تخریب رونوشت‌ها می‌گردد. در برخی موارد، آنها بدون ایجاد برش، فرایند ترجمه را سرکوب می‌کنند. از طریق این سازوکارها، ریزRNAها ژن‌های مرتبط با پاسخ به تنش از جمله ژن‌های کدکننده فاکتورهای رونویسی (نظیر SPL، NF-YA، GRF)،آنتی‌اکسیدان‌ها (مانند Cu/Zn-SOD) و تنظیم‌کننده‌های مسیرهای پیام‌رسان هورمونی (مانند TIR1) را تنظیم می‌نمایند (Zhang et al., 2025).

ریزRNAهای شناخته شده در تنظیم مسیرهای متابولیتی گیاهان دارویی

- **miR166a-3p** یکی از خانواده‌های مهم ریزRNA در گیاهان است که در تنظیم رشد و تمایز بافت‌ها، به‌ویژه در تشکیل الگوی آوندی (vascular patterning) و توسعه برگ و ساقه نقش دارد. این ریزRNA معمولاً ژن‌های HD-ZIP III فاکتورهای رونویسی را هدف قرار می‌دهد که در شکل‌گیری ساختارهای مورفولوژیکی گیاه مؤثرند. یافته‌های پژوهش اشاره دارند که miR166a-3p در چای داروش نیز وجود دارد. این یعنی ممکن است در فرآیند دم‌کردن، بخشی از ریزRNAهای گیاه به مایع منتقل شوند (Xie and Melzig., 2018).
- **miR159a** نیز یکی از ریزRNAهای حفاظت‌شده در گیاهان است که عمدتاً ژن‌های فاکتور رونویسی MYB را هدف می‌گیرد. این ژن‌ها در کنترل رشد گل، بذر و پاسخ به تنش‌های محیطی (مانند خشکی و سرما) نقش دارند. به بیان ساده‌تر، miR159a به گیاه کمک می‌کند تا تعادل بین رشد و پاسخ به تنش‌های بیرونی را حفظ کند. در نمونه‌ی چای داروش، میزان miR159a کمتر از miR166a-3p است؛ حدود ۰/۱ فِمتومول نسخه گزارش شده. این نشان می‌دهد که مقدار آن در عصاره‌ی حاصل از ۵ گرم برگ خشک داروش نسبتاً پایین است (Xie and Melzig., 2018).
- **miR156** یکی از ریزRNAهای کلیدی در تنظیم مسیر تولید متابولیت‌های ثانویه به‌ویژه فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها است. این ریزRNA با سرکوب فاکتورهای رونویسی SPL (مانندSPL9) موجب تغییر در بیان

کمپلکس‌های تنظیمی MYB/bHLH/WDR و همچنین ژن‌های ساختاری دخیل در مسیرهای بیوسنتزی فلاونوئید و آنتوسیانین می‌شود.نتیجه این فرآیند معمولاً افزایش تجمع آنتوسیانین‌ها و فلاونول‌ها و در برخی گونه‌ها کاهش میزان لیگنین است.(Wang et al., 2020)

- **miR828** و **miR858** از ریزRNAهای مهمی هستند که در تنظیم مسیر فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها نقش دارند. این دو ریزRNA رونوشت‌های خاصی از ژن‌های MYB را هدف قرار می‌دهند. عملکرد آن‌ها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های منفی برخی از فعال‌کننده‌ها یا بازدارنده‌هایMYB ، سبب تنظیم دقیق میزان آنتوسیانین‌ها و فلاونول‌ها و در نهایت تغییر در مسیرهای بیوسنتزی فلاونوئیدها می‌گردد. این نقش تنظیمی به‌ویژه در گیاه انگور به‌صورت روشن و مستند مشاهده شده است (Tirumalai et al., 2019).

نقش‌های ریزRNAها در پاسخ به تنش‌های غیرزنده

تنش‌های غیرزنده موجب بازبرنامه‌ریزی گسترده بیان ژن در گیاهان می‌شوند و ریزRNAها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های مرکزی عمل می‌کنند. با تنظیم دقیق فاکتورهای رونویسی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، گیرنده‌های هورمونی و پروتئین‌های ساختاری، ریزRNAها هماهنگی لازم برای تنظیمات فیزیولوژیک و تکوینی در شرایط نامساعد را ایجاد می‌کنند. شایان توجه است که هر نوع تنش مجموعه‌ای یکتا و در عین حال همپوشان از ریزRNAها را القاء می‌کند که بازتاب‌دهنده مسیرهای پیام‌رسانی مشترک و پاسخ‌های اختصاصی تنش است (شکل ۲). در ادامه، چهار دسته اصلی از تنش‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند.

تنش خشکی

تنش خشکی دسترسی گیاه به آب را کاهش داده و موجب بسته شدن روزنه‌ها، تنش اکسیداتیو و مهار رشد می‌شود. در ادامه چندین ریزRNAهای پاسخ‌دهنده به خشکی که در سازوکارهای تحمل نقش دارند، معرفی می‌شوند:

- **miR398**معمولاً سرکوب می‌شود که این امر مانع مهار ژن‌های Cu/Zn-SOD می‌شود و در نتیجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافته و آسیب ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) کاهش می‌یابد (Ruan *et al*., 2025).
- **miR156**در خشکی تجمع می‌یابد و با سرکوب فاکتورهای رونویسیSPL، زمان گلدهی را به تأخیر می اندازد. این مسیر تنظیمی نشان‌دهنده نقش miR156 در کنترل فازهای رشد و پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی است (Visentin *et al*., 2020).
- **miR169**تحت خشکی سرکوب می‌شود و این امر باعث افزایش بیان فاکتورهای رونویسی NF-YA می‌گردد، که با بهبود عملکرد روزنه‌ها و کارایی مصرف آب، تحمل گیاه به خشکی را تقویت می‌کند (Li *et al*., 2021).
- **miR393**در خشکی القاء شده و گیرنده اکسین TIR1 را سرکوب می‌کند و از این طریق معماری ریشه را بازآرایی می‌نماید تا مصرف آب محدود شود (Jiang *et al*., 2022).

مطالعات روی آرابیدوبسیس، گندم و ذرت نشان می‌دهند که این ریزRNAها بخشی از یک "ماژول تحمل خشکی" هماهنگ هستند که دفاع آنتی‌اکسیدانی، تنظیم زمان گلدهی و معماری ریشه را یکپارچه می‌سازد (Sharma *et al*., 2025b).

تنش شوری

تنش شوری دو چالش عمده ایجاد می‌کند: سمیت یونی (عمدتاً ناشی از Na^+ و Cl^-) و تنش اسمزی که منجر به تجمع ROS و اختلال متابولیکی می‌شود. ریزRNAهای پاسخ‌دهنده به شوری در سطوح مختلف عمل می‌کنند که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره شد:

- **miR398** یک ریزRNA حفاظت‌شده در گیاهان است که نقش کلیدی در تنظیم رشد، توسعه و پاسخ به استرس‌های زیستی و غیرزیستی در گونه‌های مختلف ایفاء می‌کند. این ریزRNA به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اصلی عمل می‌کند و سازگاری گیاه با عوامل محیطی را هماهنگ می‌سازد و بر ویژگی‌های مهم کشاورزی تاثیر می‌گذارد. مطالعات مختلف، سیر تکاملی، ژن‌های هدف و عملکردهای متنوع miR398 را شناسایی کرده‌اند (Jia *et al*., 2009). سرکوب miR398 بیان CSD1/2 را افزایش می‌دهد و دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه را برای مقابله با ROS تقویت می‌کند (Leng *et al*., 2017). در نتیجه می توان گفت درک عملکرد و تنظیم دقیق miR398 می‌تواند امکان بهبود همزمان رشد گیاه و تحمل به استرس را فراهم کند و آن را به یک هدف امیدوارکننده برای بهبود محصولات کشاورزی تبدیل می‌کند.
- **miR169** کاهش بیان miR169 موجب می‌شود که مهار بر NF-YA برداشته شود و این عامل رونویسی بتواند آزادانه‌تر فعالیت کند؛ در نتیجه، بیان مجموعه‌ای از ژن‌های حفاظتی و مرتبط با پاسخ به تنش‌ها، به‌ویژه تنش شوری، افزایش یافته و توانایی گیاه در حفظ تعادل یونی و سازگاری با شرایط نامساعد محیطی تقویت می‌شود (Chen *et al*., 2024)

ریزRNAها در شرایط شوری نقش مهمی در تنظیم پاسخ‌های گیاه به تنش ایفاء می‌کنند. مطالعات ترانسکریپتومی در برنج و جو نشان داده‌اند که ریزRNAهای پاسخ‌دهنده به خشکی، مانند miR169 و miR398، در شرایط شوری نیز فعال هستند و مسیرهای همپوشان تنشی را برجسته می‌سازند. این یافته‌ها نشان‌دهنده‌ی توازن رشد و پاسخ دفاعی در گیاهان است، جایی که رشد محدود شده تا بقاء افزایش یابد (Islam *et al*., 2022).

تنش گرما

تنش گرما موجب ناپایداری تاخوردگی پروتئین‌ها، آسیب به یکپارچگی غشا و اختلال در فتوسنتز می‌شود. گیاهان از ریزRNAها برای تنظیم فرایندهای ترمیم و زمان‌بندی رشد و نمو استفاده می‌کنند:

- **miR398** این ریز RNA اغلب در شرایط گرما افزایش می‌یابد و با کاهش رونوشت‌های CSD1/2 ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی را کاهش داده و تجمع ROS را افزایش می‌دهد؛ در نتیجه این افزایش ROS باعث فعال‌سازی فاکتورهای HSF و پروتئین‌های HSP شده و تحمل گیاه به گرما را تقویت می‌کند (Li *et al*., 2025a).
- **miR396** سرکوب شده و این امر فعالیت GRF را آزاد می‌سازد تا تقسیم سلولی و ترمیم بافت پس از آسیب تسهیل گردد (Ding *et al*., 2024).
- **miR156** تجمع miR156 گلدهی را به تأخیر انداخته و اهداف SPL را تنظیم می‌کند، که انعطاف‌پذیری تکوینی در شرایط گرمای متغیر را تضمین می‌نماید (Arshad and Hannoufa., 2022).
- **miR160** با سرکوب این ریز RNA فاکتورهای رونویسی ARF افزایش می‌یابند و از این طریق پیام‌رسانی اکسین و پاسخ‌های رشدی تنظیم می‌شوند (Hao *et al*., 2022).

مطالعات چندأمیک در سویا و برنج تأیید کرده‌اند که ریزRNAها در تنش گرما به عنوان بخشی از مدارهای انعطاف‌پذیری تکوینی عمل می‌کنند و تعادل میان بقاء فوری و موفقیت تولیدمثلی بلندمدت را برقرار می‌سازند (Liu *et al*.,2024).

تنش سرما

دماهای پایین فعالیت متابولیک را کاهش داده، سیالیت غشاء را محدود کرده و بازده فتوسنتزی را مختل می‌کنند ریزRNAهای پاسخ‌دهنده به سرما موجب تنظیمات ساختاری و متابولیکی می‌شوند:

- **miR319** افزایش miR319a با سرکوب فاکتورهای رونویسیTCP، توسعه و تمایز برگ را تنظیم کرده و مورفولوژی برگ و یکپارچگی بافت‌های فتوسنتزی را حفظ می‌کند (Cheng *et al*., 2021).

با تحلیل مقایسه‌ای ریزRNAهای پاسخ‌دهنده به سرما در ژنوتیپ‌های متضاد، مشخص شد که miR319، miR393، miR394 و miR159 به‌عنوان ریز RNAهای نامزد در تحمل سرما نقش دارند و عملکرد آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت (Akbari *et al*.,2020).

نتیجه‌گیری

ریزRNAها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های کلیدی پاسخ گیاهان به تنش‌های غیرزیستی عمل می‌کنند. آن‌ها شبکه‌های رونویسی، هورمونی و متابولیک را هماهنگ می‌سازند. این مولکول‌های کوچک نه‌تنها بیان ژن‌های مرتبط با مقاومت به تنش را کنترل می‌کنند، بلکه در تنظیم مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و ترپنوئیدها نیز نقش دارند. این ترکیبات نه‌تنها به دفاع گیاه در برابر تنش‌های محیطی، بلکه به ارزش دارویی، تغذیه‌ای و صنعتی آن‌ها نیز کمک می‌کنند. پیشرفت‌های اخیر در زیست‌شناسی مولکولی، ویرایش ژن و زیست‌شناسی سامانه‌ای اکنون فرصت‌های بی‌سابقه‌ای برای استفاده از ریزRNAها در بهبود عملکرد و مقاومت محصولات کشاورزی فراهم کرده است. انتظار می‌رود در دهه آینده، درک عمیق‌تر از شبکه‌های تنظیمی ریزRNA و نقش آن‌ها در مسیرهای متابولیکی، به ادغام این دانش در برنامه‌های اصلاح نباتات منجر شود و گامی مؤثر در جهت توسعه‌ی کشاورزی هوشمند، پایدار و مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی فراهم آورد.

منابع

Akbari, A., Ismaili, A., Shobbar, Z., & Amirbakhtiar, N. (2022). Identification of candidate microRNAs involved in cold tolerance of chickpea. GEBSJ, 11(1), 4. http://gebsj.ir/article-1-413-en.html

Arshad, M., & Hannoufa, A. (2022). Alfalfa transcriptome profiling provides insight into miR156-mediated molecular mechanisms of heat stress tolerance. Genome, 65(6), 315–330. https://doi.org/10.1139/gen-2021-0099

Chen, X., Chen, Z., Fiorentino, A., Kuess, M., Tharayil, N., Kumar, R., Leonard, E., Noorai, R., Hu, Q., & Luo, H. (2024). MicroRNA169 integrates multiple factors to modulate plant growth and abiotic stress responses. Plant Biotechnology Journal, 22(9), 2541–2557. https://doi.org/10.1111/pbi.14367

Chen, X., Chen, Z., Watts, R., & Luo, H. (2025). Non-coding RNAs in plant stress responses: Molecular insights and agricultural applications. Plant Biotechnology Journal, 23(8), 3195–3233. https://doi.org/10.1111/pbi.70134

Cheng, Y., Wang, L., Abbas, M., Huang, X., Wang, Q., Wu, A., Wei, H., Peng, S., Dai, X., & Li, Q. (2021). MicroRNA319-mediated gene regulatory network impacts leaf development and morphogenesis in poplar. For Res (Fayettev), 1, 4. https://doi.org/10.48130/FR-2021-0004

Ding, B., Yue, Y., Chen, X., Long, X., & Zhou, Z. (2024). Identification and expression analysis of miR396 and its target genes in Jerusalem artichoke under temperature stress. Gene, 893, 147908. https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147908

FAO. (2021). The state of food security and nutrition in the world 2021: Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. FAO. https://doi.org/10.4060/cb4474en

Hannon, G. J. (2002). RNA interference. *Nature*, *418*(6894), 244–251. https://doi.org/10.1038/418244a

Hao, K., Wang, Y., Zhu, Z., Wu, Y., Chen, R., & Zhang, L. (2022). miR160: An indispensable regulator in plant. Frontiers in Plant Science, 13, 833322. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.833322

Islam, W., Waheed, A., Naveed, H., & Zeng, F. (2022). MicroRNAs mediated plant responses to salt stress. Cells, 11(18), 2806. https://doi.org/10.3390/cells11182806

Jia, X., Wang, W. X., Ren, L., et al. (2009). Differential and dynamic regulation of miR398 in response to ABA and salt stress in Populus tremula and Arabidopsis thaliana. Plant Molecular Biology, 71, 51–59. https://doi.org/10.1007/s11103-009-9508-8

Jiang, J., Zhu, H., Li, N., Batley, J., & Wang, Y. (2022). The miR393-target module regulates plant development and responses to biotic and abiotic stresses. International Journal of Molecular Sciences, 23(16), 9477. https://doi.org/10.3390/ijms23169477

Kakumani, P. K. (2024). Regulatory role of RNA-binding proteins in microRNA biogenesis. Frontiers in Molecular Biosciences, 11, 1374843. https://doi.org/10.3389/fmolb.2024.1374843

Leng, X., Wang, P., Zhu, X., Li, X., Zheng, T., Shangguan, L., & Fang, J. (2017). Ectopic expression of CSD1 and CSD2 targeting genes of miR398 in grapevine is associated with oxidative stress tolerance. Functional & Integrative Genomics, 17(6), 697–710. https://doi.org/10.1007/s10142-017-0565-9

Li, B., Wang, P., Zhao, S., Dong, J., Mao, S., Zhu, X., Yuan, T., Qiu, H., Cao, L., Xu, Y., He, Y., Zhu, Z., & Yan, G. (2025a). Sly-miR398 participates in heat stress tolerance in tomato by modulating ROS accumulation and HSP response. Agronomy, 15(2), 294. https://doi.org/10.3390/agronomy15020294

Li, J., Duan, Y., Sun, N., Wang, L., Feng, S., Fang, Y., & Wang, Y. (2021). The miR169n-NF-YA8 regulation module involved in drought resistance in Brassica napus L. Plant Science, 313, 111062. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.111062

Li, X., Huang, Y., Yang, W., Qi, L., Zhang, L., & Li, C. (2025b). Conserved miR156 mediates phase-specific coordination between cotyledon morphogenesis and embryo dormancy during somatic embryogenesis in Larix kaempferi. International Journal of Molecular Sciences, 26(17), 8206. https://doi.org/10.3390/ijms26178206

Liu, Y., Liang, Z., Li, Y., et al. (2024). Integrated transcriptome and microRNA analysis reveals molecular responses to high-temperature stress in the liver of American shad (Alosa sapidissima). BMC Genomics, 25, 656. https://doi.org/10.1186/s12864-024-10567-w

Ma, Z., & Hu, L. (2023). MicroRNA: A dynamic player from signalling to abiotic tolerance in plants. International Journal of Molecular Sciences, 24(14), 11364. https://doi.org/10.3390/ijms241411364

Miki, D., Zhang, W., Zeng, W., et al. (2018). CRISPR/Cas9-mediated gene targeting in Arabidopsis using sequential transformation. Nature Communications, 9, 1967. https://doi.org/10.1038/s41467-018-04416-0

Miotto, M., Marinari, E., & De Martino, A. (2019). Competing endogenous RNA crosstalk at system level. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.09256

Parthasarathi, T., Velu, G., Hemalatha, M., & Manivannan, N. (2022). Effects of high temperature on crops. In R. Z. Sayyed, N. R. Shaikh, & M. S. J. Parray (Eds.), Advances in plant defense mechanisms (pp. 1–15). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.105945

Ruan, Q., Bai, X., Wang, Y., Deng, C., Zhao, Y., & Wei, X. (2025). Exogenous NO-mediated microRNA398a-3p-MsCSD2-2 modules negatively regulate the drought stress tolerance of alfalfa. Plant Physiology and Biochemistry, 227, 110099. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2025.110099

Sabzehzari, M., & Naghavi, M. R. (2019). Phyto-miRNAs-based regulation of metabolites biosynthesis in medicinal plants. *Gene*, *682*, 13–24. https://doi.org/10.1016/j.gene.2018.09.049

Shang, R., Lee, S., Senavirathne, G., & Lai, E. C. (2023). microRNAs in action: Biogenesis, function and regulation. Nature Reviews Genetics, 24(12), 816–833. https://doi.org/10.1038/s41576-023-00611-y

Sharma, P., Mishra, S., Kaur, A., Ahlawat, O. P., & Tiwari, R. (2025b). Novel and conserved drought-responsive microRNAs expression analysis in root tissues of wheat (Triticum aestivum L.) at reproductive stage. Frontiers in Plant Science, 16, 1581542. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1581542

Tirumalai, V., Swetha, C., Nair, A., Pandit, A., & Shivaprasad, P. V. (2019). miR828 and miR858 regulate VvMYB114 to promote anthocyanin and flavonol accumulation in grapes. *Journal of Experimental Botany*, *70*(18), 4775–4792. https://doi.org/10.1093/jxb/erz264

Visentin, I., Pagliarani, C., Deva, E., Caracci, A., Turečková, V., Novák, O., Lovisolo, C., Schubert, A., & Cardinale, F. (2020). A novel strigolactone-miR156 module controls stomatal behaviour during drought recovery. Plant, Cell & Environment, 43(7), 1613–1624. https://doi.org/10.1111/pce.13758

Wang, Y., Liu, W., Wang, X., Yang, R., Wu, Z., Wang, H., Wang, L., Hu, Z., Guo, S., Zhang, H., Lin, J., & Fu, C. (2020). MiR156 regulates anthocyanin biosynthesis through SPL targets and other microRNAs in poplar. *Horticulture Research*, *7*, 118. https://doi.org/10.1038/s41438-020-00341-w

Xie, W., & Melzig, M. F. (2018). The stability of medicinal plant microRNAs in the herb preparation process. *Molecules*, *23*(4), 919. https://doi.org/10.3390/molecules23040919

Yanfei Ding, L., Ding, L., Xia, Y., Wang, F., & Zhu, C. (2020). Emerging roles of microRNAs in plant heavy metal tolerance and homeostasis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68(7). https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07468

Zhang, Y., Ni, X., Fu, X., et al. (2025). Comprehensive analysis of SPL gene family and miR156a/SPLs in the regulation of terpenoid indole alkaloid biosynthesis in Catharanthus roseus L. BMC Plant Biology, 25, 817. https://doi.org/10.1186/s12870-025-06802-5

MicroRNAs and Their Role in Regulating Metabolite Biosynthesis and Plant Responses to Abiotic Stresses: Mechanisms and Applications

Khatereh Taheri[1,*], Hengameh Taheri[2]

1. MSc Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

* Corresponding author email: Khatereh.taheri@yahoo.com

Abstract

MicroRNAs (miRNAs) act as key regulators in the biosynthesis of secondary metabolites in plants by controlling the expression of genes involved in metabolic pathways, thereby influencing the production of compounds such as alkaloids, terpenoids, and phenolics. This regulation enhances beneficial compounds while reducing toxic substances, providing a foundation for metabolic engineering and the improvement of medicinal and industrial traits in plants. In addition to their role in metabolic pathway regulation, miRNAs play an essential part in plant responses to unfavorable environmental conditions, establishing a link between secondary metabolism and responses to abiotic stresses. Abiotic stresses such as drought, salinity, heat, and cold are among the major threats to agricultural productivity and global food security. To cope with these stresses, plants have evolved complex regulatory networks in which miRNAs play a crucial role. miRNAs are small non-coding RNAs (20–24 nucleotides) that regulate gene expression at the post-transcriptional level by guiding mRNA cleavage or inhibiting translation. Acting as key regulators in plant responses to abiotic stress, miRNAs interact within transcriptional, hormonal, and metabolic networks to maintain a balance between growth and survival. This study examined the molecular basis of miRNAs, from transcription to maturation, and their functional mechanisms such as mRNA cleavage and translational repression. It also explored their roles within regulatory networks, highlighting the interaction of miRNAs with transcription factors and hormonal pathways. Furthermore, known plant miRNAs involved in the regulation of metabolic pathways in medicinal plants were reviewed to identify the relationship between miRNA expression and changes in secondary metabolite production.The findings indicate that miRNAs can serve as effective targets for genetic engineering and enhancing the yield of medicinal compounds in plants, playing a pivotal role in the advancement of medicinal plant biotechnology.

Keywords: Secondary metabolites, Drought stress, Salinity stress, Heat stress, Cold stress

مروری بر تاب‌آوری و پایداری گیاهان دارویی ایران در برابر تغییرات اقلیمی

فاطمه حسین زاده [۱*]، علیرضا کرباسی[۲]،سارا بزرگ چنانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.[۱]

۲- استاد، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

چکیده

گیاهان دارویی از عناصر کلیدی سلامت انسان و تنوع زیستی به شمار می‌روند. این مطالعه به‌صورت مروری با هدف تحلیل وضعیت تاب‌آوری و پایداری گیاهان دارویی ایران در برابر تغییرات اقلیمی انجام شده است. برای این منظور، نتایج ۶۷ مقاله منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ از پایگاه‌های Scopus، ScienceDirect، SID و Google Scholar مورد بررسی قرار گرفت و ۲۰ مقاله بر اساس معیارهای کیفی انتخاب و تحلیل شدند. یافته‌های مروری نشان داد که بیشترین مطالعات بر گونه‌های کوهستانی با اهمیت دارویی بالا (مانند گل‌گاوزبان، شیرین‌بیان و درمنه) تمرکز داشته‌اند و عوامل اقلیمی و بهره‌برداری بی‌رویه مهم‌ترین تهدیدات شناخته شده‌اند. در این مرور، چارچوب بین‌رشته‌ای سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی برای تبیین روابط میان ظرفیت زیستی، ارزش اقتصادی، منافع اجتماعی و آسیب‌پذیری گیاهان به کار گرفته شد. نتایج این تحلیل مروری لزوم توسعه سیاست‌های حفاظتی و بهره‌برداری پایدار را در مناطق دارای غنای گونه‌ای بالا برجسته می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت زیست‌بومی، تنوع زیستی، مدیریت پایدار، آنتروپوسن.

۱. مقدمه

طبیعت از دیرباز منبعی غنی برای تأمین نیازهای دارویی بشر بوده است و سلامت انسان برای هزاران سال به‌طور جدایی‌ناپذیری با استفاده از گیاهان دارویی پیوند خورده است؛ به‌گونه‌ای‌که این منابع طبیعی از قدیمی‌ترین خدمات طبیعت در جهت رفاه بشر به‌شمار می‌روند (استیونسون و همکاران، ۲۰۱۷؛ جمشیدی‌کیا و همکاران، ۱۳۹۶؛ عبدالمجید و همکاران، ۲۰۲۴). کاربردهای درمانی گونه‌های گیاهی متعدد از دوران تمدن‌های باستانی تا عصر مدرن به‌طور گسترده مستند شده‌اند (اسنایدر، ۲۰۰۵) و شواهد باستان‌شناسی نیز نشان‌دهنده وابستگی انسان‌های پارینه‌سنگی به دانش مکان‌یابی و استفاده از گیاهان دارویی است (هاردی، ۲۰۱۹). بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، حدود ۸۰ درصد مردم جهان هنوز به داروهای گیاهی برای تأمین بخشی از مراقبت‌های درمانی خود متکی هستند (سازمان جهانی بهداشت؛ الوِس و همکاران، ۲۰۲۲).ایران با دارا بودن بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی، یکی از کشورهای پیشرو در تنوع و پراکنش گیاهان دارویی در جهان محسوب می‌شود (حسن‌پوراقدم و همکاران، ۲۰۲۲؛ خبرگزاری ایسنا). وجود گونه‌های متنوع با ارزش‌های صنعتی، دارویی و خوراکی که برخی از آن‌ها سهم برجسته‌ای در صادرات غیرنفتی دارند، جایگاه ویژه‌ای برای کشور در عرصه تولید و تجارت

[۱] نویسنده مسئول : hosseinzadehmajedeh@gmail.com

جهانی این محصولات رقم زده است (دهقانی مشکانی، ۲۰۱۰). با این حال، نگاه صرفاً اقتصادی و جداسازی گیاهان دارویی از نقش اکولوژیک‌شان، همراه با افزایش تقاضای جهانی، زمینه‌ساز بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع شده و بسیاری از گونه‌ها را با خطر انقراض مواجه کرده است. استفاده ناپایدار از زمین، تغییرات اقلیمی و تخریب زیستگاه‌ها، تهدیدی جدی برای تداوم حضور و عملکرد ترکیبات زیست‌فعال در این گونه‌ها محسوب می‌شوند (اپل‌کوئیست و همکاران، ۲۰۲۰؛ آلوم، ۲۰۲۵).در این میان، فقدان چارچوب‌های تحلیلی بین‌رشته‌ای برای ارزیابی تنوع زیستی دارویی به‌عنوان یکی از ارکان سلامت سیاره‌ای، مانعی اساسی در مسیر مدیریت پایدار این منابع به‌شمار می‌رود (ویتمی و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات اخیر بر ضرورت ساخت مدل‌هایی تأکید دارند که بتوانند روابط میان عوامل اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی را در بهره‌برداری از گیاهان دارویی تبیین کنند (تئودوریدیس و همکاران، ۲۰۲۳). این چارچوب‌ها، که بر مبانی نظری سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی (اوستروم، ۲۰۰۹) و مفهوم «مشارکت‌های طبیعت در زندگی انسان‌ها» (دیاز و همکاران، ۲۰۱۸) استوارند، با هدف هدایت تحقیقات میان‌رشته‌ای در جهت تحقق اهداف توسعه پایدار طراحی شده‌اند.بر این اساس، مقاله حاضر با رویکردی مروری و تحلیلی، به بررسی وضعیت منابع گیاهان دارویی ایران می‌پردازد و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها را در برابر تغییر اقلیم و بهره‌برداری غیرپایدار تحلیل می‌کند. هدف، ارائه‌ی تصویری یکپارچه از وضعیت حفاظت و کارکردهای اجتماعی–اکولوژیکی این منابع در چارچوب «سلامت سیاره‌ای» و پیشنهاد راهکارهایی برای استفاده‌ی پایدار از آن‌هاست.از سوی دیگر، داروهای گیاهی و سنتی، نقش بی‌بدیلی در سلامت عمومی جوامع بشری ایفا کرده‌اند. بنا بر گزارش سازمان جهانی بهداشت، داروهای گیاهی با کیفیت، ایمنی و اثربخشی اثبات‌شده، ابزار بنیادین تأمین مراقبت‌های بهداشتی اولیه در سراسر جهان هستند (دلگادو، ۲۰۱۴). همین اهمیت جهانی سبب شده است که گیاهان دارویی برای درمان بیماری‌هایی همچون دیابت، زردی، فشار خون بالا، سل، اختلالات روانی، سندرم نقص ایمنی اکتسابی، سرطان، بیماری‌های پوستی و بسیاری از بیماری‌های عفونی دیگر مورد استفاده قرار گیرند (خان و همکاران، ۲۰۱۸).با این حال، تهدیدهای فرهنگی نیز هم‌زمان با فشارهای زیست‌محیطی، میراث دانش سنتی مرتبط با گیاهان دارویی را در معرض فراموشی قرار داده‌اند. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که تا پایان قرن بیست‌ویکم بیش از ۳۰ درصد زبان‌ها و فرهنگ‌های بومی در معرض انقراض قرار خواهند گرفت که این خود منجر به از دست رفتن دانش منحصربه‌فرد در شناسایی و استفاده از گیاهان دارویی می‌شود—دانشی که حاصل قرن‌ها تجربه و مشاهده در جوامع انسانی است (کامارا-لِرِت و باسکومپته، ۲۰۲۱).در سطح ملی نیز، ایران به دلیل تنوع اقلیمی وسیع خود دارای فلور استثنایی است و بنا بر مطالعات محققان، بخش عمده‌ای از گیاهانی که در سایر نقاط جهان می‌رویند در این سرزمین قابل شناسایی و کشت هستند (آخوندزاده، ۱۳۷۹؛ آزادبخت، ۱۳۷۸؛ زرگری، ۱۳۷۴). این ظرفیت ارزشمند، ایران را به یکی از کشورهای مستعد برای توسعه‌ی پایدار منابع گیاهان دارویی تبدیل کرده است—ظرفیتی که تاکنون به‌طور کامل مورد بهره‌برداری علمی و مدیریتی قرار نگرفته و نیازمند سیاست‌های راهبردی و حفاظتی مؤثر است.

۲. مواد و روش ها

این پژوهش از نوع مطالعه مروری نظام‌مند (Systematic Review) است. جست‌وجو در پایگاه‌های Scopus، ScienceDirect، SID و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های Medicinal Plants, Climate Change, Iran, Biodiversity و Sustainability انجام شد. در مجموع ۶۷ مقاله بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ شناسایی و پس از غربالگری و حذف مقالات تکراری، ۲۰ مقاله برای تحلیل کیفی انتخاب شد.

منابع داده شامل مطالعات علمی داخلی، «فلور ایرانیکا»، بانک ملی ژرم‌پلاسم، داده‌های اقلیمی پایگاه WorldClim و فهرست گونه‌های در معرض تهدید IUCN بودند. داده‌های اجتماعی و اقتصادی نیز از گزارش‌های وزارت جهاد کشاورزی و وزارت صمت استخراج شدند.

چارچوب مفهومی تحقیق در چهار بعد اصلی تعریف شده است:

۱. ظرفیت در منابع گیاهان دارویی

ظرفیت منابع در حوزه گیاهان دارویی به میزان تولید بالقوه‌ای اشاره دارد که با بهره‌گیری از منابع موجود از جمله نیروی انسانی متخصص، مواد اولیه گیاهی، تجهیزات فرآوری و زیرساخت‌های صنعتی قابل دستیابی است. این ظرفیت نه‌تنها در برنامه‌ریزی و تخصیص بهینه منابع نقش کلیدی دارد، بلکه تأثیر مستقیمی برهزینه‌های تولید، بهره‌وری اقتصادی و توسعه پایدار صنعت دارویی کشور دارد.در سطح اکولوژیک، ظرفیت منابع گیاهان دارویی بیانگر غنا، پراکنش و تراکم گونه‌های دارویی در زیست‌بوم‌های مختلف ایران است؛ به‌ویژه در مناطقی با تنوع اقلیمی بالا که امکان رشد گونه‌های متنوع با ترکیبات زیست‌فعال ارزشمند فراهم است. این توان بالقوه، پایه‌ای برای تولید داروهای گیاهی، استخراج ترکیبات مؤثر، و توسعه محصولات سلامت‌محور محسوب می‌شود و نقش مهمی در امنیت زیستی، سلامت عمومی و اقتصاد زیست‌پایه ایفا می‌کند.

۲. منافع بالقوه

منافع بالقوه گیاهان دارویی به ظرفیت آن‌ها در ارتقای سلامت عمومی، بهبود کیفیت زندگی، و ایجاد ارزش‌های اقتصادی و اجتماعی برای جوامع انسانی اشاره دارد. این منافع شامل کاربردهای درمانی شناخته‌شده، نقش در پیشگیری از بیماری‌ها، و امکان توسعه داروهای جدید از ترکیبات زیست‌فعال گیاهی است. همچنین، گیاهان دارویی می‌توانند با تقویت اقتصاد محلی، ایجاد اشتغال در مناطق روستایی، و حفظ دانش سنتی، به رفاه اجتماعی و پایداری فرهنگی کمک کنند. بهره‌برداری پایدار از این منابع، زمینه‌ساز تحقق اهداف توسعه پایدار در حوزه سلامت، آموزش، و حفاظت از تنوع زیستی خواهد بود

۳. ارزش‌های بالقوه

برآورد ارزش اقتصادی و اکولوژیکی گیاهان دارویی در سطح ملی، شامل ارزش‌های ذاتی و غیربازاری (مانند نقش در تعادل اکوسیستم) و همچنین ارزش‌های مبادله‌ای مستقیم (مانند ارزش بازار اسانس‌ها و صادرات فرآورده‌های نهایی) است.

۴. آسیب‌پذیری منبع

ارزیابی میزان تهدید این گونه‌ها در برابر فشارهای اقلیمی، تخریب زیستگاه و بهره‌برداری بی‌رویه.این ساختار مفهومی بر اساس پیشنهادهای تئودوریدیس و همکاران (۲۰۲۳) تنظیم شده و هدف آن تطبیق این مدل جهانی با شرایط بوم‌شناختی ایران است.

داده‌های مورد استفاده از منابع معتبر ملی و بین‌المللی گردآوری شد، شامل:

داده‌های تنوع گیاهان دارویی از منابع داخلی نظیر «فلور ایرانیکا»، بانک‌ملی ژرم‌پلاسم و فهرست گیاهان دارویی وزارت جهاد کشاورزی؛داده‌های اقلیمی از پایگاه WorldClim و سازمان هواشناسی ایران برای میانگین‌های دما، بارش، خشکسالی و

تغییرات دهه‌های اخیر؛داده‌های اقتصادی و اجتماعی شامل حجم تولید، صادرات و سهم اشتغال محلی از گزارش‌های وزارت صمت و گمرک جمهوری اسلامی ایران؛داده‌های حفاظتی و انقراض از فهرست سرخ IUCN .

شاخص‌ها و تحلیل داده‌ها

برای سنجش وضعیت منابع دارویی، چهار شاخص کمی و کیفی طراحی شد که بر اساس آن‌ها هر منطقه از کشور ارزیابی گردید.ظرفیت منبع از طریق بررسی تنوع گونه‌های دارویی بومزاد، مانند آویشن و گل‌گاوزبان، و غلظت ترکیبات فعال آن‌ها در مناطق مختلف، تعیین می‌گردد تا پتانسیل ذاتی اکوسیستم‌ها مشخص شود. منافع اجتماعی به نقش گیاهان در معیشت جوامع محلی و دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی اولیه مربوط می‌شود، که با ارزیابی مناطقی چون کشت زعفران، گل‌محمدی و کتیرا قابل سنجش است. در عین حال، ارزش اقتصادی با تحلیل داده‌های بازار و سهم صادرات اسانس‌ها و فرآورده‌های گیاهی از درآمد غیرنفتی سنجیده می‌شود. در نهایت، آسیب‌پذیری زیست‌محیطی به عنوان عامل تهدیدکننده، با تلفیق داده‌های اقلیمی (مانند خشکسالی) و میزان بهره‌برداری بی‌رویه در مراتع، به‌ویژه در نواحی غربی کشور، شناسایی شده و اولویت‌های حفاظتی را مشخص می‌کند. این چهار شاخص در مجموع، یک دیدگاه ترنس‌دیسیپلینری برای مدیریت پایدار منابع فراهم می‌آورند .نتایج حاصل از این روش امکان تعیین مناطق بحرانی آسیب‌پذیری، گونه‌های در معرض تهدید و پیشنهاد راهبردهای مدیریتی برای استفاده پایدار از منابع گیاهان دارویی ایران را فراهم می‌کند. این روش تحقیق شالوده‌ای علمی برای سیاست‌گذاری ، حفاظت از اکوسیستم‌ها و توسعه پایدار منابع دارویی کشور به شمار می‌رود.نتایج حاصل از ارزیابی ۱۸ گونه گیاهی دارویی کلیدی ایران (مشخص شده در جدول ۱) در قالب چهار بُعد چارچوب تحلیل ارائه می‌گردد. این ارزیابی به منظور درک عمق تنوع، پراکنش، تهدیدات و ارزش‌های چندگانه این منابع ارزشمند انجام شده است. چارچوب چهار بُعدی مورد استفاده، ابعاد اکولوژیکی ،ابعاد اقتصادی (پتانسیل بازار و ارزش افزوده)، ابعاد اجتماعی (کاربردهای رایج و خدمات اکوسیستمی غیر دارویی) و ابعاد مدیریتی (نیاز به حفاظت و کشت‌های جایگزین) را پوشش می‌دهد.این چارچوب با الهام از تئودوریدیس و همکاران (۲۰۲۳) طراحی شده و وضعیت، تهدیدات و فرصت‌های گونه‌های دارویی ایران را در چهار بُعد اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

جدول ۱:خالصه وضعیت گونه های گیاهی دارویی مورد بررسی

نام گیاه دارویی Scientific name of medicinal plant	وضعیت تخمینی پراکنش/تاب آوری
بومادران Achillea millefolium	پراکنش گسترده، حساس به خشکی منطقه‌ای
اگیر ترکی Acorus calamus	مناطق مرطوب شمال، حساس به تغییرات آب‌وهوا
پرسیاوشان Adiantum capillus-veneris	مناطق سایه و مرطوب، بسیار حساس به خشکی
غافث Agrimonia eupatoria	مناطق خشک و نیمه‌خشک، متوسط
خارشتر Alhagi persarum	مناطق خشک، دارای نقش حفاظتی در برابر گرد و غبار
موسیر Allium stipitatum	مناطق کوهستانی، پتانسیل تجاری بالا
ختمی Althaea officinalis	مناطق مرطوب‌تر، آسیب‌پذیر در برابر توسعه اراضی
قدومه	مناطق خشک، آسیب‌پذیری متوسط

Alyssum homolocarpum بابا آدم	مناطق معتدل، نیاز به مطالعات بیشتر
Arctium lappa افسنتین	پراکنش گسترده در مناطق خشک، مقاوم به خشکی
Artemisia absinthium درمنه یک ساله	نیاز به کشت کنترل‌شده، حساس به محیط
Artemisia annua آویشن	پراکنش بالا (به ویژه جنوب)، آسیب‌پذیری بالا به بهره‌برداری
Thymus vulgaris اکیناسه	گونه غیربومی، نیاز به مدیریت کشت دقیق
Echinacea purpurea بارهنگ	پراکنش بسیار گسترده (علف هرز)، بسیار مقاوم
Plantago major گل گاوزبان	پراکنش متمرکز در شمال، آسیب‌پذیری بسیار بالا به تغییر اقلیم
Echium amoenum سنبل‌الطیب	مناطق مرطوب، حساس به تغییرات سطح آب زیرزمینی
Valeriana officinalis زوفا	مناطق نیمه‌خشک، آسیب‌پذیری متوسط
Hyssopus officinalis شیرین‌بیان	مناطق خشک، خطر بالای برداشت بی‌رویه
Glycyrrhiza glabra	

ماخذ: فلور ایرانیکا

ارزیابی چهاربُعدی ارائه‌شده نشان می‌دهد که ارتفاعات البرز و زاگرس به‌عنوان کانون‌های ظرفیت اکولوژیکی، دارای بیشترین تنوع زیستی دارویی در ایران هستند، اما گونه‌های تخصصی این مناطق مانند سنبل‌الطیب و گل‌گاوزبان در معرض خطر جدی ناشی از تغییرات اقلیمی قرار دارند. از منظر اقتصادی، اگرچه پتانسیل تجاری بالایی برای گونه‌هایی چون درمنه و شیرین‌بیان وجود دارد، بهره‌برداری غیراصولی موجب کاهش تراکم و تهدید پایداری زنجیره تأمین شده است. بُعد اجتماعی نیز اهمیت گیاهان در ارائه خدمات اکوسیستمی را برجسته می‌کند، چنان‌که کاهش خارشتر در مناطق خشک موجب افزایش فرسایش بادی و گردوغبار شده است. در نهایت، همپوشانی میان مناطق با غنای زیستی بالا و مناطق تحت فشار توسعه یا برداشت غیرقانونی، ضرورت تدوین راهبردهای حفاظتی هدفمند و محدودسازی برداشت گونه‌های حساس را نمایان می‌سازد تا زمینه‌ای علمی برای مدیریت پایدار منابع گیاهی کشور فراهم شود.برای ارزیابی جامع و تلفیقی منابع گیاهان دارویی در برابر فشارهای محیطی و انسانی، یک چارچوب تحلیلی چهار بُعدی (جدول ۲) طراحی شد. این چارچوب ابعاد اکولوژیکی (ظرفیت منابع)، ابعاد اجتماعی (منافع)، ابعاد اقتصادی (ارزش‌های مبادله‌ای) و بُعد آسیب‌پذیری زیست‌محیطی را به صورت همزمان می‌سنجد. این رویکرد بین‌رشته‌ای، که از منابع معتبر ملی و بین‌المللی الهام گرفته شده است، امکان شناسایی کانون‌های بحرانی (مناطق با غنای گونه‌ای بالا و ریسک محیطی زیاد) را فراهم می‌آورد و مبنایی علمی برای تدوین راهبردهای مدیریتی پایدار ارائه می‌دهد که تعارض بین بهره‌برداری تجاری و حفاظت اکوسیستمی را مدیریت کند.

جدول ۲: چارچوب تحلیلی چهار بُعدی ارزیابی منابع گیاهان دارویی ایران

بعد اصلی	مؤلفه‌های کلیدی	هدف از ارزیابی
ظرفیت منابع	تنوع گونه‌های بومزاد، غلظت ترکیبات فعال، پراکنش و تراکم گونه‌ها	تعیین پتانسیل ذاتی اکوسیستم‌ها
منافع اجتماعی	نقش گیاهان در معیشت جوامع محلی، دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی اولیه	ارزیابی تأثیرات بر رفاه و سلامت جوامع

ارزش اقتصادی	حجم تولید، داده‌های بازار، سهم صادرات اسانس‌ها و فرآورده‌های گیاهی	سنجش پتانسیل بازار و ارزش مبادله‌ای منابع
آسیب‌پذیری زیست‌محیطی	داده‌های اقلیمی (خشکسالی)، میزان بهره‌برداری بی‌رویه، تهدیدات ناشی از تغییر اقلیم	شناسایی تهدیدها و تعیین اولویت‌های حفاظتی

۴. نتایج و بحث

مرور داده‌ها نشان داد که ارتفاعات البرز و زاگرس به‌عنوان اصلی‌ترین کانون‌های ظرفیت زیستی ایران، بیشترین تنوع زیستی گیاهان دارویی را در خود جای داده‌اند. گونه‌هایی چون موسیر، درمنه و آویشن دارای پتانسیل بسیار بالایی از نظر استخراج اسانس‌ها و ترکیبات زیست‌فعال هستند. با این حال، افزایش دما، خشکسالی‌های پی‌درپی و نوسانات بارش در دهه‌های اخیر، موجب کاهش پراکنش و ضعف جمعیت‌های طبیعی برخی گونه‌های تخصصی از جمله گل‌گاوزبان در شمال کشور شده است. این تغییرات اقلیمی نه تنها پویایی جمعیتی گونه‌ها را تحت تأثیر قرار داده، بلکه ترکیب شیمیایی و کارکرد زیست‌فعال آن‌ها را نیز تغییر داده است.از منظر اقتصادی و اجتماعی، گونه‌هایی مانند زعفران، گل‌محمدی و شیرین‌بیان در ساختار معیشت بومی جوامع مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش کلیدی ایفا می‌کنند. توسعه‌ی صنایع فرآوری محلی و زنجیره‌های ارزش‌افزوده بر پایه این گونه‌ها، می‌تواند سهم بسزایی در افزایش درآمد خانوارهای روستایی، ایجاد اشتغال پایدار و تقویت اقتصاد زیست‌محور ایفا کند. با این حال، نبود نظام استاندارد برای برداشت گیاهان دارویی و ضعف نظارت در چرخه تأمین، سبب کاهش تراکم و تهدید تنوع ژنتیکی این منابع ارزشمند شده است. بهره‌برداری سنتی بدون درنظرگرفتن ظرفیت اکولوژیکی زیستگاه‌ها، یکی از چالش‌های اساسی هدررفت سرمایه طبیعی کشور است.مطالعات مرورشده همچنین نشان می‌دهد که سه عامل اصلی تغییر اقلیم، بهره‌برداری بی‌رویه تجاری و گسترش کشاورزی در زیستگاه‌های طبیعی، مهم‌ترین تهدیدهای تنوع زیستی دارویی در ایران محسوب می‌شوند. بر اساس آخرین داده‌های فهرست سرخ، گونه‌هایی مانند گل‌گاوزبان و سنبل‌الطیب در زمره‌ی گیاهان در معرض خطر انقراض محلی قرار گرفته‌اند. گسترش فعالیت‌های انسانی در زیستگاه‌های حساس، از جمله تبدیل مراتع کوهستانی به زمین‌های زراعی، برداشت بی‌رویه ریشه و اندام‌های زیرزمینی، و تغییر رژیم رطوبتی مناطق شمالی، به‌طور مستقیم در افزایش میزان تهدید نقش دارد.نتایج این مرور تحلیلی نشان داد که برای کاهش فشارها و تقویت تاب‌آوری زیستی گیاهان دارویی، اتخاذ راهبردهای مدیریتی و سیاستی چندسطحی ضروری است. مهم‌ترین این راهکارها شامل توسعه‌ی کشت جایگزین برای گونه‌های پرخطر با استفاده از الگوهای کشاورزی پایدار، ایجاد مناطق حفاظت‌شده‌ی ویژه‌ی گیاهان دارویی در نواحی دارای غنای ژنتیکی بالا، آموزش جوامع محلی در زمینه‌ی برداشت اصولی و پایدار، و بهره‌گیری از مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی برای ارزیابی ریسک‌های زیستی در آینده است. علاوه بر آن، هم‌افزایی میان سیاست‌های اقلیمی، کشاورزی و منابع طبیعی می‌تواند تضمین‌کننده‌ی تداوم پایداری اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی در بهره‌برداری از منابع دارویی کشور باشد.بررسی نظام‌مند بیش از دو دهه پژوهش‌های ملی و بین‌المللی نشان داد که تاب‌آوری گیاهان دارویی ایران حاصل برآیند پیچیده‌ای از عوامل اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی است. استمرار حیات و کارکرد این گونه‌ها در گرو گذار از رویکرد صرفاً بهره‌بردارانه به رویکرد اکوسیستمی و بین‌رشته‌ای است. در این مسیر، طراحی بانک‌های ژرم‌پلاسم برای حفظ ذخایر ژنتیکی، به‌کارگیری مدل‌های پیش‌بینی تغییر اقلیم جهت شناسایی مناطق بحرانی، و سامان‌دهی زنجیره‌ی ارزش گیاهان دارویی با محوریت پایداری، باید در اولویت سیاست‌گذاری‌های ملی قرار گیرد. چنین رویکردی ضمن جلوگیری از

زوال تنوع زیستی و صیانت از خدمات اکوسیستمی، مسیر تحقق توسعه‌ی پایدار و سلامت سیاره‌ای را برای کشور هموار خواهد ساخت.

۵. منابع

آزادبخت، م. (۱۳۷۸). رده بندی گیاهان دارویی. موسسه فرهنگی انتشاراتی تیمورزاده (۴۰۱ صفحه)

آخوند زاده، ش. (۱۳۷۹). دایره المعارف گیاهان دارویی (جلد ۱). پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی (۲۱۸ صفحه)

دهقانی مشکانی، محمدرضا. (۲۰۱۰). بازاریابی و بازرگانی گیاهان دارویی (اقتصاد گیاهان دارویی)

زرگری، ع. (۱۳۷۴-۱۳۷۶). گیاهان دارویی (جلد ۱). دانشگاه تهران (۴۹۷۰ صفحه).

Abd-elmegeed, A. S. S., Saad Abd-alrahman, H., Mohamed, A. A., & Mohamed, B. (2024). *Medicinal plants: Past traditions and hope of tomorrow***.**

Alum, E. U. (2025). *Sustainable harvesting of medicinal plants: balancing therapeutic benefits with environmental conservation. Agroecology and Sustainable Food Systems, 49(3), 380-385***.**

Alves, M. B. N., de Barros, N. B., Lugtenburg, C. A. B., & Barros, R. R. (2022). *Uso empírico de plantas medicinais no tratamento de doenças Empirical use of medicinal plants in the treatment of diseases. Brazilian Journal of Development, 8(4), 31491-31503.*

Applequist, W. L., Brinckmann, J. A., Cunningham, A. B., Hart, R. E., Heinrich, M., Katerere, D. R., & Van Andel, T. (2020). *Scientists' warning on climate change and medicinal plants. Planta medica, 86(01), 10–18.*

Cámara-Leret, R., & Bascompte, J. (2021). *Language extinction triggers the loss of unique medicinal knowledge. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(24), e2103683118.*

Delgado, J. P. (2014). *Cuba and the WHO update their traditional medicine strategies. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 19(3), 264–266***.**

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., … & Shirayama, Y. (2018). *Assessing nature's contributions to people. Science, 359(6373), 270–272***.**

Hardy, K. (2019). *Paleomedicine and the use of plant secondary compounds in the Paleolithic and Early Neolithic. Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews, 28(2), 60–71***.**

Hassanpouraghdam, M. B., Ghorbani, H., Esmaeilpour, M., Alford, M. H., Strzemski, M., & Dresler, S. (2022). *Diversity and distribution patterns of endemic medicinal and aromatic plants of Iran: Implications for conservation and habitat management. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(3), 1552***.**

Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2018). *Medicinal plants: Past history and future perspective. Journal of Herbmed Pharmacology, 7(1), 1–7.*

Ostrom, E. (2009). *A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, 325(5939), 419–422.*

Sneader, W. (2005). *Drug discovery: A history. John Wiley & Sons.*

Stevenson, P. C., Nicolson, S. W., & Wright, G. A. (2017). *Plant secondary metabolites in nectar: Impacts on pollinators and ecological functions. Functional Ecology, 31(1), 65–75.*

Theodoridis, S., Drakou, E. G., Hickler, T., Thines, M., & Nogues-Bravo, D. (2023). *Evaluating natural medicinal resources and their exposure to global change. The Lancet Planetary Health, 7(2), e155–e163.*

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., de Souza Dias, B. F., … & Yach, D. (2015). *Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. The Lancet, 386(10007), 1973–2028.*

Analyzing the resilience and sustainability of medicinal plants against climate change

Fatemeh Hosseinzadeh *[1], Alireza Karbasi[2], Sara Bozorgchenani

1-MSc. Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University
2-Corresponding Author, Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University
3-MSc. Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University

* Corresponding author email :**hosseinzadehmajedeh@gmail.com.**

Abstract

Medicinal plants are key elements of human health and biodiversity. This review study was conducted with the aim of analyzing the resilience and sustainability of Iranian medicinal plants against climate change. For this purpose, the results of 67 articles published between 2000 and 2024 from Scopus, ScienceDirect, SID and Google Scholar databases were reviewed, and 20 articles were selected and analyzed based on qualitative criteria. The review findings showed that most studies focused on mountain species with high medicinal importance (such as hogweed, licorice, and Artemisia), and climatic factors and excessive exploitation were identified as the most important threats. In this review, the interdisciplinary framework of social-ecological systems was used to explain the relationships between biological capacity, economic value, social benefits, and vulnerability of plants. The results of this review analysis highlight the need to develop conservation policies and sustainable exploitation in areas with high species richness.

Keywords: Ecosystem capacity, biodiversity, sustainable management, Anthropocene.

تأثیرات رفتاری بیماران در اثر مصرف گیاهان دارویی ایران

فاطمه حسین زاده[1*] ، علیرضا کرباسی[2]،سارا بزرگ چنانی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی.[1]

۲- استاد، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی.

۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی.

چکیده

درمان‌های دارویی است؛ با الهام از مطالعات بین‌المللی و رویکردی تطبیقی. این تحقیق از نوع مروری–تطبیقی بوده و با تحلیل منابع داخلی و خارجی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ انجام شده است.یافته‌ها نشان می‌دهند که سوگیری‌هایی نظیر تأیید باورهای پیشین، خوش‌بینی افراطی، وابستگی به برند، اتکای بیش از حد به تجربیات شخصی، و اعتماد به تبلیغات احساسی از عوامل کلیدی مؤثر بر رفتار بیماران هستند. این سوگیری‌ها منجر به شکل‌گیری انتظارات غیرواقعی از داروها شده و در نهایت، پایبندی بیماران به درمان را کاهش می‌دهند.مقایسه تطبیقی با مطالعات بین‌المللی نشان داد که الگوی رفتاری بیماران ایرانی در بسیاری از موارد مشابه سایر کشورهاست؛ با این تفاوت که در ایران، عواملی چون اعتماد بالا به پزشک، تأثیر تبلیغات غیرمستقیم، و کمبود اطلاع‌رسانی علمی نقش برجسته‌تری ایفا می‌کنند. بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود سیاست‌های بازاریابی و آموزش دارویی با بهره‌گیری از اصول اقتصاد رفتاری طراحی شوند تا پایبندی منطقی و آگاهانه بیماران تقویت گردد. همچنین، هم‌سویی تبلیغات دارویی با اصول اخلاقی و اطلاع‌رسانی علمی واقعی‌تر، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود رفتار درمانی بیماران ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: سوگیری ، پایبندی دارویی، بازاریابی دارویی، اثربخشی.

۱. مقدمه

رفتار مصرف‌کنندگان دارویی در دهه‌های اخیر یکی از موضوعات مهم در حوزه اقتصاد رفتاری و بازاریابی سلامت به شمار می‌آید(روزلوئر،۲۰۱۹؛ مان،۲۰۱۹) اگرچه تصمیم‌گیری بیماران در نگاه نخست فرآیندی عقلانی و مبتنی بر اطلاعات پزشکی تصور می‌شود، اما شواهد علمی نشان داده‌اند که این تصمیمات در واقع تحت تأثیر مجموعه‌ای از سوگیری‌های شناختی، باورهای ذهنی و قضاوت‌های شهودی قرار دارد(بلومنتهال‌باربی و کریگر،۲۰۱۵؛ اوزدمیر و فینکلشتاین ،۲۰۱۸؛ الساد ،۲۰۱۲).به‌ویژه در حوزه درمان‌های دارویی، درک بیماران از اثربخشی دارو و پایبندی آنان به مصرف منظم، اغلب بیش از آنکه تابع واقعیات علمی باشد، متأثر از انتظارات، تجربه‌های شخصی، تبلیغات دارویی و توصیه پزشکان است (پیتژیکوفسکی،۲۰۲۲؛گاف،۲۰۰۸). بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، تنها حدود ۵۰ درصد بیماران در

[1] نویسنده مسئول :hosseinzadehmajedeh@gmail.com

کشورهای درحال‌توسعه داروهای خود را طبق دستور مصرف می‌کنند(بورکهارت و ساباتِه، ۲۰۰۳؛براون و باسل،۲۰۱۱). این پدیده که به عنوان عدم پایبندی دارویی شناخته می‌شود، موجب افزایش هزینه‌های درمان، کاهش اثربخشی مداخلات پزشکی و بروز عوارض جانبی قابل پیشگیری می‌گردد. در ایران نیز مطالعات پراکنده‌ای نشان داده‌اند که نرخ پایبندی بیماران مبتلا به بیماری‌های مزمن مانند دیابت، فشار خون و قلبی کمتر از سطح مطلوب است و عوامل روان‌شناختی و اجتماعی در این زمینه نقش مهمی دارند.پژوهش‌های جدید در زمینه اقتصاد رفتاری، از جمله مطالعه‌ی (حیدر و همکاران ۲۰۲۵)، نشان داده‌اند که سوگیری‌های رفتاری همچون سوگیری تأیید، اثر برند، سوگیری خوش‌بینی و در دسترس بودن، درک بیماران از اثربخشی دارو و تصمیم آنان برای ادامه درمان را شکل می‌دهند. این سوگیری‌ها باعث می‌شوند بیماران به‌جای تحلیل منطقی اطلاعات، به باورها و تجربیات قبلی خود اتکا کنند. به همین دلیل، تبلیغات دارویی و راهبردهای بازاریابی نیز با استفاده از عناصر احساسی، تصویری و اعتمادسازی، می‌توانند بر قضاوت بیماران اثر قابل‌توجهی بگذارند.در بازار دارویی ایران، عواملی نظیر شهرت برندهای خارجی، تبلیغات غیرمستقیم، اعتماد بالا به پزشکان و کمبود اطلاع‌رسانی علمی برای عموم موجب می‌شود بیماران در معرض تصمیم‌گیری‌های غیرمنطقی قرار گیرند. در چنین شرایطی، شناخت سازوکارهای روانی و رفتاری مؤثر بر انتخاب دارو و پایبندی بیماران، برای سیاست‌گذاران حوزه سلامت و مدیران بازاریابی دارویی اهمیت ویژه‌ای دارد.بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی تطبیقی شواهد مربوط به سوگیری‌های رفتاری و انتظارات اثربخشی در پایبندی دارویی انجام شده است. این تحقیق با مرور نظام‌مند مطالعات بین‌المللی و داخلی، سعی دارد الگوهای رفتاری مصرف‌کنندگان دارویی در ایران را در چارچوب نظری اقتصاد رفتاری تحلیل کند و ضمن شناسایی شباهت‌ها و تفاوت‌ها با سایر کشورها، پیشنهادهایی کاربردی برای بهبود سیاست‌های اطلاع‌رسانی و بازاریابی اخلاقی دارویی ارائه دهد.

۲. مواد و روش ها

این پژوهش از نوع مروری–تطبیقی است که با هدف بررسی تأثیر سوگیری‌های رفتاری و انتظارات اثربخشی بر پایبندی بیماران به درمان‌های دارویی، با تمرکز بر شرایط بازار دارویی ایران، انجام شده است.

روش تحقیق بر پایه مرور ادبیات علمی موجود و مقایسه مفهومی با یافته‌های بین‌المللی به‌ویژه مقاله‌ی (حیدر و همکاران ۲۰۲۵)، طراحی شده است. در این مطالعه، منابع علمی داخلی و خارجی در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ میلادی از پایگاه‌های اطلاعاتی Google Scholar، PubMed، Scopus، SIDو MagIran بازیابی و بررسی شدند.

کلیدواژه‌های استفاده‌شده شامل: پایبندی دارویی،انتظارات اثربخشی،سوگیری‌های رفتاری،اقتصاد رفتاری، بازاریابی دارویی، Medication Adherence، Behavioral Bias، Heuristics، و Pharmaceutical Marketing بودند.معیار ورود شامل مقالات پژوهشی و مروری مرتبط با رفتار مصرف‌کنندگان دارویی، پایبندی درمان، و تأثیرات بازاریابی در ایران یا کشورهای دارای ساختار مشابه بود. مقالات تکراری، فاقد داده‌های مرتبط یا دارای کیفیت پایین حذف شدند.

در گام بعد، داده‌های استخراج‌شده شامل نوع مطالعه، متغیرهای بررسی‌شده، جامعه مورد نظر، نتایج کلیدی، و ارتباط با سوگیری‌های شناختی یا انتظارات اثربخشی، در جدولی خلاصه شد. تحلیل داده‌ها به روش تحلیل تماتیک انجام گرفت تا مضامین اصلی مرتبط با رفتار مصرف‌کنندگان و پایبندی دارویی شناسایی شود.

در نهایت، یافته‌ها در قالب مقایسه‌ای میان مطالعات خارجی (از جمله مقاله‌ی اصلی) و شرایط ایران تحلیل و تفسیر شد تا شباهت‌ها، تفاوت‌ها و پیشنهادهای سیاستی مشخص گردد.

جدول ۱: خلاصه یافته‌های تطبیقی

متغیر	یافته در مقاله اصلی	وضعیت در ایران	تفسیر تطبیقی
پایبندی دارویی	حدود ۵۰٪ بیماران پایبند نیستند	مشابه (۴۰–۵۰٪) طبق WHOایران	مشکل ساختاری و فرهنگی مشترک
اثر برند دارویی	سوگیری شهرت برند بسیار قوی	در داروهای وارداتی و برند خارجی قوی‌تر	نیاز به آموزش بیماران
انتظارات اثربخشی	اغلب بیش‌برآورد شده	مشابه؛ تبلیغات و توصیه‌های غیرعلمی رایج	ضعف اطلاع‌رسانی علمی

ماخذ: یافته ها تحقیق

۴. نتایج و بحث

مرور نظام‌مند و تطبیقی مطالعات انجام‌شده در حوزه‌ی بازاریابی دارویی و اقتصاد رفتاری نشان می‌دهد که، در اغلب کشورها از جمله ایران، سوگیری‌های شناختی و رفتاری نقش تعیین‌کننده‌ای در پایبندی بیماران به مصرف دارو دارند.بر اساس تحلیل تماتیک منابع داخلی و بین‌المللی، پنج مضمون اصلی در شکل‌گیری رفتار مصرف‌کننده شناسایی شد:

۱ .سوگیری تأیید **:**بیماران تمایل دارند اطلاعاتی را بپذیرند که با باور قبلی‌شان درباره اثربخشی دارو هماهنگ است. در نتیجه، در ایران نیز مشاهده می‌شود که بیمارانی که به برندهای خارجی یا توصیه پزشکان خاص اعتماد دارند، کمتر احتمال دارد داروی جایگزین یا ژنریک را بپذیرند.

۲ .سوگیری خوش‌بینی **:**بسیاری از بیماران تصور می‌کنند که حتی در صورت مصرف نامنظم دارو، درمان به نتیجه مطلوب می‌رسد. مطالعات داخلی (مانند تحقیقات در بیماران دیابتی و قلبی) نیز همین الگو را نشان می‌دهد و این باور منجر به کاهش پایبندی دارویی می‌شود.

۳ .اثر برند و شهرت **:**در ایران، شهرت برند دارو (خصوصاً برندهای وارداتی) تأثیر قابل‌توجهی بر تصمیم بیماران دارد. این سوگیری باعث می‌شود بیماران کیفیت داروی ژنریک داخلی را کمتر بدانند، حتی اگر از نظر علمی تفاوتی وجود نداشته باشد.

۴ .سوگیری در دسترس بودن **:**بیماران تمایل دارند تجربه شخصی خود یا اطرافیان را بیش از توصیه علمی در نظر بگیرند. به عنوان مثال، اگر فردی از مصرف دارویی خاص تجربه منفی شنیده باشد، احتمالاً از مصرف آن اجتناب می‌کند، حتی اگر شواهد علمی خلاف آن را نشان دهد.

۵ .اعتماد به تبلیغات احساسی **:**تحلیل مطالعات بین‌المللی و گزارش‌های داخلی نشان می‌دهد که استفاده از تصاویر و پیام‌های احساسی در تبلیغات دارویی (مثل نمایش خانواده خوشحال پس از درمان) در شکل‌گیری انتظارات غیرواقعی از اثربخشی دارو نقش دارد. در ایران، این امر به‌ویژه در تبلیغات مکمل‌ها و محصولات (بدون نسخه) مشهود است.یافته‌ها نشان می‌دهد که الگوی کلی رفتار بیماران ایرانی شباهت زیادی به نتایج مقاله اصلی (حیدر و همکاران ،۲۰۲۵) دارد؛ با این تفاوت

که در ایران، عواملی مانند اعتماد زیاد به پزشک، تبلیغات غیرمستقیم و دسترسی نابرابر به اطلاعات دارویی نقش پررنگ‌تری دارند.مقایسه تطبیقی حاکی از آن است که پایبندی دارویی در ایران حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد برآورد می‌شود مطابق گزارش‌های وزارت بهداشت WHOکه مشابه میانگین جهانی است. با این حال، سوگیری‌های رفتاری، ضعف اطلاع‌رسانی علمی، و تبلیغات غیرشفاف موجب تقویت این مشکل شده‌اند.

جدول ۲: خلاصه یافته‌های تطبیقی

تفسیر تطبیقی	وضعیت در ایران	یافته در مقاله اصلی	مضمون رفتاری
موجب مقاومت در برابر داروهای جدید یا جایگزین	رایج در اعتماد به پزشک یا برند خاص	بیماران اطلاعات مخالف باور خود را نادیده می‌گیرند	سوگیری تأیید
نیاز به آموزش رفتار درمانی و واقع‌گرایی در اطلاع‌رسانی	مشابه؛ بیماران مصرف نامنظم را کم‌اهمیت می‌دانند	بیماران احتمال شکست درمان را دست‌کم می‌گیرند	سوگیری خوش‌بینی
چالش برای حمایت از داروهای داخلی	بسیار قوی در برندهای خارجی	برند قوی‌تر با وفاداری بیشتر همراه است اثر برند	
ضرورت تقویت آموزش دارویی عمومی	بسیار رایج، به‌ویژه در فضای مجازی	تجربه فردی و اجتماعی معیار تصمیم‌گیری است	سوگیری در دسترس بودن
نیاز به تدوین مقررات اخلاقی تبلیغات دارویی	در ایران بیشتر در مکمل‌ها و محصولات OTCدیده می‌شود	در بازاریابی DTC منجر به انتظارات غیرواقعی می‌شود	تبلیغات احساسی

نتایج این مرور تطبیقی نشان می‌دهد که رفتار مصرف‌کننده دارویی در ایران، در چارچوب اقتصاد رفتاری، ترکیبی از عوامل شناختی، فرهنگی و بازاریابی است.همان‌طور که در مقاله اصلی نیز بیان شده، تصمیم بیماران اغلب بر پایه قضاوت‌های شهودی و نه محاسبه عقلانی شکل می‌گیرد. در ایران، این وضعیت با تأثیر شدیدتر عوامل فرهنگی و تبلیغاتی تشدید می‌شود.

بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران سلامت و بازاریابان دارویی:

- در طراحی پیام‌های دارویی، از تأکید احساسی و ادعاهای مطلق اثربخشی خودداری کنند.
- آموزش عمومی در زمینه مصرف منطقی دارو و آگاهی از سوگیری‌های شناختی را تقویت کنند.
- از الگوهای بازاریابی رفتاری برای افزایش پایبندی واقعی بیماران (نه صرفاً فروش) استفاده شود.

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهد که در ایران نیز مانند سایر کشورها، پایبندی دارویی نه‌تنها تابع عوامل بالینی، بلکه متأثر از سازوکارهای روان‌شناختی و بازاریابی است و درک این تعامل، شرط لازم برای سیاست‌گذاری مؤثر دارویی است

۵. منابع

Brown, M. T., & Bussell, J. K. (2011, April). Medication adherence: WHO cares? *Mayo Clinic Proceedings*, *86*(4), 304–314. Elsevier.

Blumenthal-Barby, J. S., & Krieger, H. (2015). Cognitive biases and heuristics in medical decision making: A critical review using a systematic search strategy. *Medical Decision Making*, *35*(4), 539–557.

Burkhart, P. V., & Sabaté, E. (2003). Adherence to long-term therapies: Evidence for action. *Journal of Nursing Scholarship*, *35*(3), 207–213.

Elstad, E., Carpenter, D. M., Devellis, R. F., & Blalock, S. J. (2012). Patient decision making in the face of conflicting medication information. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being*, *7*(1), 18523.

Haider, R., Mehdi, A., & Das, G. K. (2025). Efficacy expectations and adherence: Evidence of consumer biases and heuristics in pharmaceutical marketing. *[Journal name not provided]*.

Mann, K., Möcker, M., & Grosser, J. (2019). Adherence to long-term prophylactic treatment: Microeconomic analysis of patients' behavior and the impact of financial incentives. *Health Economics Review*, *9*(1), 5.

Ozdemir, S., & Finkelstein, E. A. (2018). Cognitive bias: The downside of shared decision making. *JCO Clinical Cancer Informatics*, *2*, 1–10.

Pietrzykowski, Ł., Kasprzak, M., Michalski, P., Kosobucka, A., Fabiszak, T., & Kubica, A. (2022). The influence of patient expectations on adherence to treatment regimen after myocardial infarction. *Patient Education and Counseling*, *105*(2), 426–431.

Roseleur, J., Harvey, G., Stocks, N., & Karnon, J. (2019). Behavioral economic insights to improve medication adherence in adults with chronic conditions: A scoping review. *The Patient–Patient-Centered Outcomes Research*, *12*(6), 571–592.

Behavioral effects of patients consuming Iranian medicinal plants

Fatemeh Hosseinzadeh *[1], Alireza Karbasi[2], Sara Bozorgchenani[3]

1-MSc. Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University
2-Corresponding Author, Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3-MSc. Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University

* Corresponding author email: **hosseinzadehmajedeh@gmail.com**

Abstract

This study aims to examine the impact of behavioral biases and efficacy expectations on patients' adherence to pharmaceutical treatments in Iran, inspired by international research frameworks. The research adopts a comparative review methodology, analyzing domestic and global sources published between 2010 and 2025.The results indicate that behavioral biases such as confirmation bias, excessive optimism, brand reliance, availability of personal experiences, and emotional advertising are key factors influencing patient behavior. These biases contribute to unrealistic expectations regarding drug efficacy and lead to reduced adherence to prescribed treatments.A cross-national comparison reveals that Iranian patients exhibit behavioral patterns similar to those observed in other countries. However, distinct features in Iran include higher trust in physicians, the influence of indirect advertising, and a lack of scientific public education, which play a more prominent role in shaping patient decisions.Based on the findings, it is recommended that pharmaceutical marketing and educational strategies incorporate behavioral economics principles to promote rational and informed patient adherence. Furthermore, drug advertisements should align with ethical standards and provide more accurate and evidence-based information to support responsible health behavior.

.

Keywords: Cognitive bias, medication adherence, medication, efficacy expectations.

بررسی مقایسه اقتصادی دو محصول استراتژیک و مهم پسته و زعفران (مطالعه موردی تربت حیدریه)

فاطمه حسین زاده[۱]، عباس خاشعی سیوکی [۲*] ،محسن زنگنه [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی

۲- استاد گروه مهندسی عمران دانشگاه تربت حیدریه[1]

۳- استادیارگروه اقتصاد دانشگاه بین المللی اهل بیت

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی اقتصادی و مقایسه سرمایه‌گذاری در دو محصول کشاورزی استراتژیک شهرستان تربت‌حیدریه، پسته و زعفران انجام شده است. در این مطالعه، با به‌کارگیری شاخص‌های ارزش فعلی خالص(NPW) ، ارزش یکنواخت سالیانه(NAW) ، ارزش خالص آینده(NFW) ، نرخ بازده سرمایه (ROR) و نسبت منافع به مخارج(B/C) ، تحلیل اقتصادی دو طرح به‌صورت مقایسه‌ای انجام گرفت. داده‌های لازم از طریق مصاحبه‌های میدانی با ۲۰ کشاورز باسابقه (۱۰ پسته‌کار و ۱۰ زعفران‌کار) و با استفاده از آمار و اطلاعات رسمی جهاد کشاورزی تربت‌حیدریه گردآوری شد.نتایج نشان داد که کشت پسته از نظر اقتصادی توجیه‌پذیرتر از زعفران است؛ به‌طوری‌که مقدار NPW برای پسته برابر با ۷۱۵،۲۲۰،۰۰۰,۱ تومان و برای زعفران برابر با 380,928,682– تومان محاسبه شد. مقدار NAW برای پسته ۳۹۲،۷۰۰،۰۰۰ تومان و برای زعفران– 256,100,000تومان، NFWبه‌ترتیب 2.957×10^{12} و 1.094×10^{13}– تومان، نرخ بازده سرمایه (ROR) برای پسته 58% و برای زعفران20% ، و نسبت منافع به مخارج (B/C) برای پسته 5.3 و برای زعفران 0.6 برآورد گردید.با در نظر گرفتن نرخ تنزیل 23%، مشخص شد که بازده اقتصادی پسته بالاتر از نرخ بهره بانکی و زعفران پایین‌تر از آن است. برخلاف برداشت‌های نادرست پیشین، زعفران گیاهی کم‌آب‌بر است، اما به دلیل دوره بهره‌برداری کوتاه‌تر و هزینه‌های یکنواخت سالیانه بالا، در مقایسه با پسته از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست. در مجموع، نتایج پژوهش بیانگر آن است که سرمایه‌گذاری در باغ پسته از دیدگاه شاخص‌های تنزیل‌یافته، گزینه‌ای پایدارتر و سودآورتر برای منطقه تربت‌حیدریه محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استراتژیک ،ارزیابی اقتصادی ،سرمایه گذاری

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، توجه به گیاهان دارویی به دلیل نقش بی‌بدیل آنها در نظام سلامت، صنایع داروسازی و مکمل‌های غذایی، رشدی فزاینده داشته است (عبدالمجید و همکاران، ۲۰۲۴؛ فون شون-انگرر و همکاران، ۲۰۲۳). بازار جهانی این گیاهان نه تنها نشان‌دهنده تقاضایی پایدار است، بلکه به عنوان محرکی برای توسعه اقتصادی پایدار، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه ایفای نقش می‌کند (کومار و همکاران، ۲۰۲۳).

ایران با تنوع اقلیمی گسترده و ذخایر ژنتیکی غنی، از دیرباز مهد تولید گیاهان دارویی ارزشمند بوده است که ظرفیت بالایی برای خلق ثروت، اشتغال‌زایی و توسعه پایدار مناطق روستایی دارند. در میان این گنجینه طبیعی، پسته و زعفران جایگاهی ویژه دارند.پسته، فراتر از یک مغز خوراکی، منبعی غنی از ترکیبات فنولی، اسیدهای چرب غیراشباع و فیبر است که خواص

[۱] نویسنده مسئول: abbaskhashei@torbath.ac.ir

آنتی‌اکسیدانی، کاهندگی چربی خون و ضدالتهابی آن در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است (ساری و همکاران، ۲۰۱۰؛ جنتیله و همکاران، ۲۰۰۷؛ کی و همکاران، ۲۰۱۰). از سوی دیگر، زعفران به‌عنوان "طلای سرخ" ایران، به دلیل دارا بودن متابولیت‌های ثانویه ارزشمندی مانند کروسین، سافرانال و پیکروکروسین، دارای ویژگی‌های دارویی از جمله اثرات ضدافسردگی، تقویت حافظه، ضدسرطان و محافظت عصبی است (غادری و همکاران، ۲۰۲۰؛ فاضلی، غالباف و فروزانفر، ۲۰۲۳).این ویژگی‌های دارویی و ارزش افزوده بالا، سبب شده‌اند هر دو محصول از جایگاه ویژه‌ای در بازارهای داخلی و جهانی برخوردار باشند (عزتی و همکاران، ۲۰۲۳).با این حال، توسعه کشت پسته و زعفران در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، به‌ویژه استان خراسان رضوی، با چالش‌هایی همچون محدودیت منابع آبی، نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا و ضرورت تخصیص بهینه نهاده‌های تولید مواجه است (یارامی و سپاسخواه، ۲۰۱۸). افزون بر این، تفاوت اساسی در ماهیت زیستی و اقتصادی این دو گیاه نیز، مقایسه اقتصادی آنها را پیچیده می‌سازد؛ چراکه پسته به‌عنوان درختی چندساله با دوره بازدهی بلندمدت در برابر زعفران به‌عنوان گیاهی دائمی ولی با چرخه تولید کوتاه‌تر و سرمایه‌گذاری اولیه کمتر قرار دارد. از این‌رو، تحلیل سودآوری و پایداری اقتصادی این دو محصول نیازمند به‌کارگیری روش‌های دقیق ارزیابی سرمایه‌گذاری بر مبنای شاخص‌های ارزش فعلی و نرخ بازده واقعی است.

در این میان، شهرستان تربت‌حیدریه به‌عنوان یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی شرق کشور و دارای اقلیم مناسب برای هر دو محصول، نمونه‌ای ایده‌آل برای انجام چنین ارزیابی مقایسه‌ای به شمار می‌رود (شاهدوست و احمدوند، ۱۴۰۰؛ بارانی، ۱۳۹۴). پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این پرسش اساسی انجام می‌شود که در شرایط اقلیمی، اقتصادی و مدیریتی مشابه، کشت کدام‌یک از دو گیاه پسته یا زعفران از نظر اقتصادی برای منطقه تربت‌حیدریه سودآورتر و پایدارتر است.

نوآوری این پژوهش در آن است که با اتکا به چارچوب روش‌شناختی مبتنی بر شاخص‌های اقتصادی جامع شامل NPV، NAW، NFW، ROR و B/C (بر اساس رویکرد اسکویی‌نژاد)، مقایسه‌ای مستقیم، کمّی و بوم‌محور میان دو گیاه دارویی کلیدی کشور ارائه می‌دهد. نتایج حاصل می‌تواند مبنایی علمی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، سرمایه‌گذاری‌های کشاورزی و سیاست‌های توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران فراهم سازد.

۲. مواد و روش ها

اهمیت این پژوهش از آن جهت است که تاکنون ارزیابی اقتصادی مقایسه‌ای بین پسته و زعفران در شهرستان تربت‌حیدریه با روش‌های مهندسی اقتصاد به‌صورت هم‌زمان انجام نشده است. در این تحقیق، به‌منظور ارزیابی جامع دو گزینه سرمایه‌گذاری، از پنج شاخص اصلی ارزیابی اقتصادی شامل ارزش فعلی خالص (NPW)، ارزش یکنواخت سالیانه (NAW)، ارزش آینده خالص (NFW)، نرخ بازگشت سرمایه (ROR) و نسبت منافع به مخارج (B/C) استفاده شده است (اسکویی‌نژاد، ۱۳۹۵).در این پژوهش، تلاش شده است تا با استفاده از داده‌های معتبر و با در نظر گرفتن شرایط خاص شهرستان تربت حیدریه، ارزیابی دقیق و جامعی از اقتصادی بودن کشت پسته و زعفران ارائه شود. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به عنوان ابزاری ارزشمند برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران، کشاورزان و سیاست‌گذاران در راستای توسعه پایدار بخش کشاورزی منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

داده‌های مورد نیاز از ترکیب سه منبع به‌دست آمد:

الف: مصاحبه میدانی با کشاورزان پسته و زعفران‌کار در شهرستان تربت‌حیدریه (تعداد ۲۰ نفر؛ ۱۰ بهره‌بردار پسته و ۱۰ بهره‌بردار زعفران)، که از میان کشاورزان باسابقه حداقل ۱۰ سال کشت انتخاب شدند. مصاحبه‌ها با فرم‌های نیمه‌ساخت‌یافته انجام شد و داده‌های هزینه‌های اولیه، هزینه‌های جاری، عملکرد در هکتار و قیمت فروش بر اساس میانگین اطلاعات پاسخ‌دهندگان استخراج و میانگین‌گیری آماری گردید.

ب:اطلاعات ثانویه از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی و آمارهای تولیدات و هزینه‌های واقعی سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲.

ج: منابع کتابخانه‌ای و گزارش‌های مالی طرح‌های نمونه وزارت جهاد کشاورزی

۱-روش ارزش فعلی(NPW)

$$NPW = \sum_{t=1}^{n} \left[\frac{CFT}{(1+r)^t}\right] - IC = 0$$

که در آن NPWارزش فعلی خالص است ، Σ علامت جمع، به معنای جمع‌بندی تمامی جریان‌های نقدی، CFT جریان نقدی در دوره زمانی، t نشان دهنده زمان دوره جاری، rنرخ تنزیل وICسرمایه‌گذاری اولیه

ارزش فعلی خالص (NPW) معیاری است که تفاوت بین ارزش فعلی جریان‌های نقدی ورودی و خروجی یک پروژه یا سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، NPW به ما می‌گوید که آیا یک سرمایه‌گذاری یا پروژه، با توجه به جریان‌های نقدی آینده و هزینه‌های فعلی، ارزش افزوده‌ای ایجاد می‌کند یا خیر. اگر NPW مثبت باشد، به این معناست که پروژه به احتمال زیاد سودآور خواهد بود و اگر منفی باشد، نشان‌دهنده زیان‌ده بودن آن است. (اسکویی نژاد ،۱۳۹۵،۱۱۳)

نرخ تنزیل که پایه تمامی شاخص‌های مالی محسوب می‌شود، بر اساس نرخ سود بانکی کشور در سال اجرای پژوهش معادل ۲۳ درصد در نظر گرفته شد (مطابق با مبنای اسکویی‌نژاد، ۱۳۹۵). در این راستا، عمر مفید پروژه‌ها نیز تعیین گردید؛ به‌طوری‌که عمر اقتصادی باغ پسته ۴۹ سال و چرخه تولید اقتصادی زعفران ۷ سال قابل تکرار در نظر گرفته شد. تحلیل زعفران بر مبنای یک دوره کامل هفت‌ساله انجام گرفت و سپس با تبدیل یکنواخت سالیانه برای قابلیت مقایسه تنظیم شد. بدین ترتیب، برای جلوگیری از خطای ناشی از تفاوت شدید در طول عمر پروژه‌ها، شاخص‌های NPW و NFW به شاخص‌های یکنواخت سالیانه (NAW) تبدیل و مبنای مقایسه اصلی قرار گرفتند.

۲- روش یکنواخت سالیانه(NAW)

NAW= هزینه های یکنواخت سالیانه – درآمد های یکنواخت سالیانه

در روش یکنواخت سالیانه درآمدها و هزینه ها را به دریافت ها و پرداخت های یکنواخت سالیانه تبدیل کرده و تحت عنوان درآمد یکنواخت سالیانه و یا هزینه یکنواخت سالیانه نام گذاری می کنیم. در این روش نیازی به یکسان کردن عمر پروژه ها نیست.

اگر NAW>۰ باشد پروژه اقتصادی است و اگر NAW<۰ باشد پروژه غیر اقتصادی است.

در این روش نیاز نیست عمر ها برابر باشند. در این روش هر چه فلش در دیاگرام جریان نقدی داشته باشیم به فلشهای سالیانه تبدیل می کنیم. (همان منبع،۱۷۲):

۳- روش ارزش آینده(NFW):

$$NFW = -P(\text{F/P,i\%,n}) \pm A(\text{F/A,i\%,n}) + SV$$

روش ارزش آینده، بیانگر ارزش آینده کلیه‌ی هزینه‌ها و درآمدها با توجه به نرخ مورد انتظار یا حداقل نرخ جذب‌کننده است، که اگر ارزش خالص آینده مثبت باشد، طرح توجیه‌پذیر است. این رابطه به صورت زیر تعریف می شود. که در آن P هزینه اولیه، A هزینه سالیانه یا درآمد سالیانه، SV ارزش اسقاطی و n عمر مفید است. (همان منبع،۱۶۲):

۴-روش منافع به مخارج(B/C):

$$B/C = \sum Bi/(1+r)^t / \sum Ci/(1+r)^t$$

یکی دیگر از شاخص های اقتصادی ارزیابی طرح ها، نسبت منافع به مخارج یا سود به هزینه (B/C) است. این نسبت برابر با حاصل تقسیم ارزش فعلی منافع طرح بر ارزش فعلی هزینه های آن است. چنانچه این نسبت بزرگتر از یک باشد به معنی اقتصادی بودن طرح بوده و کوچکتر از یک بودن آن نیز به معنی غیر اقتصادی بودن طرح است.

چنانچه این نسبت بزرگتر از ۱ باشد ، به معنی آن است که NPV بزرگتر از ۰ است. که درآن، B منفعت، C هزینه ها، r نرخ سرمایه‌گذاری و t سال است.(همان منبع،۲۳۷)

۵-روش بازگشت سرمایه(ROR):

$$ROR = -p + (P/A, i\%, n) + (P/F, i\%, n) = 0$$

سرمایه، نرخ سالیانه‌ای است که مقدار ارزش فعلی(NPW)، ارزش یکنواخت سالیانه خالص(NAW) و یا ارزش آینده خالص(NFW) یک پروژه به ازای آن نرخ، صفر می شود. به عبارت دیگر تعادل درآمدها و هزینه‌ها در طول عمر مفید یک پروژه با نرخ بازگشت سرمایه امکان‌پذیر است. چنانچه نرخ بازگشت سرمایه از نرخ بهره مورد انتظار بیشتر باشد، طرح از نظر اقتصادی توجیه دارد و اگر کمتر باشد، طرح توجیه ندارد. نرخ بازگشت سرمایه به صورت زیر تعریف می شود(همان منبع،۱۷۳):

با توجه به اینکه هدف از تحقیق حاضر مقایسه و ارزیابی اقتصادی دو پروژه ناسازگار از طریق ۵ روش ارائه شده در بخش قبل است، نیاز بود که ابتدا هزینه‌ها و درآمدها برآورد شود. هزینه ها به دو دسته‌ی هزینه‌های اولیه شامل ، آماده سازی زمین(تسطیح وزهکشی)، سیستم آبیاری، هزینه کارگر، ساخت استخر ذخیره آب ، خرید آب کشاورزی که جمعا برای زعفران ۹۰۷۰۰۰۰۰۰ تومان و برای پسته ۸۴۱۵۰۰۰۰۰ تومان است . هزینه های سالیانه شامل سم پاشی و کنترل آفات ، خرید آب کشاورزی ، بیمه خسارت و... برای پسته ۲۰۲۰۰۰۰۰۰ تومان است و برای زعفران ۱۲۸۰۰۰۰۰۰ تومان است درآمدها شامل درآمد حاصل از فروش محصول پسته از سال هفتم ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰تومان و در آمد حاصل از فروش زعفران از سال سوم ۱۲۸۰۰۰۰۰۰ میباشد. عمر مفید برای درخت پسته ۴۹سال و برای زعفران ۷ سال است . با کاربرد درآمدها و هزینه‌ها در عمر مفید فرض شده، نتایج نهایی حاصل ارزیابی اقتصادی حاصل شد.

جدول ۱: شاخص های ارزیابی اقتصادی پروژه ها

محصول	پسته(تومان)	زعفران(تومان)
NPW	1715220000	-380928682
NAW	392700000	-256100000
NFW	2957410000000	-10947247234000
ROR	%58	%20
B/C	5/3	0/6

ماخذ : یافته های تحقیق

به‌طور کلی، مشاهده می‌شود که کشت زعفران از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. ارزش خالص فعلی کشت زعفران منفی بوده و نشان می‌دهد که درآمدهای سالیانه این محصول نتوانسته‌اند سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های سالیانه را پوشش دهند. ودر کشت پسته به طور مشخصی مثبت بوده و نشان‌دهنده این است که درآمدهای سالیانه نه تنها سرمایه‌گذاری اولیه را جبران می‌کند بلکه هزینه‌های سالیانه را نیز به‌خوبی پوشش می‌دهد، بنابراین طرح کشت پسته توجیه اقتصادی دارد.همچنین ارزش یکنواخت سالیانه و ارزش خالص آینده برای زعفران منفی است که به این معنی است که در طول عمر مفید این محصول، کل درآمدها نمی‌توانند هزینه‌های کل دوره را پوشش دهند و به همین دلیل طرح اقتصادی نیست. اما برای کشت پسته مثبت است و بدین معناست که این طرح از نظر اقتصادی توجیه دارد.نرخ بازگشت سرمایه برای زعفران ۲۰ درصد و برای کشت پسته ۵۸ درصد است.

نرخ حال اگر نرخ بهره مورد انتظار برابر با نرخ بهره بانکی ۲۳درصد در نظر گرفته شود، مشخص می‌شود که نرخ بازگشت سرمایه کشت پسته بیشتر از نرخ بهره بانکی است، که نشان‌دهنده این است که طرح از نظر اقتصادی توجیه دارد. در مقابل، نرخ بازگشت سرمایه کشت زعفران کمتر از نرخ بهره بانکی است، که نشان می‌دهد این طرح از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. مفروضات قیمتی و عملکردی بر اساس میانگین سه سال اخیر در منطقه تعیین شد؛ به‌طوری‌که متوسط عملکرد پسته برابر با یک تن در هکتار و متوسط عملکرد زعفران معادل چهار کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. قیمت فروش محصولات نیز در سال پایه ۱۴۰۲ به ترتیب برابر با ۱،۰۰۰،۰۰۰ تومان برای هر کیلو پسته و ۲۵،۰۰۰،۰۰۰ تومان برای هر کیلو زعفران لحاظ گردید. تمامی هزینه‌ها شامل آماده‌سازی زمین، آبیاری، نیروی کار، سم‌پاشی، بیمه و هزینه استهلاک سیستم آبیاری

محاسبه شد. به‌منظور ارزیابی پایداری نتایج، تحلیل حساسیت نسبت به تغییر ۱۰ درصد در قیمت محصول و هزینه‌های جاری انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد که کشت پسته حتی با کاهش ۱۰ درصدی قیمت محصول همچنان دارای NPW مثبت است، در حالی که کشت زعفران تنها در صورت افزایش حداقل ۱۵ درصدی قیمت فروش به نقطه سر به سر خواهد رسید

۴. نتایج و بحث

جدول (۱) شاخص‌های اصلی ارزیابی اقتصادی دو پروژه را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که کشت پسته با NPW مثبت (۱/۷۱ میلیارد تومان) و ROR برابر ۵۸٪ توجیه اقتصادی بالایی دارد، در حالی‌که زعفران به دلیل سرمایه‌گذاری اولیه بالا نسبت به بازده سالانه، دارای NPW منفی (۳۸۰ میلیون تومان-) و ROR حدود ۲۰٪ است که پایین‌تر از نرخ تنزیل ۲۳٪ ارزیابی می‌شود.با وجود هزینه اولیه کمتر در زعفران، سود سالیانه آن به‌گونه‌ای نیست که سرمایه‌گذاری اولیه را در طول دوره اقتصادی ۷ ساله جبران کند. در مقابل، هرچند پسته دارای سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه نگهداری بالاتری است، اما از سال هفتم به بعد جریان نقدی مثبت پایداری ایجاد می‌کند که منجر به بازده سرمایه بالاتر می‌شود.
باید به این نکته توجه داشت که برخلاف برداشت اشتباه رایج، زعفران گیاهی کم‌آب‌بر و مناسب مناطق خشک است و در این پژوهش، نیاز آبی پایین آن یکی از مزایای زیست‌محیطی محسوب می‌شود؛ اما چالش اصلی آن افق بازدهی کوتاه‌تر و حساسیت بالا به قیمت بازار است. در مقابل، پسته به آب بیشتری نیاز دارد اما در بلندمدت به دلیل ارزش افزوده صادراتی و عمر اقتصادی بالا، پایداری مالی بیشتری دارد.

تحلیل اقتصادی و تفسیری

شاخص B/Cبرای پسته5.3 نشان‌دهنده توجیه اقتصادی بسیار مناسب است؛ این شاخص برای زعفران ۰,۶ بوده که به معنی آن است که منافع حاصل، کمتر از هزینه‌هاست.

تحلیل حساسیت نشان داد که زعفران در صورت افزایش ۱۵ تا ۲۰ درصدی قیمت فروش می‌تواند به مقادیر NPW نزدیک به صفر برسد، در حالی‌که تغییرات مشابه در پسته تأثیر کمتری دارد (پایداری بالاتر).
استفاده از تکنولوژی‌های نوین آبیاری و بهبود مدیریت نهاده‌ها می‌تواند سودآوری زعفران را افزایش دهد، اما این پیشنهادات مستقیم از نتایج تحلیل حساسیت استخراج شده، نه توصیه عمومی.

در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که از دیدگاه اقتصادیِ مبتنی بر معیارهای تنزیل‌یافته، کشت پسته در افق بلندمدت اقتصادی‌تر و پایدارتر است، در حالی که زعفران مزیت اکولوژیکی و اشتغال‌زایی بالاتری در مناطق کم‌آب دارد و در صورت نوسانات مثبت بازار، مزیت نسبی آن می‌تواند افزایش یابد.

۵. منابع

اسکویی‌نژاد، محمدمهدی) .۱۳۹۵ .(*اقتصاد مهندسی: ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی)* تهران: انتشارات دانشگاه

بارانی نادر، منهاج محمدحسین، رمضانپور اسماعیل، و احمدپوربرازجانی محمود) .۱۳۹۴ .(بررسی تأثیرات اعتبارات اعطایی بانک کشاورزی ایران بر وضعیت اقتصادی کشاورزان شهرستان هیرمند.

شاهدوست، و احمدوند) .۱۴۰۰ .(امکان‌سنجی کشت زعفران از دیدگاه کشاورزان در روستاهای شهرستان ارسنجان . *پژوهش‌های زعفران*، ۹(1)، ۶۱–

Abd-elmegeed, A. S. S., saad Abd-alrahman, H., Mohamed, A. A., & Mohamed, B. (2024). *Medicinal plants: Past traditions and hope of tomorrow.*

Ezati, P., Khan, A., Rhim, J. W., Roy, S., & Hassan, Z. U. (2023). Saffron: Perspectives and sustainability for active and intelligent food packaging applications. *Food and Bioprocess Technology*, 16(6), 1177–1196.

Fazeli, E., Ghalibaf, M. H. E., & Forouzanfar, F. (2023). Neuroprotective potency of safranal against neurological disorders. *Current Molecular Medicine*, 23(9), 952–959.

Gentile, C., Tesoriere, L., Butera, D., Fazzari, M., Monastero, M., Allegra, M., & Livrea, M. A. (2007). Antioxidant activity of Sicilian pistachio (Pistacia vera L. var. Bronte) nut extract and its bioactive components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(3), 643–648.

Ghaderi, A., Asbaghi, O., Reiner, Ž., Kolahdooz, F., Amirani, E., Mirzaei, H., ... & Asemi, Z. (2020). The effects of saffron (Crocus sativus L.) on mental health parameters and C-reactive protein: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 48, 102250.

Kay, C. D., Gebauer, S. K., West, S. G., & Kris-Etherton, P. M. (2010). Pistachios increase serum antioxidants and lower serum oxidized-LDL in hypercholesterolemic adults. *The Journal of Nutrition*, 140(6), 1093–1098.

Kumar, A., Bauddh, K., & Srivastava, S. (Eds.). (2023). *Phytoremediation Potential of Medicinal and Aromatic Plants: A Bioeconomical Approach*. CRC Press.

Sari, I., Baltaci, Y., Bagci, C., Davutoglu, V., Erel, O., Celik, H., ... & Aksoy, M. (2010). Effect of pistachio diet on lipid parameters, endothelial function, inflammation, and oxidative status: a prospective study. *Nutrition*, 26(4), 399–404.

von Schoen-Angerer, T., Manchanda, R. K., Lloyd, I., Wardle, J., Szöke, J., Benevides, I., ... & Liu, J. (2023). Traditional, complementary and integrative healthcare: global stakeholder perspective oWHO's current and future strategy. *BMJ Global Health*, 8(12).

Yarami, N., & Sepaskhah, A. R. (2018). Water productivity and economic analysis of saffron under different irrigation water salinity, manure application rates and planting methods. *International Journal of Plant Production*, 12(2), 139–147.

Investigating the economic comparison of two strategic and important products, pistachio and saffron

(Case Study Torbate Heydarieh)

[۳]Fatemeh Hosseinzadeh[1], Abbas Khashaei Siuki [*2], Mohsen Zanganeh

1. student of Agricultural Economics Engineering, University of Torbat-e Heydarieh, Iran
2. Professor, Department of Civil Engineering, University of Torbat-e Heydarieh, Iran
3. Assistant Professor, Department of Economics, Ahlul Bayt International University, Iran

* Corresponding author email: **abbaskhashei@torbath.ac.ir**

Abstract

This study aimed to evaluate the economic impact and compare investments in two strategic agricultural products of Torbat-e-Heydariyeh County, pistachio and saffron. In this study, using the indicators of net present value (NPW), annualized value (NAW), net future value (NFW), rate of return on investment (ROR), and benefit-cost ratio (B/C), the economic analysis of the two plans was carried out in a comparative manner. The necessary data were collected through field interviews with 20 experienced farmers (10 pistachio farmers and 10 saffron farmers) and using official statistics and information from the Torbat-e Heydariyeh Agricultural Jihad. The results showed that pistachio cultivation is more economically justifiable than saffron; so that the NPW value for pistachio was calculated to be 1,715,220,000 Tomans and for saffron -380,928,682 Tomans. The NAW for pistachio was 392,700,000 Tomans and for saffron –256,100,000 Tomans, NFW was 2.957×10^{12} and -1.094×10^{13} Tomans, respectively, the rate of return on investment (ROR) for pistachio was 58% and for saffron was 20%, and the benefit-to-cost ratio (B/C) for pistachio was 5.3 and for saffron was 0.6. Considering the discount rate of 23%, it was found that the economic return of pistachio is higher than the bank interest rate and saffron is lower than it. Contrary to previous misconceptions, saffron is a low-water-consuming plant, but due to its shorter exploitation period and high annual uniform costs, it is not economically viable compared to pistachio. Overall, the results of the study indicate that investing in pistachio orchards is a more sustainable and profitable option for the Torbat-Heydariyeh region, from the perspective of discounted indices.

Keywords: Strategic,economic evaluation, investment

کشت محیط کنترل‌شده برای تولید گیاهان دارویی با کیفیت بالا: فرصت‌ها، چالش‌ها و اقتباس برای کشاورزی پایدار

فهیمه حیدری[1]

۱- کارشناس ارشد علوم گیاهان دارویی و معطر ،دانشگاه تربت حیدریه

چکیده

افزایش روزافزون تقاضا برای گیاهان دارویی و نیاز به تضمین کیفیت و پایداری، پژوهشگران را به سمت اعمال فناوری‌های پیشرفته کشاورزی هدایت کرده است. سیستم‌کشت محیط کنترل‌شده (Controlled Environment Agriculture – CEA) امکان تنظیم دقیق عواملی چون نور، دما، CO_2، رطوبت و مواد مغذی را فراهم می‌آورند و بدین ترتیب ظرفیت افزایش غلظت ترکیبات فعال و یکنواختی تولید را دارند. این مقاله به بررسی وضعیت فعلی، استراتژی‌های بهینه‌سازی، مزایا و محدودیت‌های CEAدر تولید گیاهان دارویی می‌پردازد و در نهایت چارچوبی برای اقتباس این روش در شرایط ایران پیشنهاد می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات فعال ، نور، دما، CO_2، ، مواد مغذی

مقدمه

گیاهان دارویی نقش حیاتی در تأمین سلامت انسان و توسعه اقتصادی بسیاری از جوامع دارند؛ گزارش‌ها حاکی از آن است که حدود ٪۸۰ از جمعیت جهان برای مراقبت اولیه سلامت خود به منابع گیاهی متکی هستند.با این حال، بهره‌برداری نامنظم از گیاهان دارویی در طبیعت، کاهش تنوع ژنتیکی و ناپایداری عرضه را به همراه داشته است.

در این چارچوب، استفاده از فناوری‌های کشت محیط کنترل‌شده (Controlled Environment Agriculture – CEA) می‌تواند راهکاری نوآورانه برای تولید مداوم، کیفیت تضمین‌شده و کاهش فشار بر منابع طبیعی باشد .بنابراین این مقاله با هدف تحلیل عمیق امکان‌ها و موانع این فناوری، و ارائه پیشنهاداتی برای کاربرد آن در ایران تنظیم شده است. لازم است توضیحاتی در مقدمه مشروح گردد:

۲,۱ چالش‌های تولید سنتی گیاهان دارویی

گیاهان دارویی از دیرباز منبع مهمی برای داروها، مکمل‌ها و محصولات سلامت‌محور بوده‌اند. تخمین زده شده است که بیش از ٪۸۰ جمعیت جهان برای مراقبت اولیه سلامت خود به منابع گیاهی متکی هستند .

با این حال، بهره‌برداری نامنظم از منابع طبیعی، کاهش تنوع ژنتیکی، آلودگی محیط زیست و نوسانات کیفیت ترکیبات فعال، چالش‌های عمده‌ای را پدید آورده‌اند.

در روش‌های سنتی، عوامل محیطی متغیر مانند دما، نور، خاک و رطوبت تأثیر زیادی بر میزان و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی دارند. برای مثال، مطالعات نشان داده‌اند که غلظت برخی ترکیبات در گونه‌هایی مانند Hypericum perforatumتا ۴۰ برابر بین زمستان و تابستان تغییر کرده است .

همچنین، آلودگی‌های محیطی، فلزات سنگین، باقیمانده سموم و دیگر مسائل ایمنی، کیفیت و ایمنی محصولات را کاهش داده‌اند .

[1] نویسنده مسئول: Email:fhko1359gmail.com

۲,۲ کشت محیط کنترل‌شده (CEA) و کاربرد آن در گیاهان دارویی

کشت محیط کنترل‌شده (Controlled Environment Agriculture – CEA) به مجموعه تکنولوژی‌هایی اطلاق می‌شود که محیط رشد گیاه را به‌طور کامل یا تا حد زیادی تحت کنترل می‌گیرند؛ شامل کنترل نور، دما، CO_2، رطوبت، تهویه، تغذیه و ...

مطالعه‌ای اخیر نشان داده است که CEA می‌تواند تولید بیوماس و غلظت ترکیبات دارویی را به‌طور چشمگیری در گیاهان دارویی افزایش دهد — برای مثال در ژورنال Journal of Experimental Botany آمده است: «با کنترل دقیق عوامل محیطی، سیستم‌های کشت محیط کنترل‌شده می‌توانند یکنواختی، غلظت و عملکرد ترکیبات فعال را بهبود بخشند .

برای نمونه کاربردی، پژوهش در University of Georgia نشان داده است که کشت عمودی گیاهانی مانند بابونه (Matricaria chamomilla)و جعفری (Petroselinum crispum) در محیط کنترل‌شده توانسته‌اند سطح ترکیب آپیژنین (apigenin)را افزایش دهند.

۲,۳ استراتژی‌های بهینه‌سازی محیط رشد

برخی از استراتژی‌های کلیدی که در مطالعات آمده‌اند عبارتند از:

•بهینه‌سازی جذب کربن از طریق افزایش غلظت CO_2 یا بهبود عملکرد فتوسنتز .

•تنظیم طیف و شدت نور (مثلاً استفاده ازLED های با طیف قرمز/آبی) برای تحریک مسیرهای متابولیکی

تولید متابولیت‌های ثانویه. مطالعاتی نشان داده‌اند که طیف نور می‌تواند تولید برخی ترکیبات دارویی را بسیار تحت تأثیر قرار دهد

•اعمال تنش کنترل‌شده یا القاکننده (elicitor) برای تحریک تولید ترکیبات دارویی؛ این استراتژی از طریق فعال کردن مکانیسم‌های دفاع گیاه عمل می‌کند.

•زمان‌بندی چرخه رشد گیاه بر اساس ساعت زیستی گیاه (chronoculture) و کنترل نور/تغذیه بر اساس آن .

۲,۴ فرصت‌ها و موانع در کاربرد CEA برای گیاهان دارویی

فرصت‌ها:

•تولید یکنواخت و قابل پیش‌بینی‌تر گیاهان دارویی با کیفیت ثابت، امری که برای بازار دارویی اهمیت بسیار دارد .

•امکان تولید خارج از فصل، در محیط‌های کنترل‌شده، کاهش وابستگی به اقلیم و شرایط طبیعی .

•کاهش فشار بر جمع‌آوری وحشی گیاهان دارویی و حفظ تنوع ژنتیکی آن‌ها .

موانع و چالش‌ها:

•هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری بالا برای زیرساخت) CEA نور، تهویه، کنترلCO_2 ،سیستم‌های هیدروپونیک/آئروپونیک)

•مصرف انرژی بالا؛ اگر تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیر نباشد، ممکن است پایداری اقتصادی پایین بیاید .

•نیاز به تخصص فنی برای مدیریت دقیق محیط و کنترل عوامل متعدد.

•هنوز مطالعات کافی برای بسیاری از گونه‌های بومی گیاهان دارویی در ایران وجود ندارد؛نیاز به تحقیقات بومی‌شده دارد.

•تنظیم مقررات و استانداردهای کیفیت برای گیاهان دارویی تولید شده در محیط کنترل‌شده باید مورد توجه باشد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی قابلیت‌ها، مزایا و موانعِ به‌کارگیریِ سیستم‌های کشت محیط کنترل‌شده (CEA) برای گیاهان دارویی، مطالعه‌ای مبتنی‌بر مرور سیستماتیک متون در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ انجام شد. ابتدا پایگاه‌های داده علمی (مانند Scopus، Web of Science، Google Scholar) برای کلیدواژه‌هایی مانند "medicinal plants", "controlled environment

agriculture", "vertical farming medicinal plants", "phytochemical production controlled environment" جست‌وجو شدند.

مقالات مرتبط پس از حذفِ موارد نامرتبط، براساس شاخص‌های زیر مورد تحلیل قرار گرفتند:

تولید بیوماس گیاه(kg / m^2) یا($g / plant$)

غلظت ترکیبات فعال (متابولیت‌های ثانویه، به صورت ppm یا(mg / kg)

یکنواختی محصول (نوسان بین دوره‌ها یا مقایسه کشت میدانی و کشتCEA)

موانع فنی، اقتصادی، محیطی و قانونی گزارش شده در مطالعات.

در بسیاری از مطالعات، متغیرهایی مانند غلظتCO_2 ، طیف نورLED ، شدت نور، مدت روز، نوع کشت (هیدروپونیک، آئروپونیک، خاک‌دار)، دما و رطوبت به صورت تجربی کنترل شده بودند. برای مثال، مطالعه در University of Georgia CAES، گیاهان Matricaria chamomilla و Petroselinum crispum را در محیط عمودی تحت نور LED و کشت هیدروپونیک بررسی کرده بود .

داده‌ها از مطالعات انتخاب‌شده استخراج شد و به صورت جدولی با دسته‌بندی «گونه گیاهی»، «شرایط محیطی»، «نتیجه بیوماس»، «نتیجه ترکیبات فعال» و «نکات مهم» تدوین شد.

نتایج

۴,۱ یکنواختی تولید و کیفیت محصول

مطالعات نشان داده‌اند که محیط‌های کنترل‌شده می‌توانند نوسانات شدید تولید که در کشت‌های میدانی دیده می‌شود را کاهش دهند؛ برای مثال، در گونهHypericum perforatum ، غلظت ترکیبات فعال از کمتر از ۱۰۰ ppm در زمستان به بیش از ۴۰۰۰ ppm در تابستان متغیر بود .

در محیطCEA ، به دلیل کنترل دقیق نور، تغذیه، CO_2، شرایط متغیر اقلیمی حذف یا کاهش می‌یابد و محصولی با یکنواختی و کیفیت بالاتر حاصل می‌شود.

۴,۲ افزایش غلظت متابولیت‌های فعال

برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که افزایش [CO_2] به حدود ۷۰۰ ppm یا بیشتر می‌تواند تولید ترکیبات دارویی را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد (مثال Hymenocallis littoralis :با افزایش ٪۷۵ ترکیبات فعال

مطالعه دانشگاه جورجیا نشان داد که کشت عمودی گیاه کبود و جعفری در محیط کنترل‌شده توانست تولید ترکیب ضدالتهاب «آپیژنین» را افزایش دهد .

بنابراین، با کنترل شرایط محیطی می‌توان بهبودهای کیفی چشمگیری در محصولات دارویی ایجاد کرد.

۴,۳ فرصت‌های اقتصادی و محیطی

سیستم CEA این امکان را می‌دهد که تولید خارج از فصل انجام شود، وابستگی به شرایط اقلیمی کاهش یابد و فشار بر منابع طبیعی کمتر شود. به‌عنوان نمونه، کشت گلخانه‌ای و عمودی باعث شده تا دوره تولید کوتاه‌تر و بازدهی بیشتر شود.

علاوه بر این، تولید در محیط بسته دسترسی به بازارهای خاص دارویی را تسهیل می‌کند و باعث افزایش ارزش افزوده می‌شود.

موانع و چالش‌ها

- هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه بالا برای زیرساخت‌های نورLED ، کنترلCO_2 ، سیستم‌های تهویه و کشت بدون‌خاک.
- مصرف انرژی بالا و نیاز به منابع تأمین‌کننده انرژی پایدار (مثلاً پنل خورشیدی) برای کاهش هزینه عملیاتی
- نیاز به تخصص فنی برای مدیریت سیستم‌ها و بهینه‌سازی شرایط محیطی و متابولیکی گیاه.
- کمبود داده‌های بومی درباره گونه‌های گیاهان دارویی و پاسخ آن‌ها به شرایط CEA در ایران.

•چالش‌های اقتصادی و مقرراتی برای محصولات دارویی، از جمله استانداردسازی، تایید کیفیت و بازارهای بین‌المللی نمایند.

بحث

یافته‌ها حاکی از آن است که فناوری کشت محیط کنترل‌شده (CEA) پتانسیل بسیار بالایی برای ارتقای کیفیت، یکنواختی و امنیت تولید گیاهان دارویی دارد. کنترل دقیق عوامل محیطی و تغذیه‌ای، امکان تولید محصولات با ترکیبات فعال بالا و ثبات بیشتر را فراهم می‌کند.

با این حال، کاربرد تجاری و مقیاس‌پذیر این فناوری در بخش گیاهان دارویی، به ویژه در شرایط کشورهایی مانند ایران، نیازمند توجه به چند محور کلیدی است:

بررسی اقتصادی و مدل‌های کسب‌وکار: سوددهی، زمان بازگشت سرمایه، هزینه عملیاتی و بازار هدف باید به‌دقت تحلیل شود.

بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر برای بهبود پایداری اقتصادی و محیطی.

انتخاب گونه‌های بومی با ظرفیت دارویی بالا و پژوهش‌های بومی‌سازی شده برای تعیین شرایط بهینه کشت.

ایجاد استانداردهای کیفیت، ایمنی و تضمین عملکرد برای محصولات دارویی تولید شده درCEA ، تا اعتماد بازار و مصرف‌کننده جلب شود.

ترکیب فناوری‌های نوآورانه مانند نور LED با طیف تنظیم‌شده، کنترل تنش هدفمند، و بهره‌گیری از ژنومیکس و متابولومیکس برای افزایش بازده و کیفیت محصول. مطابق پیشنهادات مقاله (.D’Souza et al)

در ایران، با توجه به تنوع ژنتیکی گیاهان دارویی و صادرات بالقوه، این فناوری می‌تواند یک فرصت استراتژیک باشد؛ ولی لازم است موانع زیرساختی، مالی و پژوهشی برطرف شوند تا این فرصت به واقعیت تبدیل گردد.

نتیجه‌گیری

کشت محیط کنترل‌شده گیاهان دارویی به‌عنوان یک راهکار نوآورانه برای تولید پایدار با کیفیت بالا مطرح است. این فناوری قابلیت افزایش تولید بیوماس، غلظت ترکیبات فعال، ثبات کیفیت، و کاهش فشار بر منابع طبیعی را دارد. با این وجود، برای بهره‌گیری موفق از آن، نیاز به سرمایه‌گذاری، تخصص فنی، انتخاب گونهٔ مناسب، بهینه‌سازی شرایط، استفاده از انرژی تجدیدپذیر، و استانداردسازی محصولات وجود دارد. در شرایط ایران، با تاکید بر گونه‌های بومی، به‌کارگیری هوشمندانه CEA می‌تواند سهم قابل توجهی در بخش گیاهان دارویی کشور داشته باشد.

منابع

D’Souza, A., et al. (2024). *Harnessing controlled-environment systems for enhanced production of medicinal plants*. *Journal of Experimental Botany*. Oxford University Press.

Stutte, G. W. (2016). *Controlled environment production of medicinal and aromatic plants*. In *Medicinal and Aromatic Crops: Production, Phytochemistry, and Utilization*. American Chemical Society.

Eftekhari, M., et al. (2023). *Alteration of flower yield and phytochemical compounds of saffron (Crocus sativus L.) by application of different light qualities and growth regulators*. *Horticulturae, 9*(2), 169.

Lastochkina, O. (2022). *Novel approaches for sustainable horticultural crop production: Controlled environment agriculture, endophytes, and nanomaterials*. In *Perspectives in Plant Science Research*. Bhumipublishing.

Atanasov, A. G., et al. (2015). *Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review*. *Phytomedicine*, 23(9), 1–36.

Lastochkina, O. (2022). *Novel approaches for sustainable horticultural crop production*. In *Perspectives in Plant Science Research*. Bhumipublishing.

تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری بر پایداری و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی در محصولات غذایی فراسودمند

حسین عرب الله فیروزجاه[1,1]
دانشجوی کارشناس ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی دانشگاه اردکان

چکیده

فناوری‌های نوین فرآوری در سال‌های اخیر نقش مهمی در بهبود پایداری و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی ایفا کرده‌اند و کاربرد آن‌ها در تولید محصولات غذایی فراسودمند رو به گسترش است. این فناوری‌ها با حفظ خواص زیستی و افزایش اثرات سلامت‌بخش ترکیبات فعال، فرصت‌های جدیدی برای ارتقای ارزش غذایی و عملکرد بیولوژیکی محصولات فراهم می‌کنند. این پژوهش به بررسی تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری بر پایداری و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی در محصولات غذایی فراسودمند پرداخته است روش تحقیق حاضر، بر اساس هدف از نوع تحقیق کاربردی است و بر اساس نحوه‌ی گردآوری داده‌ها از نوع روش توصیفی از شاخه پیمایشی محسوب می‌شود که با آزمون آماری ANOVA تحلیل شد. چهار گیاه دارویی شامل آویشن، رزماری، بابونه و زعفران و محصولات غذایی فراسودمند حاوی ترکیبات فعال مورد مطالعه قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از تجهیزات پیشرفته استخراج و آنالیز ترکیبات فعال، شامل HPLC، LC-MS، GC-MS و اسپکتروسکوپی UV-Vis و FTIR جمع‌آوری شد و تحلیل آماری با آزمون ANOVA انجام شد. نتایج نشان داد که فناوری‌های نوین فرآوری به‌طور معناداری پایداری و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی را بهبود می‌بخشند و فناوری‌های مدرن نسبت به روش‌های سنتی اثرات مطلوب‌تری دارند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند راهنمایی عملی برای انتخاب فناوری مناسب در تولید محصولات غذایی فراسودمند و حفظ خواص زیستی گیاهان دارویی باشد.

واژه‌های کلیدی: فناوری‌های نوین, گیاهان دارویی, محصولات غذایی فراسودمند, HPLC, LC-MS.

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، افزایش تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات غذایی طبیعی و فراسودمند موجب تمرکز فزاینده‌ای بر بهره‌گیری از ترکیبات فعال گیاهان دارویی در صنایع غذایی شده است. ترکیباتی نظیر پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و ترپنوئیدها به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و محافظت‌کننده در برابر بیماری‌های مزمن، ارزش بالایی در بهبود سلامت انسان دارند. با این حال، روش‌های سنتی فرآوری و استخراج این ترکیبات اغلب با چالش‌هایی نظیر کاهش بازده، تخریب حرارتی ترکیبات حساس و مصرف بالای انرژی و حلال‌های شیمیایی همراه است (Chemat et al., 2020). در این راستا، توسعه فناوری‌های نوین فرآوری با رویکرد سبز و پایدار، از جمله استخراج به کمک امواج فراصوت، میدان الکتریکی پالسی، پلاسما سرد، مایکروویو و سیالات فوق بحرانی، به‌عنوان جایگزینی مؤثر برای روش‌های کلاسیک مطرح شده است (Bhadange et al., 2024). این فناوری‌ها با بهره‌گیری از مکانیزم‌های فیزیکی پیشرفته، امکان استخراج

[1] **Email:** : hosseinarab3026@gmail.com

سریع‌تر و کارآمدتر ترکیبات زیست‌فعال با حداقل تخریب و آلودگی محیطی را فراهم می‌سازند و نقش مهمی در تولید محصولات غذایی فراسودمند ایفا می‌کنند.(Martins et al., 2023)

فناوری امواج فراصوت یکی از مؤثرترین روش‌های نوین در افزایش بازده استخراج ترکیبات فعال محسوب می‌شود. این فناوری از پدیده کاویتاسیون برای تسهیل نفوذ حلال و شکستن دیواره‌های سلولی استفاده می‌کند که منجر به آزادسازی مؤثرتر مواد زیست‌فعال می شود .(Shen et al., 2023) مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استخراج فراصوتی نه تنها موجب بهبود بازده استخراج می‌گردد، بلکه پایداری ترکیبات حساس به حرارت مانند آنتی‌اکسیدان‌ها را نیز حفظ می‌کند (Islam et al., 2023). افزون بر این، ترکیب فناوری فراصوت با سایر روش‌ها مانند استخراج مایکروویوی، به‌ویژه در گیاهان دارویی نظیر رزماری، بابونه و گل راعی، منجر به افزایش چشمگیر میزان بازیافت ترکیبات مؤثره و حفظ خواص عملکردی آنها شده است .(Laina et al., 2024) در نتیجه، این فناوری به‌عنوان رویکردی کارآمد و پایدار برای کاربرد در صنایع غذایی فراسودمند مورد توجه قرار گرفته است.

با وجود مطالعات گسترده، هنوز چالش‌هایی در انتخاب فناوری بهینه برای هر نوع گیاه و ترکیب فعال وجود دارد و نیاز به مرور و تحلیل جامع نتایج تحقیقات احساس می‌شود.

۱ .فناوری فشار بالا

این فناوری با اعمال فشار بسیار زیاد (تا ۶۰۰ مگاپاسکال) در دمای پایین، منجر به غیرفعال سازی میکروارگانیسم‌ها بدون آسیب حرارتی به ترکیبات فعال می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که HPP موجب حفظ آنتی‌اکسیدان‌ها، پلی‌فنول‌ها و رنگ طبیعی در محصولات حاوی عصاره‌های گیاهی شده و ماندگاری را افزایش می‌دهد.

۲ .فناوری پالس الکتریکی

در این روش، با اعمال پالس‌های کوتاه الکتریکی، نفوذپذیری دیواره سلولی افزایش یافته و استخراج ترکیبات زیست‌فعال از بافت گیاه بهبود می‌یابد PEF .یک فناوری غیردمایی محسوب می‌شود و به‌ویژه برای استخراج اسانس‌ها و فلاونوئیدها کاربرد دارد.

۳ .فناوری فراصوت

امواج فراصوت با ایجاد پدیده کاویتاسیون در محیط مایع، سبب افزایش انتقال جرم و تسریع در استخراج ترکیبات فعال می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از این فناوری نه‌تنها راندمان استخراج را بالا می‌برد بلکه ساختار ترکیبات حساس حرارتی را نیز حفظ می‌کند.

۴ .فناوری مایکروویو

استفاده از مایکروویو موجب گرمایش انتخابی و یکنواخت در بافت گیاهی می‌شود و زمان استخراج را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. این فناوری برای حفظ آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات فنولی مفید گزارش شده است و در ترکیب با سایر روش‌ها، کارایی بالایی دارد.

۵ .فناوری نانوکپسوله‌سازی

ترکیبات فعال گیاهان دارویی معمولاً در برابر نور، حرارت و اکسیداسیون ناپایدارند. نانوکپسوله‌سازی به‌عنوان یک فناوری نوین، با محصورسازی ترکیبات در نانوذرات زیست‌سازگار، سبب افزایش پایداری، کنترل رهایش و بهبود زیست‌فراهمی آن‌ها در محصولات فراسودمند می‌شود.

با توجه به تنوع فناوری‌های نوین فرآوری، انتخاب روش مناسب باید بر اساس نوع ترکیب زیست‌فعال، ماهیت گیاه دارویی، و ویژگی‌های محصول نهایی صورت گیرد. مرور مطالعات نشان می‌دهد که هر فناوری مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارد و ترکیب روش‌های غیردمایی با فناوری‌های نانویی می‌تواند مسیر نوینی برای تولید محصولات غذایی فراسودمند با ارزش تغذیه‌ای و پایداری بالا باشد.

کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی

کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی از جمله موضوعات بنیادین در علوم زیستی، داروسازی و صنایع غذایی است که به طور مستقیم با خواص درمانی و ارزش افزوده محصولات گیاهی ارتباط دارد. ترکیبات فعال شامل گروه وسیعی از متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ترپنوئیدها و فنولیک‌ها هستند که اثرات دارویی، آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی متعددی دارند .(Riaz et al., 2023) کیفیت این ترکیبات تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، زیست‌محیطی و شرایط فرآوری قرار دارد و حفظ پایداری و فعالیت زیستی آن‌ها چالشی اساسی در تولید داروها و محصولات غذایی فراسودمند محسوب می‌شود. به اعتقاد Riazو همکاران (۲۰۲۳)، درک ساختار شیمیایی و پویایی زیستی ترکیبات فعال برای طراحی فرآورده‌های گیاهی با اثربخشی بالا ضروری است، زیرا کوچک‌ترین تغییر در ساختار یا غلظت این مواد می‌تواند منجر به کاهش اثرات درمانی شود.

از سوی دیگر، کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی مفهومی چندبعدی است که نه تنها به غلظت مواد مؤثره بلکه به پایداری، زیست‌دسترسی و قابلیت جذب آن‌ها نیز وابسته است .(Fais & Era, 2024) بر اساس مطالعات اخیر، عوامل محیطی نظیر نور، دما و رطوبت، و همچنین تکنیک‌های فرآوری و استخراج مانند خشک‌کردن، پاستوریزه‌سازی یا اولتراسونیک، می‌توانند کیفیت ترکیبات فعال را به میزان قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهند .(Dar et al., 2023) همچنین، فرآیندهای غیرحرارتی نظیر پلاسما سرد و فشار بالا نسبت به روش‌های حرارتی سنتی در حفظ کیفیت و پایداری ترکیبات مؤثرتر هستند، زیرا از تخریب حرارتی ساختارهای حساس گیاهی جلوگیری می‌کنند. در نتیجه، انتخاب صحیح فناوری فرآوری نقشی تعیین‌کننده در دستیابی به کیفیت بهینه ترکیبات دارد.

در نهایت، توسعه و استانداردسازی محصولات غذایی فراسودمند نیازمند چارچوب‌های علمی و قانونی دقیق است. مقاله مروری «تعریف منطقی برای غذاهای فراسودمند» (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که تعیین معیارهای کیفیت، ایمنی و اثربخشی، همراه با پژوهش‌های بالینی و آزمایشگاهی، پایه‌ای برای اعتبارسنجی این محصولات فراهم می‌کند. این استانداردها همچنین به مصرف‌کنندگان کمک می‌کنند تا با اطمینان از فواید سلامتی ادعاشده، محصولات مناسب را انتخاب کنند. به‌طور کلی، محصولات غذایی فراسودمند نمایانگر گذار صنایع غذایی از رویکرد صرفاً تغذیه‌ای به سمت سلامت پیشگیرانه و ارتقای کیفیت زندگی هستند و نقش مهمی در بهبود سلامت جامعه و کاهش بار بیماری‌های مزمن دارند.

روش کار

روش تحقیق حاضر، بر اساس هدف از نوع تحقیق کاربردی است و بر اساس نحوه‌ی گردآوری داده‌ها از نوع روش توصیفی از شاخه پیمایشی محسوب می‌شود. بر این اساس ابتدا جوانب و موضوعات مطالعاتی مربوط به موضوع و نیز مطالعات و تحقیقات مشابه انجام شده، در مورد موضوع تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد، سپس با استفاده از مطالعات میدانی، اقدام به تبیین فرضیات مطابق با عنوان و هدف تحقیق خواهد شد. با توجه به روش‌های چهارگانه‌ی دیدگاه تئوری‌پردازی، یعنی بسط یا بهبود تئوری‌های موجود، مقایسه‌ی دیدگاه‌های تئوریکی مختلف، بررسی پدیده‌ای خاص با استفاده از دیدگاه‌های تئوریکی مختلف و بالاخره بررسی پدیده‌ای مستند و تکراری در محیط و شرایطی جدید تحقیق حاضر در گروه چهارم قرار می‌گیرد.

تجزیه و تحلیل داده ها

نتایج آزمون آنوا برای پیش آزمون و پس آزمون در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول ۱- خروجی آزمون آنوا

محصول	نتیجه استنباطی	متغیر	گروه	احتمال	Fکلی	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین
آویشن	اختلاف معنادار میان فناوری‌ها	پایداری	گروهA	0.001	12.45	90.1	83.5	2.8	87.2
		پایداری	گروهB			86.7	80.1	3.0	83.6
		کیفیت	گروهA	0.003	9.87	85.0	77.8	3.2	81.4
		کیفیت	گروهB			80.5	72.3	3.5	76.4
رزماری		پایداری	گروهA	0.002	10.76	93.2	86.5	2.5	90.0
		پایداری	گروهB			89.1	83.5	2.9	86.4

	کیفیت گروهA	0.001	11.23	88.3	81.7	3.0	85.1
	کیفیت گروهB			83.0	77.1	3.4	79.9
	پایداری گروهA	0.005	8.54	87.3	80.3	3.5	84.2
	پایداری گروهB			82.6	75.4	3.2	79.3
بابونه	کیفیت گروهA	0.007	7.92	82.8	75.1	3.5	79.0
	کیفیت گروهB			77.0	70.2	3.8	73.6
	پایداری گروهA	0.001	14.12	94.2	88.5	2.3	92.0
	پایداری گروهB			90.5	86.0	2.6	88.2
زعفران	کیفیت گروهA	0.001	13.65	90.4	84.3	2.8	88.0
	کیفیت گروهB			86.2	80.5	3.0	83.4

فرضیه اول که بیان می‌کرد فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر پایداری ترکیبات فعال آویشن دارند، با توجه به نتایج جدول ANOVA تأیید شد. مقادیر میانگین نشان می‌دهد که گروه فعال A با میانگین ۸۷,۲ و گروه فعال B با میانگین ۸۳,۶ تفاوت قابل توجهی داشتند و مقدار F برابر ۱۲,۴۵ با سطح معنی‌داری ۰,۰۰۱ نشان‌دهنده اختلاف معنادار میان فناوری‌های فرآوری است. این نتیجه بیانگر آن است که نوع فناوری فرآوری می‌تواند اثر قابل توجهی بر حفظ پایداری ترکیبات فعال آویشن داشته باشد و فناوری‌های پیشرفته مانند اولتراسونیک یا فشار بالا، عملکرد بهتری در نگهداری ترکیبات فعال ارائه می‌دهند.

در مورد فرضیه دوم مبنی بر تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری بر کیفیت ترکیبات فعال آویشن نیز نتایج ANOVA نشان داد که این فرضیه تأیید می‌شود. میانگین گروه A برابر ۸۱,۴ و گروه B برابر ۷۶,۴ با مقدار F برابر ۹,۸۷ و p-value معادل ۰,۰۰۳ اختلاف معنادار میان فناوری‌ها را نشان می‌دهد. این موضوع تأیید می‌کند که فناوری‌های نوین فرآوری می‌توانند کیفیت ترکیبات فعال آویشن را به شکل معناداری بهبود دهند و انتخاب فناوری مناسب برای فرآوری می‌تواند منجر به حفظ ویژگی‌های زیستی و فعالیت بیولوژیکی ترکیبات فعال شود.

برای فرضیه سوم درباره تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری بر پایداری ترکیبات فعال رزماری نیز جدول ANOVA نشان داد که فرضیه تأیید می‌شود. گروه فعال A با میانگین ۹۰,۰ و گروه B با میانگین ۸۶,۴، با F برابر ۱۰,۷۶ و p-value 0.002 اختلاف معناداری میان فناوری‌ها دارند. این نتایج نشان می‌دهد که فناوری‌های فرآوری مدرن نقش مهمی در حفظ پایداری ترکیبات فعال رزماری دارند و می‌توانند اثرات منفی ناشی از شرایط فرآوری سنتی را کاهش دهند.

در خصوص فرضیه چهارم درباره کیفیت ترکیبات فعال رزماری، تحلیل ANOVA نیز تأییدکننده فرضیه بود. میانگین گروه Aبرابر ۸۵,۱ و گروه B برابر ۷۹,۹ با F=11.23 و p=0.001، تفاوت معناداری میان گروه‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین، فناوری‌های نوین فرآوری می‌توانند کیفیت ترکیبات فعال رزماری را بهبود بخشند و حفظ خواص زیستی و آنتی‌اکسیدانی این گیاه با استفاده از روش‌های مدرن تضمین شود.

برای پایداری ترکیبات فعال زعفران، فرضیه هفتم نیز تأیید شد. میانگین گروه A 92.0 و گروه B 88.2 با F=14.12 و p=0.001 نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین فرآوری تفاوت معناداری ایجاد می‌کنند و پایداری ترکیبات فعال زعفران را به شکل قابل توجهی افزایش می‌دهند. این یافته اهمیت انتخاب فناوری مناسب برای حفظ ترکیبات زیستی ارزشمند زعفران را برجسته می‌کند.

در نهایت، فرضیه هشتم درباره کیفیت ترکیبات فعال زعفران نیز تأیید شد. میانگین گروه A 88.0 و گروه B 83.4 با F=13.65 و p=0.001 اختلاف معنادار میان فناوری‌ها را نشان می‌دهد، که بیانگر نقش تعیین‌کننده فناوری‌های نوین فرآوری در حفظ و بهبود کیفیت ترکیبات فعال زعفران است و اهمیت انتخاب روش‌های فرآوری پیشرفته برای تولید محصولات غذایی فراسودمند با خواص زیستی بالا را تأیید می‌کند.

نتیجه گیری

با توجه به یافته های تحقیق حاضر به تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری بر پایداری و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی در محصولات غذایی فراسودمند پرداخته شده است. نتایج بدست آمده از داده های گردآوری شده با توجه به تحلیل هایی که بر روی پرسشنامه های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار Spss و آزمون آنوا انجام شده است نشان می دهد:

فرضیه ۱: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر پایداری ترکیبات فعال آویشن دارند.

نتایج ANOVA نشان داد که فناوری‌های نوین فرآوری تفاوت معناداری در پایداری ترکیبات فعال آویشن ایجاد می‌کنند (F=12.45, p=0.001)، به‌طوری که گروه فعال A عملکرد بهتری نسبت به گروه B داشت. این یافته تأیید می‌کند که انتخاب فناوری مناسب مانند استخراج اولتراسونیک یا فشار بالا می‌تواند حفظ ترکیبات زیستی آویشن را بهینه کند. این نتیجه با مطالعات Shen و همکاران (۲۰۲۳) و Islam و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد که نشان داده‌اند فناوری‌های نوین استخراج می‌توانند پایداری و نگهداری مواد فعال گیاهی را افزایش دهند.

فرضیه ۲: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر کیفیت ترکیبات فعال آویشن دارند.

تحلیل ANOVA نشان داد که کیفیت ترکیبات فعال آویشن در گروه‌های تحت فرآوری مختلف به شکل معناداری متفاوت است(F=9.87, p=0.003) ، به‌گونه‌ای که فناوری‌های پیشرفته باعث افزایش کیفیت و حفظ فعالیت زیستی ترکیبات شدند. این یافته با گزارش‌های Dar و همکاران (۲۰۲۳) و Fais و Era (2024) همسو است که تأکید کرده‌اند فناوری‌های نوین فرآوری می‌توانند اثرات مخرب فرآوری سنتی را کاهش داده و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی را حفظ کنند.

فرضیه ۳: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر پایداری ترکیبات فعال رزماری دارند.

میانگین‌ها و F-value (F=10.76, p=0.002) نشان داد که فناوری‌های نوین فرآوری باعث حفظ بهتر پایداری ترکیبات فعال رزماری می‌شوند. این یافته تأیید می‌کند که فرآوری مدرن، به ویژه اولتراسونیک و فشار بالا، اثرات منفی اکسیداسیون و تخریب ترکیبات زیستی را کاهش می‌دهد. نتایج با مطالعات Heydari و همکاران (۲۰۲۳) و Ranjha و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد که نشان داده‌اند فناوری‌های نوین استخراج، پایداری ترکیبات فعال گیاهی را افزایش می‌دهند.

فرضیه ۴: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر کیفیت ترکیبات فعال رزماری دارند.

تحلیل استنباطی نشان داد که کیفیت ترکیبات فعال رزماری در گروه‌های فرآوری مختلف متفاوت است (F=11.23, p=0.001)، به‌گونه‌ای که فناوری‌های نوین باعث حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی و خواص زیستی این گیاه می‌شوند. این یافته با گزارش Martins و همکاران (۲۰۲۳) همسو است که بیان کرده‌اند استفاده از فناوری‌های سبز و مدرن، کیفیت ترکیبات فعال را به شکل قابل توجهی بهبود می‌بخشد.

فرضیه ۵: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر پایداری ترکیبات فعال بابونه دارند.

نتایج نشان داد که میانگین پایداری ترکیبات فعال بابونه در گروه‌های فرآوری متفاوت به طور معناداری متفاوت بود (F=8.54, p=0.005)، به‌گونه‌ای که فناوری‌های پیشرفته توانستند حفظ ترکیبات زیستی را بهبود دهند. این یافته با مطالعات Xie و Melzig (2018) و Critical Processes for Stability Enhancement of Phyto-ingredients (2024) مطابقت دارد که نشان می‌دهد انتخاب فناوری مناسب فرآوری، پایداری ترکیبات فعال گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد.

فرضیه ۶: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر کیفیت ترکیبات فعال بابونه دارند.

نتایج ANOVA نشان داد که کیفیت ترکیبات فعال بابونه در گروه‌های مختلف فرآوری معنادار است (F=7.92, p=0.007) و فناوری‌های نوین باعث بهبود کیفیت ترکیبات و حفظ فعالیت زیستی شدند. این یافته با نتایج Riaz و همکاران (۲۰۲۳) و Fais و Era (2024) مطابقت دارد که بیان کرده‌اند فرآوری نوین باعث حفظ خواص بیولوژیکی و افزایش کیفیت ترکیبات فعال می‌شود.

فرضیه ۷: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر پایداری ترکیبات فعال زعفران دارند.

تحلیل داده‌ها نشان داد که پایداری ترکیبات فعال زعفران در گروه‌های فرآوری مختلف تفاوت معناداری دارد (F=14.12, p=0.001) و فناوری‌های نوین باعث حفظ بهتر ترکیبات زیستی ارزشمند این گیاه می‌شوند. این یافته با مطالعات Yong و

همکاران (۲۰۲۱) و Bhadange و همکاران (۲۰۲۴) همسو است که نشان می‌دهد استفاده از فناوری‌های مدرن مانند فشار بالا و مایکروویو، پایداری ترکیبات فعال را افزایش می‌دهد.

فرضیه ۸: فناوری‌های نوین فرآوری تأثیر معناداری بر کیفیت ترکیبات فعال زعفران دارند.

نتایج نشان داد که کیفیت ترکیبات فعال زعفران در گروه‌های فرآوری مختلف به طور معنادار متفاوت است ($F=13.65$, $p=0.001$)، به‌گونه‌ای که فناوری‌های پیشرفته توانستند خواص زیستی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی زعفران را حفظ کنند. این یافته با گزارش‌های El-Saadony و همکاران (۲۰۲۵) و Martins و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد که بیان کرده‌اند فناوری‌های نوین فرآوری نقش کلیدی در بهبود کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی دارند و اثرات منفی فرآوری سنتی را کاهش می‌دهند.

محدودیت‌ها

تحقیق حاضر با وجود ارائه نتایج ارزشمند در زمینه تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری بر پایداری و کیفیت ترکیبات فعال گیاهان دارویی با چند محدودیت مواجه است. اولاً، نمونه‌ها محدود به چهار گیاه دارویی (آویشن، رزماری، بابونه و زعفران) و محصولات غذایی فراسودمند خاص بودند که ممکن است تعمیم نتایج به سایر گیاهان دارویی یا انواع محصولات غذایی محدود باشد. ثانیاً، مطالعه بر اساس داده‌های آزمایشگاهی انجام شد و شرایط واقعی تولید صنعتی و مقیاس بزرگ ممکن است بر نتایج تأثیرگذار باشد. ثالثاً، تنها چند فناوری نوین فرآوری مورد بررسی قرار گرفت و سایر فناوری‌های بالقوه نوظهور که می‌توانند پایداری و کیفیت ترکیبات فعال را تحت تأثیر قرار دهند، در این تحقیق لحاظ نشده‌اند. در نهایت، محدودیت زمانی و منابع باعث شد تعداد تکرارهای آزمایشی و گستردگی نمونه‌ها محدود باشد.

پیشنهادات

بر اساس نتایج و محدودیت‌های تحقیق، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده:

دامنه گیاهان دارویی و محصولات غذایی فراسودمند مورد بررسی گسترش یابد تا قابلیت تعمیم نتایج افزایش یابد.

پژوهش‌ها در مقیاس صنعتی و با شرایط واقعی تولید انجام شوند تا تأثیر فناوری‌های نوین فرآوری در محیط عملیاتی بررسی شود.

فناوری‌های نوین و ترکیبی بیشتری مانند استخراج سوپرکریتیک، نانوفرآوری و سایر روش‌های پیشرفته مورد ارزیابی قرار گیرند تا بهینه‌ترین روش برای حفظ پایداری و کیفیت ترکیبات فعال شناسایی شود.

تحقیقات آینده می‌توانند تأثیر عوامل محیطی و فرآیندی مانند دما، زمان و فشار را بر پایداری و کیفیت ترکیبات فعال بررسی کنند تا مدل‌های بهینه فرآوری برای هر گیاه دارویی ارائه شود.

استفاده از روش‌های سنجش و آنالیز دقیق‌تر و چندبعدی (ترکیبی از HPLC، LC-MS، اسپکتروسکوپی و روش‌های بیولوژیکی) می‌تواند به تحلیل جامع‌تر کیفیت و پایداری ترکیبات فعال کمک کند.

۱۲. منابع

Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., & others (2023). Polyphenol extraction from food(-by)products by pulsed electric field: A review. International Journal of Molecular Sciences, 24(21), 15914. https://doi.org/10.3390/ijms242115914

Bhadange, Y. A., & colleagues (2024). Advanced extraction technologies for bioactive recovery: a comprehensive review (microwave, ultrasound, PEF, HPP, SFE). ACS Omega, (2024). https://doi.org/10.1021/acsomega.4c02718

Bhadange, Y. A., (2024). Advanced extraction technologies for bioactive recovery: A comprehensive review (microwave, ultrasound, PEF, HPP, SFE). ACS Omega. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c02718

Chemat, F., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.-S., Nutrizio, M., Režek Jambrak, A., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Binello, A., & Cravotto, G. (2020). A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products. Green Chemistry, 22(8), 2325–2353. https://doi.org/10.1039/C9GC03878G

Chemat, F., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.-S., Nutrizio, M., Režek Jambrak, A., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Binello, A., & Cravotto, G. (2020). A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products. Green Chemistry, 22(8), 2325–2353. https://doi.org/10.1039/C9GC03878G

Critical Processes for Stability Enhancement of Phyto-ingredients: A comprehensive review. (2024). [Review article]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40798953/

Critical Processes for Stability Enhancement of Phyto-ingredients: A comprehensive review. (2024). [Review article]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40798953/

Dar, R. A., Shahnawaz, M., Ahanger, M. A., & Majid, I. u. (2023). Exploring the diverse bioactive compounds from medicinal plants: A review. The Journal of Phytopharmacology, 12(3), 189–195. https://doi.org/10.31254/phyto.2023.12307

Dar, R. A., Shahnawaz, M., Ahanger, M. A., & Majid, I. u. (2023). Exploring the diverse bioactive compounds from medicinal plants: A review. The Journal of Phytopharmacology, 12(3), 189–195. https://doi.org/10.31254/phyto.2023.12307

Foods in Health and Disease, 8(7). https://doi.org/10.31989/ffhd.v8i7.531

Hameed, F., Ayoub, A., & Gupta, N. (2018). Novel food processing technologies: An overview. International Journal of Chemical Studies, 6(6), 770–776.

Raina, K., & Chaudhary, A. (2021). Functional foods from plants: a new perspective for healthy life. Journal of Himalayan Life Sciences, 1(1).

Ranjha, M. M. A. N., Kanwal, R., Shafique, B., Arshad, R. N., Irfan, S., Kieliszek, M., Kowalczewski, P. Ł., Irfan, M., Zubair Khalid, M., Roobab, U., & Aadil, R. M. (2021). A critical review on pulsed electric field: A novel technology for the extraction of phytoconstituents. Molecules, 26(16), 4893. https://doi.org/10.3390/molecules26164893

Ranjha, M. M. A. N., Kanwal, R., Shafique, B., Arshad, R. N., Irfan, S., Kieliszek, M., Kowalczewski, P. Ł., Irfan, M., Zubair Khalid, M., Roobab, U., & Aadil, R. M. (2021). A critical review on pulsed electric field: A novel technology for the extraction of phytoconstituents. Molecules, 26(16), 4893. https://doi.org/10.3390/molecules26164893

The Impact of Novel Processing Technologies on the Stability and Quality of Bioactive Compounds in Medicinal Plants within Functional Food Products

Hossein Arabollah Firozjah[1*]

1- Master's student, Food Hygiene and Quality Control, Ardakan University, Iran
* Corresponding author email: **hosseinarab3026@gmail.com**

Abstract

In recent years, modern processing technologies have played a significant role in improving the stability and quality of bioactive compounds in medicinal plants, and their application in the production of functional food products is expanding. These technologies, by preserving biological properties and enhancing the health-promoting effects of active compounds, provide new opportunities to increase the nutritional value and biological performance of products. This study investigates the impact of modern processing technologies on the stability and quality of bioactive compounds in medicinal plants used in functional food products. The present research, based on its purpose, is applied in nature, and according to the method of data collection, it is descriptive and survey-based, analyzed using the ANOVA statistical test. Four medicinal plants—including thyme, rosemary, chamomile, and saffron—and functional food products containing their active compounds were examined. Data were collected using advanced extraction and analytical instruments for bioactive compounds, including HPLC, LC-MS, GC-MS, UV-Vis, and FTIR spectroscopy, and analyzed statistically through ANOVA. The results showed that modern processing technologies significantly improve the stability and quality of the bioactive compounds in medicinal plants, and that modern methods produce more desirable effects compared to traditional techniques. The findings of this study can serve as a practical guideline for selecting appropriate technologies in the production of functional food products and for preserving the biological properties of medicinal plants.

Keywords: novel processing technologies, bioactive compounds in medicinal plants, stability, quality, functional food products, HPLC, LC-MS, ultrasonic extraction, high-pressure, microwave.

تحلیل تحول مقاصد صادراتی رازیانه ایران با رویکرد تنوع‌بخشی بازارها در سه دهه اخیر (۱۴۰۳-۱۳۷۱)

محمدحسین جعفری[۱]، فاطمه مزرعه[۲]، مجتبی سالاری[۳]

۱- دانش آموخته مقطع دکتری برنامه ریزی روستایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد؛ خراسان رضوی، مشهد
۲- دانش آموخته مقطع دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ساری
۳- دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه خیام؛ خراسان رضوی، مشهد

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل تحول مقاصد صادراتی رازیانه ایران با رویکرد تنوع‌بخشی بازارها طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۳ انجام شده است. رازیانه به‌عنوان یکی از محصولات با ارزش افزوده بالا در تجارت غیرنفتی ایران، طی سه دهه اخیر با نوسانات قابل‌توجهی مواجه بوده و سهم آن از بازار جهانی کاهش یافته است. برای ارزیابی ساختار جغرافیایی صادرات، از سه شاخص کمی بین‌المللی شامل هرفیندال–هیرشمن (HHI)، شدت تنوع (SDI) و آنتروپی شانون (Entropy) استفاده شده و داده‌ها از پایگاه‌های رسمی گمرک ایران استخراج گردیده است. نتایج نشان می‌دهد شاخص HHI در دوره مورد مطالعه ۱۱ درصد افزایش و SDI حدود ۴۹ درصد کاهش یافته که بیانگر رشد تمرکز و کاهش تنوع مقاصد صادراتی است. همچنین مقدار منفی ΔSDI در گذار از دهه ۱۳۷۰ به ۱۳۸۰ نشان‌دهنده بیشترین افت تنوع هم‌زمان با تغییرات ساختاری تجارت خارجی است. تمرکز جغرافیایی صادرات بر کشورهای هند، پاکستان و عراق و خروج بازارهای اروپا و شرق آسیا از چرخه تجارت، نشانه‌ای از کاهش رقابت‌پذیری است. تحلیل نظری پژوهش با مدل‌های کرگمن (۱۹۸۰)، نورِکس (۲۰۰۵) و نوآوری شومپتر سازگار است و ضرورت اتخاذ سیاست‌های تنوع فعال، برندسازی ملی، فرآوری مبتنی بر ارزش افزوده و پایش مستمر شاخص‌های تمرکز و تنوع را برجسته می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: رازیانه ایران، تنوع صادراتی، تمرکز بازار، شاخص SDI، آنتروپی شانون.

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، تجارت بین‌المللی محصولات کشاورزی و گیاهان دارویی به عنوان بخشی پویا و ارزش‌افزا در ساختار صادرات کشورهای در حال توسعه جایگاه فزاینده‌ای یافته است. در این میان، ایران با برخورداری از تنوع اکولوژیک و اقلیمی کم‌نظیر، از ظرفیت بالقوه بالایی برای تولید و صادرات گیاهان معطر و دارویی برخوردار است. یکی از این محصولات با ارزش اقتصادی و صادراتی قابل ملاحظه، رازیانه (Foeniculum vulgare) است که به دلیل کاربردهای دارویی، غذایی و صنعتی، تقاضای پایدار و رو به رشدی در بازارهای جهانی دارد. با وجود این مزیت‌های طبیعی، عملکرد صادراتی ایران در این حوزه طی سه دهه اخیر با نوسانات قابل توجهی همراه بوده است؛ به گونه‌ای که سهم کشور از بازارهای بین‌المللی رازیانه با وجود رشد بالقوه تولید و افزایش تقاضای جهانی، به‌مرور کاهش یافته و ساختار جغرافیایی صادرات آن روندی به سمت تمرکز بر چند بازار محدود پیدا کرده است.

[۱] نویسنده مسئول: fateme_mazrae@yahoo.com

در ادبیات اقتصاد بین‌الملل، تنوع‌بخشی صادراتی (Export Diversification) به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی ارتقاء تاب‌آوری اقتصادی کشورها شناخته می‌شود. تنوع‌بخشی به مقاصد بازار، نه تنها درآمدهای ارزی کشور را از نوسانات قیمت و تقاضای محدود مصون می‌سازد، بلکه به ارتقای پایداری رشد صادرات و افزایش سهم برند ملی در بازارهای جهانی نیز کمک می‌کند. به‌ویژه در شرایطی که اقتصاد ایران به‌دلیل محدودیت‌های سیاسی و مالی نیازمند منابع پایدار غیرنفتی است، تحلیل روند تنوع مقاصد صادراتی کالاهای با ارزش افزوده بالا همچون رازیانه، می‌تواند در تدوین سیاست‌های مقاومتی و توسعه صادرات هدفمند، نقش راهبردی ایفا کند.

تنوع‌بخشی صادراتی در ادبیات اقتصاد بین‌الملل به‌عنوان شاخصی کلیدی برای سنجش پایداری ساختار تجاری کشورها شناخته می‌شود. این مفهوم بیانگر گستره و پراکندگی مقاصد یا کالاهای صادراتی است و انعکاسی از توان اقتصاد در توزیع ریسک و واکنش نسبت به نوسانات محیطی محسوب می‌گردد. هرچه صادرات در بازارهای متنوع‌تری توزیع شود، آسیب‌پذیری کشور در برابر نوسانات قیمتی، تقاضایی و شوک‌های بیرونی کاهش می‌یابد. در مقابل، تمرکز جغرافیایی صادرات موجب وابستگی بیش‌ازحد به چند بازار خاص و تضعیف تاب‌آوری درآمد ارزی می‌گردد.

از دیدگاه نظری، افزایش تنوع بازار صادراتی ریشه در مفاهیمی چون نظریه رشد متوازن نورکس و مدل‌های اقتصاد نوین تجارت کرگمن (۱۹۸۰) دارد که بر نقش سیاست‌های فعال در کاهش هزینه‌های ورود به بازارهای جدید و بهره‌گیری از اقتصاد مقیاس تأکید دارند. افزون بر این، رویکردهای نوین‌تر مانند نظریه تخصص پویا و نوآوری شوپتری نشان می‌دهند که مزیت نسبی کشورها پدیده‌ای ثابت نیست، بلکه از طریق یادگیری، فناوری و سیاست‌های طراحی‌شده قابل ارتقاء است. بنابراین، تنوع‌بخشی نه یک پیامد طبیعی بلکه نتیجه راهبردی از تصمیمات اقتصادی و سیاستی به شمار می‌رود؛ امری که در کشورهای درحال‌توسعه، از جمله ایران، تحت تأثیر متغیرهایی چون نوسانات نرخ ارز، محدودیت‌های مالی بین‌المللی و نبود نهادهای پشتیبان صادرات، مسیر پرچالشی را طی کرده است. در همین چارچوب نظری، مجموعه‌ای از پژوهش‌های داخلی و خارجی نیز کوشیده‌اند رابطه میان تنوع جغرافیایی صادرات و پایداری رشد تجاری را به‌صورت تجربی تبیین کنند.

مرور مطالعات داخلی و بین‌المللی نشان می‌دهد که موضوع تمرکز و تنوع صادراتی در ایران طی سال‌های اخیر مورد بررسی قرار گرفته، اما اغلب پژوهش‌ها صرفاً متغیرهای حجمی مانند مقدار صادرات یا ارزش دلاری را تحلیل کرده‌اند. مطالعات احمدی و کرمی (۱۴۰۰)، رستگار و نصراللهی (۱۴۰۱) و ناصری و قربانی (۱۴۰۲) کاهش روند تنوع کالایی و جغرافیایی را در دهه‌های اخیر تأیید کرده‌اند. بررسی پورعباسی و حکمت‌نیا (۱۴۰۲) برای نخستین بار شاخص تفاضلی ΔSDI را معرفی کرده و مقادیر منفی آن را نشانه تمرکز تدریجی صادرات دانسته است. همین‌طور، سلطانی و موسوی (۱۴۰۴) اثر نوسانات نرخ ارز را عامل کاهش پایایی تنوع بازارها دانستند. همچنین مطالعات رستمی و همکاران (۱۳۹۸)، احمدی (۱۴۰۰) و قربانی و کشاورز (۱۳۹۵)، تمرکز شدید بر چند بازار خاص چون هند، اسپانیا و امارات را نکته ضعف راهبردی صادرات گیاهان دارویی دانستند.

در سطح جهانی نیز، از جمله مطالعات Akgül and Yalçın (۲۰۲۲)، Cadot و همکاران (۲۰۲۲)، Gravely and Miles (۲۰۲۵) تأکید شده که تنوع صادراتی رابطه مستقیم با مقاومت اقتصادی و کاهش آسیب‌پذیری در دوره‌های بحران جهانی دارد. همچنین Kaliappan and Ramasam (۲۰۲۳) و Perez and Domingues (۲۰۲۳) تأکید کردند تمرکز جغرافیایی صادرات کشاورزی در سال‌های اخیر افزایش یافته و اقتصادهای درحال‌توسعه در مرحله گذار رشد، کاهش نسبی تنوع صادراتی را تجربه می‌کنند. مدل‌های اخیر نیز کاربرد پویا و تحلیلی ΔSDI را برای رصد تغییرات زمانی ساختار صادرات پیشنهاد داده‌اند (Bae and Lokshin, 2024; Yoshida and Wang, 2024) .

در مجموع، مرور ادبیات نشان می‌دهد که کاهش تنوع صادراتی می‌تواند پایداری درآمد ارزی را تضعیف کرده و تاب‌آوری اقتصادی کشور را کاهش دهد. این یافته‌ها ضرورت مطالعه دقیق ساختار بازارهای صادراتی ایران را در سطح محصولی و منطقه‌ای برجسته می‌سازد. در حوزه صادرات رازیانه، خلأ پژوهش کمی و بلندمدت وجود دارد. در خصوص صادرات رازیانه، تاکنون مطالعه‌ای جامع و کمی مبتنی بر شاخص‌های تنوع و تمرکز صورت نگرفته است. بیشتر پژوهش‌های مرتبط صرفاً به

بررسی حجم یا ارزش صادرات در دوره‌های محدود پرداخته‌اند، بی‌آنکه تحلیل ساختاری و بلندمدتی از روند تغییرات بازارهای مقصد ارائه دهند. ازاین‌رو، پژوهش حاضر نخستین مطالعه در سطح ملی است که با اتکا بر سه شاخص آماری معتبر (HHI[1]، SDI[2] و آنتروپی شانون)، تحول مقاصد صادراتی رازیانه ایران را طی بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۳ در قالب تحلیلی مقایسه‌ای بررسی می‌کند و از این منظر، شکاف موجود در ادبیات داخلی درباره پویایی ساختار بازارهای صادراتی گیاهان دارویی را پوشش می‌دهد.

۲- مواد و روش ها

نوع این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی – تحلیلی است. در این پژوهش تلاش شده است تا با اتکا بر داده‌های واقعی صادرات رازیانه، ضمن توصیف روند تغییرات شاخص‌های تمرکز و تنوع، دلایل احتمالی این تغییرات از منظر ساختار تجارت خارجی و سیاست‌های اقتصادی تبیین گردد. به عبارت دیگر، مطالعه حاضر در بستر تحلیل داده‌های سری زمانی قرار دارد و هدف آن نه تنها توصیف وضعیت بلکه شناسایی الگوهای تحول صادراتی و ارزیابی توان کشور در تنوع‌بخشی به مقاصد بازار است.

جامعه آماری پژوهش، شامل کلیه داده‌های مربوط به صادرات رازیانه ایران طی بازه زمانی سی و سه ساله از ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۳ است. داده‌ها براساس کد تعرفه مربوط به رازیانه در نظام طبقه‌بندی بین‌المللی کالاها (HS Code) استخراج شده‌اند و تمامی کشورهای مقصد صادرات در این جامعه لحاظ شده‌اند. قلمرو جغرافیایی تحقیق کل کشورهای واردکننده را در بر می‌گیرد و برای دقت بیشتر، کشورهای مقصد بر اساس موقعیت جغرافیایی، مسیرهای حمل‌ونقل و روابط تجاری در قالب چند بلوک منطقه‌ای گروه‌بندی شده‌اند. تحلیل داده‌ها در این پژوهش بر پایه شاخص‌های کمی استاندارد در مطالعات ساختار بازار انجام شده است. شاخص تمرکز صادرات (Herfindahl-Hirschman Index) از طریق جمع مربعات سهم هر کشور از کل صادرات محاسبه گردید.

$$HHI = \sum_{i=1}^{n} s_{i,t}^2 \quad (1)$$

$$s_{i,t} = {x_{i,t}}/{\sum x_{i,t}} \quad (2)$$

که در آن si,t سهم منطقه i از صادرات رازیانه در سال t ، n تعداد مناطق (در این مطالعه شش منطقه) و si,t نسبت صادرات کشور i از کل صادرات در سال می باشد.

برای سنجش میزان تنوع بازارها، شاخصSDI۲ یا شاخص معکوس تمرکز محاسبه شد که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$SDI = 1 - HHI = 1 - \sum_{i=1}^{n} X_{i,t}^2 \quad (3)$$

همچنین برای ارزیابی میزان پراکندگی و یکنواختی سهم مقاصد صادراتی، شاخص آنتروپی مورد استفاده قرار گرفت که بر مبنای مجموع وزنی سهم کشورها و لگاریتم طبیعی آن‌ها محاسبه می‌شود.

$$E_t = -\sum_{i=1}^{n} s_{i,t} \ln(s_{i,t}) \quad (4)$$

این شاخص‌ها ابتدا برای هر سال محاسبه شده و سپس میانگین دهه‌ای هر شاخص به منظور ترسیم روند کلی تغییرات استخراج گردید. بدین ترتیب امکان مطالعه تغییرات ساختاری مقاصد صادراتی رازیانه در فواصل بلندمدت و با نوسانات حداقلی میسر گردید.

[1] HHI
[2] Simpson Diversification Index (SDI)

در این پژوهش، داده‌های صادراتی پس از پالایش و سامان‌دهی بر اساس گروه‌بندی منطقه‌ای و مقاصد تجاری، مورد تحلیل آماری و مقایسه‌ای قرار گرفتند. محاسبه شاخص‌های تمرکز و تنوع شامل HHI، SDI و آنتروپی با استفاده از روش‌های استاندارد انجام شد و نتایج در قالب نمودارهای روند و جداول مقایسه‌ای دهه‌ای تفسیر گردید.

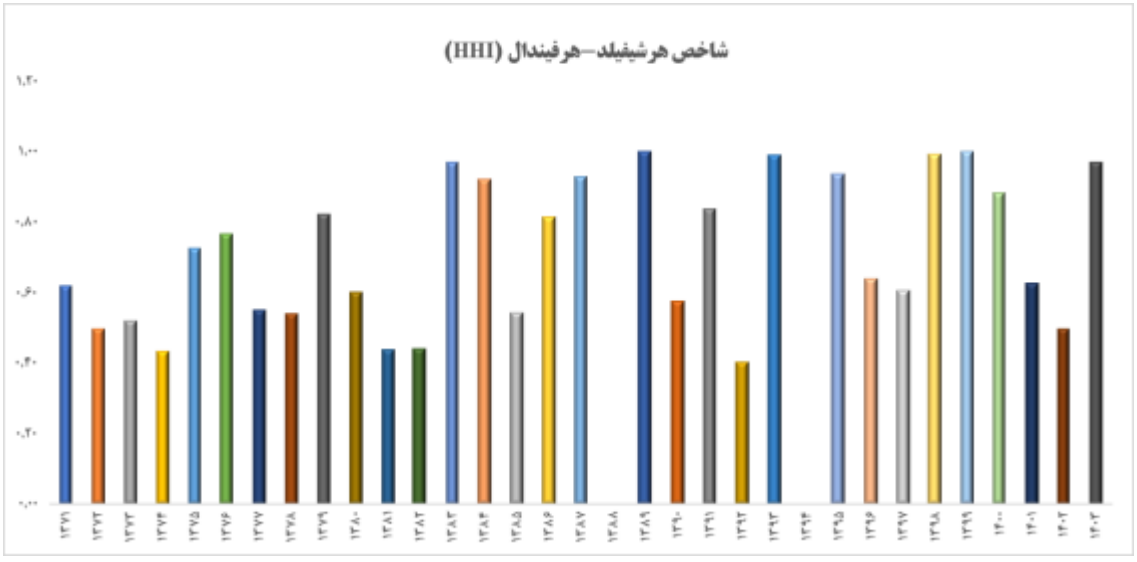
در مجموع، روش تحقیق این پژوهش بر مبنای رویکرد کمی و تحلیلی طراحی شده است تا تصویری دقیق از تغییرات ساختار صادراتی رازیانه ایران در طول سه دهه به دست دهد.

۳- نتایج و بحث

بر مبنای مبانی نظری و روش تحقیق، سه شاخص کمی شامل شاخص تمرکز هرفیندال–هیرشمن (HHI)، شاخص تنوع جغرافیایی (SDI) و شاخص آنتروپی (Entropy) برای سنجش میزان تنوع و تمرکز جغرافیایی صادرات محاسبه شد. این شاخص‌ها در سه دوره دهه‌ای (۱۳۷۱–۱۳۸۰، ۱۳۸۱–۱۳۹۰، و ۱۳۹۱–۱۴۰۳) میانگین‌گیری و مقایسه شده‌اند تا جهت‌گیری عمومی ساختار صادرات رازیانه و تحول آن در طول زمان آشکار گردد.

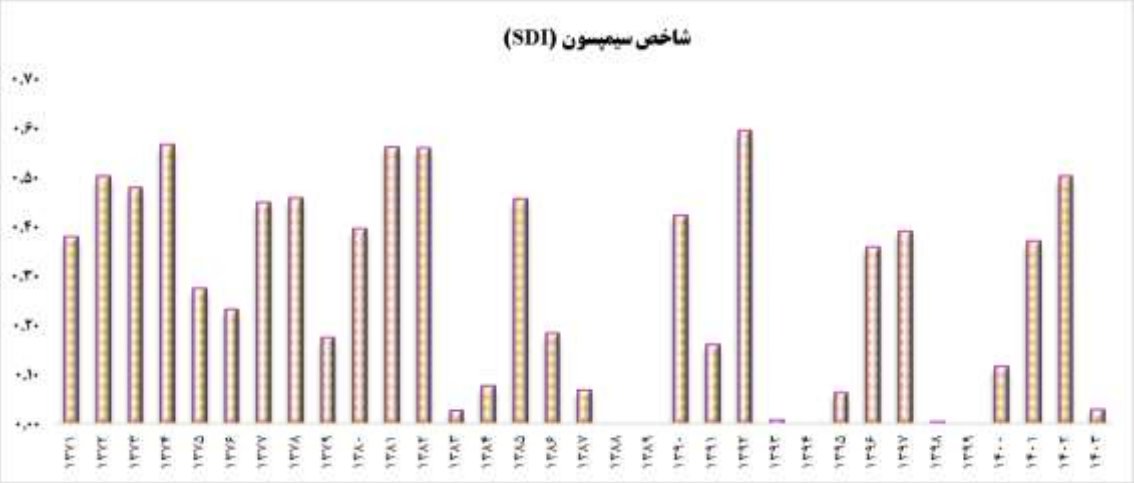
بررسی شاخص هرشیفیلد–هیرشمن (HHI) در طی سالهای مورد مطالعه نشان‌دهنده افزایش تمرکز صادرات رازیانه ایران طی سه دهه اخیر است (نمودار۴-۱). مقادیر بالای HHI در سال‌های میانی و پایانی دوره، حاکی از وابستگی فزاینده به چند کشور محدود مقصد صادراتی است. این روند بیانگر کاهش تدریجی تنوع جغرافیایی و افزایش آسیب‌پذیری ساختار تجاری ایران در بازار رازیانه است.

نمودار ۴–۱. روند شاخص تمرکز صادرات (HHI) رازیانه ایران در دوره ۱۳۷۱–۱۴۰۳

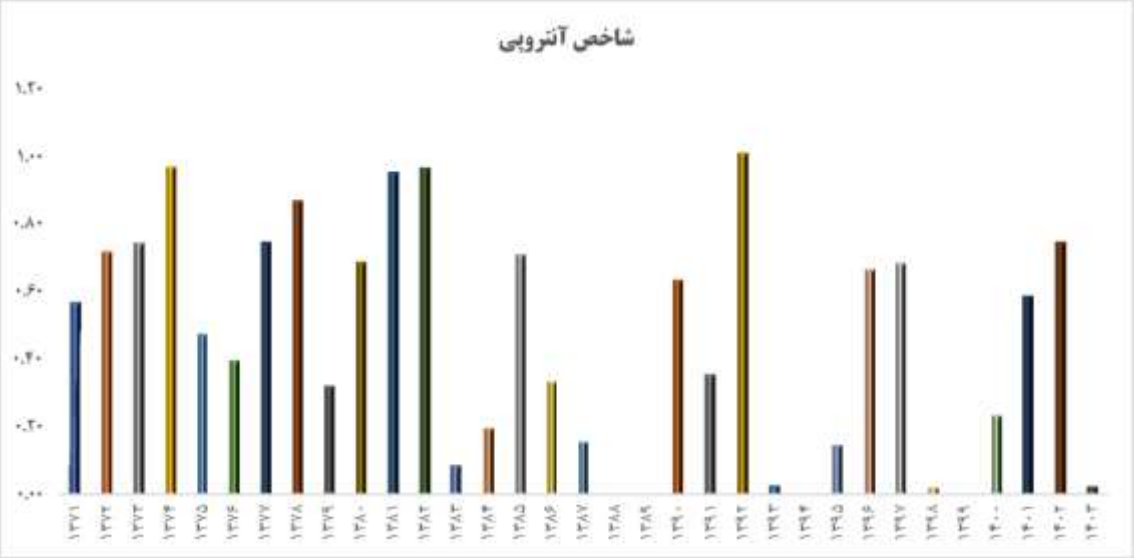


بررسی شاخص SDI نیز نشان می‌دهد تنوع صادرات رازیانه ایران طی دوره ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۳ با نوسان زیاد و روند کلی نزولی همراه بوده است. کاهش مقادیر شاخص در دهه‌های اخیر بیانگر افت تدریجی تنوع و تمرکز بیشتر صادرات در مقاصد محدود است.

نمودار ۴–۲. روند شاخص تنوع جغرافیایی صادرات (SDI) رازیانه ایران در دوره ۱۳۷۱-۱۴۰۳



نمودار ۴–۳. روند شاخص آنتروپی در دوره ۱۳۷۱-۱۴۰۳



نمودار ۴–۳ نشان می‌دهد شاخص آنتروپی صادرات رازیانه ایران طی سه دهه اخیر با نوسانات قابل‌توجه و روند کلی نزولی همراه بوده است. کاهش آنتروپی در سال‌های پایانی دوره، بیانگر افت تنوع جغرافیایی و تمرکز فزاینده صادرات در بازارهای محدود است.

تحلیل کمی روند دهه‌ای شاخص‌های تمرکز و تنوع بازار صادراتی رازیانه نشان داد ساختار صادرات این محصول از دهه ۱۳۷۰ تا کنون دچار تغییرات معناداری شده است (جدول ۴-۱). افزایش تدریجی مقدار HHI در کنار کاهش پیوسته SDI و آنتروپی بیانگر تمرکز فزاینده صادرات در تعداد محدودی کشور مقصد است (نمودار های ۴-۱ تا ۴-۳) . این تغییرات نه‌تنها کاهش تنوع جغرافیایی را نشان می‌دهد، بلکه به معنای افزایش خطر تک‌قطبی‌شدن ساختار تجاری ایران در بازار رازیانه است.

جدول ۴–۱. مقایسه میانگین دهه‌ای شاخص‌های تنوع(SDI) ، تمرکز (HHI) و آنتروپی صادرات رازیانه ایران در دوره ۱۳۷۱-۱۴۰۳

مقایسه سه دهه	متوسط SDI	متوسط HHI	متوسط آنتروپی
دهه ۷۰	۰.۳۹۲	۰.۶۰۸	۰.۶۵۰
دهه ۸۰	۰.۲۳۷	۰.۶۶۳	۰.۴۰۴
دهه ۹۰ تا ۱۴۰۳	۰.۲۰۱	۰.۷۲۲	۰.۳۴۶

همچنین بررسی تفاضل شاخص تنوع صادرات (ΔSDI) بین دهه‌های مورد مطالعه، امکان کمی‌سازی روند تغییرات تنوع بازارهای صادراتی را فراهم می‌کند (جدول ۴–۲).

جدول ۴–۲. مقایسه دهه‌ای شاخص تنوع صادرات (SDI) و تفاضل آن (ΔSDI) در صادرات رازیانه ایران طی دوره ۱۳۷۱–۱۴۰۳

دهه	تفاضل SDI
دهه ۷۰ تا ۸۰	-۰.۱۵۶
دهه ۸۰ تا ۹۰ و بالاتر	-۰.۰۳۶

تفاضل منفی شاخص SDI در دو بازه متوالی دهه‌ای بیانگر آن است که ساختار بازارهای مقصد صادرات رازیانه ایران طی سه دهه اخیر از وضعیت متنوع‌تر دهه ۱۳۷۰ به ساختار متمرکزتر دهه ۱۴۰۰ تغییر یافته است. این روند نزولی نشان‌دهنده‌ی افزایش ریسک وابستگی تجاری و آسیب‌پذیری در برابر شوک‌های سیاسی و اقتصادی بازارهای محدود هدف است. از این رو، مقدار منفی ΔSDI را می‌توان به‌عنوان سیگنال هشدار راهبردی برای سیاست‌گذاران صادراتی تفسیر کرد که ضرورت بازنگری در راهبردهای تنوع‌بخشی فعال را برجسته می‌سازد.

بررسی ترکیب بازارها نیز نشان می‌دهد که کشورهای هند (به‌طور میانگین ۴۵ تا ۶۰ درصد)، پاکستان، و عراق بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند؛ درحالی‌که بازارهای بالقوه‌ای مانند چین، آلمان و مالزی سهم ناچیزی داشته‌اند.

به طور کلی ساختار صادرات رازیانه ایران از حالت متنوع و متوازن دهه ۱۳۷۰ به حالتی متمرکز و شکننده در دهه‌های بعدی تبدیل شده است. شاخص HHI در این مدت ۱۱ درصد افزایش و شاخص SDI حدود ۴۹ درصد کاهش داشته است. این روند به‌وضوح بیانگر کاهش تاب‌آوری و افزایش وابستگی تجاری است.کاهش ۰/۱۵ واحدی SDI در گذار از دهه ۷۰ به ۸۰ نقطه عطفی در ساختار بازار محسوب می‌شود. از آن پس، بخش عمده صادرات ایران به هند و پاکستان محدود مانده است؛ درحالی‌که بازارهای پرسود شرق آسیا و اروپا (نظیر آلمان، مالزی، ژاپن و ایتالیا) تقریباً از چرخه تجارت حذف شده‌اند. این وضعیت به روشنی نشان می‌دهد که ایران از مزیت اقلیمی و تولیدی خود در جهت توسعه پایدار صادرات بهره کافی نبرده و سیاست‌های تجاری موجود باید بازنگری شوند. در مجموع، تحلیل‌های کمی این پژوهش نشان داد که صادرات رازیانه ایران در سه دهه اخیر از ساختاری متنوع و پویا به ساختاری متمرکز و شکننده تغییر یافته است. روند افزایشی شاخص تمرکز (HHI) و کاهش مستمر شاخص‌های (SDI) و آنتروپی، گواه وابستگی فزاینده به چند کشور محدود و افت تدریجی سهم ایران در بازار جهانی رازیانه است. این تمرکز عمدتاً در بازارهای هند، پاکستان و عراق رخ داده که به دلیل سهولت مبادله و محدودیت‌های سیاسی و مالی، به مقاصد اصلی صادرات تبدیل شده‌اند. در مقابل، بازارهای با ظرفیت بالا در شرق و جنوب شرق آسیا و اروپا عملاً از چرخه صادرات حذف گردیده‌اند.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد ساختار صادرات رازیانه ایران طی سه دهه اخیر از تنوع جغرافیایی گسترده به تمرکز بالا در چند بازار محدود ـ به‌ویژه هند و پاکستان ـ تغییر یافته است. کاهش مستمر شاخص‌های SDI و آنتروپی و افزایش HHI بیانگر وابستگی فزاینده و افت پویایی ساختار تجاری کشور است. در همین راستا، تقویت راهبردهای تنوع‌بخشی فعال بازارهای صادراتی، ایجاد برند ملی و استانداردسازی بسته‌بندی محصولات گیاهان دارویی، و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های فرآوری و ارزش‌افزایی داخلی از الزامات احیای پایداری صادرات رازیانه به شمار می‌رود. همچنین توسعه دیپلماسی کشاورزی و تجاری منطقه‌ای و راه‌اندازی سامانه ملی رصد شاخص‌های تمرکز و تنوع صادراتی می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری داده‌محور برای سیاست‌گذاران فراهم کرده و مسیر دستیابی به صادرات پایدار و رقابت‌پذیر را در چارچوب اقتصاد غیرنفتی ایران هموار سازد.

منابع:

احمدی، ف. ۱۴۰۰ . تحلیل تجربی شاخص‌های تنوعبخشی صادرات محصولات گیاهی ایران در دوره پس از تحریم‌ها. مجله اقتصاد و برنامه‌ریزی کشاورزی، ۳۲ (۱)، ۹-۲۵.

احمدی، ن.، و کرمی، س .۱۴۰۰. تحلیل تغییرات ساختاری بازارهای هدف صادرات گیاهان دارویی ایران با رویکرد شاخص‌های تمرکز و تنوع، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۳۴ (۲)، ۵۷-۸۰.

پورعباسی، ر.، و حکمت‌نیا، س .۱۴۰۲. الگوی بهینه‌سازی مقاصد صادراتی محصولات گیاهی ایران بر اساس شاخص تفاضلی تنوع(ΔSDI) فصلنامه اقتصاد بین‌الملل ایران، ۲۹ (۳)، ۶۵ -۹۲.

حسینی، ع.، و رنجبر، پ .۱۴۰۳ . تحلیل داده‌محور صادرات گیاهان دارویی ایران با مدل‌های تمرکز بازار و رقابت‌پذیری ساختاری .پژوهشنامه توسعه تجارت، ۱۹ (۱)، ۳۹ -۶۴.

رستگار، م.، و نصراللهی، ه .۱۴۰۱. تأثیر تحریم‌های تجاری بر تنوع صادرات غیرنفتی ایران؛ رویکرد تطبیقی شاخص SDIو HHIطی سالهای ۱۳۷۵ – ۱۳۹۹ . فصلنامه سیاست‌های اقتصادی، ۱۵ (۱)، ۲۳-۴۸.

رستمی، م.، زارعی، ع.، و احمدپور، س. (۱۳۹۸). بررسی اثرات تمرکز جغرافیایی و ساختاری صادرات غیرنفتی بر عملکرد تجاری ایران. دوماهنامه مطالعات اقتصادی ایران، ۲۳ (۲)، ۷۷-۹۸.

سلطانی، ز.، و موسوی، ر .۱۴۰۴" . اثرات نوسانات نرخ ارز بر میزان تمرکز مقاصد صادراتی در محصولات کشاورزی منتخب ایران ."فصلنامه تحولات اقتصادی ایران، ۴۱(۲)، ۷۷- ۹۸.

قربانی، ع.، و کشاورز، م. (۱۳۹۵). تحلیل روند تنوع صادرات محصولات کشاورزی ایران با استفاده از شاخص‌های هرفیندال–هیرشمن و سیمپسون .فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی و توسعه کشاورزی. ۲۵(۴)، ۵۷- ۷۸.

ناصری، ف.، و قربانی، م .۱۴۰۲" . تحلیل روند وابستگی تجاری بخش کشاورزی ایران با استفاده از شاخص آنتروپی و سیمپسون ."فصلنامه تحقیقات اقتصادی، ۳۸(۴)، ۹۱- ۱۱۶.

Akgül, M., & Yalçın, E. (2022). Export Diversification and Resilience in Agricultural Value Chains: Evidence from Emerging Economies. World Development, 159, 106042.

Bae, S., & Lokshin, B. (2024). Dynamic Shifts in Agricultural Export Diversification: Evidence from Panel SDI Differentials. Applied Economics Letters, 31(8), 834–840.

Cadot, O., Carrère, C., & Strauss-Kahn, V. (2022). Revisiting the Export Diversification–Growth Nexus under Global Supply Disruptions. Review of International Economics, 30(5), 1273–1295.

Domínguez, L., & Pérez, R. (2023). Spatial Concentration and Product Variety in Agro-Exports of Latin America: Post-COVID Shifts. Journal of Agricultural Economics, 74(3), 512–538.

Kaliappan, S., & Ramasamy, B. (2023). Export Market Concentration and Structural Diversification in Developing Economies: An Entropy Approach. Economic Modelling, 115, 106228.

Yoshida, T., & Wang, J. (2024). Trade Dependence and Market Concentration Risks in Asia's Agricultural Exports: Policy Lessons for Diversification. Asian Economic Policy Review, 19(1), 1–24.

Gravely, A., & Miles, R. (2025). Entropy and Resilience of Agricultural Export Structures during Global Uncertainty. Journal of International Trade and Economic Development, 34(2), 145–167.

Krugman, P. (1980). Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. American Economic Review, 70(5), 950–959.

Norcks, F. (2005). Export Diversification and Economic Growth: Revisiting the Evidence. UNCTAD Discussion Paper Series, No. 245, United Nations Conference on Trade and Development.

Analysis of the Evolution of Iran's Fennel Export Destinations with a Market Diversification Approach during the Past Three Decades (1992–2024)

Mohamad Hosein Jafari[1], Fatemeh Mazraeh[2*], Mojtaba Salari [3]

1 P.h.D. on Rural Planning. Islamic Azad University. Mashhad Branch, Khorasan Razavi, Mashhad, Iran -
2- Ph.D.in Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran. Iran
3- M.sc. in Industrial Engineering, Khayyam University, Khorasan Razavi, Mashhad, Iran

* Corresponding author email: fateme_mazrae@.com

Abstract

This study aims to analyze the evolution of Iran's fennel export destinations with an emphasis on market diversification over the period 1992–2024 (1371–1403 SH). Fennel, as a high–value medicinal plant within Iran's non-oil export portfolio, has encountered significant fluctuations and a clear decline in global competitiveness over the past three decades. To examine the geographical structure of exports, three standard quantitative indices—Herfindahl–Hirschman Index (HHI), Spatial Diversity Index (SDI), and Shannon Entropy—were employed using official datasets from the Iran Customs Administration. Results indicate that the HHI increased by approximately 11%, while the SDI declined by nearly 49%, reflecting a persistent trend of concentration and decreasing destination diversity. The negative ΔSDI values reveal that the steepest reduction occurred during the transition from the 1990s to the 2000s, coinciding with trade policy adjustments and currency regime shifts. Export concentration on traditional markets—mainly India, Pakistan, and Iraq—and the marginal presence of potential East Asian and European markets demonstrate a loss of competitiveness and rising vulnerability to regional shocks. The theoretical interpretation aligns with Krugman's New Trade Theory (1980), Norex's balanced-growth model (2005), and Schumpeter's innovation perspective, highlighting the lack of active diversification policies and national branding. Consequently, the study recommends data-driven market diversification, national brand development, value-added processing, and periodic monitoring of concentration and diversity indices as strategic pillars for sustaining Iran's non-oil export growth.

Keywords: Iranian fennel, export diversification, market concentration, Spatial Diversity Index (SDI), Shannon Entropy.

بررسی نظری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کارواکرول و تیمول با استفاده از محاسبات DFT: بینش‌هایی از انرژی شکست پیوند (BDE) و اوربیتال‌های مرزی

مسعود فعال [۱،۱]، علی مهرآفرین[۱]، صادق اسدی [۱]، حسنعلی نقدی‌بادی[۲]

۱- استادیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران

چکیده

در این پژوهش، ویژگی‌های ترمودینامیکی و الکترونی دو ایزومر فنولی کارواکرول و تیمول به‌منظور ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها با استفاده از نظریه تابع چگالی DFT/B3LYP/6-311+G(d) مورد بررسی قرار گرفت. محاسبه انرژی شکست پیوند (BDE) پیوند O–H نشان داد که مقدار BDE برای کارواکرول (۷۴/۲۵ کیلوکالری بر مول) اندکی کمتر از تیمول (۷۴/۵۲ کیلو کالری بر مول) است، که بیانگر سهولت بیشتر در آزادسازی هیدروژن و پایداری بالاتر رادیکال کارواکرول می‌باشد. تحلیل طول پیوند C–O و ساختار رادیکالی نیز نشان‌دهنده‌ی اثر رزونانسی قوی‌تر در کارواکرول است. نتایج محاسبات اوربیتال‌های مرزی (HOMO–LUMO) نشان داد تیمول دارای شکاف انرژی کوچک‌تر و نرمی شیمیایی بالاتری است و در نتیجه واکنش‌پذیرتر از کارواکرول محسوب می‌شود. این یافته‌ها حاکی از آن است که کارواکرول از پایداری سینتیکی بالاتر و تیمول از فعالیت الکترونی بیشتر برخوردار بوده و هر دو می‌توانند در مهار گونه‌های فعال اکسیژن نقش مؤثری ایفا کنند.

واژه‌های کلیدی: محاسبات DFT، انرژی شکست پیوند، تیمول، کارواکرول، آنتی اکسیدان

۱. مقدمه

ترکیبات شیمیایی گیاهان نقش اساسی در فرآیندهای متابولیکی و دفاعی آن‌ها ایفا می‌کنند. این ترکیبات که تحت عنوان متابولیت‌های گیاهی شناخته می‌شوند، در دو گروه اصلی اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند. متابولیت‌های اولیه برای بقای گیاه ضروری‌اند و در فرآیندهایی چون فتوسنتز، تنفس و رشد سلولی شرکت دارند، در حالی‌که متابولیت‌های ثانویه مستقیماً در رشد و نمو دخالت ندارند، بلکه در سازگاری گیاه با محیط، دفاع در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی، و تعاملات اکولوژیکی نقش مهمی دارند. در میان متابولیت‌های ثانویه، ترکیبات فنولی و ترپنوئیدی به‌دلیل دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدسرطانی، اهمیت ویژه‌ای در علوم دارویی و غذایی یافته‌اند. در سال‌های اخیر، توجه گسترده‌ای به ترکیبات فنولی منوترپنوئیدی مانند تیمول و کارواکرول جلب شده است. این دو ترکیب که از مشتقات سایمن محسوب می‌شوند، در اسانس گیاهانی نظیر آویشن و پونه کوهی به فراوانی یافت می‌شوند[1–5]. از دیدگاه بیوشیمیایی، تیمول و کارواکرول هر دو دارای یک گروه فنولی هستند که به آن‌ها توانایی قابل‌توجهی در غیرفعال‌سازی رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی می‌دهد. تفاوت جزئی در ساختار آن‌ها، یعنی موقعیت گروه هیدروکسیل بر روی حلقه آروماتیک، باعث ایجاد تفاوت‌های ظریف در پایداری رادیکالی و در نتیجه، قدرت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها می‌شود. مطالعات مختلف نشان

[۱] نویسنده مسئول: m.faal@shahed.ac.ir

داده‌اند که کارواکرول به‌دلیل پایداری بالاتر رادیکال فنوکسی حاصل از شکستن پیوندO–H ، اندکی فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تر از تیمول دارد. از منظر شیمی محاسباتی، بررسی خصوصیات الکترونی این ترکیبات، مانند انرژی‌های HOMO و LUMOگپ انرژی(ΔE) ، سختی شیمیایی و انرژی تفکیک پیوند(BDE) O–H ، اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری ترمودینامیکی رادیکال‌ها فراهم می‌کند. روش‌های تئوری تابع چگالی (DFT) به‌ویژه در مدل‌سازی رفتارهای اکسایش–کاهش و ارزیابی پتانسیل آنتی‌اکسیدانی ترکیبات طبیعی، ابزار قدرتمندی محسوب می‌شوند. با وجود مطالعات تجربی متعدد بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمول و کارواکرول، درک دقیق مکانیسم‌های الکترونی و تفاوت‌های جزئی در پایداری رادیکال‌های فنوکسی آن‌ها هنوز به‌طور کامل تبیین نشده است. مطالعات محاسباتی می‌توانند این خلأ را پر کرده و با بررسی مسیرهای واکنشی و پارامترهای انرژی، پایه‌ای نظری برای تبیین تفاوت فعالیت آنتی‌اکسیدانی این دو ایزومر فراهم کنند. به‌طور خاص، تحلیل پارامترهایی مانند انرژی تفکیک پیوند (BDE) برای پیوندO–H ، اختلاف انرژی HOMO–LUMO، سختی(η) ، نرمی (S) و شاخص الکترون‌دوستی(ω) ، می‌تواند رابطه‌ای کمی بین ساختار مولکولی و فعالیت بیولوژیکی ارائه دهد. کاهش مقدار BDE نشان‌دهنده‌ی سهولت آزاد شدن اتم هیدروژن و تشکیل رادیکال پایدارتر است، که خود با افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی دارد.

در این پژوهش، با استفاده از محاسبات DFT در سطح 6-311+G(d) ، پارامترهای انرژی و خواص الکترونی تیمول و کارواکرول مورد بررسی قرار گرفته است[6–13]. هدف از این مطالعه، مقایسه‌ی رفتار رادیکالی، پایداری و قدرت آنتی‌اکسیدانی این دو ترکیب با تمرکز بر تفاوت‌های ساختاری آن‌هاست. نتایج حاصل می‌تواند دیدگاه دقیق‌تری نسبت به نقش ساختار مولکولی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات طبیعی فراهم آورده و مسیر طراحی مشتقات قوی‌تر و پایدارتر را در صنایع دارویی و غذایی هموار سازد.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ترکیبات تیمول، کارواکرول، و ترکیبات رادیکالی مربوطه با استفاده از محاسبات کوانتومی در چارچوب تئوری تابع چگالی مورد بررسی قرار گرفتند

برای انجام محاسبات، از تابع B3LYP با مجموعه پایه 6-311+G(d) و نرم‌افزار Gaussian 09 استفاده گردید. پس از بهینه‌سازی هندسی، محاسبات فرکانسی برای تأیید ماهیت ساختارها انجام شد. همچنین، داده‌های ترمودینامیکی شامل آنتالپی (ΔH)، آنتروپی (ΔS) و انرژی آزاد گیبس (ΔG) در دمای ۲۹۸/۱۵ کلوین و فشار استاندارد ۱ اتمسفر از نتایج محاسبات استخراج گردید. علاوه بر این، طول پیوندها و اختلاف انرژی بین اوربیتال‌های HOMO و LUMO نیز برای درک بهتر ویژگی‌های سینتیکی و الکترونی واکنش‌ها مورد تحلیل قرار گرفت [14–16].

۳. نتایج و بحث

در این مطالعه، پایداری رادیکال‌های مشتق شده از کارواکرول و تیمول، به‌عنوان شاخصی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها، با استفاده از نظریه تابع چگالی (DFT) و سطح نظری B3LYP/6-311+G(d) بررسی شد. برای این منظور، انرژی الکترونیکی همراه با تصحیح انرژی نقطه صفر (ZPE) برای سه گونه شیمیایی مختلف محاسبه گردید: ترکیب اولیه (کارواکرول و تیمول)، رادیکال حاصل از حذف هیدروژن (Carvacrol-O• و Thymol-O•) و رادیکال هیدروژن(H•). این مقادیر، امکان تعیین دقیق انرژی شکست پیوند (BDE) مربوط به پیوند O-H را فراهم می‌کنند که شاخص مهمی از پایداری رادیکال و توانایی ترکیب در مهار گونه‌های فعال اکسیژن است (جدول ۱).

جدول ۱. انرژی‌های الکترونیکی محاسبه‌شده (EE)، تصحیحات انرژی نقطه صفر (ZPE) و طول پیوند برای کارواکرول و تیمول.

نام ترکیب	انرژی الکترونیکی	انرژی نقطه صفر	مجموع انرژی الکترونیکی و انرژی نقطه صفر	طول پیوند O-H (انگستروم)	طول پیوند C-O (انگستروم)
هیدروژن	-۰/۵۰۲۱۵۶	۰	-۰/۵۰۲۱۵۶	-	-
تیمول	-۴۶۴/۸۳۵۳۸۵	۰/۲۱۵۹۲۳	-۴۶۴/۶۱۹۴۶۲	۰/۹۶۴	۱/۳۷۵
کارواکرول	-۴۶۴/۸۳۵۹۷۷	۰/۲۱۵۸۲۹	-۴۶۴/۶۲۰۱۴۸	۰/۹۶۴	۱/۳۷۳
کارواکرول رادیکالی	-۴۶۴/۲۰۲۷۰۱	۰/۲۰۳۰۱۵	-۴۶۳/۹۹۹۶۸۶	-	۱/۲۵۰
تیمول رادیکالی	-۴۶۴/۲۰۱۷۳	۰/۲۰۳۱۸۳	-۴۶۳/۹۹۹۶۸۶	-	۱/۲۵۱

محاسبات انرژی شکست پیوند نشان داد که BDE پیوند O–H در کارواکرول ۷۴/۲۵ کیلوکالری بر مول و در تیمول ۷۴/۵۲ کیلوکالری بر مول است. اگرچه تفاوت میان این دو مقدار نسبتا کم است، اما بیانگر آن است که برداشت هیدروژن از گروه فنولی در کارواکرول کمی آسان‌تر بوده و بنابراین رادیکال کارواکرول از پایداری بیشتری برخوردار است. این یافته با مکانیزم عمومی فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی همخوانی دارد، زیرا هرچه انرژی شکست پیوند O–H کمتر باشد، مولکول قادر است هیدروژن را راحت‌تر به رادیکال‌های آزاد منتقل کرده و فرآیند مهار رادیکال‌های آزاد را تسهیل کند.

علاوه بر این، تحلیل طول پیوند C–O پس از تشکیل رادیکال نشان داد که در کارواکرول طول پیوند ۱/۲۵۰ آنگستروم و در تیمول ۱/۲۵۱ آنگستروم است. این کاهش اندک طول پیوند در کارواکرول می‌تواند ناشی از تشدید اثر رزونانس و توزیع بهتر چگالی الکترونی در رادیکال حاصل باشد و بیانگر پایدارتر بودن رادیکال کارواکرول نسبت به تیمول است. به طور کلی، کاهش طول پیوند C–O پس از حذف رادیکال هیدروژن در هر دو ترکیب نشان‌دهنده افزایش هم‌پیوندی الکترون‌های تنها اکسیژن با حلقه آروماتیک و تثبیت بیشتر ساختار مولکولی است. این اثر رزونانسی نه تنها پایداری رادیکال را افزایش می‌دهد، بلکه می‌تواند بر توانایی ترکیب در انتقال هیدروژن به گونه‌های رادیکالی تأثیرگذار باشد، که به نوبه خود فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن را بهبود می‌بخشد.

این نتایج نشان می‌دهد که از منظر ترمودینامیکی، کارواکرول دارای پتانسیل آنتی‌اکسیدانی کمی بالاتر نسبت به تیمول است. این یافته‌ها اهمیت ساختاری و الکترونیکی جایگاه گروه فنولی را در فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات طبیعی برجسته می‌کند و می‌تواند در طراحی و توسعه داروهای ضد التهاب و محافظ سلولی، به‌ویژه آن‌هایی که نیازمند مهار مؤثر گونه‌های فعال اکسیژن هستند، مورد استفاده قرار گیرد. به طور خاص، تفاوت‌های جزئی در انرژی شکست پیوند و طول پیوند C–O می‌توانند معیارهای قابل اعتماد برای انتخاب ترکیبات طبیعی یا نیمه‌سنتزی با پتانسیل بالاتر در طراحی داروهای هدفمند باشند.

علاوه بر این، نتایج حاضر با داده‌های تجربی موجود در منابع مرتبط با فعالیت آنتی‌اکسیدانی کارواکرول و تیمول همخوانی دارد و تأکید می‌کند که تغییرات کوچک در ساختار مولکولی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر خواص رادیکال‌زایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات داشته باشد. بنابراین، این مطالعه نه تنها نشان‌دهنده تفاوت‌های جزئی در پایداری رادیکال‌ها و انرژی شکست پیوند O–H بین کارواکرول و تیمول است، بلکه پایه‌ای علمی برای مطالعات آینده فراهم می‌کند تا با طراحی ترکیبات اصلاح شده یا مشتقات جدید، آنتی‌اکسیدان‌های مؤثرتر و داروهای ضد التهاب با کارایی بالاتر تولید شوند.

بر اساس نظریه اوربیتال‌های مرزی، اختلاف انرژی میان بالاترین اوربیتال اشغال‌شده (HOMO) و پایین‌ترین اوربیتال خالی (LUMO) شاخص مهمی از پایداری و واکنش‌پذیری مولکول‌ها است. در این مطالعه، ویژگی‌های الکترونیکی دو ترکیب فنولی، تیمول و کارواکرول، با استفاده از محاسبات DFT در سطح نظری B3LYP/6-311+G(d) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کارواکرول دارای شکاف انرژی اندکی بزرگ‌تر (۰/۲۱۴ الکترون ولت) نسبت به تیمول (۰/۲۰۹ الکترون

ولت) است. این تفاوت بیانگر پایداری سینتیکی کمی بالاتر و واکنش‌پذیری کمتر کارواکرول است، در حالی که شکاف انرژی کوچکتر در تیمول نشان‌دهنده قطب‌پذیری و فعالیت الکترونی بیشتر آن می‌باشد. پتانسیل شیمیایی (μ) تیمول کمی منفی‌تر (۰/۱۱۹ الکترون ولت) از کارواکرول است، که نشان می‌دهد تیمول تمایل بیشتری برای جذب الکترون دارد. همچنین تیمول دارای سختی شیمیایی کمتر و نرمی بالاتر ($S = 9.55\ eV^{-1}$) است و بنابراین از نظر شیمیایی نرم‌تر و مستعدتر برای واکنش با گونه‌های الکتروفیل محسوب می‌شود. شاخص الکتروفیلی (ω) نیز در تیمول بیشتر از کارواکرول است که این ویژگی، توانایی بالاتر آن را در پذیرش الکترون تأیید می‌کند.

جدول ۲. پارامترهای الکترونیکی محاسبه‌شده‌ی ترکیبات کارواکرول و تیمول (بر حسب الکترون ولت).

ترکیب	انرژی هومو	انرژی لومو	اختلاف انرژی هومو-لومو	پتانسیل شیمیایی	سختی شیمیایی	نرمی شیمیایی	شاخص الکتروفیلی
کارواکرول	-۰/۲۲۳۸۳	-۰/۰۰۹۶۰	۰/۲۱۴۲۳	-۰/۱۱۶۷۱	۰/۱۰۷۱۱	۹/۳۳۷	۰/۰۶۳۵۹
تیمول	-۰/۲۲۳۶۷	-۰/۰۱۴۳۹	۰/۲۰۹۲۸	-۰/۱۱۹۰۳	۰/۱۰۴۶۴	۹/۵۵۴	۰/۰۶۷۷۰

در مجموع، اگرچه هر دو ترکیب از نظر ساختار الکترونی شباهت زیادی دارند، تیمول به‌واسطه شکاف انرژی کمتر، نرمی بالاتر و الکتروفیلی قوی‌تر، رفتاری واکنش‌پذیرتر و قطب‌پذیرتر از کارواکرول نشان می‌دهد. از سوی دیگر، کارواکرول با شکاف انرژی بالاتر و سختی بیشتر، از پایداری سینتیکی بالاتری برخوردار است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تیمول از نظر الکترونی فعال‌تر و از نظر ترمودینامیکی پایدارتر است، در حالی که کارواکرول پایداری سینتیکی بهتری دارد. این تفاوت ظریف در ویژگی‌های اوربیتال‌های مرزی می‌تواند بر نقش زیستی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی این دو ایزومر تأثیرگذار باشد.

۴. نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر نشان داد که تفاوت‌های جزئی در ساختار و ویژگی‌های الکترونی تیمول و کارواکرول می‌تواند بر پایداری رادیکال و توان آنتی‌اکسیدانی آن‌ها تأثیرگذار باشد. کارواکرول به‌دلیل BDE پایین‌تر و رزونانس مؤثرتر، از پایداری رادیکالی بالاتری برخوردار است، در حالی‌که تیمول به‌واسطه شکاف انرژی کوچک‌تر HOMO–LUMO، واکنش‌پذیرتر است. این نتایج نقش حیاتی گروه فنولی و موقعیت فضایی آن را در فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات طبیعی برجسته کرده و می‌تواند مبنایی برای طراحی آنتی‌اکسیدان‌های مؤثرتر در آینده فراهم آورد.

۵. منابع

(1) Elateeq, Z.-H. ; Khan, A. A. ; Khan, Y. ; Khan, J. ; Ali, A. ; Plant, S.; Hanada, K.; Barna, B.; Salam, U.; Ullah, S.; Tang, Z.-H.; Elateeq, A. A.; Khan, Y.; Khan, J.; Khan, A.; Ali, S. Plant Metabolomics: An Overview of the Role of Primary and Secondary Metabolites against Different Environmental Stress Factors. *Life 2023, Vol. 13, Page 706* **2023**, *13* (3), 706.

(2) Singh, A. A.; Ghosh, A.; Agrawal, M.; Agrawal, S. B. Secondary Metabolites Responses of Plants Exposed to Ozone: An Update. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2023**, *30* (38), 88281–88312.

(3) Anjali; Kumar, S.; Korra, T.; Thakur, R.; Arutselvan, R.; Kashyap, A. S.; Nehela, Y.; Chaplygin, V.; Minkina, T.; Keswani, C. Role of Plant Secondary Metabolites in Defence and Transcriptional Regulation in Response to Biotic Stress. *Plant Stress* **2023**, *8*, 100154.

(4) Salam, U.; Ullah, S.; Tang, Z. H.; Elateeq, A. A.; Khan, Y.; Khan, J.; Khan, A.; Ali, S. Plant Metabolomics: An Overview of the Role of Primary and Secondary Metabolites against Different Environmental Stress Factors. *Life* **2023**, *13* (3).

(5) Seifert, C. L.; Moos, M.; Volf, M. Different Fates of Metabolites and Small Variation in Chemical

Composition Characterise Frass Chemistry in a Specialist Caterpillar. *Physiol. Entomol.* **2024**.

(6) Mollaamin, F.; Shahriari, S.; Monajjemi, M.; Mollaamin, F.; Shahriari, S.; Monajjemi, M. DRUG DESIGN OF MEDICINAL PLANTS AS A TREATMENT OF OMICRON VARIANT (COVID-19 VARIANT B.1.1.529). *J. Chil. Chem. Soc.* **2022**, *67* (3), 5562–5570.

(7) Anza, M.; Endale, M.; Cardona, L.; Cortes, D.; Eswaramoorthy, R.; Zueco, J.; Rico, H.; Trelis, M.; Abarca, B. Antimicrobial Activity, in Silico Molecular Docking, Admet and Dft Analysis of Secondary Metabolites from Roots of Three Ethiopian Medicinal Plants. *Adv. Appl. Bioinforma. Chem.* **2021**, *14*, 117–132.

(8) Farrokhnia, M. Density Functional Theory Studies on the Antioxidant Mechanism and Electronic Properties of Some Bioactive Marine Meroterpenoids: Sargahydroquionic Acid and Sargachromanol. *ACS Omega* **2020**, *5* (32), 20382–20390.

(9) Anza, M.; Endale, M.; Cardona, L.; Cortes, D.; Eswaramoorthy, R.; Zueco, J.; Rico, H.; Trelis, M.; Abarca, B. Antimicrobial Activity, in Silico Molecular Docking, ADMET and DFT Analysis of Secondary Metabolites from Roots of Three Ethiopian Medicinal Plants. *Adv. Appl. Bioinform. Chem.* **2021**, *14*, 117.

(10) Ullah, Z.; Ata-Ur-Rahman; Fazl-I-Sattar; Rauf, A.; Yaseen, M.; Hassan, W.; Tariq, M.; Ayub, K.; Tahir, A. A.; Ullah, H. Density Functional Theory and Phytochemical Study of 8-Hydroxyisodiospyrin. *J. Mol. Struct.* **2015**, *1095*, 69–78.

(11) Muya, J. T.; Mwanangombo, D. T.; Tsalu, P. V.; Mpiana, P. T.; Tshibangu, D. S. T.; Chung, H. Conceptual DFT Study of the Chemical Reactivity of Four Natural Products with Anti-Sickling Activity. *SN Appl. Sci.* **2019**, *1* (11), 1–18.

(12) Costa, R. A.; da Silva, J. N.; Oliveira, V. G.; Anselmo, L. M.; Araújo, M. M.; Oliveira, K. M. T.; Nunomura, R. de C. S. New Insights into Structural, Electronic, Reactivity, Spectroscopic and Pharmacological Properties of Bergenin: Experimental, DFT Calculations, MD and Docking Simulations. *J. Mol. Liq.* **2021**, *330*, 115625.

(13) Rauf, A.; AlOmar, T. S.; Sarfaraz, S.; Ayub, K.; Hussain, F.; Rashid, U.; Almasoud, N.; AlOmar, A. S.; Rehman, G.; Ahmad, Z.; Muhammad, N.; Shah, Z. A.; Formanowicz, D. Density Functional Theory, Molecular Docking, In Vitro and In Vivo Anti-Inflammatory Investigation of Lapachol Isolated from Fernandoa Adenophylla. *Heliyon* **2023**, *9* (12), e22575.

(14) Sonia, C.; Devi, T. G.; Karlo, T. DFT Study on the Structural and Chemical Properties of Janus Kinase Inhibitor Drug Baricitinib. *Mater. today. Proc.* **2022**, *65*, 2586–2595.

(15) Singh, R. K.; Singh, A. K. DFT Calculations on Molecular Structure, Spectral Analysis, Multiple Interactions, Reactivity, NLO Property and Molecular Docking Study of Flavanol-2,4-Dinitrophenylhydrazone. *J. Mol. Struct.* **2017**, *1129*, 128–141.

(16) Mohammad, R. K.; Madlol, R. A.; Umran, N. M.; Sharrad, F. I. Structure and Electronic Properties of Substitutionally Doped Cycloheptane Molecule Using DFT. *Results Phys.* **2016**, *6*, 1036–1043.

Theoretical investigation of the antioxidant capacity of carvacrol and thymol using DFT calculations: insights from bond breakdown energy (BDE) and frontier orbitals

Masud Faal [1*], Ali Mehrafarin [1], Sadegh Asadi [1], Hasanali Naghdi Badi [2],
1- Assistant Professor, Medicinal Plants Research Center, Shahed University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran

* Corresponding author email: m.faal@shahed.ac.ir

Abstract

In this study, the thermodynamic and electronic properties of two phenolic isomers, carvacrol and thymol, were investigated to evaluate their antioxidant potential using density functional theory (DFT/B3LYP/6-311+G(d)). The O–H bond dissociation energy (BDE) was calculated to be 74.25 kcal·mol^{-1} for carvacrol and 74.52 kcal·mol^{-1} for thymol, indicating a slightly easier hydrogen abstraction and greater radical stability in carvacrol. Analysis of the C–O bond lengths and radical structures confirmed stronger resonance stabilization in carvacrol. Moreover, frontier molecular orbital (HOMO–LUMO) analysis revealed that thymol possesses a smaller energy gap and higher chemical softness, suggesting greater electronic reactivity compared to carvacrol. These findings demonstrate that while carvacrol exhibits higher kinetic stability, thymol shows enhanced electronic activity, and both compounds play an important role in scavenging reactive oxygen species (ROS).

Keywords: DFT calculations; Bond dissociation energy; Thymol; Carvacrol; Antioxidant activity

کاربرد ضایعات و محصولات جانبی گیاهان در صنعت بسته بندی مواد غذایی

سمیرا قربانی[1*]، سحر فضائلی[1]، سمن سادات دهقان منشادی[1]

[1]گروه بهداشت وکنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده پیرا دامپزشکی، دانشگاه اردکان

ایمیل نویسنده مسئول*: s.ghorbani@ardakan.ac.ir

چکیده:

بسته‌بندی یکی از مسائل اساسی در زمینهٔ ایمنی غذا و یک واسطه مهم بین تولیدکنندگان مواد غذایی و مصرف کنندگان است و به حفظ کیفیت محصولات بسته بندی شده کمک میکند. بسته بندی نقش مهمی در زنجیره مواد غذایی دارد زیرا بخش جدایی ناپذیر در فرآیندهای غذایی و تولیدات غذایی است. اگرچه پلیمرهای مشتق شده از نفت به طور گسترده برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند، اما نگرانی روزافزون در مورد ماهیت تجدیدناپذیر و یا تجزیه ناپذیر آنها، مسیر را برای توسعه جایگزین های سبزتر، از جمله پلی ساکاریدها و پلی پپتیدها هموار می‌کند. استفاده از این ماکرومولکولهای زیستی درجه یک غذایی، علاوه بر میوه ها و سبزیجات، بسته بندی های خوراکی با خواص فیزیکی-مکانیکی مناسب و همچنین ویژگیهای حسی و تغذیه ای منحصر به فرد را فراهم می‌کند. این متن به بررسی مسیر توسعه فیلم‌های مبتنی بر پوره ها، تفاله ها و عصاره های میوه و سبزیجات می‌پردازد. پیشرفت‌های اخیر با تأکید بر نقشی که هر جزء فیلم در مواد حاصل ایفا می‌کند، به طور گسترده بررسی شده است، روشهای تولید آنها از دیدگاه فنی بررسی شده و خواص اساسی گردآوری و با همتایان مصنوعی و مرسوم آنها مقایسه شده است. در نهایت، این بررسی جامع، مزایا و محدودیت های فیلم های خوراکی مبتنی بر میوه ها و سبزیجات را مورد بحث قرار می‌دهد.

کلمات کلیدی: فیلم های خوراکی ، مواد زیست تخریب پذیر، ضایعات فرآوری میوه ها و گیاهان، پلیمرهای زیستی

۱-مقدمه

سیستم های بسته بندی مواد غذایی عملکردهای مختلفی، از جمله عملکردهای مربوط به مهار، اطلاعات و بازاریابی دارند. با این حال، عملکرد اصلی آنها جدا کردن غذا از محیط اطراف، کاهش قرار گرفتن در معرض عوامل فساد (میکروارگانیسم ها)، اکسیژن، بخار آب و طعم های نامطلوب و جلوگیری از، از دست رفتن ترکیبات مطلوب مانند مواد فرار طعم دهنده است، که در نتیجه ماندگاری مواد غذایی را افزایش می‌دهد. مواد پلیمری طبیعی مانند پنبه، چوب، ابریشم، پشم و چرم قرن هاست که مورد استفاده قرار گرفته‌اند و خواص ساختاری و عملکردی آنها بر توسعه پلیمرهای مبتنی بر نفت تأثیر گذاشته است. این پلاستیک ها در نیمه دوم قرن بیستم به طور قابل توجهی محبوبیت خود را افزایش دادند، تا اینکه به لطف قیمت نسبتا پایین، مقاومت مکانیکی، قابلیت دوخت حرارتی، تطبیق پذیری شکل و درجه سختی، بازار بسته بندی مواد غذایی را به خود اختصاص دادند. با این حال، این سوختهای فسیلی تجدیدناپذیر و عمدتا زیست تخریب پذیر نیستند. فقط در ایالات متحده، سالانه بیش از ۳۲ میلیون تن پلاستیک دور ریخته می‌شود. بازیافت به دلیل مشکلات فنی و اقتصادی محدود است. در واقع،

کمتراز ۳ ٪ از پلاستیک های زباله در سراسر جهان بازیافت می شوند. علاوه بر این، سوزاندن آنها میتواند ترکیبات سمی مانند فوران ها و دیوکسین های تولید شده ازسوختن پلی وینیل کلرید تولید کند(Otoni et al., 2017).

زباله های انباشته شده ناشی از دفع مداوم و گسترده پلیمرهای مشتق شده از نفت، نگرانی های قابل توجهی را در مورد اثرات مضرآنها بر محیط زیست ایجاد کرده است. در این زمینه ، در دهه های اخیر تقاضای جهانی برای جایگزینی پلاستیک های مرسوم با پلیمرهای تجدیدپذیر و زیست تخریب پذیر وجود داشته است. پلیمرهای زیست پایه که از منابع تجدیدپذیر و نه فسیلی تهیه می شوند، لزوما زیست تخریب پذیر نیستند. پلی اتیلن (PE) و پلی پروپیلن (PP) احتمالا تجدیدپذیر هستند، زیرا مونومرهای آنها را میتوان از اتانول استخراج کرد، کاندیداهای ایده آل برای جایگزینی پلیمرهای مرسوم باید هم تجدیدپذیر و هم زیست تخریب پذیر باشند. پلی ساکاریدها و پلی پپتیدها این نیازها را برآورده میکنند و خواص تشکیل فیلم خوبی دارند. اکثر پروتئین ها و کربوهیدراتها نیز خوراکی هستند و میتوانند به عنوان ماتریس برای فیلم ها و پوششهای خوراکی که قرار است همراه با غذا مصرف شوند، استفاده شوند. از سوی دیگر، مواد زیست تخریب پذیر لزوما خوراکی نیستند. فیلم های خوراکی باید فقط اجزای درجه غذایی در ترکیبات خود داشته باشند - از جمله نه تنها ماتریس تشکیل دهنده فیلم و حلال، بلکه نرم کننده ها و هرگونه افزودنی دیگر(Babu et al., 2013).

اساسا، فیلم ها ساختارهای مستقلی هستند که به طور جداگانه ساخته شده و سپس روی سطح غذا، بین اجزای غذا یا حتی در کیسه های خوراکی بسته بندی می شوند. پوشش های خوراکی نیز به نوبه خود، مستقیما با غوطه وری، اسپری کردن یا قالب گیری روی سطح غذا تشکیل می شوند که مورد دوم با مخلوط کردن ماده غذایی و محلول پوشش در یک کاسه چرخان و به دنبال آن خشک کردن حاصل میشود. اگرچه انتظار نمی رود فیلم ها و پوشش های خوراکی به طور کامل جایگزین مواد بسته بندی مرسوم شوند، اما می توانند با کاهش تبادل رطوبت، گازها، چربی و مواد فرار بین غذا و محیط اطراف و با جلوگیری از آلودگی سطح، به بهبود کارایی بسته بندی غذا کمک کرده و در نتیجه نیاز به پلیمرهای مشتق شده از نفت را کاهش دهند (Krochta et al.,2002). الزامات سدگری فیلم ها و پوشش های خوراکی به کاربرد آنها و خواص غذایی که قرار است محافظت شود بستگی دارد. فیلم ها یا پوشش های مورد استفاده برای میوه ها و سبزیجات تازه باید نفوذپذیری بخار آب پایینی داشته باشند تا سرعت خشک شدن را کاهش دهند، در حالی که نفوذپذیری اکسیژن باید به اندازه ای کم باشد که تنفس را به تأخیر بیندازد، اما نه آنقدر کم که شرایط بیهوازی مطلوب برای تولید اتانول و تشکیل مواد نامطلوب ایجاد کند. مطالعات متعددی در مورد توسعه فیلم های ساخته شده از میوه‌ها و سبزیجات انجام شده است. این تحقیقات بر ترکیب هیدروکلوئیدهای تشکیل دهنده فیلم (از جمله نشاسته، پکتین، سلولز و همی سلولز) با پوره های میوه و سبزیجات متکی هستند. علاوه بر این، میوه ها و سبزیجات منابع مواد مغذی و آنتی اکسیدان هایی هستند که ممکن است به شکل فیلم های خوراکی ساخته شده از آنها مصرف شوند. مصرف میوه ها و سبزیجات به دلیل فواید سلامتی آنها محبوبیت بیشتری پیدا میکند، به طوری که فیلم های خوراکی مبتنی بر این مواد گیاهی، روشی جایگزین برای دریافت مواد مغذی، از جمله رنگدانه ها و پلی فنولها با ظرفیت آنتی اکسیدانی، هستند(Guilbert et al.,2005). پیشرفت های اخیر در زمینه فیلم های خوراکی ترکیبی و فعال بر پایه میوه ها و سبزیجات، علاوه بر نقش هر جزء فیلم، و همچنین پروتکل های تولید، به طور گسترده بررسی شده اند. در نهایت، مزایا و محدودیت های این مواد سنجیده شده و سناریوی پیش رو مورد بحث قرارگرفته است.

۲-میوه ها و سبزیجات: پوره ها، تفاله ها و عصاره ها

در مورد محصولات جانبی میوه و سبزیجات، اتفاق نظر وجود دارد که عملیات فرآوری مواد غذایی ممکن است مقادیر زیادی پسماند تولید کند. با این حال، بیشتر این پسماندها به دلیل ارزش بازار پایین، کمتر مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال، فرآوری سیب سالانه بیش از ۹۰۰۰ تن پوست سیب تولید می‌کند. در بسیاری از موارد، تولیدکنندگان از پسماندهای فرآوری مواد غذایی به عنوان خوراک دام یا کود استفاده می کنند، یا آنها را در خاک یا محل های دفن زباله دور می ریزند، که نشان دهنده یک مسئله زیست محیطی بالقوه و هدر رفتن محصولات با ارزش افزوده بالقوه است. حتی اگر قرار نباشد تفاله میوه و سبزیجات از نظر حسی جذاب باشند، هنوز منابع بالقوه زیست توده و ترکیباتی با ارزش غذایی هستند. به عنوان مثال، زیست توده حاصل از صنعت آب میوه سرشار از پکتین، فیبرهای غذایی و مواد شیمیایی گیاهی است. آندراده و دیگران (۲۰۱۶) از تفاله حاصل از تولید یک نوشیدنی ایزوتونیک برای تولید فیلم های خوراکی شامل پرتقال، میوه گل ساعتی، هندوانه ، کاهو، کدو سبز، هویج، اسفناج ، نعناع، خیار استفاده کردند. به جای استفاده از خود تفاله ها، برخی از اجزا رنگدانه ها و ترکیبات فنلی، به عنوان مثال، از ضایعات فرآوری مواد غذایی استخراج شده اند. با این حال، روشهای استخراج نیز بقایایی ایجاد میکنند و با روند رو به رشد استفاده از کل ماده گیاهی مطابقت ندارند. استفاده از چنین موادی برای تولید فیلم های خوراکی به عنوان یک جایگزین عملی برای کاهش هزینه تولید فیلم های خوراکی و افزودن ارزش به محصولات جانبی مواد غذایی برجسته است. با این حال، هنگامی که محصول جانبی غنی از لیپیدها یا هیدروکلوئیدهای کم محلول در آب است ، استخراج ترکیبات مورد نظر با هر حلال غذایی مانند آب و اضافه کردن آنها به FFF منطقی است، اگرچه ممکن است لیپیدها برای فراهم کردن ماده نهایی با مانع بهبود یافته در برابر رطوبت مطلوب باشند (Otoni et al., 2017).

۳_عوامل اتصال دهنده

از آنجا که پلی پپتیدها و پلی ساکاریدها تشکیل دهنده فیلم به طور طبیعی در بسیاری از میوه ها و سبزیجات وجود دارند، گزارشهای کمی از فیلم هایی که فقط با پوره میوه ها، از جمله هلو، زردآلو، گلابی، سیب، انبه و موز تولید شده اند، وجود دارد. به عنوان مثال، هویج عمدتا از آب، پروتئین، مواد سلولزی و پکتیکی تشکیل شده است که میتواند منجر به فیلمهای مستقل شود. با این حال، فیلمهایی که منحصرا از پوره تشکیل شده اند، اغلب قوام، استحکام مکانیکی و خواص مانع ضعیفی دارند، بنابراین هیدروکلوئیدهای خوراکی به عنوان عوامل اتصال دهنده برای بهبود خواص فیزیکی فیلم ها اضافه می‌شوند(Martelli et al., 2015). در برخی موارد، خود پوره ها لایه هایی تشکیل می دهند که حتی نمی توانند به عنوان فیلم های پیوسته از سطح ریخته گری جدا شوند. افزودن این زیست ماکرومولکولها برای افزایش انسجام فیلم از اهمیت بالایی برخوردار است. پکتین تاکنون پرکاربردترین عامل اتصال دهنده در فیلم های خوراکی بر پایه میو ه ها و سبزیجات بوده است، اما استفاده از ماتریس های دیگر نیز گزارش شده است. اگر افزودن یک بیوپلیمر کافی نباشد، میتوان دو یا چند ماکرومولکول را با هم ترکیب کرد و مخلوط هایی مانند فیلم های هویج ساخت. این ماکرومولکولهای زیستی را میتوان از گیاهان (به عنوان مثال، نشاسته، پکتین و سلولز)، حیوانات (کلاژن، ژلاتین و کیتوزان)، میکروارگانیسم ها (به عنوان مثال، سلولز باکتریایی) و جلبکها (از جمله آلژینات و کاراگینان) استخراج کرد (Han et al., 2005).

۴_نرم کننده ها

نرم کننده ها می توانند بخشی از ماکرومولکولهای پلیمری داخلی یا مواد غیرفرار با وزن مولکولی کم باشند که از نظر شیمیایی به زنجیره اصلی خارجی متصل نمی شوند، که هر دو برای آسانترکردن پردازش پلیمر و یا اصلاح خواص ماده حاصل در نظر گرفته شده اند. نرم کننده های خارجی، به ویژه، با قرار گرفتن بین مولکولهای پلیمری و در نتیجه جدا کردن زنجیره های مجاور، سطح تعامل زنجیره به زنجیره پلیمر را کاهش می دهند. این عمل منجر به تولید موادی با شکنندگی و سختی کاهش یافته و همچنین انعطاف پذیری، کشش پذیری افزایش یافته می شود. اکثر فیلم های خوراکی به دلیل نیروهای بین مولکولی گسترده که زنجیره های پلیمری را در کنار هم نگه می دارند، یعنی پیوندهای هیدروژنی، آبگریز یا دی سولفیدی و همچنین برهمکنش های الکترواستاتیک، بسیار شکننده هستند. گلیسرول(یا گلیسیرین گیاهی) به طور قابل توجهی پرکاربردترین نرم کننده برای این منظوراست. در مقایسه با سوربیتول، گلیسرول راندمان نرم کنندگی بالاتری دارد، در حالی که فیلم های پکتین نرم شده با سوربیتول متراکم تر، مقاومتر و انعطاف پذیری کمتری داشتند. این ویژگی ها ممکن است ناشی از وزن مولکولی بالاتر سوربیتول و ویژگیهای جامد آن در دمای اتاق باشد، در حالی که گلیسرول مایع است. در واقع، گزارش شده است که محتوای بالای گلیسرول به سطح فیلم مهاجرت میکند، ترشح می کند و فیلم های چسبنده ای تشکیل میدهد. وانگ و دیگران گزارش دادند که فیلم های پوره هویج غیر نرم شده که باCMC، ژلاتین و نشاسته اضافه شده اند، شکننده و سفت و همچنین دارای سوراخ و ترک هستند، در حالی که فیلم های نرم شده با گلیسرول انعطاف پذیرتر بودند. این نویسندگان کاهش استحکام کششی و همچنین افزایش ازدیاد طول در نقطه پارگی و نفوذپذیری به بخار آب فیلم های خوراکی هویج را با افزایش محتوای گلیسرول مشاهده کردند. نشان داده شده است که مونو، دی و الیگوساکاریدهای موجود در میوه ها و سبزیجات به عنوان نرم کننده های طبیعی عمل می کنند. فیلم های خوراکی بر پایه پوره های پاپایا، گوجه فرنگی و با خواص مکانیکی خوب، بدون افزودن نرم کننده هایی غیر از پوره ها تولید شده اند(Wang et al., 2012).

۵_افزودنی های کاربردی

فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات ممکن است حاوی ترکیبات کاربردی باشند که برای بهبود ویژگی های محصول بسته بندی شده یا خود ماده بسته بندی در نظر گرفته شده اند و بنابراین با تعامل با مواد غذایی نقش فعالی ایفا می‌کنند. ترکیبات ضد میکروبی به ویژه در فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات استفاده شده اند. ترکیب روغن های ضروری و ترکیبات روغنی تولید شده به عنوان متابولیت های ثانویه توسط گونه های گیاهی متعدد در بسته بندی فعال مواد غذایی به طور گسترده بررسی شده است. گزارش شده است که این ترکیبات هم اثرات ضد میکروبی و هم اثرات آنتی اکسیدانی دارند.

روغنهای ضروری که برای اهداف ضدمیکروبی در فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات گنجانده شده اند، شامل روغنهای استخراج شده از فلفل شیرین، دارچین، جوانه میخک، سیر، علف لیمو، پونه کوهی و آویشن هستند. در چندین مطالعه، نویسندگان از ترکیبات اصلی این روغنهای ضروری، یعنی کارواکول، سینامالدئید استفاده کرده اند. به عنوان مثال، اجزای اصلی روغنهای ضروری پونه کوهی و دارچین به ترتیب کارواکول و سینامالدئید هستند. این ترکیبات به عنوان "به طور کلی ایمن" در نظر گرفته می‌شوند، که برای کاربردهای خوراکی الزامی است. مواد ضدمیکروبی طبیعی که در فیلم های

خوراکی بر پایه میو ه ها و سبزیجات آزمایش شده اند، محدود به روغنهای ضروری و ترکیبات روغنی نیستند. پلی فنول ها از جمله تانن ها، فلاونوئیدها و مشتقات اسیدهای فنولیک نیز متابولیتهای ثانویه گیاهی با اثرات ضدمیکروبی هستند (Atares and Chiralt ., 2016). علاوه بر این، مشخص شده است که آنها اکسیژن فعال را در بدن انسان جذب می کنند و همچنین چندین عملکرد بیولوژیکی مانند آنتی اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدالتهابی و ضد تصلب شرایین و... را اعمال می کنند. پلی فنولهای استخراج شده از منابع مختلف، از جمله میوه ها و سبزیجات، در فیلم ها و پوشش های خوراکی ضدمیکروبی گنجانده شده اند. در مورد فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات، به طور خاص، پلی فنول های پوست سیب به فیلم های خوراکی ساخته شده از پوره های سیب اضافه شده اند. متیل سینامات یک ماده فرار اصلی از توت فرنگی که به عنوان یک عامل ضد قارچ در فیلم های خوراکی پوره توت فرنگی گنجانده شده است. نگرانی عمده در مورد برخی از افزودنی های کاربردی، طعم، عطر قوی و غیرمعمول آنهاست. اگرچه ارزیابی حسی فیلم های خوراکی و مواد غذایی بسته بندی شده در آنها کمیاب است، اما بسیاری از ترکیبات فعال به طور گسترده توسط مصرف کنندگان پذیرفته شده اند. به عنوان مثال، روغنهای اساسی دارچین و پونه کوهی با محصولات غذایی مختلف و فیلم های خوراکی سازگاری حسی دارند و حتی به عنوان طعم دهنده های غذایی نیز استفاده می شوند(Espitia et al., 2014).

۶_خواص فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات

۶_۱_پایداری و ماندگاری

فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات ممکن است از نظر قوانین و معیارهای پایداری، به عنوان غذاهای خشک در نظر گرفته شوند. این فیلم ها مواد مغذی کافی برای رشد میکروبی دارند. مگر اینکه به صورت استریل در یک ماده بسته بندی خارجی بسته بندی شوند، پایداری باید عمدتا با حذف آب حفظ شود. فیلم ها خشک تر از پوره ها، تفاله ها، عصاره ها و آبمیوه ها هستند، بنابراین انتظار می رود که پایدارتر باشند. این امر امکان افزایش پایداری میو ه ها و سبزیجات را از طریق خشک کردن آنها به صورت فیلم فراهم می کند که به نوبه خود ممکن است به محصولات کشاورزی در طول فصل خارج از فصل ارزش افزوده دهد. این رویکرد ارزش بهره برداری بیشتر در مطالعات آینده را دارد (Dantas et al., 2015).

۶_۲_خواص مکانیکی

خواص مکانیکی خوب از جمله الزامات اساسی برای فیلم های خوراکی جهت استفاده به عنوان بسته بندی مواد غذایی است، زیرا انعطا ف پذیری یا استحکام ضعیف ممکن است منجر به خرابی زودرس یا ترک خوردگی در حین تولید، جابجایی، ذخیره سازی یا استفاده شود. از دیگر خواص مهم فیلم های مورد استفاده برای بسته بندی مواد غذایی، قابلیت درزگیری و مقاومت در برابر پارگی است. Sothornvit and Pitak (۲۰۰۷) فیلم های موز با قابلیت درزگیری خوب را به دست آوردند و پیشنهاد کردند که این فیلم ها میتوانند به عنوان ساشه یا کیسه برا ی غذاهای خشک استفاد ه شوند. Tulamandi و همکاران (۲۰۱۶) فیلم های پوره پاپایا را که با نشاسته و ژلاتین یا پروتئین سویا اضافه شده بودند، تولید کردند که مقاومت در برابر پارگی و قدرت درزگیری آنها به ترتیب از ۰,۲۹ تا ۰,۷۳ گرم بر میکرومتر و۰,۱۲۷تا ۰,۷۲۶ نیوتن بر متر متغیر بود. خواص مکانیکی

فیلم های خوراکی به شدت به ترکیب آنها بستگی دارد. به طور کلی، انتظار میرود فیلم های گیاهی به دلیل نسبت بالاتر فیبرهای غذایی به کل قندها، قویتر و انعطاف پذیری کمتری نسبت به فیلم های میوه داشته باشند.

۶_۳_خواص تغذیه ای

در میان ویژگیهای منحصر به فرد فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات، باید بر خواص تغذیه ای و عملکردی آنها که باعث بهبود سلامت می شوند، تمرکز شود. دانتاس و همکاران درسال ۲۰۱۵، میزان کل فنولیک را در فیلم های پوره انبه قرمز در طول ۴۰ روز نگهداری روغن پالم بررسی کردند. فیلم های خوراکی اجازه مهاجرت تدریجی فنولیک ها به روغن پالم را دادند که با کاهش ۵۰ درصدی شاخص پراکسید محصول بسته بندی شده در مقایسه با فیلم های نشاسته کنترل تأیید شد. فعالیت آنتی اکسیدانی قابل توجهی نیز توسط فیلم های عصاره تفاله انگور به دلیل TFC آن ارائه شده است. از آنجا که خواص تغذیه ای و عملکردی ترکیبات طبیعی موجود در فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات به عنوان ویژگیهای منحصر به فردی که آنها را از فیلم های پلیمری مرسوم متمایز میکند، برجسته است، این خواص ارزش بررسی عمیقتر در مطالعات آینده را دارند.

۶_۴_خواص ضد میکروبی

فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات میتوانند به عنوان حامل ترکیبات فعال، از جمله مواد ضد میکروبی، عمل کنند که ممکن است یا در ماتریس فیلم تثبیت شده و نقش خود را در تماس با سطح غذا ایفا کنند یا به آرامی در مواد غذایی آزاد شوند. Rojas-Gra¨u (۲۰۰۶) ، فیلم های خوراکی پوره سیب حای همان روغن های ضروری یا با ترکیبات ضدمیکروبی اصلی آنها، یعنی کارواکول، سیترال و سینامالدئید را بررسی کردند. هاله عدم رشد E. coli O157:H7 ایجاد شده در اطراف فیلم های حاوی ترکیبات ضدمیکروبی، بیشتر از فیلم های حاوی روغنهای ضروری اصلی بود و کارواکول بیشترین اثر ضدمیکروبی را داشت. در مقابل، هاله عدم رشد Staphylococcus aureus و E. coli برای فیلم های خوراکی پوره هویج حاوی سینامالدئید بزرگتر از فیلم های حاوی کارواکول بود. کارواکول همچنین به فیلم های خوراکی پوره سیب و گوجه فرنگی اضافه شد که در مهار رشد E. coli O157:H7 مؤثر بودند و افزایش محتوای کارواکول منجر به افزایش راندمان ضدمیکروبی شد. فیلم های خوراکی پوره سیب که با پلی فنولهای پوست سیب اضافه شده اند، توسط Du و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده شد که در برابر لیستریا مونوسیتوژنز بسیار مؤثر هستند، حداقل غلظت مهارکنندگی ۱٫۵٪ بود. فیلم های خوراکی ضدمیکروبی بر پایه میوه ها و سبزیجات نیز در مواد غذایی واقعی آزمایش شده اند. فیلم های سیب، هویج و گل ختمی که با کارواکول و سینامالدئید ترکیب شده اند، به طور مؤثر رشد لیستریا مونوسایتوژنز را به مدت ۷ روز در ژامبون ورقه شده کنترل کردند، و کارواکول و پوره سیب بهترین فعالیت ضد لیستریا را نشان دادند فیلم های سیب، هویج و گل ختمی که با کارواکول و سینامالدئید اضافه شده اند، همچنین کاهو و اسفناج را در طول یک هفته از رشد سالمونلا محافظت کردند.

۷_مواد و روش ها

در این مطالعه منابع علمی معتبر از پایگاه‌های داده‌ای مانند PubMed، Scopus و Google Scholar جمع‌آوری و بر اساس معیارهای کیفیت علمی و ارتباط با موضوع بررسی و انتخاب شدند. جستجو با کلید واژه های Edible film biodegradable

material; Bioactive packaging انجام شد و مطالعات انجام شده در رابطه با این موضوع مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مطالعه به صورت زیر جمع بندی گردید.

۸_نتیجه گیری:

بسته بندی فعال از جمله امیدوارکننده ترین کاربردهای فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات است. این رویکرد مورد توجه است زیرا افزودن مستقیم ترکیبات ضدمیکروبی یا سایر افزودنی ها به فرمولاسیون مواد غذایی نیاز به محتوای افزودنی بسیار بالاتری دارد که به نوبه خود ممکن است منجر به تغییرات حسی نامطلوب شود. فیلم های فعال روشی امیدوارکننده برای آزادسازی آهسته افزودنی های کاربردی به سطح مواد غذایی هستند که ممکن است به عنوان موانع اضافی در برابرفساد مواد غذایی عمل کنند. امکان عمل به عنوان حامل برای طیف وسیعی از افزودنی های غذایی از جمله ویتامین ها، آنتی اکسیدان ها، مواد معدنی، رنگها، عطرها و ترکیبات ضدمیکروبی، این دسته از فیلم های خوراکی را به عنوان بسته بندی فعال امیدوارکننده می‌کند. نشان داده شده است که فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات اضافه شده با اجزای فعال، نقش آنتی اکسیدانی و یا ضدمیکروبی ایفا میکنند و در نتیجه ماندگاری سبزیجات برگدار ارگانیک، روغن سویا، روغن پالم، سینه مرغ، توت فرنگی، ژامبون را افزایش می‌دهند، علاوه بر این، کیفیت شکر، انبه و سیب را درطول نگهداری با موفقیت حفظ می‌کنند. با این وجود، خواص فعال این مواد شایسته بهره برداری بیشتر است. کاربردهای بالقوه فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات در این مقاله مورد بحث قرار گرفتند، سخنان پایانی و چشم اندازهای آینده همانطور که قبلا اشاره شد ، برخی از خواص فیلم های خوراکی، به ویژه آنهایی که از پوره میوه ها و سبزیجات به دست می‌آیند، هنوز نیاز به بهبود دارند، مانند خواص کششی و مانعی و مقاومت در برابر آب. به طور کلی، فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات تا حد زیادی در آب محلول هستند. این حلالیت بالای آب ممکن است برای برخی کاربردها مطلوب باشد، مانند زمانی که قرار است فیلم ها به عنوان میان وعده مصرف شوند یا هنگام پخت و پز یا تماس با اجزای غذای گرم ذوب وحل شوند. در این صورت، حلالیت در آب از تغییرات حسی جلوگیری میکند. از سوی دیگر، مقاومت کم در برابر آب ممکن است زمانی که قرار است فیلم به عنوان مانعی برای محافظت از غذا عمل کند، مشکل ساز باشد، اما فیلم های محلول در آب هنوز بر ای غذاهای چرب مناسب هستند. در مورد خواص مکانیکی و مانع، رویکردهای مختلفی ممکن است برای افزایش این خواص مفید باشند، مانند اصلاحات شیمیایی، افزودن نانوتقویت کننده ها یا ایجاد پیوند عرضی. با این حال، هرگونه اصلاح یا افزودن مواد باید به منظور حفظ قابلیت خوردن در نظر گرفته شود، و آزمایش های سمیت برای توسعه مداوم فیلم های خوراکی بر پایه میوه ها و سبزیجات با خواص فیزیکی مناسب ضروری است. در صورتی که حتی پس از این اصلاحات، خواص فیزیکی مورد نیاز برآورده نشود، فیلم های خوراکی همچنان به عنوان میان وعده مناسب هستند. یکی دیگر از موانع استفاده جهانی از مواد بسته بندی زیست تخریب پذیر و خوراکی، هزینه نسبتا بالای آنهاست، بنابراین کاربردها ی واقعی هنوز به موارد خاص مانند مواردی که ملاحظات زیست محیطی دارند، محدود می شود. در این زمینه، وجود پوره میوه و سبزیجات در فیلم ها و پوشش های خوراکی، به دلیل جذابیت حسی و تغذیه ای اضافی که پوره ها ایجاد می کنند، آنها را برای مصرف کنندگان جذابتر می کند. فیلم ها و پوشش های حاوی این پوره ها صرفا مانعی برای غذا نیستند، بلکه جذابیت بازار خود را دارند. علاوه بر این، استفاده از محصولات جانبی فرآوری مواد غذایی ارزان و کم مصرف، یک استراتژی امیدوارکننده برای

تولید فیلم های ارزانتر است که هنوز ویژگی های حسی و فیزیکوشیمیایی را که آنها را از فیلم های ساخته شده از پلیمرهای معمولی متمایز میکند، ارائه می دهند.

منابع

Atares L, Chiralt A. 2016. Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. Trends Food Sci Technol 48:51–62.

Babu RP, O'Connor K, Seeram R. 2013. Current progress on bio-based polymers and their future trends. Prog Biomater 2:8.

Dantas EA, Costa SS, Cruz LS, Bramont WB, Costa AS, Padilha FF, Druzian JI, Machado BAS. 2015. Caracterizac¸˜ao e avaliac¸˜ao das propriedades antioxidantes de filmes biodegrad´aveis incorporados com polpas de frutas tropicais. Cienc Rural 45(1):142–8.

Du WX, Olsen CW, Avena-Bustillos RJ, Friedman M, McHugh TH. 2011. Physical and antibacterial properties of edible films formulated with apple skin polyphenols. J Food Sci 76(2):M149–55.

Espitia PJP, Du W-X, Avena-Bustillos RJ, Soares NFF, McHugh TH. 2014. Edible films from pectin: physical-mechanical and antimicrobial properties—a review. Food Hydrocolloids 35:287–96.

Guilbert S, Gontard N. 2005. Agro-polymers for edible and biodegradable films: Review of agricultural polymeric materials, physical and mechanical characteristics. In: Han JH, editor. Innovations in Food Packaging. London, United Kingdom: Academic Press. p 263–76

Han JH, Aristippos G. 2005. Edible films and coatings: A review. In: Han JH, editor. Innovations in Food Packaging. London, United Kingdom: Academic Press. p 239–62.

Krochta JM. 2002. Proteins as raw materials for films and coatings: Definitions, current status, and opportunities. In: Gennadios A, editor. Protein-Based Films and Coatings. Boca Raton, FL:CRC Press. p 1–41.

Mattoso LHC, Moreira FKV, Lorevice MV, Otoni CG, de Moura MR, Azeredo HMC, McHugh TH. 2015. Bioplastics made up of fruits puree. 13th Brazilian Meeting on Polymers; Natal, Brazil; 18–22 October 2015. S˜ao Carlos, Brazil:Brazilian Polymer Association.

Martelli MR, Barros TT, Assis OBG. 2015. Produc¸˜ao de filmes pl´asticos a partir de polpa de frutas sobremaduras. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais 17(3):301–8.

Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H., & McHugh, T. H. (2017). Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(5), 1151-1169.

Rojas Gra

Sothornvit R, Pitak N. 2007. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. Food Res Int 40(3):365–70.

Tulamandi S, Rangarajan V, Rizvi SSH, Singhal RS, Chattopadhyay SK, Saha NC. 2016. A biodegradable and edible packaging film based on papaya puree, gelatin, and defatted soy protein. Food Packag Shelf Life10:60–71.

Wang A, Wu L, Wang X, Zhu J, inventors. 2012a. Method for preparing edible wrapping paper by taking celeries as raw materials. Chinese Patent CN 102071599 B.

MA, Avena-Bustillos RJ, Friedman M, Henika PR, Mart´ın-Belloso O, McHugh TH. 2006. Mechanical, barrier, and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils. J Agric Food Chem 54(24):9262–7.

Application of plant waste and by-products in the food packaging industry

Samira Ghorbani[1*], Sahar Fazaeli[1], Saman sadat Dehghan Manshadi[1]

[1] Department of Food Hygiene and Quality Control, School of Veterinary Medicine, Ardakan University, Ardakan, Yazd, Iran
Email: s.ghorbani@ardakan.ac.ir

Abstract

Packaging is a fundamental issue in food safety. Food distributors are important intermediaries between food producers and consumers, and they help maintain the quality of packaged products. Packaging plays an important role in the food chain as it is an integral part of food processing and production. Although petroleum-derived polymers have been widely used for this purpose, increasing concerns regarding their non-renewable or non-degradable nature have paved the way for the development of greener alternatives, including polysaccharides and polypeptides. The use of these food-grade biomacromolecules, in addition to fruits and vegetables, provides edible packaging with suitable physico mechanical properties as well as unique sensory and nutritional characteristics. This text reviews the development of films based on fruit and vegetable purees, pulps, and extracts. Recent advances are extensively reviewed, emphasizing the role of each film component in the resulting material. Their production methods are reviewed from a technical perspective, and their basic properties are summarized and compared with those of their synthetic and conventional counterparts. Finally, this comprehensive review discusses the advantages and limitations of edible films based on fruit and vegetables.

Key words: Edible films, biodegradable materials, fruit and plant processing waste, biopolymers

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

واکاوی فیلوژنتیکی ویروس رگبرگ روشنی پنیرک

محمدحامد قدوم پاریزی پور[1,1]

۱- دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

چکیده

گیاه پنیرک با نام علمی*Malva sylvestris* گیاهی است دوساله که استفاده‌های خوراکی، زینتی و دارویی دارد. آفات و عوامل بیماری‌زای گیاهی مختلفی بقای این گونه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از این عوامل بیماری‌زای گیاهی، ویروس‌ها هستند که همه ساله خسارت زیادی را به گیاهان تحمیل می‌کنند. ویروس رگبرگ روشنی پنیرک (*Malva vein clearing virus*) از جنس *Potyvirus* و تیره *Potyviridae* یکی از ویروس‌های آلوده کننده گیاه پنیرک است که قبلاً از ایران گزارش شده است. جهت بررسی فیلوژنتیک جدایه ایرانی این ویروس و سایر جدایه‌های گزارش شده از دنیا، توالی نوکلئوتیدی ۲۵ جدایه از پایگاه داده NCBI استخراج گردید. سپس توالی‌ها با استفاده از ابزار برخط BLASTn همردیف‌سازی شدند و در ادامه با استفاده از مدل Neighbor Joining درخت فیلوژنتیکی ترسیم گردید. نتایج نشان داد که جدایه‌های این ویروس در هشت شاخه (clade) و نه خوشه (cluster) از درخت فیلوژنتیکی قرار گرفتند. همچنین، جدایه ایرانی ویروس رگبرگ روشنی پنیرک به همراه یک جدایه از هلند و یک جدایه از چین در یک خوشه جداگانه قرار گرفتند. علاوه بر این، جدایه ایرانی ویروس رگبرگ روشنی پنیرک دارای بیشترین قرابت با جدایه هلندی این ویروس بود. از نتایج حاصله می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی جهت تولید گیاهان مقاوم به این ویروس استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی ویروسی، خسارت اقتصادی، گیاه دارویی، مقاومت ژنتیکی

۱. مقدمه

گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*) از تیره پنیرکیان (Malvaceae) دارای مصارف گوناگونی نظیر غذایی، زینتی و دارویی است (مظفریان، ۱۳۹۶). ویروس‌ها جزو انگل‌های اجباری گیاهان هستند که تنها در سلول زنده فعالیت می‌کنند و تمامی گونه‌های حیات را آلوده می‌کنند (Sastry et al., 2019). ویروس‌ها دارای دو جزء اصلی شامل مولکول (های) نوکلئیک اسید و پروتئین پوششی هستند. از نظر مقدار، پروتئین پوششی که نقش حفاظت از ژنوم را دارد، بخش عمده‌ای از آموده‌ی ویروسی را به خود اختصاص می‌دهد حال اینکه مولکول نوکلئیک اسید حاوی تمامی اطلاعات ژنتیکی برای تکمیل چرخه زیستی ویروس است (Hull, 2005). از تفاوت بین توالی‌های ژنوم ویروس‌ها برای تعیین روابط خویشاوندی بین جدایه‌های مختلف ویروس‌ها استفاده می‌شود (Xavier and Whitfield, 2023). ویروس رگبرگ روشنی پنیرک (*Malva vein clearing virus*) از جنس *Potyvirus* و تیره *Potyviridae* یکی از ویروس‌های آلوده کننده گیاه پنیرک است که قبلاً از ایران گزارش شده است (Valouzi et al. 2017). هدف از این مطالعه، واکاوی فیلوژنتیکی جدایه‌های مختلف این ویروس در دنیا و مشخص کردن جایگاه جدایه‌ی ایران این ویروس است.

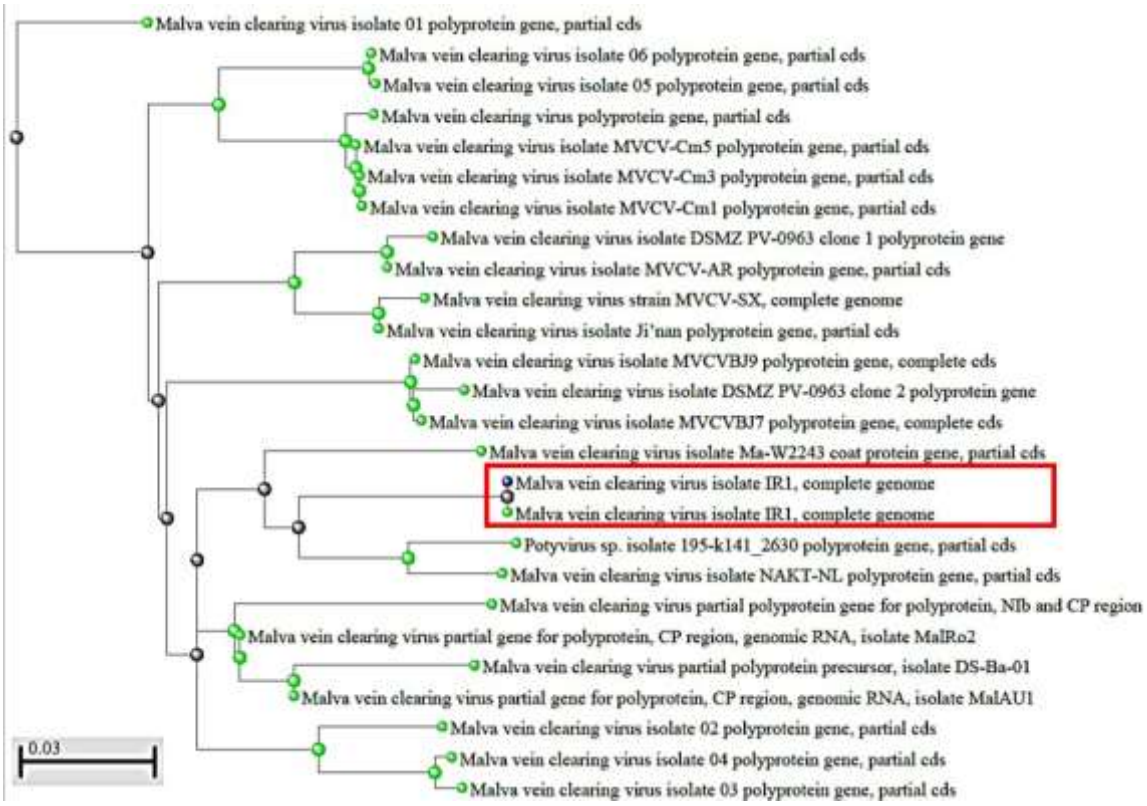
۲. مواد و روش‌ها

[1] نویسنده مسئول: Email: parizi@asnrukh.ac.ir

جهت بررسی فیلوژنتیک جدایه ایرانی این ویروس با سایر جدایه‌های گزارش شده از دنیا، توالی نوکلئوتیدی تعداد ۲۵ عدد از جدایه‌های ویروس رگبرگ روشنی پنیرک از پایگاه داده NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/) استخراج گردید. سپس توالی‌ها با استفاده از ابزار برخط BLASTn (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov) همردیف‌سازی شدند و در ادامه با استفاده از مدل Neighbor Joining درخت فیلوژنتیکی ترسیم گردید.

۳. نتایج و بحث

نتایج نشان داد که جدایه‌های این ویروس در هشت شاخه (clade) و نه خوشه (cluster) از درخت فیلوژنتیکی قرار گرفتند (شکل ۱). همچنین، جدایه ایرانی ویروس رگبرگ روشنی پنیرک (شماره دسترسی: MZ555807) به همراه یک جدایه از هلند (شماره دسترسی: FJ539084) و یک جدایه از چین (شماره دسترسی: MZ218261) در یک خوشه جداگانه قرار گرفتند. علاوه بر این، جدایه ایرانی ویروس رگبرگ روشنی پنیرک (شماره دسترسی: MZ555807) دارای بیشترین قرابت با جدایه هلندی این ویروس بود. نتیجه بدست آمده در این پژوهش با مطالعه Valouzi و همکاران (۲۰۱۷) مشابه بود. همچنین، دبیری و همکاران (۱۳۹۸) توالی ژن سی ۱ پوتی ویروس آلوده کننده گیاه پنیرک را در ایران آنالیز کرده و به این نتیجه سیدند که احتمالاً قطعه تعیین توالی شده مربوط به ویروس رگبرگ روشنی پنیرک باشد. نتایج حاکی از وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دای در بین جدایه‌های مختلف این ویروس در مناطق مختلف جغرافیایی بود.



شکل ۱ – درخت فیلوژنتیکی ترسیم شده با همردیف‌سازی توالی‌های نوکلئوتیدی جدایه‌های مختلف ویروس رگبرگ روشنی پنیرک. جدایه ایرانی با کادر قرمزرنگ مشخص شده است.

۴. نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت گیاه پنیرک به عنوان گیاهی با مصارف خوراکی، زینتی و دارویی در ایران، لزوم مقابله با ویروس‌های گیاهی به عنوان گروه مهمی از عوامل زنده خسارت‌زا در این گیاه، بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. محدودیت استفاده از مواد

شیمیایی برای مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی، بخصوص در هنگام کشت این محصول با اهداف دارویی، تولید گیاهان مقاوم از لحاظ ژنتیکی را به عنوان روشی جایگزین مطرح است. یکی از پیش‌نیازهای این روش مدیریتی، بررسی روابط فیلوژنتیک جدایه‌های مختلف است. بنابراین از نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی گیاه برای تولید گیاهان پنیرک مقاوم به ویروس رگبرگ روشنی پنیرک، استفاده کرد.

۵. منابع

دبیری ش.، مرادی ز.، مهرور م. و زکی عقل م. ۱۳۹۸. آنالیز توالی ژن سی ۱ پوتی ویروس آلوده کننده گیاه پنیرک در ایران. نخستین کنگره بیماری شناسی گیاهی ایران. کرج، ۹ شهریور.

مظفریان، و. ۱۳۹۶. " کتاب شناخت گیاهان دارویی و معطر ایران" انتشارات فرهنگ معاصر، تهران، ایران.

Valouzi, H., Golnaraghi, A., and Rakhshandehroo, F., 2017. Natural occurrence of *Malva vein clearing virus* in malva in Iran. New Disease Reports 35: 15-15.

Hull, R. 2005. Matthews's Plant Virology (4th ed.). Elsever Academic press USA 1001pp.

Sastry, K. S., Mandal, B., Hammond, J., Scott, S. W., and Briddon, R. W. 2019. Encyclopedia of plant viruses and viroids. New Delhi: Springer India.

Xavier, C. A., and Whitfield, A. E., 2023. Plant virology. Current Biology 33(11): R478-R484.

Phylogenetic analysis of *Malva vein clearing virus*

Mohamad Hamed Ghodoum Parizipour [1*]
1- Associate Professor, Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural resources University of Khuzestan, Iran

* Corresponding author email: parizi@asnrukh.ac.ir

Abstract

Wild mallow (*Malva sylvestris*) is a biennial plant with edible, ornamental, and medicinal uses. Various pests and plant pathogens affect the survival of this species. One of these plant pathogens is viruses, which cause significant damage to plants every year. One of these plant pathogens is viruses, which cause great damage to plants every year. *Malva vein clearing virus*, a member of the *Potyvirus* genus and the *Potyviridae* family, is one of the viruses infecting the *Malva* plant that has previously been reported from Iran. To investigate the phylogenetics of the Iranian isolate of this virus and other isolates reported from the world, the nucleotide sequences of 25 isolates were extracted from the NCBI database. Then, the sequences were aligned using the online BLASTn tool, and then a phylogenetic tree was drawn using the Neighbor Joining model. The results showed that the isolates of this virus were placed in eight clades and nine clusters of the phylogenetic tree. Also, the Iranian isolate of *Malva vein clearing virus* was placed in a separate cluster along with an isolate from the Netherlands and an isolate from China. In addition, the Iranian isolate of *Malva vein clearing virus* had the highest affinity to the Dutch isolate of this virus. The results obtained can be used in breeding programs to produce plants resistant to this virus.

Keywords: Viral infection, Economic damage, Medicinal plant, Genetic resistance

تبارشناسی ویروس نهفته زعفران بر اساس ژن پوشش پروتئینی

محمدحامد قدوم پاریزی پور[1,1]

۱- دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

چکیده

زعفران با نام علمی *Crocus sativus*، گیاهی از تیره‌ی زنبقیان (Iridaceae) و جنس زعفران (*Crocus*) است و به عنوان گران‌ترین ادویه ایرانی محسوب می‌شود که هم مصرف خوراکی دارد و هم به عنوان یک داروی گیاهی مؤثر، در طب سنتی تجویز می‌گردد. ویروس نهفته زعفران (*Saffron latent virus*) از جنس *Potyvirus* و تیره *Potyviridae* یکی از ویروس‌های آلوده کننده گیاه زعفران است که برای اولین بار از ایران گزارش شده است. جهت تبارشناسی جدایه‌های ایرانی این ویروس، توالی نوکلئوتیدی ژن پوشش پروتئینی ۱۰ جدایه ویروس نهفته زعفران از پایگاه داده NCBI استخراج گردید. سپس توالی‌ها با استفاده از ابزار برخط BLASTn همردیف‌سازی شدند و در ادامه با استفاده از مدل Neighbor Joining درخت تبارزایی ترسیم گردید. نتایج نشان داد که جدایه‌های ویروس نهفته زعفران در دو شاخه (clade) و هفت خوشه (cluster) از درخت فیلوژنتیکی قرار گرفتند. همچنین، همبستگی بین تشابه نوکلئوتیدی و خواستگاه جغرافیایی (محل جداسازی) جدایه‌های ویروسی مورد مطالعه، مشاهده نگردید. از نتایج حاصله می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی جهت تولید گیاهان مقاوم به این ویروس استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی سلول، توالی نوکلئوتیدی، گیاه دارویی، ژنتیک

۱. مقدمه

ویروس‌ها مرز بین موجودات زنده و غیرزنده هستند که با ایجاد انواعی از عفونت‌های واگیر در میزبان‌های زنده خود، تأثیر قابل توجهی در زیست انواع حیات از قبیل گیاهان دارند (Tatineni and Hein, 2023). ویروس‌ها مولد بیماری‌های متنوعی در انواع سلول‌های زنده هستند که برای بقا نیازمند میزبان زنده هستند (Sastry et al., 2019). این موجودات دارای دو مولکول بزرگ شامل نوکلئیک اسید و پروتئین هستند. پروتئین نقش پوشش نوکلئیک اسید را دارد، و مولکول نوکلئیک اسید دربردارنده همه اطلاعات ژنتیکی لازم برای آلودگی، جابجایی و انتقال است (Hull, 2005). ویروس نهفته زعفران (SaLV) یکی از ویروس‌های مهم در بین بیمارگرهای گیاهان دارویی است که گونه‌ای از جنس *Potyvirus* است (Parizad et al., 2017). این ویروس فقط از زعفران (*Crocus sativus* L.) گزارش شده است که به دلیل شرایط آب و هوایی خاص، عمدتاً در ایران کشت می‌شود و مصرف خوراکی و دارویی دارد (Khorramdel and Mirzaeian, 2025). توالی و سازمان ژنومی SaLV در سال ۲۰۱۷ توسط Parizad و همکاران مشخص شده است. علاوه بر این، میزبان‌های طبیعی آن شامل گونه‌های *Crocus almehensis*، *Crocus speciosus* و *Crocus caspius* و انتقال این ویروس توسط حشرات ناقل شامل شته‌های Aphis gossypii، وMyzus persicae گزارش شده است (Movi et al., 2022). از تفاوت بین مولکول‌های نوکلئیک اسید ویروس‌ها برای تعیین تبارزایی جدایه‌های مختلف ویروس‌ها استفاده می‌شود (Xavier and Whitfield, 2023). هدف از این مطالعه، تبارشناسی جدایه‌های مختلف این ویروس در دنیا و مشخص کردن جایگاه جدایه‌ی ایران این ویروس است.

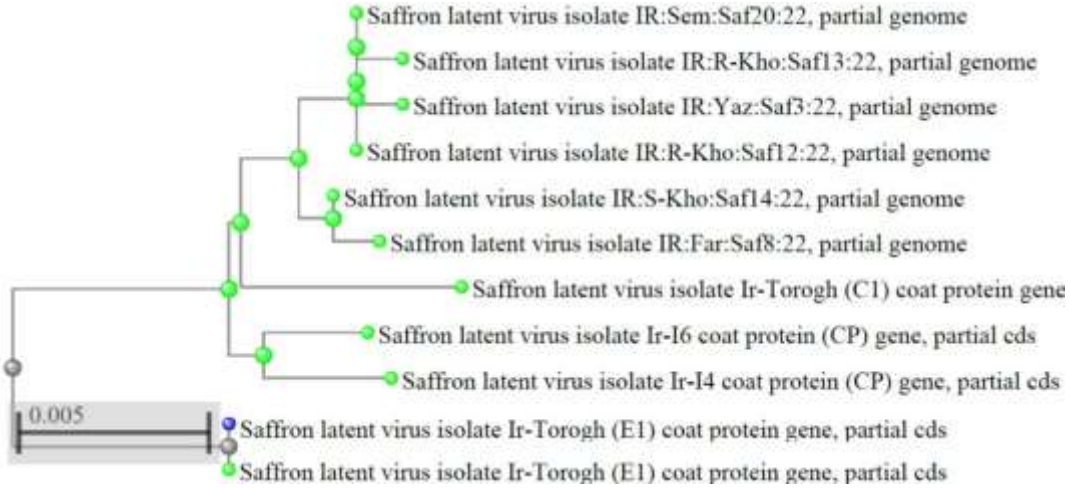
۲. مواد و روش‌ها

[1] نویسنده مسئول: Email: parizi@asnrukh.ac.ir

جهت بررسی فیلوژنتیک جدایه‌های ایرانی ویروس نهفته زعفران گزارش شده از کشور، توالی نوکلئوتیدی تعداد ۱۰ عدد از جدایه‌های ویروس از پایگاه داده NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/) استخراج گردید. سپس توالی‌ها با استفاده از ابزار برخط BLASTn (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov) همردیف‌سازی شدند و در ادامه با استفاده از مدل Neighbor Joining درخت فیلوژنتیکی ترسیم گردید.

۳. نتایج و بحث

واکاوی توالی‌های نوکلئوتیدی ژن پروتئین پوششی (CP) متعلق به ژنوم ویروس نهفته زعفران در جدایه‌های مختلف نشان داد که جدایه‌های ویروس نهفته زعفران در دو شاخه (clade) و هفت خوشه (cluster) از درخت فیلوژنتیکی قرار گرفتند (شکل ۱). همچنین، همبستگی بین تشابه نوکلئوتیدی و خاستگاه جغرافیایی (محل جداسازی) جدایه‌های ویروسی مورد مطالعه، مشاهده نگردید. جدایه Ir-Torogh (E1) گزارش شده از شهر طرق در استان خراسان رضوی (شماره دسترسی: OQ595248) در یک خوشه جداگانه قرار گرفتند. علاوه بر این، جدایه‌های Ir-I4 و Ir-I6 که از استان اصفهان جدا شده بودند (به ترتیب با شماره‌های دسترسی MN990407 و MN990409) دارای بیشترین قرابت با همدیگر بودند و درنتیجه در یک خوشه مجزا قرار گرفتند. جدایه‌های فارس (IR:Far:Saf8:22) یزد (IR:Yaz:Saf3:22) و سمنان (IR:Sem:Saf20:22) نیز در خوشه‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند، با این حال، سایر جدایه‌های بدست آمده از استان خراسان (IR:R-Kho:Saf13:22، IR:R-Kho:Saf12:22 و IR:S-Kho:Saf14:22) در کنار همدیگر خوشه‌بندی نشدند. در کل، در بین جدایه‌های گزارش شده از مناطق مختلف، تنوع ژنتیکی قابل توجهی مشاهده گردید. نتیجه بدست آمده در این پژوهش با مطالعه Parizad و همکاران (۲۰۱۷) مشابه بود. همچنین، Movi و همکاران (۲۰۲۲) توالی‌های جدیدی از ویروس نهفته زعفران را شناسایی و آنالیز کردند که براساس نتایج ایشان نیز همبستگی بین تشابه نوکلئوتیدی و خاستگاه جغرافیایی (محل جداسازی) جدایه‌های ویروسی مورد مطالعه مشاهده نگردید. نتایج حاکی از وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دای در بین جدایه‌های مختلف این ویروس در مناطق مختلف جغرافیایی کشور بود.



شکل ۱ – درخت فیلوژنتیکی ترسیم شده با همردیف‌سازی توالی‌های نوکلئوتیدی جدایه‌های مختلف ویروس نهفته زعفران.

۴. نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت گیاه زعفران به عنوان گیاهی غذایی و دارویی در ایران، لزوم مقابله با ویروس نهفته زعفران به عنوان ویروس عفونت‌زای این گیاه، بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. محدودیت استفاده از مواد شیمیایی برای مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی، بخصوص در هنگام کشت این محصول با اهداف دارویی و غذایی، تولید گیاهان مقاوم از لحاظ ژنتیکی را به عنوان روشی جایگزین مطرح است. یکی از پیش‌نیازهای این روش مدیریتی، تبارشناسی جدایه‌های مختلف این ویروس در مناطق مختلف کشور است. بنابراین از نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی گیاه برای تولید گیاهان زعفران مقاوم به ویروس نهفته زعفران، بهره برد.

۵. منابع

Hull, R. 2005. Matthews's Plant Virology (4th ed.). Elsever Academic press USA 1001pp.

Khorramdel, S., and Mirzaeian, A., 2025. Impact of Climate Change on Saffron Production in Iran: Issues, Challenges, and Opportunities. Journal of Saffron Research.

Movi, S., Dizadji, A., Parizad, S., and Zarghani, S. N., 2022. Biological characteristics and genetic variation analyses of saffron latent virus (SaLV) based on genomic P1-Pro and P3 regions. European Journal of Plant Pathology, *164*(2): 299-312.

Parizad, S., Dizadji, A., Habibi, M. K., Winter, S., Kalantari, S., Garcıa-Arenal, F., and Ayllón, M. A., 2017. Prevalence of *Saffron latent virus* (SaLV), a new Potyvirus species, in saffron fields of Iran. Journal of Plant Pathology 99(3).

Sastry, K. S., Mandal, B., Hammond, J., Scott, S. W., and Briddon, R. W. 2019. Encyclopedia of plant viruses and viroids. New Delhi: Springer India.

Tatineni, S., and Hein, G. L., 2023. Plant viruses of agricultural importance: Current and future perspectives of virus disease management strategies. Phytopathology 113(2), 117-141.

Xavier, C. A., and Whitfield, A. E., 2023. Plant virology. Current Biology 33(11): R478-R484.

Phylogenetics of *Saffron latent virus* based on coat protein gene

Mohamad Hamed Ghodoum Parizipour [1*]
1- Associate Professor, Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural resources University of Khuzestan, Iran

* Corresponding author email: parizi@asnrukh.ac.ir

Abstract

Saffron (*Crocus sativus*), is a plant from the Iridaceae family and the *Crocus* genus, and is considered the most expensive Iranian spice, which is both consumed orally and prescribed as an effective herbal medicine in traditional medicine. *Saffron latent virus*, from the *Potyvirus* genus and the *Potyviridae* family, is one of the viruses infecting the saffron plant, which has been reported for the first time from Iran. To determine the phylogenetics of Iranian isolates of this virus, the nucleotide sequences of the protein coat gene of 10 isolates of saffron latent virus were extracted from the NCBI database. Then, the sequences were aligned using the online BLASTn tool, and then a phylogenetic tree was drawn using the Neighbor Joining model. The results showed that the isolates of saffron latent virus were placed in two clades and seven clusters of the phylogenetic tree. Also, no correlation was observed between nucleotide similarity and geographical origin (location of isolation) of the studied viral isolates. The results can be used in breeding programs to produce plants resistant to this virus.

Keywords: Cell contamination, Nucleotide sequence, Medicinal plant, genetics

جایگاه دانش بومی کاربرد گیاهان دارویی در طب سنتی بر پایداری جوامع روستایی

پریا ملکیان[1،1]، علی اصغر میرک زاده[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- دانشیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

چکیده

طب سنتی در روستا خاستگاه طب نوین و بر پایه شناخت تدریجی خواص و کاربردهای گیاهان بومی مناطق در بهبود دردها و جراحات ناشی از محیط پر خطر روستایی و کشاورزی میباشد. دانش بومی در حوزه گیاهان دارویی بخش جدایی‌ناپذیر از میراث فرهنگی و زیست‌محیطی جوامع انسانی است و نقشی اساسی در انتقال ارزش‌ها در بین نسل‌ها دارد. گیاهان دارویی علاوه بر کارکرد درمانی، نقش مهمی در حفاظت از تنوع زیستی و مدیریت پایدار منابع دارند. نگاه تک بعدی به جایگاه گیاهان دارویی در درمان نگاهی ناقص و شکننده است. گیاهان دارویی و نحوه فراوری آن به نوعب بخشی از بافت فرهنگی اکوسیستهای انسانی در جوامع روستایی است که کاملا منطق بر پتانیلهای اقتصادیف فرهنگی و زیست محیطی منطقه بوده و به نوعی معرف هویت روستاییا است. بررسی منابع نشان می‌دهد که ادغام دانش بومی ب سنتی گیاه پایه با سیاست‌های توسعه‌ی مدرن می‌تواند کمک‌کننده در جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار باشد. مطالعات نشان می‌دهد که مشارکت فعال جوامع محلی، به‌ویژه زنان، در بهره‌برداری و حفاظت از گیاهان دارویی تاب‌آوری اجتماعی و اقتصادی را افزایش داده است. این پژوهش مروری با رویکرد مطالعه کتابخانه‌ای به بررسی جایگاه دانش بومی طب سنتی در راستای توسعه پایدار اکولوژی انسانی جوامع روستایی می‌پردازد. در مجموع، توجه به ظرفیت‌های دانش بومی طب سنتی و بهره‌گیری از گیاهان دارویی نه‌تنها بخشی از میراث فرهنگی و هویت اجتماعی جوامع محسوب می‌شود، بلکه می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای حفاظت محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: توسعه پایدار، جوامع محلی، طب سنتی، میراث ناملموس.

۱. مقدمه

گیاهان دارویی از گذشته تا به امروز بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی انسان بوده‌اند و در بسیاری از فرهنگ‌ها به‌عنوان منبعی برای درمان بیماری‌ها و نمادی از پیوند عمیق میان انسان، طبیعت و دانش بومی شناخته می‌شوند. این گیاهان در آیین‌ها، باورها و سنت‌های شفاهی جوامع محلی جایگاهی ویژه داشته و انتقال دانش مربوط به شناسایی و کاربرد آن‌ها از نسلی به نسل دیگر، بخشی از میراث فرهنگی ناملموس بشر را شکل داده است(Hamilton, 2004). امروزه حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان برای درمان بیماری‌ها به داروهای گیاهی متکی هستند، که این امر نشان‌دهنده‌ی اهمیت فرهنگی و اقتصادی این منابع است. استمرار نظام‌های طب سنتی در هند و ژاپن و همچنین طب گیاهی چینی، بیانگر جایگاه پایدار گیاهان دارویی در نظام‌های بهداشتی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه است. در آفریقا نیز تنوع اکولوژیکی و قومیتی موجب شکل‌گیری نظام‌های پیچیده‌ی گیاه‌درمانی شده است که بخش عمده‌ای از مراقبت‌های بهداشتی مردم را تأمین

[1] نویسنده مسئول: Email: Pariamalekian.2422@gmail.com

می‌کند. این شواهد نشان می‌دهد که فرهنگ و محیط زیست در تعامل مستقیم با یکدیگر، بنیان‌های توسعه پایدار را شکل می‌دهند(Kefalew Shambu et al., 2024).از این رو طب سنتی به عنوان کنشی پایدار در ابعاد فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی پیشران توسعه جوامع بده است. از منظر زیست‌محیطی، گیاهان دارویی نقشی کلیدی در حفظ تنوع زیستی، پایداری اکوسیستم‌ها و مدیریت منابع طبیعی ایفا می‌کنند. کشت و بهره‌برداری پایدار از این گیاهان منجربه کاهش فشار بر منابع طبیعی شده و به بازسازی زیست‌بوم‌های تخریب‌شده کمک می‌کند. با این حال، تغییرات اقلیمی، بهره‌برداری بی‌رویه و تخریب زیستگاه‌ها، بقای بسیاری از گونه‌های دارویی را تهدید می‌کند و ضرورت توجه به راهبردهای حفاظتی و پژوهش‌های میان‌رشته‌ای را دوچندان ساخته است (Mykhailenko et al., 2024). در سطح سیاست‌گذاری جهانی نیز دستور کار ۲۰۳۰ سازمان ملل متحد و اهداف توسعه بر ضرورت ادغام دانش سنتی در برنامه‌های توسعه تأکید دارند. این ارتباط اهمیت مشارکت جوامع بومی و انتقال دانش فرهنگی در تحقق توسعه پایدار را برجسته می‌سازد. یافته‌های پژوهش های میدانی نیز نشان می‌دهد که جوامع محلی، به‌ویژه زنان و کشاورزان خرده‌پا، نقش کلیدی در تولید و حفاظت گیاهان دارویی ایفا می‌کنند. مشارکت آنان نه تنها به درآمد خانوار و تاب‌آوری اجتماعی کمک می‌کند، بلکه استمرار دانش سنتی و حفاظت از تنوع زیستی را تضمین می کند(Mbelebele et al., 2024). با وجود این اهمیت، ادبیات موجود هنوز با خلأهایی از جمله فقدان مطالعات جامع در زمینه مستندسازی شیوه‌های بومی حفاظت از گیاهان دارویی و کمبود تحلیل‌های نظام‌مند درباره‌ی ارتباط این دانش با اهداف توسعه پایدار مواجه است. این خلأ پژوهشی ضرورت انجام مطالعات علمی و تحلیلی را دوچندان می‌کند. بنابراین هدف پژوهش حاضر که به روش اسنادی از طریق مطالعه اسناد کتابخانه ایی انجام می‌شود تبیین جایگاه دانش طب سنتی مبتنی بر گیاها دارویی با رویکردهای علمی و سیاست‌های مدرن حفاظت محیط زیست است.

۲. جایگاه دانش طب سنتی در حفاظت از ارزشهای فرهنگی

گیاهان دارویی گیاهانی هستند که یک یا چند بخش آن‌ها (برگ، ریشه، ساقه، گل یا دانه) دارای ترکیبات فعال زیستی بوده و برای پیشگیری، درمان یا بهبود بیماری‌های انسانی و حیوانی مورد استفاده قرار می‌گیرند و علاوه بر منابع درمانی به عنوان بخشی از میراث فرهنگی ناملموس جوامع محسوب می‌شوند که در بسیاری از فرهنگ‌ها، دانش مربوط به شناسایی، برداشت و کاربرد این گیاهان به‌صورت شفاهی و تجربی از نسلی به نسل دیگر منتقل شده و به‌عنوان بخشی از هویت اجتماعی و فرهنگی جوامع محلی شناخته می‌شود (Hamilton, 2004). دانش بومی مجموعه‌ای از دانش‌ها، باورها و شیوه‌های عملی است که در جوامع محلی طی نسل‌ها شکل گرفته و از طریق تجربه، مشاهده و انتقال شفاهی حفظ شده است. این دانش شامل شناسایی، برداشت و کاربرد گیاهان دارویی در نظام‌های درمانی و فرهنگی است این دانش بومی، علاوه بر موارد درمانی، در باورها و سنت‌های محلی جایگاه ویژه‌ای دارد و به انسجام اجتماعی و تقویت هویت فرهنگی کمک می‌کند. انتقال دانش گیاهان دارویی از طریق خانواده‌ها، جوامع محلی، نقشی اساسی در حفظ دانش‌گیاه‌شناسی دارد. این انتقال نه‌تنها موجب استمرار طب سنتی در جوامع مختلف شده، بلکه بستری برای نوآوری‌های علمی و ترکیب دانش سنتی با پژوهش‌های مدرن فراهم کرده است (Mbelebele et al., 2024). دور از ذهن نیست که بگوییم گاهی خواص درمانی گیاهان دارویی در مرتبه ای بعد از اعتقادات و باورهای فرهنگی قرار میگیرد و به عبارتی اعتماد بین پزشک و بیمار در دنیای مدرن و یا روانشناسی بیمار در طب نوین ، نهفته در فرهنگ مصرف گیاهان دارویی است و طب سنتی به کمک دانش تدریجی بومی بخش اعظمی از درمان را از طریق فرهنگ باورمند و اعتماد روانی به درمان ، رفته است و مابقی به مهارت بکا رگیری و تجویز گیاها ارویی دارد در نتیجه، گیاهان دارویی به‌عنوان پلی میان گذشته و آینده، هم میراث فرهنگی را حفظ می‌کنند و هم امکان توسعه پایدار را فراهم می‌سازند.

۳. نقش زیست‌محیطی طب سنتی در استفاده از گیاهان دارویی

گیاهان دارویی بخشی مهم از تنوع زیستی جهانی هستند و حفاظت از آن‌ها به معنای حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی است. بسیاری از گونه‌های دارویی در زیستگاه‌های حساس رشد می‌کنند و برداشت بی‌رویه یا تخریب زیستگاه‌ها می‌تواند بقای آن‌ها را تهدید کند (Mykhailenko et al., 2024). کشت و بهره‌برداری پایدار از گیاهان دارویی می‌تواند به مدیریت منابع طبیعی کمک کند؛ زیرا این گیاهان اغلب نیازمند نهاده‌های کمتر نسبت به محصولات کشاورزی صنعتی هستند و می‌توانند در زمین‌های حاشیه‌ای یا تخریب‌شده کشت شوند. این ویژگی، فشار بر منابع طبیعی را کاهش داده و به بازسازی زیست‌بوم‌های آسیب‌دیده کمک می‌کند (Raj & Jhariya, 2023). همچنین حفاظت از گیاهان دارویی به معنای حفاظت از دانش بومی مرتبط با آن‌هاست؛ دانشی که می‌تواند راهکارهای نوینی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی ارائه دهد. ترکیب دانش سنتی با رویکردهای علمی مدرن، راهی مؤثر برای مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی و دستیابی به توسعه پایدار است (Mbelebele et al., 2024). از این رو طب سنتی با بکارگیری دانش برداشت، استحصال بکارگیری گیاهان داوریی که اصول برداشت به اندازه، به موقع و با روش صحیح را به همراه دارد در واقع چهارچوبه اصول پایداری زیست محیطی را در خد نهفته دارد. این مساله جدای از سوء استفاده و تجارت گیاهان دارویی است که گاهی به نام طب سنتی نوشته میشود.

۴. نقش اقتصادی طب سنتی در استفاده ازگیاهان دارویی وتوسعه پایدار

اهداف توسعه پایدار (Sustainable Development Goals – SDGs) شامل مجموعه‌ای از ۱۷ هدف جهانی که توسط سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۵ تصویب شد و تا سال ۲۰۳۰ به‌عنوان نقشه‌ی راه توسعه پایدار در سطح جهانی عمل می‌کند. گیاهان دارویی نیز به‌طور مستقیم با این اهداف مرتبط هستند و گیاهان دارویی نقش مهمی در تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا می‌کنند. از منظر امنیت غذایی، بسیاری از گونه‌های دارویی علاوه بر خاصیت درمانی، به‌عنوان منابع تغذیه‌ای و مکمل‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌توانند به بهبود کیفیت رژیم غذایی جوامع محلی کمک کنند (Raj & Jhariya, 2023). همچنین حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، برای مراقبت‌های اولیه به داروهای گیاهی متکی هستند و این وابستگی نشان می‌دهد که گیاهان دارویی بخش مهمی از نظام‌های بهداشتی سنتی و مدرن را تشکیل می‌دهند و می‌توانند به تحقق هدف سوم SDGs یعنی سلامت و رفاه برای همه کمک کنند و از نظر اقتصاد محلی، کشت و فرآوری گیاهان دارویی فرصت‌های شغلی و درآمدزایی برای جوامع روستایی و بومی فراهم می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که ادغام دانش سنتی با بازارهای مدرن می‌تواند به توسعه پایدار اقتصادی و توانمندسازی جوامع محلی منجر شود (Mbelebele et al., 2024). این امر با اهداف SDGs در زمینه کاهش فقر و ایجاد معیشت پایدار هم‌راستا است. از این رو میتوان نتیجه گرفت که طب سنتی(و البته در بسیاری موارد طب نوین هم) با استفاده از گیاها ن دارویی نقش یدوگانه د رکاهش هزینه های اقتصادی خانوارهای روستایی و توانمندی اقتصادی ایشان ایفا میکنند. یکی کاهش هزینه های درمان از طریق پیشگیری و تامین سلامت غذایی و از سوی دیگر درآمد اقتصادی و تامین نیازهای دارویی با زراعت و تولید گیاهان دارویی.

۵. گسترش کاربرد دانش بومی گیاهان دارویی به عنوان رویکردی جهانی

مطالعات موردی از نقاط مختلف جهان نشان از وابستگی جهانی به گیاهان دارویی می‌باشد در اتیوپی، تنوع اکولوژیکی و قومیتی موجب شکل‌گیری نظام‌های پیچیده‌ی گیاه‌درمانی شده است. بیش از ۷۰٪ جمعیت این کشور برای مراقبت‌های اولیه به گیاهان دارویی وابسته‌اند. این وابستگی نه‌تنها سلامت عمومی را تضمین می‌کند، بلکه بخشی از هویت فرهنگی و اقتصاد محلی را شکل می‌دهد در پرو، جوامع آمازونی از گیاهان دارویی نه‌تنها برای درمان، بلکه برای تقویت اکوتوریسم و اقتصاد محلی استفاده می‌کنند. در برزیل نیز برنامه‌های ملی حفاظت از تنوع زیستی گیاهان دارویی با هدف توسعه پایدار و

توانمندسازی جوامع محلی اجرا شده است (Raj & Jhariya, 2023) در هند، نظام آیورودا(Ayurvedic medicine) بر پایه گیاهان دارویی بنا شده و همچنان بخش مهمی از نظام سلامت ملی را تشکیل می‌دهد. در چین نیز طب سنتی چینی با استفاده گسترده از گیاهان دارویی، هم در سطح ملی و هم در بازارهای جهانی نقش‌آفرینی می‌کند. این دو نمونه نشان می‌دهند که ادغام دانش سنتی با سیاست‌های ملی می‌تواند به توسعه پایدار سلامت و اقتصاد کمک کند (Mykhailenko et al., 2024).

۶. نتیجه‌گیری

کاربرد گیاهان دارویی در طب سنتی به‌عنوان بخشی از میراث فرهنگی و زیست‌محیطی جوامع انسانی هستند که نقشی چندبعدی در زندگی بشر ایفا می‌کنند. کاربرد گیاهان دارویی از منظر فرهنگی حامل دانش بومی، هویت اجتماعی و سنت‌های شفاهی هستند که انتقال آن‌ها از نسلی به نسل دیگر باعث استمرار میراث فرهنگی و تقویت انسجام اجتماعی می‌شود . از منظر زیست‌محیطی نیز گیاهان دارویی در حفاظت از تنوع زیستی، مدیریت پایدار منابع طبیعی و بازسازی زیست‌بوم‌های تخریب‌شده نقش اساسی دارند. یافته‌های پژوهش‌های جهانی نشان می‌دهد که ادغام دانش سنتی با سیاست‌های مدرن می‌تواند به تحقق اهداف توسعه پایدار کمک کند؛ به‌ویژه در حوزه‌هایی از جمله امنیت غذایی، سلامت عمومی، کاهش فقر و حفاظت از محیط زیست. مطالعات موردی در مناطق مختلف جهان نیز نشان داده‌اند که جوامع محلی، به‌ویژه زنان و کشاورزان خرده‌پا، در تولید و حفاظت گیاهان دارویی نقش محوری دارند و این مشارکت به تاب‌آوری اجتماعی و اقتصادی منجر می‌شود. با این وجود، هنوز خلأهایی از جمله فقدان مطالعات نظام‌مند درباره ارتباط استحصال، فراوری و کاربرد گیاهان دارویی با توسعه پایدار و کمبود داده‌های کمی در زمینه تأثیر اقتصادی و اجتماعی آن‌ها در ادبیات علمی وجود دارند. بنابراین، ضرورت دارد پژوهش‌های آینده با رویکرد میان‌رشته‌ای و سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد، به مستندسازی دانش بومی، حفاظت از تنوع زیستی و ادغام این دانش در برنامه‌های ملی و بین‌المللی بپردازند. در مجموع گیاهان دارویی به عنوان پلی میان فرهنگ و محیط زیست هستند زیرا آن‌ها نه‌تنها بخشی از میراث فرهنگی و هویت اجتماعی‌اند، بلکه ابزاری مؤثر برای حفاظت محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار محسوب می‌شوند. توجه به این پیوند زمینه ساز راهبردی عملی برای تضمین آینده‌ای پایدار برای جوامع انسانی و کره زمین خواهد بود.

۶. منابع

Hamilton, Alan Charles. (2004). Medicinal plants, conservation and livelihoods. Biodiversity and Conservation, 13(8), 1477–1517. https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000021333.23413.42

Kefalew Shambu, A., Sintayehu Ayecho, S., Stiers, I., Geremew, A., & Carson, L. (2024). Classification and ordination analysis of wild medicinal plants in Ada district, Ethiopia: Application for conservation and sustainable utilization. Ecological Frontiers, 44(4), 809–819. https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.04.002

Mbelebele, Z., Mdoda, L., Ntlanga, S. S., Nontu, Y., & Gidi, L. S. (2024). Harmonizing Traditional Knowledge with Environmental Preservation: Sustainable Strategies for the Conservation of Indigenous Medicinal Plants (IMPs) and Their Implications for Economic Well-Being. Sustainability, 16(14), 5841. https://doi.org/10.3390/su16145841

Mykhailenko, O., Jalil, B., McGaw, L. J., Echeverría, J., Takubessi, M., & Heinrich, M. (2024). Climate change and the sustainable use of medicinal plants: A call for “new” research strategies. Frontiers in Pharmacology, 15, Article 1496792. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1496792

Raj, Abhishek, & Jhariya, Manoj Kumar. (2023). Conservation and sustainable uses of medicinal plants phytochemicals. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21973-3_39-1

The Role of Indigenous Knowledge on the Use of Medicinal Plants in Traditional Medicine for the Sustainability of Rural Communities

Paria malekian[1*], Aliasghar mirakzadeh [2]

1- Student, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Associate Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

* Corresponding author email: **Pariamalekian.2422@gmail.com**

Abstract

Traditional medicine in rural areas is considered the origin of modern medicine and is based on the gradual understanding of the properties and uses of local plants in alleviating pain and treating injuries caused by the hazardous rural and agricultural environment. Indigenous knowledge in the field of medicinal plants is an inseparable part of the cultural and environmental heritage of human societies and plays a vital role in transferring values across generations.Medicinal plants, in addition to their therapeutic functions, play an important role in biodiversity conservation and sustainable resource management. A one-dimensional view of the role of medicinal plants in treatment is incomplete and fragile. The processing and utilization of medicinal plants represent a component of the cultural fabric of human ecosystems in rural communities, deeply rooted in the region's economic, cultural, and environmental potentials, and serve as a manifestation of rural identity. Studies show that integrating indigenous and traditional plant-based knowledge with modern development policies can help achieve sustainable development goals. Research also indicates that the active participation of local communities—especially women—in the cultivation and preservation of medicinal plants has enhanced social and economic resilience.This review study, conducted through a library-based approach, examines the role of indigenous traditional medical knowledge in promoting sustainable human ecology in rural societies. Overall, acknowledging the capacities of traditional and indigenous medical knowledge and utilizing medicinal plants is not only a recognition of cultural heritage and social identity but can also be employed as an effective tool for environmental protection and the attainment of sustainable development.

Keywords: Sustainable development, Local communities,traditional medicine , Intangible heritage.

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

کاربرد گیاه شیرین بیان در صنایع غذایی

صمد بدبدک*[۱]، نرگس محمدحسینی[۲]، صبا یدالهی[۲]

۱-دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز
* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

چکیده

شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra*) یکی از ارزشمندترین منابع طبیعی ایران است که علی‌رغم کاربردهای قدیمی آن در طب سنتی و صنایع غذایی، هنوز بخش قابل توجهی از ظرفیت‌های عملکردی و زیست‌فناورانه آن شناسایی و بهره‌برداری نشده است. ریشه این گیاه علاوه بر گلیسیریزین، حاوی مجموعه‌ای از ساپونین‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی است که می‌توانند هم‌زمان نقش شیرین‌کننده، پایدارکننده کف، آنتی‌اکسیدان و عامل ضدالتهاب را در یک فرمولاسیون ایفا کنند؛ این ویژگی، شیرین‌بیان را به یک افزودنی چندکاره بالقوه در توسعه نسل جدید محصولات غذایی سلامت‌محور تبدیل می‌کند. در حال حاضر بیشترین کاربرد صنعتی، مربوط به تولید نوشابه‌ها، آب‌نبات‌ها، فرآورده‌های دسر و خامه‌های قنادی است، اما مطالعات جدید نشان داده‌اند که می‌توان از این گیاه، در طراحی جایگزین‌های پروتئینی (مانند جانشین‌های سفیده تخم‌مرغ)، نوشیدنی‌های فانکشنال، دسرهای پروبیوتیک و سیستم‌های هوادهی پایدار مبتنی بر پلی‌ساکاریدهای گیاهی بهره گرفت. از طرفی، اثرات بیولوژیک فعال این گیاه که شامل ویژگی‌های ضدسرطانی، تنظیم‌کننده مسیرهای سلولی و ضدباکتریایی است، چشم‌انداز به‌کارگیری شیرین‌بیان را در دارورسانی هدفمند و نانوفناوری نیز مطرح کرده است؛ به‌ویژه در ترکیب با نانومواد زیست‌پایه مانند کیتوسان. بنابراین، شیرین‌بیان نه‌تنها یک طعم‌دهنده سنتی، بلکه یک پلتفرم مولتی‌فانکشنال قابل توسعه است. این مقاله با تمرکز بر ظرفیت‌های صنعتی، قابلیت‌های کمتر شناخته‌شده و فرصت‌های توسعه فناوری در صنایع غذایی، دارویی و بیومتریال، نشان می‌دهد که شیرین‌بیان می‌تواند به‌عنوان یک منبع بومی استراتژیک در مسیر تولید مواد افزودنی طبیعی، پاک، کم‌خطر و آینده‌گرا، نقش کلیدی ایفا کند. این رویکرد می‌تواند منجر به بازطراحی زنجیره ارزش این گیاه در ایران و ارتقای بهره‌وری اقتصادی-صنعتی آن شود.

کلمات کلیدی: ساپونین‌ها، افزودنی طبیعی،فرمولاسیون غذایی، غذای فراسودمند

مقدمه

گیاه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra L.*) از خانواده‌ی بقولات(*Fabaceae*) ، یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی و صنعتی جهان به‌شمار می‌رود که به دلیل دارا بودن ترکیبات فعال زیستی متنوع، در صنایع دارویی، آرایشی و غذایی کاربرد گسترده‌ای یافته است . (ربانی و همکارن ۱۳۹۲) این گیاه چندساله در مناطق مختلفی از ایران از جمله خراسان، کرمان، فارس و آذربایجان به‌صورت خودرو می‌روید و به‌دلیل داشتن ماده‌ی گلیسیریزین، طعمی حدود ۵۰ برابر شیرین‌تر از ساکارز دارد (احمدی و همکاران ۱۳۹۲)ریشه و ریزوم شیرین‌بیان حاوی ساپونین‌ها، فلاونوئیدها، پلی‌ساکاریدها و ترکیبات فنولی است که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی قابل توجهی از خود نشان می‌دهند. (حسین پور و کاراژیان ۱۳۹۸)

علاوه بر جنبه‌های دارویی، در سال‌های اخیر کاربرد این گیاه در صنایع غذایی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. عصاره‌ی شیرین‌بیان به‌عنوان یک شیرین‌کننده‌ی طبیعی، عامل پایدارکننده‌ی کف و بهبوددهنده‌ی بافت در فرمولاسیون محصولات لبنی، دسرها و نوشیدنی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. (عارفی و کاراژیان۱۳۹۸)مطالعات متعددی نشان داده‌اند که افزودن پودر یا عصاره‌ی شیرین‌بیان به محصولات لبنی مانند خامه قنادی سبب بهبود خواص فیزیکی و رئولوژیکی محصول می‌شود و در عین حال بافت، حجم و پایداری کف را افزایش می‌دهد .(خوشنام و همکاران ۱۳۹۴)همچنین بررسی‌ها در زمینه‌ی جایگزینی شیرین‌بیان به‌جای سفیده‌ی تخم‌مرغ در فرآورده‌هایی مانند موس نشان داده است که این گیاه قادر است خاصیت کف‌کنندگی و هوادهی مطلوبی ایجاد کند، هرچند بر ویژگی‌های رطوبتی و بافتی محصول نیز تأثیرگذار است (عارفی و کاراژیان۱۳۹۸)از دیدگاه فیزیکی، عصاره‌ی آبی شیرین‌بیان دارای رفتار نیوتنی در غلظت‌های مختلف است و با افزایش دما، ویسکوزیته‌ی آن کاهش می‌یابد. این ویژگی‌ها، قابلیت کاربرد آن را در فرمولاسیون‌های مختلف غذایی و صنعتی افزایش می‌دهد. (خوشنام و همکاران ۱۳۹۴)علاوه بر این، حضور ترکیبات زیست‌فعال مانند گلیسیریزیک- اسید در ریشه‌ی شیرین‌بیان موجب بروز خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی می‌شود که می‌تواند به افزایش ماندگاری و ایمنی محصولات غذایی کمک نماید.(سجادی و همکاران ۱۳۸۶) از جنبه‌ی زیستی و دارویی نیز، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیبات فعال موجود در شیرین‌بیان اثرات ضدسرطانی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی قابل توجهی دارند. (کرمی و همکاران ۱۳۹۱)در نتیجه، استفاده از این گیاه به‌عنوان یک ترکیب چندمنظوره با کارکردهای تغذیه‌ای، عملکردی و درمانی، در توسعه‌ی محصولات غذایی نوین، توجه روزافزونی را در سطح جهانی به خود جلب کرده است.

رده بندی علمی

گیاه شیرین‌بیان با نام علمی *Glycyrrhiza glabra L.* از خانواده‌ی بقولات (*Fabaceae*) و زیرتیره‌ی *Papilionaceae* است. نام انگلیسی آن Licoric یا Liquorice و نام عربی آن عرق‌سوس(شجره‌السوس) می‌باشد. واژه‌ی *Glycyrrhiza*از دو بخش یونان "glykis شیرین "rhiza"ریشه گرفته شده است که اشاره به طعم و بخش مصرفی گیاه دارد. (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)

گیاه شناسی و ریخت شناسی

شیرین‌بیان گیاهی علفی و چندساله است که ارتفاع آن بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر متغیر می‌باشد. دارای ساقه‌های منشعب و برگ‌های مرکب با ۴ تا ۷ جفت برگچه است. گل‌ها به رنگ‌های زرد، ارغوانی یا بنفش و به‌صورتخوشه‌ای در انتهای ساقه‌های گل‌دهنده ظاهر می‌شوند. میوه به طول حدود ۲ تا ۳ سانتی‌متر و حاوی ۳ تا ۵ بذر لوبیایی‌شکل قهوه‌ای‌رنگ است. اندام زیرزمینی (ریشه و ریزوم) قسمت اصلی مورد استفاده‌ی گیاه بوده و طول آن بسته به شرایط اقلیمی بین ۳۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر متغیر است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲و ربانی و همکاران، ۱۳۹۲)

پراکنش جغرافیایی

شیرین‌بیان بومی نواحی مدیترانه، جنوب اروپا، آسیای مرکزی و خاورمیانه است و در کشورهایی نظیر ایران، ترکیه، یونان، ایتالیا و روسیه به‌صورت خودرو یا کشت‌شده یافت می‌شود. در ایران، این گیاه به‌طور گسترده در مناطق شمال، غرب، مرکز و شرق کشور می‌روید و در استان‌هایی نظیر کرمانشاه، فارس و اصفهان حتی به‌صورت علف هرز در مزارع نیز مشاهده می‌گردد. (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)

ترکیبات شیمیایی موثره

ریشه‌ی شیرین‌بیان حاوی ترکیبات متنوعی از جمله قندها (تا ٪۱۸)، فلاوونوئیدها، ساپونین‌ها، اسیدهای آمینه، استرول‌ها، صمغ، نشاسته و اسانس‌های روغنی است. (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲و ربانی و همکاران، ۱۳۹۲) مهم‌ترین ماده‌ی مؤثره در این گیاه، گلیسیریزین (Glycyrrhizin) است که نوعی ساپونین **ت**ری‌ترپن‌دار با فرمول شیمیایی C42H62O16C_{42}H_{62}O_{16}C42H62O16 می‌باشد.این ماده حدود ۵۰ برابر از شکر معمولی شیرین‌تر است و نقش اصلی را در طعم و اثرات دارویی گیاه ایفا می‌کند. میزان گلیسیریزین در ریشه بسته به نوع و شرایط اقلیمی بین ۵ تا ۲۰ درصد متغیر است، و نمونه‌های ایرانی معمولاً بیشترین غلظت را دارند. ریشه گیاه شیرین‌بیان سرشار از ترکیبات فعال زیستی است که نقش اساسی در خواص درمانی و صنعتی آن دارند. مهم‌ترین ترکیب موجود در این گیاه، اسید گلیسیریزیک است که نوعی ساپونین تری‌ترپنوئیدی محسوب می‌شود و از دو واحد اسید گلوکورونیک و یک مولکول اسید گلیسرتنیک تشکیل شده است. مقدار این ماده در ریشه بسته به نوع و شرایط اقلیمی گیاه بین ۵ تا ۲۰ درصد متغیر بوده و در شیرین‌بیان ایرانی بیشترین میزان گزارش شده است.ا (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲) ین ترکیبات در مجموع موجب بروز خواص ضدالتهابی، ضدباکتریایی، ضدویروسی، ضدسرطانی و آنتی‌اکسیدانی در عصاره گیاه می‌شوند. (حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸)

فلاونوئیدهای موجود در شیرین‌بیان از جمله لیکویریتین و ایزولیکویریتین، به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا در محافظت از سلول‌های بدن در برابر استرس اکسیداتیو مؤثرند. (حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸)همچنین این ترکیب از طریق افزایش ترشح سرتونین و پروستاگلاندین موجب بهبود عملکرد غشاهای مخاطی معده می‌شود. (احمدی و همکاران ۱۳۹۲)بر اساس مطالعات جدیدتر، ترکیبات فعال موجود در شیرین‌بیان اثرات ضدتوموری و ضدسرطانی نیز از خود نشان داده‌اند. (حسین پور و کاراژیان ۱۳۹۸)در بررسی اثر عصاره ریشه شیرین‌بیان بر رده سلول‌های سرطانی کبد (HepG2) مشخص شد که عصاره در غلظت‌های بالا باعث کاهش زیستایی سلول‌های سرطانی تا کمتر از ٪۵ می‌شود و این اثر وابسته به دوز و زمان است.همچنین استفاده همزمان از عصاره گیاه با نانوذرات کیتوسان اثر مهاری قوی‌تری بر رشد سلول‌های سرطانی و باکتری‌های بیماری‌زا نشان داد. (عارفی و کاراژیان، ۱۳۹۸)

ترکیبات بیولوژیکی ترکیبات فعال

ترکیب گلیسیریزین و مشتقات آن دارای اثرات ضدالتهابی، ضدویروسی، ضدزخم معده، ضدباکتری، آنتی‌اکسیدانی و محافظت‌کننده‌ی سلول‌های کبدی است.مطالعات نشان داده‌اند که این ترکیب می‌تواند در مهار باکتری Helicobacter pylori (عامل زخم معده) و کاهش ترشح اسید معده نقش مؤثری داشته باشد. (احمدی و همکاران ۱۳۹۲) همچنین عصاره‌ی ریشه در درمان سرفه، التهابات پوستی، روماتیسم و برخی سرطان‌ها نیز کاربرد دارد. (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲و ربانی و همکاران، ۱۳۹۲)

خواص فیزیکی و شیمیایی و رئولوژیکی

شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra L.*) یکی از گیاهان دارویی مهم از خانواده نخود (Fabaceae) است که ریشه آن حاوی ترکیباتی نظیر ساپونین‌ها، فلاونوئیدها و اسید گلیسیریزیک می‌باشد. این ترکیبات سبب ایجاد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فردی در عصاره گیاه شده‌اند و از این رو، شیرین‌بیان علاوه بر کاربرد دارویی، در صنایع غذایی و آرایشی نیز جایگاه ویژه‌ای دارد.ساپونین‌های استخراج‌شده از ریشه شیرین‌بیان دارای خاصیت دوگانه آبدوستی و چربی‌دوستی (آمفی‌فیلیک) هستند که این ویژگی موجب کاهش کشش سطحی در محلول‌های آبی و تشکیل کف پایدار می‌شود. به همین دلیل از شیرین‌بیان به‌عنوان عامل کف‌کننده در صنایع نوشابه‌سازی، دسرها، خامه‌های قنادی و حتی در داروسازی استفاده می‌شود (حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸). همچنین حضور گروه‌های کربوکسیل در بخش قندی یا آگلایکون این ترکیبات سبب ایجاد خاصیت اسیدی و در نتیجه کاهش pH در محلول‌های حاوی عصاره شیرین‌بیان می‌شود.

رفتار و جریان

از نظر رفتار جریان، مطالعات نشان داده‌اند که عصاره شیرین‌بیان دارای رفتار شبه‌پلاستیک (رقیق‌شونده با برش) است؛ بدین معنا که با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته کاهش می‌یابد. مدل قانون توان (Power Law) به‌خوبی توانسته است رفتار رئولوژیکی این عصاره را توصیف کند، به‌طوری‌که شاخص رفتار جریان (n) در تمام نمونه‌ها کمتر از یک گزارش شده است این ویژگی بیانگر ساختار شبکه‌ای مولکولی در عصاره است که در اثر افزایش نیروی برشی، به تدریج شکسته شده و موجب کاهش مقاومت در برابر جریان می‌گردد.افزایش غلظت محلول عصاره، با افزایش تعداد مولکول‌های دارای وزن مولکولی بالا در فاز مایع، موجب افزایش ضریب قوام (k) و در نتیجه افزایش گرانروی سیستم می‌شود. در مقابل، افزایش دما سبب کاهش گرانروی به دلیل کاهش نیروی بین مولکولی و افزایش تحرک زنجیره‌های پلیمری موجود در عصاره می‌گردد(حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸) این رفتار وابسته به دما و غلظت، یکی از شاخص‌های کلیدی در طراحی فرآیندهای صنعتی با استفاده از عصاره شیرین‌بیان است.

خواص فیزیکی

از نظر فیزیکی، ویژگی‌هایی مانند تشکیل کف، پایداری امولسیون و رفتار ویسکوالاستی**ک** نیز در عصاره شیرین‌بیان مشاهده شده است. افزایش غلظت عصاره و زمان هم‌زدن موجب افزایش حجم کف و پایداری آن می‌شود، زیرا مولکول‌های ساپونینی با تجمع در سطح حباب‌ها، لایه‌ای پایدار ایجاد می‌کنند که مانع ترکیدن آن‌ها می‌شود (حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸) این خاصیت در صنایع غذایی و دارویی کاربرد فراوانی دارد، زیرا سبب بهبود بافت و قوام محصولات کف‌دار و هوادهی‌شده مانند خامه، موس و نوشیدنی‌های گازدار می‌شود.

کاربرد در صنعت

کاربرد در صنایع غذایی

_ نقش در شیرین‌کنندگی و طعم‌دهندگی

قدرت شیرین‌کنندگی گلیسیریزین موجود در شیرین‌بیان حدود ۵۰ برابر ساکارز گزارش شده است و به همین دلیل این گیاه به‌عنوان یک شیرین‌کننده طبیعی، در فرمولاسیون آدامس، شکلات، آب‌نبات و نوشیدنی‌های طعم‌دار به‌کار می‌رود. علاوه بر ایجاد شیرینی، گلیسیریزین اثر "تشدیدکنندگی طعم" دارد و می‌تواند برداشت حسی شیرینی را در محصول افزایش دهد (حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸)

_افزایش حجم و پایداری کف در محصولات هوادهی

ساپونین‌های شیرین‌بیان ویژگی آمفی‌فیلیک دارند و قادرند کشش سطحی را کاهش دهند و کف پایدار تولید کنند. افزودن مقادیر کم از عصاره یا پودر شیرین‌بیان در خامه‌های قنادی سبب افزایش حجم نهایی، بهبود استحکام فوم، افزایش سختی و چسبندگی و کاهش آب‌اندازی محصول شده است. بیشترین اثر مطلوب در محدوده غلظت ۴ تا ۶ درصد عصاره مشاهده شده است (حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸)

_کاربرد در محصولات کاکائویی و شکلاتی

استفاده از ۵/۰ تا ۱ درصد عصاره شیرین‌بیان در شکلات مایع، بدون ایجاد تغییر معنی‌دار در رنگ و ظاهر، منجر به افزایش امتیاز حسی و پذیرش کلی مصرف‌کننده شده است. این پدیده به نقش تشدیدکنندگی طعم گلیسیریزین نسبت داده می‌شود. (میرزایی و یاسینی اردکانی ۱۴۰۲) همچنین در شیرکاکائو، فرمول ترکیبی بین شیرین‌بیان و کاکائو (۳۵:۶۵) در کنار ۵ درصد شکر، بالاترین امتیاز پذیرش کلی را نشان داده است (ربانی و همکارن، ۱۳۹۲)

_کاربرد در لبنیات تخمیری

افزودن عصاره ریشه شیرین‌بیان در غلظت‌های ۱/۰ تا ۵/۰ درصد در ماست، سبب کاهشpH ، کاهش آب‌اندازی و بهبود انسجام بافت شده است. همچنین با افزایش سطح عصاره تا ۱ درصد، امتیاز حسی محصول افزایش یافته و فرمول ۵/۰ درصد به‌عنوان بهترین تیمار معرفی شده است. (تکیه معروف و همکاران، ۱۳۹۷)

_نقش در افزایش ماندگاری و کاهش نیاز به نگهدارنده‌های مصنوعی

ترکیبات زیست‌فعال موجود در شیرین‌بیان (به‌خصوص ساپونین‌ها و فلاونوئیدها) دارای فعالیت ضدباکتریایی، ضدویروسی و آنتی‌اکسیدانی هستند. به همین دلیل استفاده از عصاره در برخی محصولات غذایی به‌ویژه دسرها و فرآورده‌های لبنی بدون نگهدارنده سنتتیک، می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب را مهار کرده و پایداری چربی‌ها را در برابر اکسیداسیون افزایش دهد . (حسین پور و کاراژیان ۱۳۹۸)این موضوع جایگاه شیرین‌بیان را در کاهش مصرف افزودنی‌های شیمیایی و حرکت به سمت فرمولاسیون‌های "clean label" تقویت می‌کند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)

صنایع دارویی و پزشکی

فرآورده‌های دارویی متعددی از عصاره شیرین‌بیان بهره می‌برند. این عصاره در ساخت داروهای مناسب دستگاه تنفسی، داروهای گوارشی و مکمل‌های گیاهی کاربرد دارد و این موضوع با توجه به فعالیت ضدالتهابی، ضدباکتریایی، ضدویروسی و ضدزخم معده مشتقات آن قابل توضیح است.در صنعت آرایشی و بهداشتی نیز با توجه به اثرات روشن‌کنندگی و ضدالتهاب، از این عصاره در ترکیب کرم‌ها و لوسیون‌های ضدلک استفاده می‌شود. (حسین پور و کاراژیان، ۱۳۹۸) ترکیبات فعالی مانند گلیسریزین و سایر فلاونوئیدهای موجود در گیاه، باعث می‌شوند این ریشه رفتار ضدالتهاب و ضداکسیدانی قابل توجهی نشان دهد. همچنین این ترکیبات توان محافظت سلول‌های کبدی و عصبی در برابر آسیب اکسیداتیو را نیز دارند.تحقیقات جدیدتر نشان می‌دهد که شیرین‌بیان با اثرگذاری بر مسیرهای مولکولی التهاب و تکثیر سلولی، در کنترل بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو و سرطان می‌تواند نقش داشته باشد. (خوشنام و همکاران، ۱۳۹۴) مکمل‌سازی عصاره شیرین‌بیان با نانوذرات کیتوسان، یک سطح جدید از کاربرد این گیاه را نشان داده است؛ به گونه‌ای که اثر هم‌افزایی این دو، منجر به کاهش چشمگیر تکثیر سلول‌های سرطان کبد و تحریک مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی گزارش شده است. این موضوع ظرفیت شیری از دیگر خواص دارویی گزارش‌شده می‌توان به اثرات ضدویروسی علیه ویروسHIV ، خاصیت ضدتورم و ضدالتهاب مفاصل، و تأثیر مثبت بر اختلالات کبدی و قلبی اشاره کرد به‌دلیل این خواص گسترده، عصاره ریشه شیرین‌بیان در بسیاری از فارماکوپه‌های معتبر مانند آمریکا، چین و اروپا به‌عنوان داروی گیاهی ثبت شده است.در سال‌های اخیر، استفاده از عصاره‌های فاقد گلیسیریزین (DGL) نیز رواج یافته است. این نوع عصاره که فاقد اثرات جانبی گلیسیریزین بر فشار خون و غدد

فوق‌کلیوی است، در درمان بیماران مبتلا به زخم معده یا اختلالات معده‌ای بدون عارضه به کار می‌رود و به عنوان ترکیب پایه در تولید داروها و نوشیدنی‌های درمانی شناخته می‌شود. (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)

نتیجه گیری

باتوجه به شواهد موجود، شیرین‌بیان را می‌توان یکی از گیاهان دارویی چندکاره با ظرفیت صنعتی بسیار بالا دانست. ترکیبات زیست‌فعال عمده‌ی این گیاه شامل گلیسیریزین، فلاونوئیدها و ساپونین‌ها طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های فیزیولوژیک از جمله خواص ضدالتهابی، ضدباکتری، ضدمیکروب، محافظت‌کننده سلولی و ضدسرطان را ایجاد می‌کنند. در بخش غذایی نیز، ویژگی‌های رئولوژیک، کف‌کنندگی و اثرات پایدارکنندگی عصاره شیرین‌بیان باعث شده است که این گیاه در توسعه فرمولاسیون‌های نوین غذایی بدون افزودنی‌های مصنوعی جایگاه ویژه‌ای پیدا کند. نتایج مطالعات اخیر نشان داده که حتی افزودن مقادیر کم شیرین‌بیان در محصولات لبنی قادر است ساختار کف، سختی بافت، چسبندگی و پایداری محصول را بهبود دهد، که این موضوع توجه ویژه صنایع لبنی، نانوغذایی و غذاهای عملگر را به خود جلب کرده است. از سوی دیگر، گزارش‌های مربوط به اثر هم‌افزایی عصاره شیرین‌بیان با نانوذرات کیتوسان در مهار سلول‌های سرطان کبد، آینده این گیاه را در درمان‌های نوین مبتنی بر ترکیبات طبیعی و مواد زیست‌سازگار بسیار برجسته کرده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که شیرین‌بیان از مرحله یک گیاه دارویی سنتی فراتر رفته و به یک ترکیب استراتژیک در صنایع غذایی، دارویی و بیوفارماسیوتیک تبدیل شده است. این روند نشان می‌دهد که توسعه فناوری‌های استخراج استاندارد، فراوری هدفمند و طراحی حامل‌های نوین، مسیر ارتقای استفاده صنعتی از این گیاه را بیش از پیش تقویت خواهد کرد.

منابع

خان‌احمدی، م؛ نقدی‌بادی، ح؛ آخوندزاده، ش؛ خلیقی‌سیگارودی، ف؛ مهرافرین، ع؛ شهریاری، س و حاجی‌اقایی، ر. (۱۳۹۲). مروری بر گیاه دارویی شیرین‌بیان .فصلنامه گیاهان دارویی، ۱(۱)،۹-۱

تکیه‌معروف، س.، پوراحمد، ر. و اسحاقی، م.ر. (۱۳۹۷). «غنی‌سازی ماست بادمجان با عصاره الکلی شیرین‌بیان و اثر آن بر *هلیکوباکتر* پیلوری .«مجله میکروب‌شناسی مواد غذایی، سال ۵، شماره۲، صفحات ۱۰-۱

حسین‌پور، ز و کاراژیان، ح. (۱۳۹۸). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خامه زده‌شده حاوی پودر شیرین‌بیان .پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۴، ۱۳-۱

خوشنام، س.ا.، فرزانه، م.، ولی‌پور، م.، بهاءالدینی، ا. و ولی‌پور، ا. (۱۳۹۴). مروری بر خواص فیزیولوژیک، فارماکولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه شیرین‌بیان .مجله تعالی بالینی، ۴(۱)، ۱۶-۱

حکمت‌ربانی، ن؛ سهرابی، ن و رنجبرنژاد، ف. (۱۳۹۲). تغییر خواص مکانیکی گیاه دارویی شیرین‌بیان .علوم و مکانیک در ماشین‌های کشاورزی، ۱(۲)،۱۰-۱

سجادی، س.ا.، اصلانی، ا. و پیمانی، آ. (۱۳۸۶). ارائه فرمولاسیون مناسب موضعی از عصاره شیرین‌بیان برای درمان پسوریازیس .مجله علمی–پژوهشی دانشگاه شاهد، ۱۵(۱) ، ۱۰-۱

عارفی، ه. و کاراژیان، ح. (۱۳۹۸). بررسی اثر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با شیرین‌بیان بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی موس .پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی، ۱، ۱۱-۱

کرمی، ز.، میرزایی، ح.، امام‌جمعه، ز.، صادقی‌ماهونک، ع. و خمیری، م (۱۳۹۱) «ارزیابی فعالیت ضدمیکروبی عصاره اتانولی ریشه شیرین‌بیان در نوشابه پرتقالی .«پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران .جلد۸، شماره ۲، صفحات ۱۱-۱

میرزایی، م. و یاسینی‌اردکانی، س.ع. (۱۴۰۲) «ارزیابی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریالی عصاره شیرین‌بیان در شکلات مایع .«نوآوری در علوم و صنایع غذایی .جلد ۱۵، شماره۳، صفحات ۱۱-۱

Application of Licorice Plant in Food Industry

Samad Badbadak[*1], Narges Mohammadhosseini[2], Saba Yadolahi[2]

[1]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahar, University of Tabriz, Tabriz
[2] Bachelor of Science in Food Science and Technology Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahar, University of Tabriz, Tabriz
* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

Abstract

Licorice (*Glycyrrhiza glabra*) is one of the most valuable natural resources in Iran, and despite its long-standing applications in traditional medicine and food industry, a significant part of its functional and biotechnological potential has not yet been identified and exploited. In addition to glycyrrhizin, the root of this plant contains a set of saponins, flavonoids, and phenolic compounds that can simultaneously play the role of sweetener, foam stabilizer, antioxidant, and anti-inflammatory agent in a formulation; this feature makes licorice a potential multifunctional additive in the development of a new generation of health-oriented food products. Currently, the most common industrial application is related to the production of soft drinks, candies, dessert products and confectionery creams, but recent studies have shown that this plant can be used in the design of protein substitutes (such as egg white substitutes), functional drinks, probiotic desserts and sustainable aeration systems based on plant polysaccharides. On the other hand, the active biological effects of this plant, which include anticancer, cell pathway regulator and antibacterial properties, have also raised the prospect of using licorice in targeted drug delivery and nanotechnology; especially in combination with biobased nanomaterials such as chitosan. Therefore, licorice is not only a traditional flavoring agent, but also a multifunctional platform that can be developed. Focusing on industrial potential, lesser-known capabilities, and technology development opportunities in the food, pharmaceutical, and biomaterial industries, this article demonstrates that licorice can play a key role as a strategic indigenous resource in the production of natural, clean, low-risk, and future-oriented additives. This approach can lead to the redesign of the value chain of this plant in Iran and the promotion of its economic-industrial productivity.

Keywords: Saponins, Natural Additive, Food Formulation, Functional Foods

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

کاربرد سیال فوق بحرانی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال طبیعی از مواد گیاهی طبیعی

صمد بدبدک*[1]، سمیه محمدخانی[2]

۱- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، ایران.

۲- دانشجوی دکترای زیست‌فناوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این بررسی، پیشرفت‌های اخیر در فناوری سبز برای استخراج اجزای زیست‌فعال طبیعی از منابع گیاهی مورد بحث قرار گرفته است. روش‌های استخراج جدید و روش‌های استخراج مرسوم مختلفی توسعه یافته‌اند، با این حال، تاکنون هیچ رویکرد منحصر به فردی بعنوان معیاری برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال طبیعی از گیاهان ارائه نشده است. گزینش‌پذیری و بهره‌وری تکنیک‌های استخراج سنتی و مدرن عموماً به انتخاب پارامترهای ورودی بحرانی، شناخت ماهیت نمونه‌های گیاهی، ساختار ترکیبات زیست‌فعال و مهارت‌های علمی خوب بستگی دارد. هدف این بررسی، بحث در مورد پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های استخراج سیال فوق بحرانی، به ویژه دی‌اکسید کربن فوق بحرانی، همراه با اصول اساسی استخراج ترکیبات زیست‌فعال از مواد گیاهی طبیعی مانند گیاهان دارویی، ادویه‌ها، گیاهان معطر و دارویی است.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات زیست فعال، سیالات فوق بحرانی، کمک حلال، روغن‌های اسانسی، گیاهان دارویی.

۱. مقدمه

استخراج یکی از رویکردهای مورد استفاده برای جداسازی اجزا از مواد گیاهی است. ترکیبات زیست فعال، متابولیت‌های ثانویه طبیعی هستند که از قسمت‌های مختلف گیاه مانند برگ‌ها، ساقه، ریشه‌ها، دانه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها با استفاده از چندین روش جداسازی استخراج می‌شوند. این ترکیبات بعنوان طبیعی و ایمن برای کاربرد در صنایع مختلف مانند لوازم آرایشی، غذا، خوراک دام، کشاورزی و داروسازی در نظر گرفته می‌شوند. ترکیبات زیست فعال-اسانس‌ها، کاروتنوئیدها، اسیدهای چرب، فنولیک اسیدها، فلاونوئیدها - بطور مرسوم با تقطیر بخار، استخراج با حلال، استخراج سوکسله، روش پرس و تقطیر با آب استخراج می‌شدند، اما محدودیت‌هایی مانند زمان‌بر بودن زیاد، استفاده از حلال‌های آلی زیاد، از دست دادن برخی ترکیبات فرار، تجزیه ترکیبات حساس به حرارت، احتمال باقیماندن بقایای حلال سمی در عصاره، بازده کم و راندمان استخراج پایین را نشان می‌دهند (Azmir et al., 2013). بنابراین، در سال‌های اخیر، روش‌های شیمی سبز برای اهداف استخراج توسعه داده شده‌اند تا مصرف انرژی و حلال را کاهش دهند، زمان فرآوری را کاهش دهند و حلال‌های مرسوم را با جایگزین‌های سازگار با محیط زیست جایگزین کنند.رویکردهای مدرن برای استخراج و جداسازی ترکیبات زیست‌فعال از مواد گیاهی در زمینه‌های تحقیق و توسعه مورد توجه قرار گرفته‌اند. بعنوان مثال، استخراج با کمک اولتراسوند (UAE)، استخراج مایع تحت فشار (PLE)، استخراج سیال فوق بحرانی (SFE) و استخراج با کمک مایکروویو (MAE) در حال حاضر فناوری‌های در دسترس و سازگار با محیط زیست هستند (Kate et al., 2016).

استخراج سیال فوق بحرانی یک تکنیک پیشرفته برای استخراج ترکیبات زیست فعال با استفاده از سیالات فوق بحرانی بعنوان حلال است. این روش به دلیل مزایای قابل توجه آن، مانند گزینش‌پذیری بالاتر، نفوذپذیری و اکولوژی، نسبت به روش‌های سنتی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این روش یکی از بهترین تکنیک‌ها برای حذف اجزای شیمیایی طبیعی مانند فلاونوئیدها، اسانس‌ها، روغن‌های دانه، کاروتنوئیدها و اسیدهای چرب از مواد گیاهی طبیعی است و جایگزین پایداری برای سیستم‌های استخراج سنتی محسوب می‌شود (Wrona, et al., 2017). محققان مزایای قابل توجه SFE را نسبت

به تکنیک‌های مرسوم نشان داده‌اند (Kate et al., 2016). دی‌اکسید کربن (CO_2) یک حلال آلی مورد تایید برای مصارف غذایی است (Ghasemi, et al., 2011). دی‌اکسید کربن فوق بحرانی ($sc\text{-}CO_2$) یک حلال غیرقطبی است که به دلیل خواص شبه گازی و شبه مایع، دما و فشار بحرانی پایین، و گزینش‌پذیری و پتانسیل استخراج ترکیبات حساس به حرارت، اغلب در SFE استفاده می‌شود. علاوه بر این، ترکیبات با قطبیت کم و مولکول‌های کوچک به راحتی در $SC\text{-}CO_2$ حل می‌شوند، اما مولکول‌های بزرگ و ترکیبات قطبی با افزودن یک حلال کمکی برای افزایش بازده استخراج، که می‌تواند اتانول، متانول یا آب باشد، استخراج می‌شوند. تمرکز ویژه‌ای باید بر دما و فشار در طول SFE باشد زیرا هرگونه تغییر بر کل فرآیند تأثیر می‌گذارد (Wrona, et al., 2017). هدف این بررسی ارائه مروری به‌روز در مورد ادعاهای SFE با بحث در مورد ویژگی‌ها و اصول $SC\text{-}CO_2$، کاربردهای آن در استخراج ترکیبات زیست فعال طبیعی از مواد گیاهی و کاربرد فعلی آن در صنایع مختلف بود.

۲. سیالات فوق بحرانی بعنوان یک تکنیک استخراج نوین

SFE یک تکنیک استخراج نوین سازگارتر با محیط زیست است که از طریق آن می‌توان مواد طبیعی دارای کاربرد در صنایع مختلف را از منابع پایدار مانند گیاهان دارویی، ادویه‌ها، گیاهان معطر و دارویی تولید کرد. این فناوری پیشرفته شامل جداسازی/حذف ترکیبات زیست فعال هدفمند از طریق سیالات فوق بحرانی است. در طول استخراج، بسته به تنظیمات سیستم، می‌توان از نمونه‌های جامد یا مایع استفاده کرد، اما نمونه‌های جامد در مقایسه با نمونه‌های مایع بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مورد نمونه‌های جامد، ستون‌ها با نمونه‌های پیش‌فرآوری شده (خشک و آسیاب شده) پر می‌شوند و حلال‌های فوق بحرانی تحت فشار از ستون عبور کرده و ترکیبات قابل استخراج را از ماتریس جامد جداسازی می‌کنند. ترکیبات حل شده از طریق انتشار به جداکننده منتقل می‌شوند، جاییکه مخلوط عصاره و حلال از طریق کاهش فشار، افزایش دما یا هر دو از هم جدا می‌شوند. بسیاری از شرکت‌ها اکنون تجهیزات SFE را در مقیاس‌های مختلف و بسته به کاربرد مورد نظرشان، مانند استفاده در آزمایشگاه، مطالعات پایلوت یا مصارف صنعتی، بصورت تجاری تولید می‌کنند. ساده‌ترین سیستم عمدتاً شامل یک چیلر برای خنک کردن گاز حلال، یک پمپ حلال که سیال را در سراسر سیستم به حرکت در می‌آورد، یک ستون استخراج که نمونه‌های استخراج شده را نگه‌می‌دارد، جداکننده‌هایی که عصاره را جمع‌آوری می‌کنند، مبدل‌های حرارتی برای تنظیم دمای مواد فرآیند، یک اجاق که برای نگه داشتن ستون استخراج بالاتر از دمای بحرانی سیال استخراج استفاده می‌شود و یک تنظیم‌کننده فشار برگشتی که برای حفظ فشار در سیستم بالاتر از فشار بحرانی سیال استفاده می‌شود، می‌باشد (Herrero et al., 2006).

اغلب اوقات، استخراج همزمان ترکیبات ناخواسته در طول فرآیند استخراج رخ می‌دهد که ممکن است منجر به عصاره‌ای با کیفیت پایین شود. به لطف فناوری پیشرفته، این مشکل را می‌توان با انجام SFE با یک فرآیند جداسازی جزء به جزء حل کرد که امکان بهبود گزینش‌پذیری در SFE را فراهم می‌کند. در طی SFE، متغیرهای مختلفی مانند دمای استخراج، فشار، نوع، درصد حلال کمکی و اندازه نمونه باید بهینه شوند تا بازده استخراج ترکیبات هدف افزایش یابد. علاوه بر این، حلالیت و مقاومت انتقال جرم مواد اولیه با این متغیرها مرتبط هستند. این روش یک تکنیک مناسب است زیرا امکان تنظیم قدرت حلال یا گزینش‌پذیری سیالات فوق بحرانی را فراهم می‌کند. مطالعات مختلف مزایای بی‌شماری از جمله زمان پردازش سریع، مناسب بودن برای استخراج ترکیبات فرار و ناپایدار در برابر حرارت، بهره‌وری بالاتر از نظر افزایش بازده، کاهش مصرف حلال و حفاظت از محیط زیست با استفاده از حلال‌های ایمن را نشان داده‌اند. این روش نقش حیاتی در زمینه‌های مختلف مانند غذا، داروسازی، کشاورزی و لوازم آرایشی ایفا می‌کند(De Marco and Reverchon, 2006).

۳. پارامترهای مطرح در طول استخراج سیال فوق بحرانی و تأثیر آن‌ها

در طول استخراج سیال فوق بحرانی، انتخاب شرایط کاری به ترکیبات هدف مورد نظر برای استخراج بستگی دارد؛ با این حال، پارامترهای دما، فشار، غلظت کمک حلال، زمان استخراج و اندازه ذرات برجسته‌ترین عوامل هستند و باید برای استخراج کارآمد در نظر گرفته شوند.

۳-۱. اثرات دما و فشار

در استخراج سیال فوق بحرانی دما و فشار، پارامترهای اصلی هستند که به دلیل تأثیر آن‌ها بر حلالیت یک ماده در طول SFE، بر راندمان استخراج تأثیر می‌گذارند. بطور کلی، افزایش فشار در یک دمای خاص در فرآیند، چگالی حلال و حلالیت ترکیبات هدف را افزایش می‌دهد. بنابراین، هرچه فشار بیشتر باشد، حجم حلال مورد نیاز برای یک استخراج خاص کمتر است. با این وجود، افزایش فشار تا یک نقطه معین می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره را کاهش داده و نفوذپذیری SCF را کاهش دهد، که باعث کاهش انحلال املاح می‌شود. دمای استخراج در فشار ثابت دو اثر متضاد در طول SFE دارد. افزایش دما، چگالی حلال را کاهش می‌دهد و در نتیجه قدرت حل‌کنندگی آن را کاهش می‌دهد، اما فشار بخار ترکیبات مورد نظر را بهبود می‌بخشد و در نتیجه حلالیت آنالیت و بازده استخراج را افزایش می‌دهد. با این حال، از آنجا که افزایش دما چگالی حلال را کاهش می‌دهد، این امر قدرت حل‌کنندگی و حلالیت آنالیت را کاهش می‌دهد و بر بازده تأثیر منفی می‌گذارد (Bubalo, et al., 2018). بنابراین، طبق منابع، دمای استخراج سیال فوق بحرانی ترکیبات حساس به حرارت باید بین ۳۵ °C - ۶۰ ثابت باشد تا از تخریب جلوگیری شود و فشار باید حدود ۴۰۰ bar باشد (De Marco and Reverchon, 2006).

۳-۲. اثرات کمک حلال/اصلاح‌کننده

کمک حلال یک حلال آلی است که وقتی با نسبت‌های مختلف به CO_2 اضافه می‌شود، می‌تواند با سیال فوق بحرانی حل شود و می‌تواند قدرت حلالیت قابل توجهی نسبت به ترکیبات هدف ایجاد کند (Baldino and Reverchon, 2018). همانطورکه قبلاً گزارش شده است، CO_2 رایج‌ترین سیال فوق بحرانی مورد استفاده در صنایع مختلف است، اما قطبیت پایین آن، استفاده از آن را برای استخراج ترکیبات لیپوفیل و قطبی محدود می‌کند. برای غلبه بر این مشکل، می‌توان از کمک حلال‌های قطبی مانند اتانول، متانول، آب، اسید استیک، اسید فرمیک و بسیاری از کمک حلال‌های قطبی یا غیرقطبی دیگر در طول استخراج برای بهبود قدرت حلالیت $SC\text{-}CO_2$ افزایش میل ترکیبی آن با املاح کم محلول (آلکالوئیدها، فنول‌ها و ترکیبات گلیکوزیدی)، افزایش حلالیت و افزایش بازده استخراج استفاده کرد. در میان کمک حلال‌های ذکر شده، متانول و اتانول اغلب در غلظت‌های کمتر از ۱۰٪ از مقدار CO_2 مورد استفاده برای استخراج استفاده می‌شوند (Sánchez-Camargo, et al., 2014). با این حال، اتانول نسبت به متانول سمیت کمتری دارد. محققان مختلف نشان داده‌اند که حلال کمکی نه تنها می‌تواند بر کل بازده استخراج، بلکه بر خواص زیست‌فعال عصاره‌ها مانند بازده استخراج فنول‌های کل، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی عصاره‌ها نیز تأثیر بگذارد. درصد و نوع حلال کمکی در استخراج قابل توجه است. هر دو از عوامل حیاتی مؤثر بر حلالیت ترکیبات هدف در SFE هستند. با این حال، افزودن حجم زیادی از حلال‌های کمکی می‌تواند پارامترهای بحرانی محلول را تغییر داده و گزینش‌پذیری را کاهش دهد (Uquiche, et al., 2019).

۳-۳. تأثیر ماتریس خام بر استخراج سیال فوق بحرانی

ماهیت ماده خام، میزان رطوبت، اندازه ذرات، شکل، مساحت سطح و تخلخل، عواملی هستند که بر حلالیت و فرآیند انتقال جرم در طول استخراج $SC\text{-}CO_2$ تأثیر می‌گذارند (Wrona, et al., 2017).

معمولاً، نمونه‌ای که قرار است استخراج شود باید خشک شود تا میزان رطوبت آن کاهش یابد، زیرا میزان آب موجود در نمونه می‌تواند با حل‌شونده قابل استخراج رقابت کند و با حلال ترکیب شود و بازده استخراج را کاهش دهد؛ با این وجود، در برخی موارد، وجود آب برای ایجاد برهمکنش خوب حلال با حل‌شونده مورد نیاز است. میزان رطوبت توصیه شده باید بین ۴ تا ۱۴ درصد باشد. اندازه ذرات نمونه‌های جامد و تخلخل تأثیر مستقیمی بر سرعت انتقال جرم در فرآیند دارند. کاهش اندازه ذرات، راندمان استخراج را افزایش می‌دهد زیرا کاهش اندازه ذرات، مسیر انتشار حلال را کاهش داده و سطح تماس را افزایش می‌دهد که منجر به تسریع فرآیند استخراج می‌شود (Pereira and Meireles, 2010). با این حال، لازم است از ذرات بیش از حد کوچک اجتناب شود زیرا می‌توانند مقاومت انتقال جرم داخلی را افزایش دهند که باعث ایجاد کانال در ستون و کاهش

راندمان و بازده در طول فرآیند استخراج می‌شود. طبق منابع، میانگین اندازه ذرات برای SFE محصولات طبیعی از mm ۰/۲۵ – ۲/۰ متغیر است (Sánchez-Camargo, et al., 2014).

۳-۴.تأثیر زمان استخراج

زمان استخراج برای SFE مهم است زیرا می‌تواند بر ترکیب عصاره تأثیر بگذارد. وقتی زمان استخراج کوتاه باشد، می‌تواند منجر به استخراج ناقص شود. با این حال، اگر زمان استخراج خیلی طولانی باشد، منجر به اتلاف زمان، حلال و همچنین تخریب ترکیبات زیست فعال می‌شود (Sánchez-Camargo, et al., 2014).

۴. SFE در استخراج ترکیبات زیست فعال گیاهی

استفاده از مواد طبیعی در صنایع مختلف مانند مواد غذایی، دارویی و آرایشی اخیراً به دلیل اثرات تأیید شده آن‌ها توسط محققان علمی بعنوان جایگزین‌های پایدار برای ترکیبات مصنوعی، ایمنی درک شده آنها برای مصرف کننده و به دلیل سازگار بودن با محیط زیست، توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است.

ترکیبات زیست فعال مختلف استخراج شده از منابع طبیعی با استفاده از استخراج فوق بحرانی CO_2 در جدول ۳ نشان داده شده‌اند که دارای خواص ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضدعفونی‌کننده، ضد باکتری، ضد قارچ (Cadena-Carrera, et al., 2019)، ضد ویروسی، ضد التهابی، ضد تومور، ضد چاقی، آنتی کولین استراز، فاگوسیتوز و ارزش‌های درمانی هستند. آن‌ها همچنین می‌توانند نقش اجزای غذایی عملکردی مانند رنگ، طعم‌دهنده، نگهدارنده افزودنی‌های غذایی، عطرها، نشانگرهای زیستی را در مسیرهای متابولومیک ایفا کنند. هم‌افزایی در برخی از ترکیبات زیست فعال، زیست فعالی آنها را افزایش می‌دهد (Ruan, et al., 2017).

جدول ۱–ترکیبات زیست فعال منتخب و فعالیت‌های زیستی آن‌ها

ترکیبات	مواد گیاهی	فعالیتهای زیستی	منبع
کورکومین	Turmeric rhizomes (*Curcuma longa* L.)	خواص آنتی اکسیدانی، ضد مالاریا، ضد میکروبی، ضد ویروسی، فعالیت قارچ کشی، ضد آلزایمر، خواص ضد جهش زایی و ضد سرطان زایی	Martinez-Correa, et al., 2017)
تیمول	Thyme (*Thymus praecox Polytrichus*)	فعالیت های ضد باکتریایی، ضد قارچی، ضد التهابی، آنتی اکسیدانی، بی حس کننده موضعی	(Petrovic, et al., 2016)
کارواکرول	*Satureja montana* L.	فعالیت های آنتی اکسیدانی، ضد تکثیر سلولی و ضد سرطان	(Elgndi, et al., 2017)
لینالول	*Coriandrum sativum* L. and *Ocimum basilicum* L.	فعالیت های ضد میکروبی، ضد سرطانی، آنتی اکسیدانی و ضد دیابتی	(Elgndi, et al., 2017)
کامفور	Sage (Sage *officinalis*)	فعالیت های ضد التهابی و ضد آتروژنیک	(Arranz, et al., 2014)

از آنجاییکه فرآیند استخراج روش پیشرو برای بازیابی ترکیبات زیست فعال است، استخراج فوق بحرانی CO_2 بعنوان بهترین فناوری مدرن برای استخراج پایدار و ایمن انواع ترکیبات زیست فعال گزارش شده است.

۴-۱. آلکالوئیدها

آلکالوئیدها متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که در میکروب‌ها و حیوانات نیز یافت می‌شوند. از نظر ساختاری، آنها از کربن، هیدروژن، نیتروژن و گاهی اوقات اکسیژن تشکیل شده‌اند. هر گونه گیاهی معمولاً شامل چند آلکالوئید است، اما شناخته شده‌ترین آلکالوئیدها مورفین، کدئین، کافئین، نیکوتین، کوکائین و وینبلاستین هستند (Chung, et al., 2016). طبق تحقیقات مختلف (جدول ۴)، استخراج آلکالوئیدها با استفاده از استخراج SC-CO_2 در مقایسه با تکنیک مرسوم، یک فرآیند سریع و

مؤثر در نظر گرفته شده است. از تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده روی استخراج آلکالوئیدها با SC-CO2، شرایط پارامترهای مورد بررسی با توجه به نوع گیاه و شرایط کاری متفاوت بود. فشار ۳۰۰ bar، دمای ۶۰ °C و استفاده از اتانول بعنوان کمک حلال، پارامترهای بهینه برای این استخراج در نظر گرفته شدند.

جدول ۲- کاربرد CO2فوق بحرانی برای جداسازی آلکالوئیدها از گیاهان

ترکیبات	موادگیاهی	پارامترهای SFE	کشور	منبع
پیرولیدین	برگ‌های فلفل آمالاگو (*Piperaceae*)	فشار = ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ bar دما = ۴۰، ۵۰ و ۶۰ °C کمک حلال: اتانول و پروپیلن گلیکول ۵٪ (حجمی/حجمی) زمان استخراج : ۲۰، ۴۰ و ۶۰ min نرخ جریان CO2= ۳ mL/min اندازه ذرات = ۰/۷۵۷ mm	برزیل	(Carrara, et al., 2017)
آلکالوئیدهای تام، پیمین، پیمینین	گل *Fritillaria thunbergii Miq*	فشار = ۱۵۰- ۳۵۰ bar دما = ۵۰- ۷۰ °C زمان استخراج : ۹۰ - ۲۱۰ min کمک حلال: اتانول و آب با نسبت ۸۰:۱۰۰ (حجمی/حجمی)	چین	(Ruan, et al., 2017)
کافئین	ساقه چای و ضایعات فیبر	فشار = ۱۵۰- ۳۰۰ bar دما = ۵۰- ۷۰ °C کمک حلال : اتانول ۱- ۷ درصد زمان استخراج : ۶۰- ۳۰۰ min نرخ جریان CO2= ۱۰ g/min اندازه ذرات = ۰/۲- ۰/۶ mm		(Içen, et al., 201۰)

۲-۴. ترپن‌ها یا ترپنوئیدها

ترپنوئیدها نقش‌های فیزیولوژیکی اساسی در گیاهان از جمله رشد، نمو و دفاع ایفا می‌کنند. ترپنوئیدهای مختلفی با استفاده از SC- CO2استخراج شده‌اند (جدول ۵) و کاربردهای آنها در صنایع مختلف بسیار زیاد و متنوع است. با توجه به مطالعات انجام شده در مورد استخراج ترپنوئید با SC-CO2، پارامترهایی که باید در نظر گرفته شوند می‌توانند بسته به نوع گیاه و شرایط کار متفاوت باشند، اما برای دستیابی به بالاترین بازده، دما باید حدود ۴۰ °C و فشار باید ۲۵۰ bar باشد، اگرچه استفاده از حلال‌های کمکی مختلف در برخی مطالعات در نظر گرفته نشده است. ترپنوئیدها بطور گسترده توسط انسان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برخی از مونوترپن‌ها و سسکوئی‌ترپن‌ها بعنوان افزودنی‌های غذایی استفاده می‌شوند و بعنوان طعم‌دهنده و عطر به محصولات غذایی، نوشیدنی‌ها، عطرها، صابون‌ها، خمیردندان، تنباکو و سایر محصولات اضافه می‌شوند. به عنوان مثال، کاروتنوئیدها از رنگدانه‌های گیاهی تتراترپن هستند که مسئول رنگ‌های زرد-قرمز اندام‌های مختلف گیاهی هستند و در صنایع غذایی بعنوان رنگ‌دهنده‌های طبیعی غذا استفاده می‌شوند. کاروتنوئیدها از مهمترین ترکیبات زیست فعال هستند که به دلیل فعالیت پیش‌ساز ویتامین A، فعالیت‌های ضدسرطانی و قدرت آنتی‌اکسیدانی می‌توانند سلامت انسان را افزایش دهند (Durante, et al., 2014) [۹۹].

اسانس‌ها از جمله مهمترین ترکیباتی هستند که با روش CO2فوق بحرانی از گونه‌های مختلف گیاهان دارویی و معطر استخراج شده‌اند و عموماً از ترپن‌ها و ترپنوئیدها تشکیل شده‌اند. از آنها برای تولید افزودنی‌های غذایی، لوازم آرایشی، علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، داروها، عطر در عطرسازی و رایحه‌درمانی استفاده می‌شود. اسانس‌ها همیشه در مقادیر کم تولید می‌شوند و بازده استخراج آنها می‌تواند بین ۰/۵ تا ۶ درصد متغیر باشد، اما اثرات مثبت آن‌ها نیازی به مقادیر زیاد ندارد. اسانس‌ها دارای خواص مفید متعددی از جمله فعالیت ضد قارچی، ضد التهابی، ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی هستند (Fornari, et al., 2012).

۴-۳. ترکیبات فنولی

ترکیبات فنولیک متابولیت‌های طبیعی ثانویه هستند که عموماً در قلمرو گیاهان یافت می‌شوند (آنها به ندرت در باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها وجود دارند). ترکیبات فنولی نقش اساسی در گیاهان از جمله رشد، رنگدانه‌سازی و محافظت در برابر آفات دارند. محققان گزارش داده‌اند که مصرف فنول‌ها می‌تواند با کنترل متابولیسم، وزن، بیماری‌های مزمن و تکثیر سلولی به دلیل قدرت آنتی‌اکسیدانی و خواص مهار رادیکال‌های آزاد، در کنار سایر ویژگی‌ها، نقش مهمی در سلامت انسان داشته باشد. در تولید موادغذایی، پلی‌فنول‌ها می‌توانند با جلوگیری از اکسیداسیون به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی خود، که عمدتاً به تعداد و موقعیت گروه‌های هیدروکسیل مربوط به گروه عاملی کربوکسیل وابسته است، ماندگاری محصولات را افزایش دهند (Chung, et al., 2016). فلاونوئیدها یکی از شناخته‌شده‌ترین زیست‌فعال‌ها در دسته فنول‌ها هستند. در گیاهان، این ترکیبات نقش مهمی در رنگدانه‌سازی گیاه دارند و از آن‌ها در برابر عوامل بیماری‌زا محافظت می‌کنند. فلاونوئیدها به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و شلاته‌کننده خود شناخته شده‌اند که مزایای سلامتی قابل توجهی مانند کنترل و پیشگیری از سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی و بیماری‌های التهابی مزمن را فراهم می‌کنند (Heim, et al., 2002). امروزه، SFE (جدول ۶) به عنوان روشی مؤثر برای استخراج ترکیبات فنولی از مواد گیاهی مختلف شناخته شده است.

از مطالعات ذکر شده در جدول ۶ در مورد استخراج فنول با SC- CO_2 متغیرهایی که باید در نظر گرفته شوند می‌توانند به دلیل عوامل مختلفی مانند ماده گیاهی، ترکیبات هدف و شرایط کاری متفاوت باشند. با این حال، شرایط بهینه فشار bar ۲۰۰، دمای °C ۶۰ و ٪۵ اتانول بعنوان حلال کمکی در نظر گرفته شد.

۵.کاربردهای فعلی استخراج سیال فوق بحرانی

فناوری‌های مبتنی بر سیال فوق بحرانی در طیف گسترده‌ای از کاربردهای صنعتی دخیل هستند که در سال‌های اخیر پیشرفت قابل توجهی داشته‌اند. استخراج با سیالات فوق بحرانی بطور گسترده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی کاربرد داشته است.

جدول ۳- نمونه‌هایی از فنول‌های استخراج‌شده توسط CO_2فوق بحرانی

ترکیبات	مواد گیاهی	پارامترهای مورد مطالعه	کشور	منبع
فلاونوئیدها	*Strobilanthes crispus* (*Pecah Kaca*) leaves	فشار: bar ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ دما: °C ۴۰، ۵۰ و ۸۰ زمان: min ۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰	مالزی	(Liza, et al., 2010)
ترکیبات فنولی کل، فلاونوئیدهای کل	Radish leaves	فشار: bar ۳۰۰و ۴۰۰ دما: °C ۳۵، ۴۰ و ۵۰ جریان CO_2 : ۱۰ g/min کمک حلال : اتانول	آرژانتین	(Goyeneche, et al., 2018)
فنول‌های کل	Strawberry (*Arbutus unedo* L.)	فشار: bar ۱۵۰،۲۵۰ و ۳۵۰ دما: °C ۴۰، ۶۰ و ۸۰ جریان CO_2 : ۱۵ g/min زمان استخراج : ۶۰Min	ترکیه	(Akay, et al., 2011)

۵-۱.کاربرد SC-CO_2 در صنایع غذایی

یکی از روندهای اصلی در صنایع غذایی، تقاضا برای مواد غذایی کاملاً طبیعی و عاری از افزودنی‌های شیمیایی است. آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مواد غذایی، مشتقات محصولات جانبی گیاهی هستند. استخراج با سیال فوق بحرانی در استخراج کلسترول و سایر لیپیدها از زرده تخم مرغ، استخراج لیپیدها و کلسترول از گوشت و فرآورده‌های گوشتی (Vedaraman, et al., 2005)، کافئین‌زدایی از قهوه و چای (Machmudah, et al., 2011)، استخراج رازک (Rój, et al., 2015) ، استخراج اسیدهای

آمینه آزاد، استخراج گلیکوزیدهای طبیعی (Erkucuk, et al., 2009)، تفکیک رنگ‌های طبیعی، طعم‌دهنده‌های طبیعی و عطرها از چندین ماده غذایی و جداسازی ادویه‌ها و اسانس‌ها (Basegmez, et al., 2017)کاربرد دارد.

۵-۲.کاربرد $SC\text{-}CO_2$ در صنعت داروسازی

استفاده اولیه از سیالات فوق بحرانی در صنعت داروسازی شامل فرآیندهایی مانند تشکیل ذرات برای سیستم‌های داروررسانی و مهندسی کریستال؛ کمپلکس کردن سیکلودکسترین‌ها؛ پوشش‌دهی، کف‌سازی و مهندسی بافت؛ اشباع‌سازی و خالص‌سازی مواد جانبی دارویی؛ و استریلیزاسیون و حذف حلال است. بهترین کاربرد سیالات فوق بحرانی در داروسازی مربوط به جداسازی ترکیبات زیست فعال از یک مخلوط (خالص‌سازی از واکنش‌ها، تعیین مقدار یک انانتیومر فعال، استخراج از یک ماتریس طبیعی) است. گیاهان مختلفی برای استخراج ترکیبات مورد استفاده در داروسازی استفاده شده‌اند، مانند *Catharanthus roseus*، منبع غنی از آلکالوئیدها، که از آن دو آلکالوئید دیمری استخراج شده‌اند که بطور گسترده بعنوان داروهای ضد نئوپلاستیک وینبلاستین و وینکریستین استفاده می‌شوند (Karimi, et al., 2019).

۶- نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که SFE یک تکنیک جداسازی است که معمولاً برای استخراج ترکیبات زیست فعال طبیعی از گیاهان به دلیل خواص منحصر به فرد سیالات فوق بحرانی، یعنی اینکه آنها همزمان مانند مایع و مانند گاز رفتار می‌کنند، به کار می‌رود. استخراج با سیال فوق بحرانی نه تنها در سطح آزمایشگاهی بعنوان یک ابزار تحلیلی، بلکه در فرآوری صنعتی، عمدتاً کافئین‌زدایی از قهوه یا چای، استخراج اسانس‌ها، استخراج ترکیبات با ارزش افزوده بالا و اسیدهای چرب نیز وجود دارد. استخراج سیال فوق بحرانی به دلیل گزینش‌پذیری بالا، راندمان بالا و زمان استخراج کوتاه مورد توجه قرار گرفته است. عوامل مؤثر بر فرآیند استخراج سیال فوق بحرانی (دما، فشار و حلال کمکی) می‌باشد. این فناوری در سال‌های آینده رشد مداومی را تجربه خواهد کرد و با توجه به اعتبار سبز آن، برای توسعه پایدار مفید خواهد بود و به کاهش استفاده از مواد شیمیایی آلی کمک خواهد کرد.

۷- فهرست منابع

Akay, S.; Alpak, I.; Yesil-Celiktas, O. E_ects of process parameters on supercritical CO2 extraction of total phenols from strawberry (Arbutus unedo L.) fruits: An optimization study. J. Sep. Sci. **2011**, 34, 1925–1931.

Arranz, E.; Jaime, L.; Lopez de la Hazas, M.C.; Vicente, G.; Reglero, G.; Santoyo, S. Supercritical sage extracts as anti-inflammatory food ingredients. Ind. Crops Prod. **2014**, 54, 159–166.

Azmir, J.; Zaidul, I.S.M.; Rahman, M.M.; Sharif, K.M.; Mohamed, A.; Sahena, F.; Jahurul, M.H.A.; Ghafoor, K.; Norulaini, N.A.N.; Omar, A.K.M. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. J. Food Eng. **2013**, 117, 426–436.

Baldino, L.; Reverchon, E. Challenges in the production of pharmaceutical and food related compounds by SC-CO2 processing of vegetable matter. J. Supercrit. Fluids **2018**, 134, 269–273.

Basegmez, H.I.O.; Povilaitis, D.; Kitryt ˙ e, V.; Kraujalien˙ e, V.; Šulni ¯ ut˙ e, V.; Alasalvar, C.; Venskutonis, P.R. Biorefining of blackcurrant pomace into high value functional ingredients using supercriticalCO2, pressurized liquid and enzyme assisted extractions. J. Supercrit. Fluids **2017**, 124, 10–19.

Bubalo, C.M.; Vidovi´c, S.; Redovnikovi´c, I.R.; Joki´c, S. New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. Food Bioprod. Process. **2018**, 109, 52–73.

Cadena-Carrera, S.; Tramontin, D.P.; Cruz, A.B.; Cruz, R.C.B.; Müller, J.M.; Hense, H. Biological activity of extracts from guayusa leaves (Ilex guayusa Loes.) obtained by supercritical CO2 and ethanol as cosolvent. J. Supercrit. Fluids **2019**, 152, 1–9.

Carrara, V.S.; Filho, L.C.; Garcia, V.A.S.; Faiões, V.S.; Cunha-Júnior, E.F.; Torres-Santos, E.C.; Cortez, D.A.G. Supercritical Fluid Extraction of Pyrrolidine Alkaloid from Leaves of Piper amalago L. Evid. Based Complement. Altern. Med. **2017**, 2017, 1–6.

Chung, H.H.; Sung, Y.C.; Shyur, L.F. Deciphering the Biosynthetic Pathways of Bioactive Compounds in Planta Using Omics Approaches. In Medicinal Plants—Recent Advances in Research and Development; Tsay, H.S., Shyur, L.F., Agrawal, D.,Wu, Y.C.,Wang, S.Y., Eds.; Springer: Singapore, 2016; pp. 129–165.

Durante, M.; Lenucci, S.M.; Mita, G. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Carotenoids from Pumpkin (Cucurbita spp.): A Review. Int. J. Mol. Sci. **2014**, 15, 6725–6740.

Elgndi, M.A.; Filip, S.; Pavli´c, B.; Vladi´c, J.; Stanojkovi´c, T.; Žižak, Ž.; Zekovi´c, Z. Antioxidative and cytotoxic activity of essential oils and extracts of Satureja montana L., Coriandrum sativum L. and Ocimum basilicum L. obtained by supercritical fluid extraction. J. Supercrit. Fluids **2017**, 128, 128–137.

Erkucuk, A.; Akgun, I.H.; Yesil-Celiktas, O. Supercritical CO2 extraction of glycosides from Stevia rebaudiana leaves: Identification and optimization. J. Supercrit. Fluids **2009**, 51, 29–35Fornari, T.; Vicente, G.; Vázquez, E.; García-Risco, M.; Reglero, G. Isolation of essential oil from di_erent plants and herbs by supercritical fluid extraction. J. Chromatogr. A **2012**, 1250, 34–48.

Ghasemi, E.; Raofie, F.; Najafi, N.M. Application of response surface methodology and central composite design for the optimisation of supercritical fluid extraction of essential oils from Myrtus communis L. leaves. Food Chem. **2011**, 126, 1449–1453.

Herrero, M.; Cifuentes, A.; Ibanez, E. Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae. A review. Food Chem. **2006**, 98, 136–148.

Heim, K.E.; Tagliaferro, A.R.; Bobilya, D.J. Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. J. Nutr. Biochem. **2002**, 13, 572–584.

Kate, A.E.; Singh, A.; Shahi, N.C.; Pandey, J.P.; Prakash, O.M.; Singh, T.P. Novel Eco-Friendly Techniques for Extraction of Food Based Lipophilic Compounds from Biological Materials. Nat. Prod. Chem. Res. **2016**, 4, 1–7.

Liza, S.M.; Rahman, R.A.; Mandan, B.; Jinap, S.; Rahmat, A.; Zaidul, I.S.M.; Hamid, A. Supercritical carbon dioxide extraction of bioactive flavonoid from Strobilanthes crispus (Pecah Kaca). Food Bioprod. Process. **2010**, 88, 319–326.

Martinez-Correa, H.A.; Paula, J.T.; Kayano, A.C.A.V.; Queiroga, C.L.; Magalhães, P.M.; Costa, F.T.M.; Cabral, F.A. Composition and antimalarial activity of extracts of Curcuma longa L. obtained by a combination of extraction processes using supercritical CO2, ethanol and water as solvents. J. Supercrit. Fluids **2017**, 119, 122–129.

Pereira, C.G.; Meireles, A.A.M. Supercritical Fluid Extraction of Bioactive Compounds: Fundamentals, Applications and Economic Perspectives. Food Bioprocess Technol. **2010**, 3, 340–372.

Petrovic´,N.V.; Petrovic´, S.S.; Džamic´, A.M.; C´ iric´, A.D.; Ristic,M.S.;Milovanovic´, S.L.; Petrovic´, S.D. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of Thymus praecox supercritical extracts. J. Supercrit. Fluids **2016**, 110, 117–125.

Reverchon, E.; De Marco, I. Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. J. Supercrit. Fluids **2006**, 38, 146–166.

Rój, E.; Tadi´c, V.M.; Miši´c, D.; Žižovi´c, I.; Arsi´c, I.; Dobrzy´ nska-Inger, A.; Kostrzewa, D. Supercritical carbon dioxide hops extracts with antimicrobial properties. Open Chem. **2015**, 13, 1157–1171.

Ruan, X.; Cui, W.X.; Yang, L.; Li, Z.H.; Liu, B.; Wang, Q. Extraction of total alkaloids, peimine and peiminine from the flower of Fritillaria thunbergii Miq using supercritical carbon dioxide. J. CO2 Util. **2017**, 18, 283–293.

Sánchez-Camargo, A.P.; Mendiola, A.J.; Ibáñez, E.; Herrero, M. Supercritical Fluid Extraction. In Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering; Reedijk, J.,Waltham, M.A., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2014.

Uquiche, E.; Campos, C.; Marillán, C. Assessment of the bioactive capacity of extracts from Leptocarpha rivularis stalks using ethanol-modified supercritical CO2. J. Supercrit. Fluids **2019**, 147, 1–8.

Vedaraman, N.; Srinivasakannan, C.; Brunner, G.; Ramabrahmam, B.V.; Rao, P.G. Experimental and modeling studies on extraction of cholesterol from cow brain using supercritical carbon dioxide. J. Supercrit. Fluids **2005**, 34, 27–34.

Wrona, O.; Rafin´ ska, K.; Moz˙ en´ iska, C.; Buszewski, B. Supercritical Fluid Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials. J. AOAC Int. **2017**, 100, 1624–1635.

Aplication of supercritical fluid for extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials

Samad Badbadak[1], Somayeh Mohammadkhani[2]

[1-] Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahar, University of Tabriz, Iran.

[2-] PhD Student in Food Biotechnology, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

Abstract

In this review, recent advances in green technology for the extraction of natural bioactive components from plant sources are discussed. Various new extraction methods and conventional extraction methods have been developed, however, no unique approach has been proposed as a standard for the extraction of natural bioactive compounds from plants. The selectivity and efficiency of traditional and modern extraction techniques generally depend on the selection of critical input parameters, understanding the nature of plant samples, the structure of bioactive compounds, and good scientific skills. The aim of this review is to discuss recent advances in supercritical fluid extraction techniques, particularly supercritical carbon dioxide, along with the basic principles of extracting bioactive compounds from natural plant materials such as medicinal plants, spices, aromatic and medicinal plants.

Keywords: Bioactive compounds, supercritical fluids, co-solvent, essential oils, medicinal plants.

کاربرد فرآیند الکتروریسی برای تولید نانوفیبر داروهای گیاهی

صمد بدبدک*[1]، سمیه محمدخانی[2]

۱- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، ایران.

۲- دانشجوی دکترای زیست‌فناوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

چکیده

داروهای گیاهی سابقه طولانی در اثربخشی پزشکی با سمیت کم، عوارض جانبی و زیست‌سازگاری خوب دارند. با این حال، فراهمی زیستی عصاره گیاهان خام و ترکیبات زیست‌فعال به دلیل حلالیت کم آنها در آب ضعیف است. به منظور غلبه بر مشکلات حلالیت، فناوری الکتروریسی می‌تواند جایگزین مناسبی برای حلالیت آنها ارائه دهد. فیبر الکتروریسی شده دارای مزایایی از جمله مساحت سطح ویژه بالا، تخلخل بالا، استحکام مکانیکی عالی و ساختارهای انعطاف‌پذیر هستند. در این بررسی پیشرفت‌های اخیر در کاربردهای این نانوفیبر داروهای گیاهی در زمینه‌های زیست‌پزشکی (دارورسانی، پانسمان زخم، مهندسی بافت) و مواد غذایی به همراه چشم‌انداز آینده آنها مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: دارورسانی، پانسمان زخم، مهندسی بافت، بسته‌بندی مواد غذایی.

۱. مقدمه

داروهای گیاهی بطور گسترده در طب سنتی مانند طب سنتی چینی (TCM)، طب هندی، کامپو ژاپنی، طب کره‌ای و غیره استفاده می‌شوند (Feng et al ., 2018). اجزای زیست‌فعال داروهای گیاهی سنتی عمدتاً شامل فنول‌ها، ساپونین‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، ترپنوئیدها و آلکالوئیدها هستند. آنها اثرات ضد باکتری، ضد ویروسی، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضد تومور، ضد درد، تنظیم ایمنی و بازسازی بافت دارند. اگرچه داروهای گیاهی سنتی قرن‌هاست که مورد استفاده قرار می‌گیرند و تأثیر خوبی در مبارزه با بیماری‌ها دارند، اما دارای معایبی مانند حلالیت ضعیف ترکیبات زیست‌فعال و نفوذپذیری ضعیف بیوفیلم‌ها نیز هستند که باعث می‌شود فراهمی زیستی اجزای گیاهی کم باشد (Bonifácio et al ., 2014). سیستم‌های دارورسانی سنتی، مانند عصاره‌ها، مایعات خوراکی، گرانول‌ها، پودرها و کپسول‌ها، نمی‌توانند بر این مشکلات غلبه کنند. توسعه فناوری نانو، فراهمی زیستی این ترکیبات زیست‌فعال را افزایش داده و بطور مشترک سیستم‌های دارورسانی ایمن، مؤثر و راحت را ارتقا داده است (Yu , 2021). در حال حاضر، فناوری تولید نانوفیبر شامل کشش، خودآرایی ، جداسازی فاز، سنتز الگو، رسوب بخار فیزیکی و شیمیایی، رسوب الکتروشیمیایی، فرسایش لیزری، خشک کردن انجمادی، ریسندگی خشک-مرطوب، ریسندگی فورس و الکتروریسی است (Li et al ., 2015). در میان آن‌ها، الکتروریسی فرآیندی ساده، کم‌هزینه، با راندمان و تکرارپذیری بالا و طیف وسیعی از مواد اولیه است. نانوفیبر پیوسته با قطرهایی از میکرون تا نانومتر را می‌توان با بهینه‌سازی شرایط فرآیند تولید کرد. مواد پلیمری مصنوعی و طبیعی برای فرآیند ساخت حیاتی هستند. آنها فعالیت و مکانیسم تحویل داروهای گیاهی را تعیین می‌کنند. بیشتر پلیمرهای طبیعی زیست سازگار، غیرسمی، زیست تخریب پذیر و همه کاره هستند. این تطبیق پذیری در خواص شبیه ماتریکس خارج سلولی (ECM) آن منعکس می‌شود که تکثیر و چسبندگی سلولی را تقویت می‌کند. همچنین می‌توان از آن برای ساخت داربست استفاده کرد تا محیطی ایده‌آل برای رشد و تکثیر سلول فراهم شود. با این حال، آن‌ها محدودیت‌هایی مانند خواص مکانیکی ضعیف، تخریب سریع کنترل نشده و احتمال آلودگی پاتوژن دارند. به منظور غلبه بر این مشکلات، برخی از پلیمرهای مصنوعی بیولوژیکی به دلیل کیفیت یکنواخت، انعطاف‌پذیری در سنتز، پردازش و اصلاح و پایداری مکانیکی خوب آن‌ها در داخل بدن مورد توجه قرار گرفته‌اند.

با این حال، این پلیمرهای مصنوعی بیولوژیکی برای اطمینان از قابلیت کنترل و قابلیت تحویل هدف، "پوشش داده می‌شوند". از این رو، ترکیبی از پلیمرهای مصنوعی طبیعی و بیولوژیکی می‌تواند با حفظ خواص بیولوژیکی پلیمرهای طبیعی، چسبندگی و تکثیر سلولی بهتری را تقویت کند تا خواص مکانیکی خوب، دوام و زیست تخریب پذیری کنترل شده را ارائه دهد. این بررسی با هدف بررسی آخرین پیشرفت‌های نانوفیبر داروهای گیاهی الکتروریسی شده در کاربردهای دارورسانی، بهبود زخم، بازسازی بافت و بسته‌بندی مواد غذایی انجام شده است. توسعه کاربرد فناوری الکتروریسی و مواد پلیمری مختلف برای انکپسوله کردن داروهای گیاهی به ترتیب مورد بحث قرار گرفته است.

۲. معرفی فناوری الکتروریسی

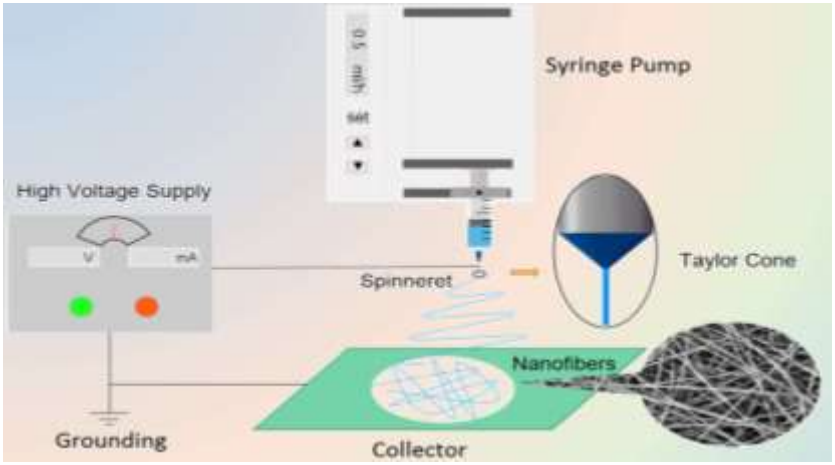
الکتروریسی (ES) شاخه‌ای از اتمیزاسیون الکتروهیدرودینامیک (EHDA) است که می‌تواند برای تولید فیبر تک لایه یا چند لایه با مورفولوژی کنترل‌شده (ساختارهای چند بعدی ۱D- ۳D یا نانوساختارهای پیچیده) در مقیاس میکرون و نانو با اصلاح پلیمرها، حلال‌ها یا استفاده از افزودنی‌هایی مانند سورفکتانت‌ها و عوامل اتصال عرضی استفاده شود. در عین حال، فرآیند الکتروریسی در حین استفاده گرما تولید نمی‌کند، که برای حفظ اجزای ساختاری مواد زیست فعال در طول پردازش و ذخیره‌سازی بسیار مهم است. به دلیل سادگی، هزینه کم، مقیاس‌پذیری آسان، انعطاف‌پذیری مواد و عملکرد جایگزین و راندمان بالا، الکتروریسی در تولید نانوفیبر مزیت خاصی را دارد. فناوری الکتروریسی فرآیندی است که در آن جت مایع باردار از سطح مایع با استفاده از توان ولتاژ بالا برای غلبه بر محلول پلیمری چسبناک خارج می‌شود. منبع تغذیه ولتاژ بالا که سوزن و جمع‌کننده فلزی را بهم متصل می‌کند، یک میدان الکتریکی بالا ایجاد می‌کند. تحت اعمال میدان الکتریکی ولتاژ بالا، محلول ریسندگی (محلول، سوسپانسیون، مذاب) سیال پیوسته را با سرعت جریان پایدار از طریق سوزن بیرون می‌کشد و میکرو/نانوفیبر حاصل بطور تصادفی روی جمع‌کننده متصل به زمین (Vongsetskul et al ., 2016) جمع‌آوری می‌شوند. شمای کلی دستگاه اصلی الکتروریسی در شکل ۱ اورده شده است. ویژگی‌های نانوفیبر الکتروریسی شده عبارتند از قطر کوچک فیبر، مساحت سطح بالا، تخلخل بالا، خاصیت ارتجاعی و عامل‌دار شدن آسان. نانوفیبر تشکیل شده از پلیمرهای طبیعی و مصنوعی دارای خواص مکانیکی بالا، راندمان بالای انکپسوله‌سازی، خواص رهایش پایدار، زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری، سمیت کم و شباهت ساختاری به محیط خارج سلولی بافت‌ها هستند. این خواص می‌توانند از سنتز سلولی پروتئین‌های خاص و سایر فرآیندهای بیوشیمیایی و بیولوژیکی مورد نیاز برای رشد بافت سالم پشتیبانی کنند. در زمینه زیست‌پزشکی، فیبر الکتروریسی شده می‌توانند بعنوان مواد داربست برای کشت سلول/بافت، مواد پانسمان زخم (Kant et al ., 2021) و حامل‌هایی برای دارورسانی موضعی/پوستی/ترانس‌درمال (Li et al ., 2015) استفاده شوند. نانوفیبر همچنین می‌توانند برای درمان هدفمند در کاربردهای پزشکی مهم باشند زیرا ویژگی‌های انکپسوله‌سازی بالایی دارند که می‌توانند از داروهای ضدالتهاب، ضدباکتری، آنتی‌اکسیدان یا ضدسرطان (طب سنتی چینی و طب غربی)، ترکیبات زیست‌فعال (عصاره‌ها)، فاکتورهای رشد، مولکول‌های کوچک، پروتئین‌ها، DNA و غیره محافظت کنند (Farahani et al ., 2020). بر اساس تعداد محلول ریسندگی، می‌توان آن را به الکتروریسی تک سیالی، الکتروریسی دو سیالی و الکتروریسی چند سیالی تقسیم کرد. بر اساس نوع محلول ریسندگی، الکتروریسی را می‌توان به الکتروریسی مخلوط، الکتروریسی مذاب، الکتروریسی امولسیونی و الکتروریسی سوسپانسیونی (بعنوان مثال تک سیالی) تقسیم کرد. بر اساس ساختار سر ریسندگی، الکتروریسی دو سیالی و چند سیالی را می‌توان به الکتروریسی کوآکسیال و الکتروریسی جانوس تقسیم کرد.

۳- کاربرد نانوفیبرهای حاوی داروهای گیاهی

۳-۱. سیستم دارورسانی

سیستم‌های دارورسانی نانوداروی گیاه در سال‌های اخیر به دلیل دارورسانی دقیق، کاهش سمیت و افزایش فعالیت و پتانسیل غلبه بر مشکلات مربوط به گیاهان دارویی، به یک موضوع تحقیقاتی جذاب تبدیل شده‌اند. در مقایسه با سایر سیستم‌های دارورسانی، الکتروریسی یک فرآیند "یک مرحله‌ای" با استفاده از مواد اولیه ارزان‌تر است. نانوفیبرهای الکتروریسی شده به

دلیل خواص عملکردی بالا و منحنی‌های مختلف آزادسازی کنترل‌شده دارو (مانند آزادسازی فوری، پایدار و دوفازی بعنوان حامل دارو در سیستم‌های دارورسانی استفاده می‌شوند. انکپسوله کردن داروهای گیاهی در نانوفیبرها مزایای متعددی دارد: (۱) به ویژه در فرم خوراکی برای بهبود پذیرش بیمار، امکان خودمدیریتی، و امکان تجویز موضعی، که سمیت داروهای سیستمیک را تا حد زیادی کاهش می‌دهد (Nam et al 2017) ؛ (۲) اثر درمانی را می‌توان با افزایش فراهمی زیستی و حفظ غلظت دارو به حداکثر رساند ؛ (۳) حلالیت دارو را افزایش داده و آزادسازی سریع دارو را افزایش می‌دهد (Baranauskaite et al ., 2019).



شکل ۱- دیاگرام دستگاه الکتروریسی

۲-۴. پانسمان زخم

پانسمان‌های زخم باید ساختاری شبیه پوست، زیست‌فعال و زیست‌تخریب‌پذیر داشته باشند (Liakos et al ., 2015). الزامات کلی برای یک پانسمان زخم ایده‌آل عبارتند از ظرفیت تورم بالا، تخلخل، نفوذپذیری خوب بخار آب، حفظ محیط مرطوب در محل زخم، جذب ترشحات اضافی از زخم، اساساً غیرچسبنده، آسان برای جابجایی، غیرسمی و غیرآلرژیک، فراهم کردن دبریدمان متوسط، فراهم کردن پایداری مکانیکی و فراهم کردن محافظت در برابر تهاجم و آلودگی میکروبی. در حال حاضر، پانسمان‌های مدرن با استفاده از پلیمرهای طبیعی یا مصنوعی یا ترکیبی از هر دو، بر روی فیبر، فیلم‌ها، ژل‌ها و غیره متمرکز شده‌اند (Jenifer et al ., 2021). غشای نانوفیبر الکتروریسی شده دارای خواص منحصر به فرد بسیاری است که نیازهای بهبود زخم را برآورده می‌کند (Ganesh and Rajan ., 2022). اندازه بسیار ریز فیبر الکتروریسی شده، انعطاف‌پذیری مکانیکی را تضمین می‌کند و در نتیجه انطباق عالی بین پد نبافته و محل زخم را تضمین می‌کند. به این ترتیب، بانداژهای نانوفیبری می‌توانند بافت آسیب‌دیده را بطور کامل بپوشانند، از عفونت و کم‌آبی جلوگیری کنند و همچنین عایق حرارتی باشند. از سوی دیگر، تخلخل بالای توری الکتروریسی شده برای نفوذ گاز، انتقال مواد مغذی، احتباس آب و جذب ترشحات مفید است. علاوه بر این، شباهت مورفولوژیکی و نسبت حجم سطح بالای نانوفیبری به ECM برای چسبندگی، تکثیر و تمایز سلولی در طول بازسازی بافت مفید است. نانوفیبرها همچنین می‌توانند بعنوان حامل برای رساندن مواد درمانی (مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، عوامل ضدالتهاب و عوامل ضدباکتری) بطور مستقیم به محل زخم استفاده شوند (Liakos et al ., 2015).

به منظور جلوگیری از واکنش‌های نامطلوب و افزایش بیشتر توانایی بهبود زخم‌ها، عصاره‌های گیاهی یا داروهای گیاهی با اثرات ضد میکروبی می‌توانند در زخم‌ها گنجانده شوند تا بازسازی سلول را افزایش داده و از جامعه میکروبی در بستر زخم در برابر بهبود طبیعی زخم محافظت کنند (Zare et al ., 2021). در حال حاضر، بسیاری از گیاهان دارویی بطور گسترده برای درمان زخم در نقاط مختلف جهان، به ویژه در کشورهای جنوب شرقی آسیا، استفاده می‌شوند. مواد شیمیایی گیاهی مانند فنول‌ها، تانن‌ها، ترپنوئیدها، آلکالوئیدها و فلاونوئیدها، اثرات ضد باکتریایی دارند. بانداژهای نانوفیبر ضد باکتری گیاهی

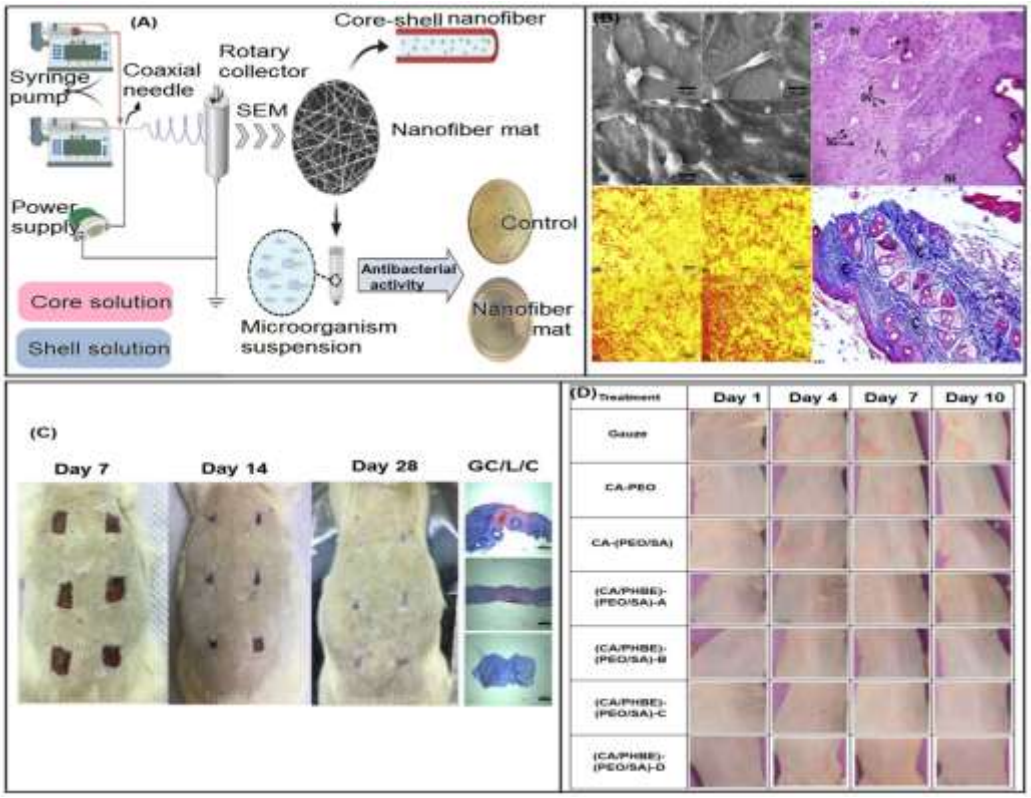
طبیعی به عنوان یک جهت تحقیقاتی جدید، مزیت آن این است که می‌تواند خواص آنتی‌اکسیدانی گونه‌های فعال اکسیژن را مهار یا حذف کند، عوارض جانبی سمی کمتری داشته باشد، از نظر زیست‌محیطی پایدار باشد، به راحتی قابل تهیه باشد و هزینه کمتری داشته باشد. ترکیب داروهای گیاهی و عصاره‌های زیست فعال آنها می‌تواند هم زخم‌های مزمن و حاد را بهبود بخشد و هم مزایای مراقبت‌های بهداشتی دیگری را ارائه دهد (Agnes Mary and Giri Dev ., 2015). برخی از انواع گیاهان دارویی ضد باکتری در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- انواع داروهای گیاهی ضد باکتری.

گیاهان دارویی	خانواده‌ها، جنس‌ها	روش استخراج	موادتشکیل‌دهنده‌ی مورد استفاده	مهارکننده‌ی فلور	منبع
Aloe vera	*Liliaceae*	-	ژل آلوئه ورا	*Staphylococcus aureus* /*Staphylococcus epidermidis*	Zahedi et al (., 2019)
Curcuma longa L.	*Turmericaceae*	هیدرولیز اسیدی	کورکومین	*Bacillus cereus*/*Escherichia coli*/*Salmonella ty-Phimurium* /*Staphylococcus aureus*	Mitra et al . (2022)
Azadirachta indica	*Meliaceae*	متانول/استیل/آب	Azadirachtin	*Staphylococcus aureus*	Ali and Shahid ., (2019)
Calendula officinalis	*Composite family*	الکل اتیل	/	*Staphylococcus aureus*/*Escherichia coli*	Kharat et al (., 2021)
Lawsonia inermis (Henna)	*Lythraceae*	آب/اتانول	Lawsone	*Staphylococcus aureus*/*Escherichia coli*	Hadisi et al (., 2018)
Halepensis	*Coniferous species*	آب	/	/	Kotroni et al (., 2019)

Barzegar و همکاران (2021) داربست نانوفیبری هسته-پوسته را با کیتوزان (CS)/پلی‌وینیل الکل (PVA) به عنوان هسته و پلی‌وینیل پیرولیدون (PVP)/مالتودکسترین (MD) به عنوان پوسته مطالعه کردند. اسانس S. mutica (Satureja mutica) یا Oliveria decumbens (O. decumbens) در هسته براکت کپسوله شده است. داربست هسته-پوسته CS/PVA/EO-PVP/MD دارای ساختار یکنواخت و بدون مهره است و خواص مکانیکی مناسبی را نشان می‌دهد. افزودن اسانس‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی داربست‌ها را افزایش داد (۶۴,۱۲ ± ۵,۵۵ و ۶۱,۷۴ ± ۳,۲۰٪). آزمایش ضدباکتریایی نهایی نشان داد که ۱۰٪ اسانس *S. mutica* یا *O. decumbens* بارگذاری شده بهترین اثر ضدباکتریایی را داشت و فعالیت ضدمیکروبی داربست را افزایش داد. (شکل ۲-A). Hadisi و همکاران. (2018) یک نانوفیبر ژلاتین/نشاسته اکسید شده حاوی Lawononia inermis را برای درمان زخم‌های سوختگی توسعه داد (شکل ۲- B) غلظت زیست فعال در نانوفیبرها بیش از ۳۰٪ است و به دلیل کاهش ویسکوزیته، مهره‌ها ظاهر می‌شوند. آزمایش‌های برون¬تنی نشان داد که خواص ضد باکتریایی خوبی دارد و می‌تواند تکثیر فیبروبلاست و ترشح کلاژن را افزایش دهد. در مدل موشی درون تنی، ناحیه التهابی و زمان بهبود زخم کاهش یافت. پس از ۴ روز بازسازی پوست، اپیتلیزاسیون، رگ‌های خونی، فولیکول‌های مو، غدد چربی و کلاژن به خوبی سازمان یافته در ترتیب و دوره زمانی صحیح تشکیل شدند. این یک ایده عملی برای درمان زخم سوختگی ارائه می‌دهد.برای درمان زخم‌های مزمن ناشی از دیابت، Bo و همکاران (Yang et al ., 2019) روشی را برای بارگذاری دو داروی گیاهی سنتی پایه کورکومین و لیتوسپرمی در ژلاتین و الکتروریسی آنها بر روی داربست‌های کیتوزان برای تهیه داربست‌های نانوفیبری دو لایه پیشنهاد کردند (شکل ۲- C). در مدل موش دیابتی STZ، میزان بهبودی در روز، ۵۸/۷ ± ۷٪ افزایش یافت و زخم، سطح کلاژن

بالاتر و میزان آزادسازی فاکتور رشد تبدیل کننده بتا (TGF-β) بالاتری نسبت به سایر زخم‌های تحت درمان با پانسمان زخم تولید کرد. درماتیت در پوست شایع‌ترین نوع ، به ویژه التهاب ناشی از آلرژی و آفتاب سوختگی ناشی از نور ماوراء بنفش است. Kotroni و همکاران (2019) پانسمان‌های میکرو/نانوفیبر آلژینات حاوی فعالیت ضد التهابی پوست Pinus halepensis (PHBE) را مطالعه کردند (شکل ۲-D).



شکل ۲- کاربرد نانوفیبرهای حاوی داروهای گیاهی در انواع مختلف زخم. (A) داربست نانوفیبر هسته-پوسته CS/PVA/EO-PVP/MD برای استراتژی پانسمان زخم. (B) اثرات ماده زیست فعال فیبر Lawononia inermis برای استراتژی سوختگی بر روی سلول‌ها و کلاژن و ارزیابی درون تنی (H: فولیکول‌های مو؛ bV: رگ‌های خونی؛ f: فیبروبلاست‌ها؛ c: کلاژن؛ iC: سلول‌های التهابی؛ sG: غدد سباسه؛ nE: اپیتلیالیزاسیون جدید). (C) درمان بازسازی پوست در موش‌ها با داروهای گیاهی دوگانه برای زخم‌های دیابتی. (D) ارزیابی بالینی التهاب پوست

۳-۴. مهندسی بافت

با پیشرفت فناوری نانو، داربست‌های مهندسی بافت به روشی امیدوارکننده به عنوان حامل دارو برای رساندن مؤثر دارو به هدف و زیست‌مواد قابل کاشت ماتریکس خارج سلولی شبیه‌سازی شده برای ترمیم یا جایگزینی بافت‌های آسیب‌دیده استفاده شوند و در نتیجه سلامت و کیفیت زندگی بیماران را بهبود بخشند (Wang et al ., 2022). داربست ایده‌آل برای مهندسی بافت باید سه ویژگی اصلی داشته باشد. (۱) زیست‌سازگاری را فراهم کند؛ (۲) مکانیکی قابل اعتماد؛ (۳) از نظر ترکیب و ساختار مشابه ماتریکس خارج سلولی باشد. فیبر الکتروریسی با تخلخل بالا، نفوذپذیری بالا و مساحت سطح بالا می‌توانند تبادل مواد مغذی، متابولیسم و کنترل سیگنالینگ سلولی را بهبود بخشند، ECM را تقلید کنند و چسبندگی، تکثیر، مهاجرت و تمایز سلولی را افزایش دهند. مواد زیست‌تخریب‌پذیر اغلب برای شبیه‌سازی محیط فیزیولوژیکی برای افزایش ایمنی‌زایی بیولوژیکی استفاده می‌شوند. به دلیل انعطاف‌پذیری در انتخاب مواد و توانایی تنظیم عملکرد داربست، داربست‌های الکتروریسی در طیف وسیعی از کاربردهای بافتی، از جمله رگ‌های خونی، استخوان‌ها و اعصاب، مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در تحقیقات عملی، ما داروهای گیاهی و عصاره‌های آنها را برای رفع نیازهای تغذیه‌ای و بیولوژیکی سلول‌های خاص تشکیل‌دهنده بافت و افزایش ترمیم و بازسازی اهداف بافت/اندام آسیب‌دیده اضافه خواهیم کرد (Xia et al ., 2011).

۴-۴. بسته‌بندی مواد غذایی

با بهبود کیفیت زندگی، مردم توجه بیشتری به ایمنی مواد غذایی نشان می‌دهند و مصرف‌کنندگان نگران عوارض جانبی افزودنی‌های غذایی مصنوعی و بسته‌بندی‌های پلاستیکی بر سلامت انسان هستند. بنابراین، توسعه بسته‌بندی‌های زیستی برای نگهداری مواد غذایی همیشه موضوع مهمی بوده است. در این زمینه، غشاهای نانوفیبری فعال با ترکیب ترکیبات ضد باکتری و آنتی‌اکسیدان با مواد بیوپلیمری تولید می‌شوند تا مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آلودگی میکروبی و مواد غیر قابل تجزیه را کاهش دهند، ماندگاری مواد غذایی را افزایش دهند و نیازهای سلامت و حفاظت از محیط زیست را برآورده کنند (Mujtaba et al ., 2019). در میان موادی که خاصیت ضد باکتریایی دارند، برخی از متابولیت‌های ثانویه گیاهان علفی، مانند اسانس‌ها(EO)، عمدتاً ترپنوئیدها هستند که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد باکتریایی دارند. برای مثال، اسانس *Ziziphora clinopodioides* (ZEO) و روغن اسانس کنجد (SO) (Karami et al ., 2021)، اسانس‌های *Laurus nobilis* و رزماری *Rosmarinus officinalis* (Göksen et al ., 2020)، اسانس *Oliveria decumbens Vent* (OEO) (Abbasi et al ., 2021) برای نگهداری غذاهای پرچرب استفاده می‌شوند. با این حال، مواد فعال مؤثر معمولاً تحت تأثیر حلالیت ضعیف، فراریت بالا و عوامل محیطی (حساسیت به گرما) قرار می‌گیرند. علاوه بر این، EO بوی تحریک‌کننده خاصی دارد که ممکن است بر طعم اصلی غذا تأثیر بگذارد، بنابراین می‌توان از دوز کمی استفاده کرد که این امر عملکرد را در کاربرد عملی محدود می‌کند (Göksen et al ., 2020). فناوری الکتروریسی به دمای بالا نیاز ندارد و اجزای فعال تا حد زیادی تجزیه نمی‌شوند. نانوفیبر فعال ریسیده شده نهایی، راندمان انکپسولاسیون بالایی برای بهبود حلالیت دارند و می‌توانند بطور مداوم و مؤثر آزاد شوند (Karami et al ., 2021).

۵. نتیجه‌گیری و چشم‌انداز

برای توسعه یک سیستم دارورسانی جدید گیاهی، از نانوفیبر به دلیل مساحت سطح بالا و تخلخل و همچنین ویژگی‌های ECM شبیه‌سازی شده، برای رساندن عصاره‌های دارویی گیاهی و اجزای زیست فعال طبیعی استفاده می‌شود. فناوری الکتروریسی در زمینه‌های مختلف پزشکی مانند دارورسانی، پانسمان زخم، داربست‌های مهندسی بافت و بسته‌بندی بیولوژیکی موادغذایی به کار گرفته شده است. در حال حاضر، توسعه نانوفیبر الکتروریسی شده حاوی عصاره‌های خام گیاهی در مرحله اولیه خود است. در آینده، مسیرهای زیر شایسته توجه بیشتری هستند:

تحقیقات بیشتر در مورد ایمنی و اثربخشی آن‌ها، به ویژه در عمل بالینی؛

- اثرات هم‌افزایی داروهای گیاهی الکتروریسی شده با سایر مواد فعال شیمیایی؛
- کاربردهای نانوساختارهای پیچیده الکتروریسی شده برای دستکاری رفتارهای رهایش دارو در داروهای گیاهی؛
- تولید داروهای گیاهی الکتروریسی شده در مقیاس صنعتی.

فهرست منابع:

Agnes Mary, S., & Giri Dev, V. R. (2015). In vivo bioactivity of herbal-drug-incorporated nanofibrous matrixes. *Journal of Applied Polymer Science*, *132*(26).

Ali, A., & Shahid, M. A. (2019). Polyvinyl alcohol (PVA)–Azadirachta indica (Neem) nanofibrous mat for biomedical application: formation and characterization. *Journal of Polymers and the Environment*, *27*(12), 2933-2942.

Abbasi, H., Fahim, H., & Mahboubi, M. (2021). Fabrication and characterization of composite film based on gelatin and electrospun cellulose acetate fibers incorporating essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *15*(2), 2108-2118.

Bonifácio, B. V., da Silva, P. B., Ramos, M. A. D. S., Negri, K. M. S., Bauab, T. M., & Chorilli, M. (2014). Nanotechnology-based drug delivery systems and herbal medicines: a review. *International journal of nanomedicine*, 1-15.

Baranauskaite, J., Adomavičiūtė, E., Jankauskaitė, V., Marksa, M., Barsteigienė, Z., & Bernatoniene, J. (2019). Formation and investigation of electrospun Eudragit E100/oregano mats. *Molecules*, *24*(3), 628.

Barzegar, S., Zare, M. R., Shojaei, F., Zareshahrabadi, Z., Koohi-Hosseinabadi, O., Saharkhiz, M. J., ... & Khorram, M. (2021). Core-shell chitosan/PVA-based nanofibrous scaffolds loaded with Satureja mutica or Oliveria decumbens essential oils as enhanced antimicrobial wound dressing. *International Journal of Pharmaceutics*, *597*, 120288.

Feng, W., Ao, H., & Peng, C. (2018). Gut microbiota, short-chain fatty acids, and herbal medicines. *Frontiers in pharmacology*, *9*, 1354.

Farahani, H., Barati, A., Arjomandzadegan, M., & Vatankhah, E. (2020). Nanofibrous cellulose acetate/gelatin wound dressing endowed with antibacterial and healing efficacy using nanoemulsion of Zataria multiflora. *International Journal of Biological Macromolecules*, *162*, 762-773.

Göksen, G., Fabra, M. J., Ekiz, H. I., & López-Rubio, A. (2020). Phytochemical-loaded electrospun nanofibers as novel active edible films: Characterization and antibacterial efficiency in cheese slices. *Food Control*, *112*, 107133.

Ganesh, K. R., & Rajan, T. P. (2022). A review on electrospinning of natural bio herbs blended with polyvinyl alcohol nanofibres for biomedical applications.

Hadisi, Z., Nourmohammadi, J., & Nassiri, S. M. (2018). The antibacterial and anti-inflammatory investigation of Lawsonia Inermis-gelatin-starch nano-fibrous dressing in burn wound. *International journal of biological macromolecules*, *107*, 2008-2019.

Jenifer, P., Kalachaveedu, M., & Pandian, R. (2021). In vivo evaluation of Acalypha indica extract incorporated electrospun guar/PVA nanofibrous mats for use as active wound dressing material. *Pharmacognosy Magazine*, *17*(76).

Karami, N., Kamkar, A., Shahbazi, Y., & Misaghi, A. (2021). Electrospinning of double-layer chitosan-flaxseed mucilage nanofibers for sustained release of Ziziphora clinopodioides essential oil and sesame oil. *Lwt*, *140*, 110812.

Kant, V., Kumari, P., Jitendra, D. K., Ahuja, M., & Kumar, V. (2021). Nanomaterials of natural bioactive compounds for wound healing: novel drug delivery approach. *Current Drug Delivery*, *18*(10), 1406-1425.

Kotroni, E., Simirioti, E., Kikionis, S., Sfiniadakis, I., Siamidi, A., Karalis, V., ... & Rallis, M. (2019). In vivo evaluation of the anti-inflammatory activity of electrospun micro/nanofibrous patches loaded with Pinus halepensis bark extract on hairless mice skin. *Materials*, *12*(16), 2596.

Kharat, Z., Goushki, M. A., Sarvian, N., Asad, S., Dehghan, M. M., & Kabiri, M. (2021). Chitosan/PEO nanofibers containing Calendula officinalis extract: Preparation, characterization, in vitro and in vivo evaluation for wound healing applications. *International Journal of Pharmaceutics*, *609*, 121132.

Li, H., Wan, H., Xia, T., Chen, M., Zhang, Y., Luo, X., & Li, X. (2015). Therapeutic angiogenesis in ischemic muscles after local injection of fragmented fibers with loaded traditional Chinese medicine. *Nanoscale*, *7*(30), 13075-13087.

Liakos, I., Rizzello, L., Hajiali, H., Brunetti, V., Carzino, R., Pompa, P. P., ... & Mele, E. (2015). Fibrous wound dressings encapsulating essential oils as natural antimicrobial agents. *Journal of Materials Chemistry B*, *3*(8), 1583-1589.

Mitra, S., Mateti, T., Ramakrishna, S., & Laha, A. (2022). A review on curcumin-loaded electrospun nanofibers and their application in modern medicine. *Jom*, *74*(9), 3392-3407.

Mujtaba, M., Akyuz, L., Koc, B., Kaya, M., Ilk, S., Cansaran-Duman, D.,..& Boufi, S. (2019). Novel, multifunctional mucilage composite films incorporated with cellulose nanofibers. *Food Hydrocolloids*, *89*, 20-28.

Nam, S., Lee, J. J., Lee, S. Y., Jeong, J. Y., Kang, W. S., & Cho, H. J. (2017). Angelica gigas Nakai extract-loaded fast-dissolving nanofiber based on poly (vinyl alcohol) and Soluplus for oral cancer therapy. *International journal of pharmaceutics*, *526*(1-2), 225-234.

Vongsetskul, T., Phurayar, P., Chutimasakul, T., Tuchinda, P., Uamsiri, S., Kumkate, S., ... & Tangboriboonrat, P. (2016). Acanthus ebracteatus Vahl. extract-loaded cellulose acetate ultrafine fibers as a topical carrier for controlled-release applications. *Polymer Bulletin*, *73*(12), 3319-3331.

Wang, L., Cheng, W., Zhu, J., Li, W., Li, D., Yang, X., ... & Zhang, K. (2022). Electrospun nanoyarn and exosomes of adipose-derived stem cells for urethral regeneration: Evaluations in vitro and in vivo. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *209*, 112218.

Xia, L., Lenaghan, S. C., Wills, A. B., Chen, Y., & Zhang, M. (2011). Evaluation of the nanofibrillar structure of Dioscorea opposite extract for cell attachment. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *88*(1), 425-431.

Yu, D. G. (2021). Preface-bettering drug delivery knowledge from pharmaceutical techniques and excipients. *Curr. Drug Deliv*, *18*(1), 2-3.

Yang, B. Y., Hu, C. H., Huang, W. C., Ho, C. Y., Yao, C. H., & Huang, C. H. (2019). Effects of bilayer nanofibrous scaffolds containing curcumin/lithospermi radix extract on wound healing in streptozotocin-induced diabetic rats. *Polymers*, *11*(11), 1745.

Zare, M. R., Khorram, M., Barzegar, S., Asadian, F., Zareshahrabadi, Z., Saharkhiz, M. J., ... & Zomorodian, K. (2021). Antimicrobial core–shell electrospun nanofibers containing Ajwain essential oil for accelerating infected wound healing. *International journal of pharmaceutics*, *603*, 120698.

Zahedi, E., Esmaeili, A., Eslahi, N., Shokrgozar, M. A., & Simchi, A. (2019). Fabrication and characterization of core-shell electrospun fibrous mats containing medicinal herbs for wound healing and skin tissue engineering. *Marine drugs*, *17*(1), 27.

Application of Electrospinning Process for Herbal Medicine Nanofibers

Samad Badbadak[1], Somayeh Mohammadkhani[2]

1-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahar, University of Tabriz, Iran .

2- PhD Student of Food Biotechnology, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

Abstract

Herbal medicines have a long history of medical efficacy with low toxicity, side effects, and good biocompatibility. However, the bioavailability of crude plant extracts and bioactive compounds is poor due to their low solubility in water. In order to overcome the solubility problems, electrospinning technology can provide a suitable alternative for their solubility. Electrospun fibers have advantages such as high specific surface area, high porosity, excellent mechanical strength, and flexible structures. In this review, recent advances in the applications of these herbal nanofibers in biomedical (pharmaceutical, wound dressing, tissue engineering) and food fields are discussed along with their future prospects.

Keywords: Drug delivery, wound dressing, tissue engineering, food packaging.

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine
MEDCI6
وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربت حیدریه

روش های رایج جهت استخراج کورکومین

صمد بدبدک*[۱]، صبا یدالهی[۲]، نرگس محمدحسینی[۲]

۱-دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز
* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

چکیده:

کورکومین، ماده‌ی موثره‌ی اصلی زردچوبه، به دلیل پروفایل ایمنی مطلوب و خواص درمانی گسترده، توجه حوزه‌ی پژوهش و صنعت را به خود جلب کرده است. مطالعات، پتانسیل قابل‌توجه کورکومین و مشتقات آن (کورکومینوئیدها) را در مدیریت و درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها نشان داده‌اند. از جمله این موارد می‌توان به تسکین دردهای نوروپاتیک، کمک به درمان افسردگی، مهار رگزایی و رشد تومورها، و همچنین نقش آن در کنترل دیابت و محافظت از ارگان‌های حیاتی مانند کبد، ریه، قلب و سیستم عصبی اشاره کرد.این کاربردهای چندگانه و ارزشمند، تقاضای جهانی برای کورکومین خالص را به شدت افزایش داده و آن را به یک ترکیب با ارزش در بازار تبدیل کرده است. در نتیجه، استخراج و تخلیص کارآمد و مقرون به‌صرفه‌ی این ماده از منبع طبیعی آن (ریزوم زردچوبه) به یک ضرورت تبدیل شده است. بر این اساس، توسعه و بهینه‌سازی روش‌های استخراج و تخلیصی که علاوه بر دارا بودن بازدهی بالا، معیارهای ایمنی و سازگاری با محیط‌زیست را نیز رعایت کنند، از اولویت‌های پژوهشی و صنعتی محسوب می‌شود. این پیشرفت‌ها دسترسی به کورکومین با خلوص بالا را برای اهداف تحقیقاتی و توسعه‌ی محصولات درمانی آینده تسهیل خواهد کرد.

واژه های کلیدی:خواص درمانی،کورکومینوئیدها،استخراج و تخلیص،بازار،سازگاری با محیط زیست.

۱- مقدمه

کورکومین، ماده مؤثر اصلی زردچوبه (*Curcuma longa*) از خانواده زنجبیل، یک دی‌آریل‌هپتانویید با کاربردهای گسترده در صنایع غذایی، آرایشی و دارویی است (de los Á ngeles Fernández,۲۰۱۸) این گیاه حاوی ۳-۵٪ کورکومینوئیدهاست که شامل کورکومین (۷۵٪)، دمتوکسی‌کورکومین (۱۰-۲۰٪) و بیس‌دمتوکسی‌کورکومین (۵٪) می‌شود (Rafiee, et al. 2019) مطالعات متعدد، طیف وسیعی از خواص درمانی کورکومین از جمله اثرات ضدالتهابی، ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی و ضدافسردگی را نشان داده‌اند (Bener, et al.2016). مکانیسم‌های عمل آن شامل مهار فاکتورهای رونویسی NF-kB و-AP ۱، القای آپوپتوز، مهار آنژیوژنز و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد است (Meghana, et al., 2007). اگرچه روش‌های سنتزی برای تولید کورکومین وجود دارد (Rodrigues, J et al., 2015) استخراج از منابع گیاهی همچنان مقرون‌به‌صرفه‌ترین روش است.

۲- روش‌های استخراج

روشهای رایج استخراج شامل تکنیک‌های معمولی (سوکسله، خیساندن) و پیشرفته (اولتراسوند، مایکروویو، سیال فوق‌بحرانی) می‌باشد (Shirsath, et al., 2017). انتخاب حلال نقش تعیین‌کننده‌ای در بازده و ترکیب عصاره دارد (Dai, et al., 2013). تخلیص کورکومین با روش‌های کروماتوگرافی مختلفی صورت می‌گیرد. با این وجود، کاربردهای بالینی کورکومین با چالش‌هایی مانند پایداری کم، حلالیت ضعیف در آب و زیست‌دسترسی محدود مواجه است که محققان را به توسعه راهکارهایی مانند انکپسولیشن سوق داده است (Jiang, et al., 2020).

۲-۱- روش‌های نوین برای استخراج کورکومین

در جدول۱ خلاصه ای از روش های مختلف استخراج کورکومینوئیدها آورده شده است.

جدول۱ – روش های مختلف استخراج کورکومینوئیدها

روش تیمار	نسبت جامد/حلال	بازده(٪)	نتیجه گیری
استخراج سوکسله			
۶۵درجه سانتی گراد ۲روز	جامد/اتانول۱:۴	۱/۲۵	عصاره ها علاوه برکورکومین حاوی اجزای متابولیت ثانویه نیز بودند. (.Dutta, 2015)
۷۸درجه ۸ساعت	جامد/اتانول۱:۲۵	۱/۲۸	فرایندی زمان بر با دمای بالا.(Shirsath, et al., 2017)
۷۸درجه ۱۴ساعت	جامد/اتانول۱:۳۰	۳/۲۲	این بازده (۱۰۰٪)درمقایسه با نتایج استخراج دسته ای سنتی درمقابل استخراج به کمک اولتراسوند(UAE)به عنوان بالاترین بازده ممکن در نظر گرفته شد (Shirsath,et al.2021).
۸۰-۳۰درجه سانتی گراد ۱۲-۲۴ساعت-سرعت همزدن ۳۰-۷۰دور در دقیقه	جامد/اتانول۱:۸	۱/۸	فرایندی زمان بر حلال نیز نقش مهمی ایفاکرد. (Paulucci, et al., 2013)
استخراج به کمک اولتراسوند			
۵۵-۲۵درجه ۱ساعت اندازه ذره۰/۰۹ - ۰/۸۵ میلی متر- ۲۵۰ وات-۲۲کیلوهرتز ۱۰دقیقه-۵۰-۷۰%دامنه مدت زمان پالس ۱ -۳ ثانیه	جامد/اتانول-متانول-استون و اتیل استات ۱:۱۵-۱/۵۵	۰/۹۲	درمقایسه با استخراج ترتیبی بازده تولیدشده تحت شرایط بهینه به میزان قابل توجهی بیشتر بود (Shirsath, et al., 2017).
	جامد/اتانول۱:۲۰۰	۱/۰۳	UAE پتانسیل و کارایی بهتری داشت
استخراج به کمک مایکروویو (MAE)			
۴ دقیقه-۱۰۴- ۴۲۰وات ذرات الک شده از الک۱۰-۴۰،۲۴۵۰ مگاهرتز	جامد/استون ۱:۲۰	۴/۹۸	درمقایسه با تکنیک های استخراج سنتی کاهش زمان قابل توجهی را همراه با دقت بالا نشان داد. (Mandal, et al., 2008)
۱۰-۰/۵ دقیقه ۴۰ ۱۲۰ وات ۲۴۵۰ مگاهرتز	جامد/اتانول ۱:۲۰۰	۱/۰۱	
استخراج به کمک آنزیم (EAE)			
اندازه ذره۰/۱۸۰-۰/۴۲۵ میلی متر ۵-۱%مخلوط آلفا-آمیلاز و آمیلوگلوکوزیداز ۸-۲ساعت انکوباسیون(۶۵درجه) ۲۴-۲ساعت استخراج(۱۵-۴۵)	جامد/مایع یونی کربامات ۱:۵۰-۱:۱۰	۵/۷۳	پیش تیمار زردچوبه با ترکیبی از آنزیم های آلفا-آمیلاز وآمیلو گلوکوزیداز به طور قابل توجهی بازده استخراج را ۲%افزایش داد. (Sahne, et al., 2016)
استخراج با حلال تسریع شده (ASE)			

اثرات منفی حلال های آلی مضر کاهش یافت . (Valizadeh Kiamahalleh, et al., 2016)	۳/۸	بدون حلال	۴۳۳/۱۵-۳۹۳/۱۵کلوین ۱-۲/۵ مگاپاسکال ذرات بااندازه ۲-۰/۶ میلی متر ۶-۲۲ دقیقه
بازده استخراج با استفاده از بافر فسفات در۲۰۰درجهسانتی گراد و pH۱/۵بالاترین است. (Euterpio, et al., 2003)	۱/۶۱	بدون حلال	۹۰-۲۵۰درجه ۵/۰مگاپاسکال PH۱,۵-۵
استخراج با سیال فوق بحرانی			
بازیابی استخراج بالا در حداقل زمان استخراج باMAEبه دست آمد.(Wakte, et al., 2011)	۱/۴۶	جامد/اتانول-استون ۱:۳	۳۲۳/۱۵کلوین۳۰۰بار نرخ گردش5 co2 زمان استاتیک۱ساعت زمان دینامیک ۳۰۰دقیقه
نتایج نشان می دهد که دما و فشار استخراج بیشترین تاثیر را بر اسخراج کورکومینوئیدها داشتند (Osorio-Tobón, et al., 2016)	۴/۳	جامد/حلال ۱۲:۱ Co2	۳۳۳-۳۱۳کلوین ۳۵-۱۰مگاپاسکال نرخ جریان co2 ۱۰×۸/۶ به توان ۳ کیلوگرم در دقیقه
استخراج مبتنی بر مایعات یونی			
این شرایط بهینه totalکورکومینوئیدها۶۱۷۷۳گرم در ۱۰۰گرم تولید کرد (Xu, et al., 2015)	۶/۱۴	جامد [OMIM]Br۱:۳۰	دمای اتاق ۱۰-۹۰دقیقه UAE(۱۰۰-۲۵۰)وات
بازده کورکومینوئیدها در EAEمبتنی برمایع یونی کربامات بالاتر بود. (Sahne, et al., 2017)	۵/۷۳	جامد/مایع یونی کربامات ۱:۱۰–۱:۵۰	دمای اتاق ۱۰-۹۰دقیقه UAE(۱۰۰-۲۵۰)وات
comparableتاثیرOMIM48بااتانول و متانول داشت	۵/۳	جامد/[OMIM]-۱:۱۵ Br۱:۶۰	۸۰–s درجه سانتی گراد ۲-۱۲دقیقه MAE(۳۰۰وات –۲۴۵۵مگاهرتز)

۳- تخلیص

پس از استخراج موفقیت‌آمیز، کورکومین وارد مراحل جداسازی و تخلیص می‌شود. تکنیک‌های متعددی برای این منظور وجود دارد که بر اساس ویژگی‌هایی مانند قطبیت، حلالیت و برهمکنش لیگاند طراحی شده‌اند. کروماتوگرافی ستونی به‌عنوان یک روش گسترده و تطبیق‌پذیر، بر پایه جذب تفاضلی مواد بر فاز ساکن عمل می‌کند و امکان جداسازی از مقیاس میکروگرم تا کیلوگرم را فراهم می‌سازد (Santos, 2012). از مزایای اصلی این روش، هزینه نسبتاً پایین فازساکن و امکان دورریزی آسان آن است که از مشکلات آلودگی متقاطع و تخریب فاز جلوگیری می‌کند.تفاوت در الگوهای جایگزینی متوکسی بر حلقه‌های آروماتیک، منجر به ایجاد قطبیت‌های متمایز در کورکومین، دمتوکسی‌کورکومین (DMC) و بیس‌دمتوکسی‌کورکومین (BDMC) می‌شود. این تفاوت‌های قطبیتی، برهمکنش متفاوت هر کورکومینوئید با فاز ساکن را در پی دارد و امکان جداسازی و تخلیص آن‌ها از یکدیگر را ممکن می‌سازد.

۴-کاربردهای کورکومین

۴-۱- نقش دارویی و درمانی

کورکومین دارای خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری قوی است و از طریق مهار مسیر NF-κB و ژن‌های مرتبط، مانع رشد سلول‌های سرطانی می‌شود(Wilken, et al., 2011) تحقیقات نشان داده‌اند که این ترکیب در پیشگیری و درمان سرطان‌های ریه، کولورکتال، پروستات، پانکراس و استخوان مؤثر است.(Noorafshan, et al., 2013) همچنین کورکومین در محافظت از سیستم قلبی–عروقی، جلوگیری از تجمع پلاکتی و کاهش آسیب اکسیداتیو سلول‌های قلبی نقش دارد (Chainani-Wu, 2003) . از دیگر اثرات مهم آن می‌توان به خاصیت محافظت عصبی در برابر بیماری‌های آلزایمر و پارکینسون و تسریع بازسازی بافت‌های آسیب‌دیده اشاره کرد (Vajragupta, et al., 2003)

۴-۲- محصولات آرایشی و بهداشتی

امروزه در صنعت آرایشی، کورکومین به عنوان ترکیب طبیعی ضدپیری، ضدالتهاب و روشن‌کننده پوست کاربرد گسترده‌ای دارد (Friedrich, et al., 2015). از آن در فرمولاسیون کرم‌ها، لوسیون‌ها و ماسک‌های ضدآکنه استفاده می‌شود و ترکیب آن با نانوحامل‌ها موجب افزایش نفوذ پوستی و ماندگاری اثر می‌گردد. (Jung, et al., 2006) همچنین مطالعات نشان داده‌اند که کورکومین با خاصیت ضدباکتریایی خود رشد باکتر Propionibacterium acnes را به طور مؤثری مهار می‌کند (Liu and Huang, 2013)

۴-۳- صنایع غذایی

کورکومین به دلیل رنگ زرد–نارنجی طبیعی خود، یکی از محبوب‌ترین رنگ‌دهنده‌های طبیعی در صنایع غذایی است. از آن برای بهبود رنگ و ظاهر فرآورده‌هایی مانند برنج، شیرینی، محصولات گوشتی، خردل، فرآورده‌های لبنی و ماهی کنسروی استفاده می‌شود. (Esatbeyoglu, et al., 2012).به علاوه، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی کورکومین باعث مهار رشد باکتری‌هایی نظیر E. coli، Staphylococcus aureus و Listeria monocytogenes و افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌شود

(Sandikci Altunatmaz, et al., 2016). در سال‌های اخیر، استفاده از کورکومین در فیلم‌های بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر برای تشخیص فساد و تغییر pH مواد غذایی نیز مورد توجه قرار گرفته است (Kuswandi, et al., 2012)

۵- فناوری‌های نوین و مکمل‌های تغذیه‌ای

به دلیل حلالیت پایین کورکومین در آب، در سال‌های اخیر از فناوری نانو برای افزایش زیست‌دسترسی و پایداری آن استفاده شده است (Noorafshan and Ashkani-Esfahani, 2013)

۶- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه مروری نشان می‌دهد که با وجود توسعه روش‌های نوین استخراج، تکنیک‌های سنتی مانند سوکسله به دلیل سادگی اجرا و مقرون‌به‌صرفه بودن همچنان جایگاه خود را حفظ کرده‌اند. با این حال، پارامترهای کلیدی از جمله دما، فشار و نوع حلال تأثیر مستقیمی بر بازده استخراج کورکومینوئیدها دارند.در سال‌های اخیر، روش‌های پیشرفته‌تری نظیر استخراج به کمک اولتراسوند، مایکروویو و سیال فوق‌بحرانی با هدف افزایش بازده، کاهش مصرف حلال‌های خطرناک و صرفه‌جویی در زمان و انرژی توسعه یافته‌اند. در مرحله تخلیص نیز تکنیک‌های کروماتوگرافی متنوعی برای دستیابی به کورکومین با درجه خلوص بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند.با در نظر گرفتن پتانسیل بالای کورکومین در صنایع دارویی، آرایشی و غذایی، به نظر می‌رسد ترکیب روش‌های بهینه استخراج و تخلیص می‌تواند راهکار مناسبی برای تولید مقرون‌به‌صرفه و باکیفیت این ترکیب ارزشمند باشد. پژوهش‌های آتی می‌بایست بر جنب ه‌های مقیاس‌پذیری فرآیندها و افزایش کارایی آن‌ها در سطح صنعتی متمرکز شوند.

۷- منابع

Bener, M.; Ozyürek, M.; Güçlü, K.; Apak, R. Optimization of microwave-assisted extraction of curcumin from Curcuma longa L. (turmeric) and evaluation of antioxidant activity in multi-test systems. Rec. Nat. Prod. 2016, 10(5), 542–554.

Dai, Y.; Witkamp, G.-J.; Verpoorte, R.; Choi, Y. H. Natural deep eutectic solvents as a new extraction media for phenolic metabolites in Carthamus tinctorius L. Anal. Chem. 2013, 85(13), 6272–6278.

de los Ángeles Fernández, M.; Espino, M.; Gomez, F. J. V.; Silva, M. F. Novel approaches mediated by tailor-made green solvents for the extraction of phenolic compounds from agro-food industrial by-products. Food Chem. 2018, 239, 671–678.

Dutta, B. Study of secondary metabolite constituents and curcumin contents of six different species of genus (Curcuma). J. Med. Plants Stud. 2015, 3(5), 116–119.

Esatbeyoglu, T.; Huebbe, P.; Ernst, I. M. A.; Chin, D.; Wagner, A. E.; Rimbach, G. Curcumin – from molecule to biological function. Angew. Chem. Int. Ed. 2012, 51(22), 5308–5332.

Euterpio, M. A.; Cavaliere, C.; Capriotti, A. L.; Crescenzi, C. Extending the applicability of pressurized hot water extraction to compounds exhibiting limited water solubility by pH control: Curcumin from the turmeric rhizome. Anal. Bioanal. Chem. 2011, 401(9), 2977–2985.

Friedrich, R. B.; Kann, B.; Coradini, K.; Offerhaus, H. L.; Beck, R. C. R.; Windbergs, M. Skin penetration behavior of lipid-core nanocapsules for simultaneous delivery of resveratrol and curcumin. Eur. J. Pharm. Sci. 2015, 78, 204–213.

Jiang, T.; Liao, W.; Charcosset, C. Recent advances in encapsulation of curcumin in nanoemulsions: A review of encapsulation technologies, bioaccessibility, and applications. Food Res. Int. 2020, 132, 109035.

Kuswandi, B.; Jayus; Larasati, T. S.; Abdullah, A.; Heng, L. Y. Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker sensor based on natural dye of curcumin. Food Anal. Methods 2012, 5(4), 881–889.

Meghana, K.; Sanjeev, G.; Ramesh, B. Curcumin prevents streptozotocin-induced islet damage by scavenging free radicals: A prophylactic and protective role. Eur. J. Pharmacol. 2007, 577(1–3), 183–191.

Noorafshan, A.; Ashkani-Esfahani, S. A review of therapeutic effects of curcumin. Curr. Pharm. Des. 2013, 19(11), 2032–2046.

Osorio-Tobón, J. F.; Carvalho, P. I. N.; Rostagno, M. A.; Meireles, M. A. A. Process integration for turmeric products extraction using supercritical fluids and pressurized liquids: Economic evaluation. Food Bioprod. Process. 2016, 98, 227–235.

Paulucci, V. P.; Couto, R. O.; Teixeira, C. C.; Freitas, L. A. P. Optimization of the extraction of curcumin from Curcuma longa rhizomes. Rev. Bras. Farmacogn. 2013, 23(1), 94–100.

Rafiee, Z.; Nejatian, M.; Daeihamed, M.; Jafari, S. M. Application of curcumin-loaded nanocarriers for food, drug, and cosmetic purp31. Ranjan, A. P.; Mukerjee, A.; Helson, L.; Vishwanatha, J. Efficacy of liposomal curcumin in suppressing human pancreatic cancer cell proliferation and tumor growth. Cancer Nanotechnol. 2012, 3(1–6), 37–51.

Rodrigues, J. L.; Araújo, R. G.; Prather, K. L. J.; Kluskens, L. D.; Rodrigues, L. R. Production of curcuminoids from tyrosine by a metabolically engineered Escherichia coli using caffeic acid as an intermediate. Biotechnol. J. 2015, 10(4), 599–609.

Sahne, F.; Mohammadi, M.; Najafpour, G. D.; Moghadamnia, A. A. Enzyme-assisted ionic liquid extraction of bioactive compounds from turmeric (Curcuma longa L.). Food Chem. 2017, 216, 482–490.

Shirsath, S. R.; Sable, S. S.; Gaikwad, S. G.; Sonawane, S. H.; Saini, D. R.; Gogate, P. R. Intensification of extraction of curcumin from Curcuma amada using ultrasound-assisted approach: Effect of different operating parameters. Ultrason. Sonochem. 2017, 38, 437–445.

Wakte, P. S.; Sachin, B. S.; Patil, A. A.; Mohato, D. M.; Band, T. H.; Shinde, D. B. Optimization of microwave, ultrasonic, and supercritical carbon dioxide assisted extraction techniques for curcumin from Curcuma longa. Sep. Purif. Technol. 2011, 79(1), 50–55.

Common methods for extracting curcumin

Samad Badbadak[*1], Saba Yadolahi [2], Narges Mohammadhosseini [2]

[1]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahar, University of Tabriz, Tabriz
[2] Bachelor of Science in Food Science and Technology Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ahar, University of Tabriz, Tabriz
* Corresponding author email: s.bodbodak@tabrizu.ac.ir

Abstract

Abstract: Curcumin, the main active ingredient of turmeric, has attracted the attention of research and industry due to its favorable safety profile and broad therapeutic properties. Studies have shown the significant potential of curcumin and its derivatives (curcuminoids) in the management and treatment of a wide range of diseases. These include relieving neuropathic pain, helping to treat depression, inhibiting angiogenesis and tumor growth, as well as its role in controlling diabetes and protecting vital organs such as the liver, lungs, heart and nervous system. These multiple and valuable applications have greatly increased the global demand for pure curcumin, making it a valuable compound in the market. Consequently, efficient and cost-effective extraction and purification of this substance from its natural source (turmeric rhizome) has become a necessity. Accordingly, the development and optimization of extraction and purification methods that, in addition to having high efficiency, also meet safety and environmental compatibility criteria are considered research and industrial priorities. These advances will facilitate access to high-purity curcumin for research purposes and the development of future therapeutic products.

Keywords: Therapeutic properties, curcuminoids, extraction and purification.

بررسی ویژگی‌های گیاه‌شناسی، ترکیبات شیمیایی و کاربردهای دارویی گیاه کلپوره (*Teucrium polium* L.) در ایران

زهرا سادات توحیدی[1,1]

۱- گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران،ایران.

چکیده

گیاه کلپوره (*Teucrium polium* L.) یکی از گیاهان دارویی بومی ایران از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است که سابقه استفاده آن در طب سنتی ایران به قرن‌ها پیش بازمی‌گردد. این گیاه به‌طور سنتی برای درمان بیماری‌های مختلف به ویژه اختلالات گوارشی، دیابت، التهابات مزمن، عفونت‌ها و اختلالات کبدی مورد استفاده قرار گرفته است. پژوهش‌های علمی اخیر نشان داده‌اند که کلپوره حاوی ترکیبات فعال زیستی متنوعی مانند فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، فنولیک‌ها و سایر متابولیت‌های ثانویه است که مسئول اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدباکتریایی و محافظت‌کننده از کبد آن هستند. علاوه بر خواص دارویی، این گونه گیاهی در حفظ تنوع زیستی مناطق کوهستانی و خشک ایران نقش مهمی دارد و مطالعه پراکنش جغرافیایی، شرایط رشد و جمع‌آوری پایدار آن برای توسعه منابع گیاهی و دارویی ضروری است. هدف از این پژوهش ارائه مروری جامع بر ویژگی‌های گیاه‌شناسی، ترکیبات شیمیایی، اثرات فارماکولوژیک و اهمیت کلپوره در طب سنتی و مدرن است. یافته‌ها نشان می‌دهد که کلپوره علاوه بر کاربرد درمانی، می‌تواند به عنوان یک منبع ارزشمند برای توسعه داروهای گیاهی و برنامه‌های حفاظت از تنوع زیستی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کلپوره، *Teucrium polium* L.، گیاه دارویی، ترکیبات فنولیک، تنوع زیستی، ایران.

۱. مقدمه

ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان از نظر تنوع زیستی و گیاهان دارویی به شمار می‌رود. شرایط اقلیمی متنوع از شمال مرطوب تا جنوب خشک، باعث شده است بیش از هشت‌هزار گونه گیاهی در کشور شناسایی شود که حدود دو هزار گونه از آن‌ها دارای کاربرد دارویی هستند.(Zargari, 1996) استفاده از گیاهان دارویی در ایران پیشینه‌ای کهن دارد و بخشی از فرهنگ بومی و سنتی مناطق مختلف محسوب می‌شود. امروزه نیز با گسترش تمایل جهانی به استفاده از داروهای گیاهی به‌جای داروهای شیمیایی، مطالعه‌ی علمی این گیاهان اهمیتی دوچندان یافته است.

در میان این گیاهان، کلپوره (*Teucrium polium* L.) که در زبان محلی به نام‌های «گل‌پوره»، «مریم‌ناز»، یا «کاکوتی بیابانی» نیز شناخته می‌شود، جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی ایران دارد. این گیاه از تیره‌ی نعناعیان(Lamiaceae) و از نظر شکل ظاهری گیاهی علفی، چندساله، معطر و پوشیده از کرک‌های سفید است که معمولاً در نواحی کوهستانی، سنگلاخی و خشک می‌روید. (Mozaffarian, 2008) از نظر پراکنش جغرافیایی، کلپوره در اغلب مناطق مرکزی، غربی و جنوبی ایران مشاهده می‌شود و به‌صورت خودرو می‌روید. در منابع طب سنتی، این گیاه برای درمان بیماری‌های گوارشی، زردی، دیابت، تب، دردهای عضلانی و التهابات داخلی توصیه شده است. (Shirazi, 2010) در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی به بررسی اثرات درمانی آن پرداخته‌اند. نتایج نشان داده‌اند که عصاره‌های آبی و الکلی این گیاه دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی،

[1] **نویسنده مسئول:** z.tohidi83@pnu.ac.ir

ضدباکتریایی، ضددیابت و محافظت از کبد هستند. (Khanavi et al., 2006; Esmaeili et al., 2009) وجود ترکیبات فعالی مانند فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، فنولیک‌ها و اسانس‌های معطر، مسئول بخش عمده‌ای از این اثرات است. (Bourgou et al., 2010) در عین حال، مطالعات اکولوژیکی نشان داده‌اند که تغییرات اقلیمی و برداشت بی‌رویه از رویشگاه‌های طبیعی باعث کاهش جمعیت طبیعی کلپوره در برخی استان‌ها از جمله فارس، کرمان و لرستان شده است.(Mahmoudi et al., 2019) از این‌رو، شناسایی دقیق ویژگی‌های گیاه‌شناسی و فیتوشیمیایی کلپوره و مستندسازی اطلاعات مربوط به پراکنش آن در کشور می‌تواند گامی مهم در حفاظت از تنوع زیستی گیاهان دارویی ایران محسوب شود. با توجه به اهمیت درمانی و بوم‌شناختی این گیاه، هدف پژوهش حاضر بررسی جامع منابع موجود درباره‌ی جنبه‌های مختلف زیستی، ترکیبات شیمیایی، اثرات دارویی و وضعیت حفاظتی گیاه کلپوره در ایران است. این مقاله می‌کوشد با تلفیق داده‌های گیاه‌شناسی، فیتوشیمی و فارماکولوژی، تصویری روشن از ظرفیت‌های درمانی و ارزش زیست‌محیطی این گونه‌ی بومی ارائه دهد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت مروری(Review Study) و بر پایه‌ی منابع علمی معتبر داخلی و خارجی انجام شده است. برای گردآوری داده‌ها، پایگاه‌های اطلاعاتی Google Scholar، PubMed، Scopus و SID مورد جست‌وجو قرار گرفتند. مقالات منتشرشده بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴ میلادی بررسی و داده‌های مرتبط با گیاه‌شناسی، ترکیبات شیمیایی و اثرات دارویی استخراج شدند. برای مطالعه‌ی ویژگی‌های گیاه‌شناسی، از فلور ایران(Mozaffarian, 2008) و گزارش‌های سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور استفاده شد. داده‌ها درباره‌ی ویژگی‌های مورفولوژیک، پراکنش جغرافیایی و زیستگاه‌های طبیعی جمع‌آوری شدند. اطلاعات مربوط به ترکیبات شیمیایی از مقالات معتبر استخراج و به تفکیک گروه‌های ترکیبات اصلی (فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، فنولیک‌ها، آلکالوئیدها) طبقه‌بندی شد. همچنین، مطالعات انجام‌شده بر اسانس و عصاره‌ی متانولی گیاه مورد بررسی قرار گرفتند.(Bourgou et al., 2010)

۳. نتایج

کلپوره (*Teucrium polium* L.) گیاهی علفی، چندساله، دارای ساقه‌های منشعب و کرک‌دار است. برگ‌ها کوچک، متقابل و به رنگ سبز نقره‌ای هستند. گل‌ها سفید یا صورتی و در انتهای ساقه به صورت خوشه‌ای قرار دارند. ارتفاع گیاه بین ۱۰ تا ۴۰ سانتی‌متر متغیر است. (Mozaffarian, 2008) این گونه در ایران در مناطق مختلفی از جمله خراسان، فارس، کرمان، یزد، لرستان، و آذربایجان مشاهده می‌شود و معمولاً در ارتفاعات بین ۶۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا رشد می‌کند (Ahmadi et al., 2016).

مطالعات فیتوشیمیایی نشان داده‌اند که اسانس کلپوره حاوی ترکیباتی نظیر β-caryophyllene، limonene، germacrene D و α-pinene است.(Bourgou et al., 2010) عصاره‌ی متانولی گیاه نیز غنی از فلاونوئیدهایی مانند اپی‌ژنین، لوتئولین و دیوزمتین است.(Khanavi et al., 2006) ترکیبات فنولیک این گیاه در غلظت‌های بالا خاصیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی نشان داده‌اند. (Mahmoudi et al., 2019) بر اساس مطالعات انجام‌شده، اثرات درمانی کلپوره شامل موارد زیر است:

اثر آنتی‌اکسیدانی: عصاره اتانولی گیاه موجب مهار رادیکال آزاد DPPH و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در سلول‌ها می‌شود. (Al-Said et al., 1990) اثر ضدالتهابی: آزمایش‌های حیوانی نشان داده‌اند که مصرف خوراکی عصاره‌ی آبی کلپوره، التهاب ناشی از کاراژینان را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. (Firuzi et al., 2010) اثر ضدباکتریایی: اسانس گیاه فعالیت مهارکننده علیه Staphylococcus aureus و E. coli نشان داده است. (Ahmadi et al., 2016) اثر ضد دیابت: ترکیبات فلاونوئیدی گیاه

سبب کاهش قند خون در مدل‌های حیوانی دیابتی شده‌اند. (Esmaeili et al., 2009) اثر محافظت از کبد: عصاره‌ی گیاه از آسیب‌های ناشی از تتراکلرید کربن در سلول‌های کبدی جلوگیری می‌کند. (Al-Qura'n, 2009)

۴.بحث

یافته‌های حاصل از مرور مطالعات انجام‌شده درباره‌ی گیاه کلپوره (*Teucrium polium* L.) نشان می‌دهد که این گونه یکی از ارزشمندترین گیاهان دارویی بومی ایران است که از نظر ترکیبات شیمیایی و اثرات درمانی، پتانسیل بالایی برای توسعه داروهای گیاهی و صنعتی دارد. ترکیبات اصلی این گیاه عمدتاً از نوع فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، فنولیک‌ها و ترکیبات فرار (اسانس‌ها) هستند که در بخش‌های مختلف گیاه شامل برگ، گل و ساقه وجود دارند. (Mahmoudi et al., 2019) یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کلپوره، خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی آن است. مطالعات نشان داده‌اند که عصاره متانولی گیاه دارای مقادیر بالایی از ترکیبات فنولیک است که می‌تواند رادیکال‌های آزاد را خنثی کرده و از اکسیداسیون غشاهای سلولی جلوگیری کند. (Bourgou et al., 2010) این خاصیت، مبنای اثرات محافظتی گیاه بر اندام‌های حیاتی مانند کبد، کلیه و قلب است. از سوی دیگر، ترکیبات فلاونوئیدی مانند لوتئولین و اپی‌ژنین نقش مهمی در اثرات ضدالتهابی کلپوره دارند. این ترکیبات با مهار آنزیم‌های التهابی نظیر COX و LOX، از تولید سیتوکین‌های التهابی جلوگیری کرده و پاسخ التهابی را کاهش می‌دهند. (Firuzi et al., 2010) همین خاصیت سبب شده است که در طب سنتی، دم‌کرده‌ی کلپوره به‌عنوان مسکن درد و التهاب‌های گوارشی به کار رود. (Zargari, 1996) همچنین، فعالیت ضدباکتریایی و ضدقارچی گیاه به‌دلیل وجود ترکیبات فرار و اسانسی است. اسانس استخراج‌شده از کلپوره دارای اثر مهارکننده قوی بر رشد باکتری‌های گرم مثبت نظیر *Staphylococcus aureus* و قارچ‌هایی مانند *Candida albicans* گزارش شده است. (Ahmadi et al., 2016) این ویژگی سبب شده است که از کلپوره در برخی ترکیبات ضدعفونی‌کننده و دهان‌شویه‌های طبیعی استفاده شود. در مطالعات جدید، اثرات ضد دیابت و محافظت از کبد نیز برای این گیاه به‌صورت علمی به اثبات رسیده است. مصرف عصاره‌ی آبی و اتانولی گیاه در مدل‌های حیوانی دیابتی سبب کاهش قابل توجه قند خون و افزایش حساسیت به انسولین شده است. (Esmaeili et al., 2009) این اثر احتمالاً ناشی از وجود فلاونوئیدها و ترپنوئیدهای خاصی است که بر آنزیم‌های متابولیزه‌کننده‌ی گلوکز اثر می‌گذارند. از نظر اکولوژیکی، کلپوره گونه‌ای است که در زیستگاه‌های نیمه‌خشک و کوهستانی رشد می‌کند و از نظر بوم‌شناسی به شرایط کم‌آب مقاوم است. (Mozaffarian, 2008) این ویژگی باعث شده است که نقش مهمی در حفظ پایداری پوشش گیاهی مناطق خشک ایران ایفا کند. اما بهره‌برداری بی‌رویه از این گیاه به‌منظور جمع‌آوری دارویی و تغییرات اقلیمی اخیر، موجب کاهش جمعیت طبیعی آن در برخی استان‌ها شده است. (Mahmoudi et al., 2019) بنابراین، ضرورت دارد برنامه‌هایی برای کشت صنعتی و اهلی‌سازی کلپوره تدوین شود تا ضمن حفظ ذخایر ژنتیکی، امکان بهره‌برداری پایدار از این گونه فراهم گردد. کشت و تکثیر این گیاه در شرایط کنترل‌شده، علاوه بر کاهش فشار بر جمعیت‌های طبیعی، می‌تواند زمینه‌ساز توسعه‌ی صنایع دارویی مبتنی بر گیاهان بومی شود.

۵.نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که گیاه کلپوره (*Teucrium polium* L.) دارای تنوع شیمیایی بالا و خواص دارویی گسترده‌ای است که آن را به یکی از گونه‌های باارزش در طب سنتی و مدرن ایران تبدیل کرده است. وجود ترکیبات فعالی همچون فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و ترکیبات فنولیک، اساس اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدباکتریایی و ضد دیابت این گیاه را تشکیل می‌دهد. با توجه به اهمیت اکولوژیکی و دارویی کلپوره، توصیه می‌شود پژوهش‌های آینده بر محورهای زیر متمرکز شوند:

۱.انجام مطالعات مولکولی برای بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های مختلف این گونه در ایران.

۲.بررسی تأثیر شرایط اکولوژیکی و اقلیمی بر ترکیبات شیمیایی گیاه.
۳.بهینه‌سازی روش‌های استخراج ترکیبات فعال برای تولید فرآورده‌های دارویی استاندارد.
۴.توسعه‌ی طرح‌های کشت صنعتی و تکثیر کلپوره به‌منظور حفاظت از تنوع زیستی طبیعی.
در مجموع، گیاه کلپوره با دارا بودن طیف وسیعی از ترکیبات زیست‌فعال، می‌تواند نقش مهمی در توسعه‌ی داروسازی گیاهی و ارتقای سلامت جامعه ایفا کند، مشروط بر آنکه برداشت آن از طبیعت به‌صورت علمی و پایدار انجام گیرد.

۶. منابع

مظفریان، و. (۱۳۸۷). فلور ایران، جلد چهارم. انتشارات پژوهشکده گیاهان دارویی، تهران.

زرقاری، ا. (۱۳۷۵). گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه تهران

شیرازی، م. (۱۳۹۰). بررسی کاربردهای سنتی گیاه کلپوره در طب ایرانی. مجله طب سنتی ایران، ۲(۳)، ۱۲–۲۱.

Ahmadi, R., Ghasemi, S., & Mohammadi, A. (2016). Chemical composition and antibacterial activity of Teucrium polium essential oil from Iran. Journal of Essential Oil Research, 28(5), 389–396.

Al-Qura’n, S. (2009). Ethnobotanical survey of folk toxic plants in southern part of Jordan. Toxicon, 53(5), 485–500.

Al-Said, M. S., Tariq, M., & Al-Yahya, M. A. (1990). Studies on Teucrium polium L.: Chemical composition and pharmacological evaluation. International Journal of Crude Drug Research, 28(2), 119–123.

Bourgou, S., Ksouri, R., & Marzouk, B. (2010). Phenolic composition and antioxidant activity of Teucrium polium L. Food Chemistry, 122(3), 897–903.

Esmaeili, M. A., Zohari, F., & Sadeghi, H. (2009). Antioxidant and anti-diabetic effects of Teucrium polium in alloxan-induced diabetic rats. Journal of Medicinal Plants Research, 3(6), 396–402.

Firuzi, O., Asadollahi, M., & Javidnia, K. (2010). Anti-inflammatory and analgesic activities of Teucrium polium extract. Phytotherapy Research, 24(9), 1392–1397.

Khanavi, M., Ghasemi, Y., & Dehghan, G. (2006). Antioxidant properties and phenolic contents of Teucrium polium from different regions of Iran. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 5(3), 135–140.

Mahmoudi, R., Rahimi, M., & Jalili, A. (2019). Assessment of population diversity and conservation status of Teucrium polium in Iran. Iranian Journal of Botany, 25(2), 67–80.

Mozaffarian, V. (2008). Flora of Iran: Lamiaceae Family. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran

A study on the botanical characteristics, chemical composition, and medicinal applications of Teucrium polium L. in Iran

Zahra sadat Tohidi[1*]
1- Department of Biology, Payamnoor University(PNU), P.O.Box 19395-4697, Tehran, Iran

* z.tohidi83@pnu.ac.ir

Abstract

Teucrium polium L. (commonly known as Kalpooreh) is a native medicinal plant of Iran, belonging to the Lamiaceae family. This species has a long history of use in traditional Iranian medicine for treating a variety of ailments, particularly gastrointestinal disorders, diabetes, chronic inflammation, infections, and liver-related conditions. Recent scientific studies have revealed that T. polium contains diverse bioactive compounds, including flavonoids, terpenoids, phenolic compounds, and other secondary metabolites, which are responsible for its antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, and hepatoprotective properties. Beyond its pharmacological effects, this plant plays a crucial role in maintaining biodiversity in mountainous and arid regions of Iran, and studying its geographical distribution, ecological requirements, and sustainable harvesting practices is essential for the development of medicinal plant resources. The aim of this study is to provide a comprehensive review of the botanical characteristics, chemical composition, pharmacological activities, and significance of T. polium in traditional and modern medicine. The findings indicate that this species has significant potential not only as a therapeutic agent but also as a valuable resource for biodiversity conservation and the development of herbal medicines.

Keywords: *Teucrium polium* L., Kalpooreh, bioactive compounds, medicinal properties, antioxidant, biodiversity

بررسی کاربردهای درمانی زعفران (*Crocus sativus* L.) در طب مکمل و پزشکی رایج

زهرا سادات توحیدی[1،1]

۱- گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران/ ایران.

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) یکی از گیاهان دارویی با ارزش است که سابقه استفاده آن در طب سنتی و پزشکی مدرن طولانی است. این گیاه به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال مهمی همچون کروسین، پیکروکروسین و سافرانال، دارای اثرات متعدد فارماکولوژیک بر سلامت جسم و روان می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که زعفران می‌تواند اثرات ضدافسردگی، ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و محافظت‌کننده از قلب و کبد را ایجاد کند و به عنوان مکملی امن در کنار درمان‌های رایج مورد استفاده قرار گیرد. هدف این مقاله، ارائه یک مرور نظام‌مند و جامع بر روی کاربردهای درمانی زعفران در طب مکمل و پزشکی رایج و بررسی شواهد علمی منتشر شده بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴ است. در این پژوهش، داده‌های حاصل از مقالات داخلی و بین‌المللی تجزیه و تحلیل شدند تا نقش زعفران در پیشگیری و درمان بیماری‌های مزمن، بهبود سلامت روان و ارتقای کیفیت زندگی مورد ارزیابی قرار گیرد. یافته‌ها نشان می‌دهند که زعفران نه تنها به عنوان یک داروی مکمل مؤثر و نسبتاً ایمن عمل می‌کند، بلکه پتانسیل بالایی در توسعه داروهای گیاهی و بهبود راهکارهای درمانی مدرن دارد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، *Crocus sativus* L., ترکیبات زیست‌فعال، ضدافسردگی، آنتی‌اکسیدان، طب مکمل

۱. مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) از خانواده زنبقیان (Iridaceae) و یکی از گیاهان دارویی با قدمت طولانی در طب سنتی ایران، هند و کشورهای مدیترانه‌ای است. (Hosseinzadeh & Nassiri-Asl, 2013) این گیاه به دلیل ترکیبات فعال زیستی قوی شامل کروسین، سافرانال و پیکروکروسین شناخته می‌شود که اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدافسردگی و ضدسرطانی از آن گزارش شده است. (García et al., 2020) استفاده از زعفران در طب سنتی ایران به بیش از ۳۰۰۰ سال پیش بازمی‌گردد و در منابعی مانند «قانون ابن سینا» برای درمان اختلالات گوارشی، تقویت حافظه، اضطراب و افسردگی توصیه شده است. (Zargari, 1990) با افزایش گرایش به طب مکمل و جایگزین در دهه‌های اخیر، توجه محققان به اثرات فارماکولوژیک زعفران و نقش آن به عنوان مکمل درمانی در اختلالات روانی، بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان و دیابت افزایش یافته است. مطالعات کلینیکی و آزمایشگاهی نشان داده‌اند که زعفران می‌تواند با مکانیسم‌های مختلف نظیر مهار آنزیم‌های اکسیداتیو، افزایش سطح سروتونین، کاهش التهاب سلولی و تنظیم مسیرهای آپوپتوزی، اثرات درمانی خود را اعمال کند. (Khazdair et al., 2015) همچنین، مصرف زعفران در برخی مطالعات بالینی با بهبود خلق و کاهش علائم افسردگی خفیف تا متوسط همراه بوده است. (Hausenblas et al., 2013) با توجه به اهمیت طب مکمل و افزایش استفاده از داروهای گیاهی، هدف این مقاله بررسی جامع اثرات دارویی و مکمل زعفران، مکانیسم‌های زیستی، کاربرد در بیماری‌های مختلف و شواهد علمی موجود است.

[1] نویسنده مسئول: z.tohidi83@pnu.ac.ir

۲. مواد و روشها

این مطالعه یک مرور نظام‌مند (Systematic Review) است که با هدف جمع‌آوری و تحلیل داده‌های علمی منتشر شده در مورد زعفران و کاربرد آن در طب مکمل و پزشکی رایج انجام شد. جستجوی منابع در پایگاه‌های بین‌المللی PubMed، Scopus، Web of Science، ScienceDirect و پایگاه‌های فارسی SID، Magiran و IranDoc انجام شد مطالعات انتخاب‌شده مربوط به اثرات دارویی و مکمل زعفران بر انسان یا مدل‌های آزمایشگاهی مقالات منتشر شده بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۴ شامل داده‌های قابل استناد و قابل بررسی مطالعات غیرمرتبط، بدون داده علمی یا تکراری حذف شدند. اطلاعات استخراج شده شامل: سال انتشار، نوع مطالعه، مدل تحقیق، دوز زعفران، ترکیبات فعال شناسایی‌شده و نتایج حاصل بود. تحلیل داده‌ها به روش توصیفی و مقایسه‌ای انجام شد تا اثرات کلینیکی و فارماکولوژیک زعفران بر بیماری‌های مختلف و مکانیسم‌های زیستی آن بررسی شود.

۳. نتایج

مرور مطالعات نشان می‌دهد که زعفران (*Crocus sativus* L.) دارای اثرات گسترده و چندبعدی بر سلامتی انسان است که در محورهای مختلف زیر دسته‌بندی می‌شوند: اثرات روان‌پزشکی و عصبی: بسیاری از مطالعات بالینی و آزمایشگاهی اثرات مثبت زعفران بر اختلالات خلقی، افسردگی، اضطراب و اختلالات شناختی را گزارش کرده‌اند. در یک مطالعه بالینی تصادفی‌شده و کنترل‌شده با ۴۴ بیمار مبتلا به افسردگی خفیف تا متوسط، مصرف روزانه ۳۰ میلی‌گرم عصاره زعفران به مدت ۶ هفته باعث کاهش نمرات BDI (Beck Depression Inventory) و بهبود کیفیت زندگی شد. Akhondzadeh et al., (2005) مکانیسم‌های اثر شامل افزایش سطح سروتونین در مغز، کاهش فعالیت آنزیم MAO-A و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نورون‌ها گزارش شده است. (Hosseinzadeh & Nassiri-Asl, 2013) در مدل‌های حیوانی، مصرف زعفران باعث کاهش اضطراب و بهبود حافظه فضایی در موش‌ها شده است، که نشان‌دهنده پتانسیل آن در پیشگیری از اختلالات شناختی مرتبط با افزایش سن است. (Gholamnezhad et al., 2016) اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی : زعفران دارای ترکیبات فعال مانند کروسین، سافرانال و پیکروکروسین است که توانایی مهار رادیکال‌های آزاد و کاهش تولید سایتوکاین‌های التهابی را دارند.در مدل‌های حیوانی، زعفران باعث کاهش سطح TNF-α، IL-6 و IL-1β و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD و GPx شده است. (Khazdair et al., 2015) مطالعات بالینی نشان می‌دهد مصرف زعفران می‌تواند استرس اکسیداتیو در بیماران مبتلا به دیابت و بیماری‌های قلبی را کاهش دهد، که نشان‌دهنده نقش محافظتی آن بر سلول‌ها و بافت‌ها است. ((García et al., 2020 اثرات ضدسرطانی: زعفران و ترکیبات آن دارای اثر ضدتوموری و مهار رشد سلول‌های سرطانی هستند. کروسین و سافرانال باعث ایجاد آپوپتوز و توقف چرخه سلولی در خطوط سلولی سرطانی مانند سرطان سینه، کبد و معده شده‌اند.(Assimopoulou et al., 2005) مصرف زعفران در دوزهای مناسب می‌تواند بدون اثرات سمی قابل توجه، تعداد سلول‌های سرطانی را کاهش دهد و در مطالعات حیوانی به کاهش حجم تومور و پیشگیری از متاستاز کمک کند. اثرات قلبی-عروقی و متابولیک: مصرف زعفران باعث کاهش فشار خون، بهبود پروفایل چربی و کاهش التهاب عروقی شده است. ((Mousavi et al., 2019 در مدل‌های حیوانی، زعفران موجب افزایش جریان خون میوکارد و کاهش آسیب اکسیداتیو پس از ایسکمی قلبی شد. اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی زعفران به حفاظت از اندوتلیوم و کاهش ریسک تصلب شرایین کمک می‌کند. اثرات گوارشی و کبدی : مطالعات حیوانی نشان می‌دهد زعفران دارای اثر محافظتی بر کبد در برابر سموم و داروهای هپاتوکسیک است. همچنین بهبود عملکرد کبد و کاهش آنزیم‌های ALT و AST مشاهده شده که نشان‌دهنده اثر حفاظتی بر سلول‌های کبدی است. (Bukhari et al., 2019) اثرات سیستم ایمنی: زعفران و ترکیبات آن باعث تقویت پاسخ ایمنی

سلولی و هومورال شده و در مطالعات آزمایشگاهی فعالیت لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها را افزایش داده است. این اثر می‌تواند نقش حمایتی در پیشگیری از بیماری‌های عفونی و التهاب مزمن داشته باشد.

۴.بحث

بر اساس یافته‌های موجود، زعفران یک گیاه دارویی چندکاربردی است که اثرات آن در زمینه‌های مختلف پزشکی به اثبات رسیده است: نقش در اختلالات روانی: ترکیبات فعال زعفران مانند کروسین و سافرانال با تعدیل مسیرهای سروتونرژیک، دوپامینرژیک و نورآدرنرژیک اثر ضدافسردگی و ضداضطراب دارند. مقایسه با داروهای استاندارد مانند فلوکستین نشان داده که زعفران اثربخشی مشابه با عوارض کمتر دارد. (Hausenblas et al., 2013) مکانیسم ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی زعفران باعث خنثی کردن رادیکال‌های آزاد، کاهش استرس اکسیداتیو و محافظت از DNA و غشای سلولی می‌شود. مهار سایتوکاین‌های التهابی مانند TNF-α و IL-6 به کاهش التهاب مزمن و پیشگیری از بیماری‌های متابولیک کمک می‌کند. اثرات ضدسرطانی: زعفران می‌تواند چرخه سلولی سرطان‌ها را متوقف کند، آپوپتوز را القا کند و متاستاز را کاهش دهد برخلاف داروهای شیمی‌درمانی، زعفران با کمترین سمیت سیستمیک اثرات ضدتوموری خود را اعمال می‌کند، که این امر آن را به گزینه‌ای جذاب برای درمان‌های تکمیلی تبدیل می‌کند. اثرات قلبی-عروقی و متابولیک: مطالعات حیوانی و بالینی نشان می‌دهد زعفران باعث کاهش فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، کاهش LDL و افزایش HDL می‌شود. همچنین محافظت از اندوتلیوم و کاهش آسیب اکسیداتیو در بافت قلب از دیگر مکانیسم‌های آن است. با وجود نتایج امیدوارکننده، مطالعات بلندمدت و دوز دقیق بالینی هنوز محدود است. همچنین اثرات متقابل با داروهای شیمیایی و شرایط بیماری خاص نیاز به بررسی بیشتر دارد.

۵.نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های موجود، زعفران(Crocus sativus L.) یک گیاه دارویی چندکاربردی است که اثرات آن در حوزه‌های مختلف پزشکی به خوبی مستند شده است. ترکیبات فعال این گیاه، به ویژه کروسین و سافرانال، نقش مهمی در تعدیل مسیرهای عصبی-انتقال‌دهنده مانند سروتونرژیک، دوپامینرژیک و نورآدرنرژیک داشته و اثرات ضدافسردگی و ضداضطراب قابل توجهی ایجاد می‌کنند که در برخی مطالعات حتی با داروهای استاندارد مانند فلوکستین قابل مقایسه است، اما با عوارض کمتر (Hausenblas et al., 2013)

همچنین زعفران دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی است که با مهار رادیکال‌های آزاد، کاهش استرس اکسیداتیو و مهار سایتوکاین‌های التهابی مانند TNF-α و IL-6، به حفظ سلامت سلولی و پیشگیری از بیماری‌های مزمن کمک می‌کند. اثرات ضدسرطانی زعفران شامل توقف چرخه سلولی، القای آپوپتوز و کاهش متاستاز است که این عملکردها با کمترین سمیت سیستمیک همراه بوده و آن را به گزینه‌ای جذاب برای درمان‌های تکمیلی تبدیل می‌کند.

علاوه بر این، زعفران اثرات محافظت‌کننده قلبی-عروقی و متابولیک دارد؛ کاهش فشار خون، بهبود نسبت LDL/HDL، محافظت از اندوتلیوم و کاهش آسیب اکسیداتیو در بافت قلب از جمله این اثرات هستند. با وجود نتایج امیدوارکننده، مطالعات بالینی بلندمدت، تعیین دوز دقیق و بررسی اثرات متقابل با داروهای شیمیایی هنوز محدود است و نیازمند تحقیقات بیشتر است.

در مجموع، زعفران به عنوان یک داروی مکمل ایمن و چندمنظوره می‌تواند در بهبود سلامت جسم و روان و توسعه داروهای گیاهی نقش مؤثری ایفا کند، اما مطالعات آینده برای تعیین راهنمایی‌های بالینی دقیق ضروری است.

۶. منابع

زارعی، م. (۱۳۹۰). بررسی کاربرد زعفران در طب سنتی ایران. مجله طب سنتی، ۱۲(۳)، ۴۵-۶۰.

حسینی‌زاده، ن. و ناصری‌اصل، ع. (۲۰۱۳). Pharmacological effects of saffron (Crocus sativus L.) and its constituents. Journal of Medicinal Plants Research, 7(13), 647-654.

Akhondzadeh, S., et al. (2005). Crocus sativus L. in the treatment of mild to moderate depression: A double-blind, randomized and placebo-controlled trial. Phytomedicine, 12(4), 288–294.

Assimopoulou, A. N., et al. (2005). Cytotoxic activity of Crocus sativus L. constituents on human cancer cell lines. Cancer Letters, 223(2), 173–181.

Bukhari, S. N., et al. (2019). Hepatoprotective effects of saffron: A systematic review. Phytotherapy Research, 33(12), 3098–3110.

García, A., et al. (2020). Saffron as a therapeutic agent: A review. Phytotherapy Research, 34(3), 512–527.

Hausenblas, H. A., Schlesinger, S., & Shelton, S. K. (2013). Saffron (Crocus sativus L.) and major depressive disorder: A meta-analysis of randomized clinical trials. Journal of Integrative Medicine, 11(6), 377–383.

Khazdair, M. R., Boskabady, M. H., & Hosseinzadeh, H. (2015). Review of the effects of saffron and its constituents on nervous system disorders. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 18(7), 725–739.

Mousavi, S. A., et al. (2019). Cardioprotective effect of saffron extract in animal models: A systematic review. Journal of Medicinal Food, 22(5), 449–460.

Evaluation of the Therapeutic Applications of Saffron (*Crocus sativus* L.) Complementary and Conventional Medicine

Zahra sadat Tohidi[1*]
1- Department of Biology, Payamnoor University(PNU), P.O.Box 19395-4697, Tehran, Iran

* z.tohidi83@pnu.ac.ir

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.) is a highly valued medicinal plant with a long history of use in traditional and modern medicine. Due to its bioactive compounds, including crocins, picrocrocin, and safranal, saffron exhibits a wide range of pharmacological effects on both physical and mental health. Studies have demonstrated its antidepressant, anti-inflammatory, antioxidant, anticancer, cardioprotective, and hepatoprotective properties, making it a relatively safe and effective complementary therapy alongside conventional treatments. The aim of this article is to provide a systematic and comprehensive review of the therapeutic applications of saffron in complementary and conventional medicine, based on scientific evidence published between 1995 and 2024. Data from both domestic and international studies were analyzed to evaluate the role of saffron in the prevention and management of chronic diseases, mental health improvement, and quality of life enhancement. The findings suggest that saffron not only functions as an effective and relatively safe complementary agent but also holds significant potential for the development of herbal medicines and the optimization of modern therapeutic strategies.

Keywords: Saffron, Crocus sativus L., bioactive compounds, antidepressant, antioxidant, complementary medicine

بررسی تاثیر عصاره زنجبیل بر تغییرات بیان ژن‌های DLGAP5 و ژن P53 در سرطان پروستات رده سلولی PC3

دکتر اکبر کریمی،[1] اعظم کریمی منجرمویی،[2]
۱- گروه زیست شناسی دانشگاه پیام نور، تهران ، ایران
۲- کارشناسی ارشد زیست شناسی سلولی،تکوینی دانشگاه پیام نور تهران ایران

چکیده

سرطان پروستات از مشکلات بالینی رایج دنیا است؛ عصاره زنجبیل یک عامل شیمی درمانی و ساختار مکانیسم های سلولی و مولکولی است که از طریق آن زنجبیل در انواع مختلف سرطان عمل می کند. هدف مطالعه‌ی حاضر بررسی تاثیر عصاره زنجبیل بر بیان دو ژن *DLGAP5* و *P53* در رده‌ی سلولی PC3 است، در این مطالعه زنجبیل به روش آبی عصاره گیری شد سپس سلول‌های سرطان پروستات رده PC3 در محیط کشت DMEM با ۱۰ درصد سرم جنین گاوی کشت داده شدند. سلول‌ها در سه بازه‌ی زمانی ۲۴، ۴۸ ساعت در معرض غلظت‌های ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند و رشد سلولی با روش رنگ سنجی MTT مورد بررسی قرار گرفت. بیان دو ژن *DLGAP5* و *P53* بر روی سلول‌های تیمار شده با روش Real Time PCR مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج MTT این نتیجه حاصل شد که هرچه دوز و ساعت تیمار سلول‌های سرطانی با عصاره زنجبیل افزایش می‌یابد تعداد سلول‌های سرطانی کاهش چشمگیری می‌یابد، $P<0.005$ بیانگر معنی دار بودن نتایج می باشد. با بررسی نتایج حاصل از تست RT-Real Time PCR این نتیجه حاص شد که: افزایش غلظت عصاره زنجبیل به صورت وابسته به دوز و زمان، توان زیستی سلول‌ها و میزان بیان ژن‌های *DLGAP5* را کاهش می‌دهد و بیان ژن *P53* را افزایش می‌دهد، برای ژن *DLGAP5* سطح معنی داری $P<0.001$ و برای ژن *P53* سطح معنی داری $P<0.001$ محاسبه شد که هر دو بیانگر معنی دار بودن نتایج می‌باشد (برای مقایسه تغییرات بیان ژن‌های مورد نظر در پژوهش از ژن GAPDH به عنوان ژن مرجع در پژوهش استفاده شد). به‌طوری‌که بیش‌ترین تاثیر عصاره زنجبیل مربوط به غلظت ۱۰ میکرومولار و در زمان ۴۸ ساعت پس از تیمار سلول‌ها بود، عصاره زنجبیل در سرکوب سلول‌های سرطانی دخالت دارد و ضد سرطان است. عصاره زنجبیل به صورت وابسته به دوز و زمان باعث کاهش رشد سلولی، افزایش القا آپوپتوز، افزایش بیان ژن *P53* و کاهش بیان ژن *DLGAP* مورد بررسی در سلول‌های PC3 می‌شود. مطابق شواهد عصاره زنجبیل می‌تواند به عنوان یک ماده‌ی ضد سرطان دهان عمل کند.

واژه‌های کلیدی: سرطان پروستات- ژن P53- ژن DLGAP5- عصاره زنجبیل

۱. مقدمه

سرطان یک مشکل بهداشتی جهانی است که عامل مرگ از هر شش نفر در سراسر جهان است. درمان سرطان یک فرآیند بسیار پیچیده بوده است. روش‌های درمانی مرسوم مانند جراحی، شیمی‌درمانی و رادیوتراپی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، در

[1] Akbar Karimi
[2] Aazam Karimi Monjarmoii

حالی که در زمان‌های اخیر پیشرفت‌های قابل توجهی از جمله درمان با سلول‌های بنیادی، درمان هدفمند، درمان فرسایشی، نانوذرات، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، رادیونیک، شیمی‌درمانی، سونودینامیک انجام شده است.

تومورها تنوع شگفت انگیزی را در توزیع فضایی، ترکیب و وضعیت فعال‌سازی سلول‌های ایمنی نشان می‌دهند که بر پیشرفت و پاسخ آن‌ها به ایمونوتراپی تأثیر می‌گذارد. روشن کردن مکانیسم‌هایی که بر تنوع و عملکرد سلول‌های ایمنی در ریزمحیط تومور حاکم است، راه را برای توسعه استراتژی‌های تعدیل‌کننده ایمنی مناسب‌تر به نفع بیماران مبتلا به سرطان هموار می‌کند. سلول‌های سرطانی، به دلیل مکانیسم‌های ارتباطی پاراکرین و ژاکستاکرین، از عوامل کلیدی ناهمگونی بین توموری در بافت‌های ایمنی هستند.

اکثر تعاریف سرطان به طور کلی با تعریف NCI فعلی مطابقت دارد: "سرطان بیماری است که در آن برخی از سلول‌های بدن به طور غیرقابل کنترل رشد می کنند و به سایر قسمت‌های بدن گسترش می‌یابند." این تعاریف تمایل دارند آنچه را که سرطان «شبیه به نظر می‌رسد» یا «می‌کند» را توصیف کند، اما توصیف نمی‌کند که سرطان «هست» یا «به چه چیزی تبدیل شده است». در حالی که انعکاس بینش های گذشته، تعاریف کنونی با این درک که سلول سرطانی خود در حال تغییر شکل و تکامل است، همگام نبوده است. ما یک تعریف اصلاح‌شده از سرطان را پیشنهاد می‌کنیم: سرطان یک بیماری تکثیر کنترل‌نشده توسط سلول‌های تبدیل‌شده در معرض تکامل توسط انتخاب طبیعی است. ما معتقدیم که این تعریف ماهیت اکثر تعاریف قبلی و فعلی را در بر می‌گیرد. به ساده‌ترین تعریف سرطان به‌عنوان بیماری تکثیر کنترل‌نشده سلول‌ها، تعریف ما به صفت «تبدیل» اضافه می‌شود تا بسیاری از فرآیندهای تومورزایی را که سلول‌های سرطانی برای متاستاز اتخاذ می‌کنند، نشان دهد.

طبق آمار منتشر شده در رابطه با مبتلایان و افراد درمان شده در آمریکا، بیش از ۱۵. ۵ میلیون فرد با سابقه‌ی ابتلا به سرطان تا سال ۲۰۱۶ درمان شده و زنده مانده‌اند؛ این آمار تا سال ۲۰۲۶ به ۲۰,۳ میلیون نفر افزایش می‌یابد. از شایع‌ترین سرطان در سال ۲۰۱۶ در میان مردان می‌توان به سرطان پروستات، سرطان کلون و رکتوم و سرطان ملانوما اشاره کرد و در بین زنان مبتلا به سرطان، سرطان‌های کلون و رکتوم، رحم و پستان بسیار شایع هستند (شکل ۱).

شکل ۱– آمار افراد سرطانی درمان شده از سال ۲۰۱۶ و امار پیش بینی شده تا سال ۲۰۲۶

۲. مواد و روش کار

رده‌ی سلولی PC3 سرطان پروستات انسان برای انجام این تحقیق از بانک سلولی انستیتو پاستور ایران تهیه شد، پس از انتقال فلاسک T-25 از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران، محیط رویی سلول‌ها برداشته شد و محیط تازه (DMEM+FBS10%+Pen/Strep1%) به آن‌ها اضافه گردید و سپس به درون انکوباتور CO2دار (° C 37، CO2 5 % و٪ O2 95) انتقال داده شدند. پس از آنکه ۸۰-۹۰ درصد کف ظرف توسط سلول‌ها پوشش داده شد، فرآیند پاساژ برای سلول¬ها انجام شد، بدین معنا که؛ سلول‌ها از کف ظرف جدا شوند و به درون ظرف دیگری منتقل گردند.

جهت بررسی اثر زنجبیل بر توان زیستی و میزان بیان ژن‌های DLGAP5 و P53 در رده‌ی سلولی سرطان پروستات انسان (PC3)، سلول‌ها در معرض غلظت‌های مختلف در سه زمان انکوباسیون ۲۴ و ۴۸ ساعته قرار گرفتند.

گروه I: سلول‌ها در معرض غلظت ۲/۵ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه II: سلول‌ها در معرض غلظت ۵ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه III: سلول‌ها در معرض غلظت ۷/۵ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه IV: سلول‌ها در معرض غلظت ۱۰ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه کنترل: سلول‌ها در معرض محیط کشت RPMI-1640+ FBS10% قرار گرفتند.

جهت بررسی اثر زنجبیل بر توان زیستی و میزان بیان ژن‌های DLGAP5 و P53 در رده‌ی سلولی سرطان پروستات انسان (PC3)، سلول‌ها در معرض غلظت‌های مختلف در سه زمان انکوباسیون ۲۴ و ۴۸ ساعته قرار گرفتند.

گروه I: سلول‌ها در معرض غلظت ۲/۵ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه II: سلول‌ها در معرض غلظت ۵ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه III: سلول‌ها در معرض غلظت ۷/۵ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه IV: سلول‌ها در معرض غلظت ۱۰ میکرومولار زنجبیل قرار گرفتند.

گروه کنترل: سلول‌ها در معرض محیط کشت RPMI-1640+ FBS10% قرار گرفتند.

برای تبدیل RNA به cDNA و ایجاد یک ساختار پایدار برای انجام آزمایشات، به پرایمری نیاز است که بتواند با mRNA هیبرید شود و توسط آنزیم DNA پلیمراز وابسته به RNA ، دنباله‌ی آن ساخته شود و در نتیجه‌ی آن کپی‌هایی از cDNA ایجاد شود. پرایمر مورد استفاده برای سنتز نخستین رشته‌ی DNA می‌تواند به صورت اختصاصی طراحی شود، تا تنها به یک ژن خاص متصل شود و تنها آن را تکثیر کند و یا اینکه طراحی به صورت عمومی صورت گیرد تا کل توالی‌ها را تکثیر کند. در این تحقیق از پرایمر هگزامر تصادفی با طراحی عمومی به همراه پرایمر الیگو (dT) استفاده شد. واکنش رونویسی معکوس با استفاده از کیت یکتا تجهیز مخصوص که شامل کلیه‌ی مواد لازم جهت انجام واکنش از جمله: بافرX5 ، مهار کننده‌ی آنزیمRNase ، مخلوط dNTP و پرایمرهای مورد نظر می‌باشد، به ترتیب مراحل زیر انجام شد:

۱- مقدار ۵-۱ میکرولیتر از RNA مورد نظر را به همراه ۱ میکرولیتر از پرایمر هگزامر تصادفی و ۱ میکرولیتر از پرایمر الیگو (dT) به درون یک میکروتیوب ۰/۵ میلی‌لیتر منتقل شدند و با آب دی اتیل پیرو کربنات (DEPC) به حجم ۱۳,۴ میکرولیتر رسانده شد،

۲- سپس به مدت ۵ دقیقه در دستگاه ترموسایکلر تحت دمای C°70 قرار گرفت،

۳- پس از گذراندن مرحله قبل، میکروتیوب بالافاصله بر روی یخ قرار گرفت،

۴- سپس به میکروتیوب مورد نظر مقدارهای ۴ میکرولیتر بافرx5 ، ۱ میکرولیتر مخلوطdNTP ، ۰/۵ میکرولیتر مهار کننده ی آنزیم RNase و ۱ میکرولیتر M-MLV اضافه شدند،

۵- پس از مخلوط کردن محتویات داخل میکروتیوب، به مدت ۶۰ دقیقه در دمای C°42 در دستگاه ترموسایکلر قرار داده شد،

۶- سپس به مدت ۵ دقیقه در دمای C°70 در دستگاه ترموسایکلر قرار داده شد .

پس از اتمام این مراحل cDNA مورد نظر ساخته شده است و می‌توان از آن استفاده کرد. جهت نگهداری کوتاه مدت و به مدت یک هفته می‌توان میکروتیوب حاوی cDNA ساخته شده را در فریزر-C°20 نگهداری کرد و برای نگهداری در مدت زمان طولانی‌تر می‌توان آن را در فریزر -C°70 قرار داد.

برای انجام این واکنش از کیت مخصوص واکنش Real Time PCR محتوی بافر X5، مخلوط dNTP و آنزیم پلی‌مراز استفاده گردید. همچنین از یک رنگ اختصاصی متصل شونده به DNA دو رشته به عنوان گزارش‌گر، مورد نیاز برای ساخت مستر میکس تحت عنوان سایبرگرین استفاده شد. سایبرگرین به شیار کوچک DNA دو رشته متصل می‌شود و در اثر تهیج از خود نور ساطع می‌کند، بنابراین با افزایش محصول PCR میزان فلورسانس نیز افزایش می‌یابد. مراحل انجام کار به شرح زیر است:

۱- معادل جدول زیر واکنش‌گرها مخلوط شده و بر روی یخ آماده سازی شدند.

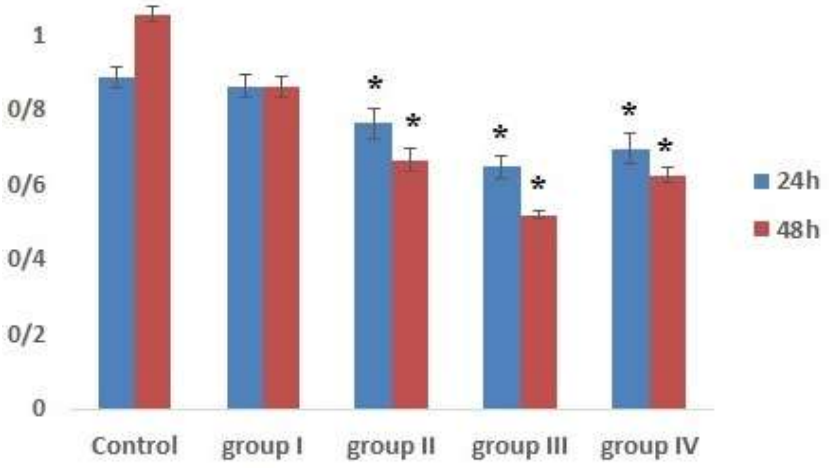
جدول ۱- مقادیر واکنش‌گرهایRT-Real Time PCR

ترکیبات	حجم	غلظت نهایی
cDNA	۱/۵ میکرولیتر	کمتر از ۱۰۰نانوگرم/ واکنش
Forwardپرایمر	۰/۳ میکرولیتر	۱۰ پیکومول
Reverseپرایمر	۰/۳ میکرولیتر	۱۰ پیکومول
RNase-free water	۵/۴ میکرولیتر	-
SYBR	۷/۵ میکرولیتر	X۲
حجم نهایی	۱۵ میکرولیتر	-

بررسی آماری با استفاده از آزمون ANOVA از طریق نرم افزار SPSS و همچنین برنامه‌ی Excel انجام شد. حدود اطمینان برای همه‌ی آزمایشات ۹۹٪ در نظر گرفته شد و ۰،۰۵ P> معنی‌دار محسوب گردید

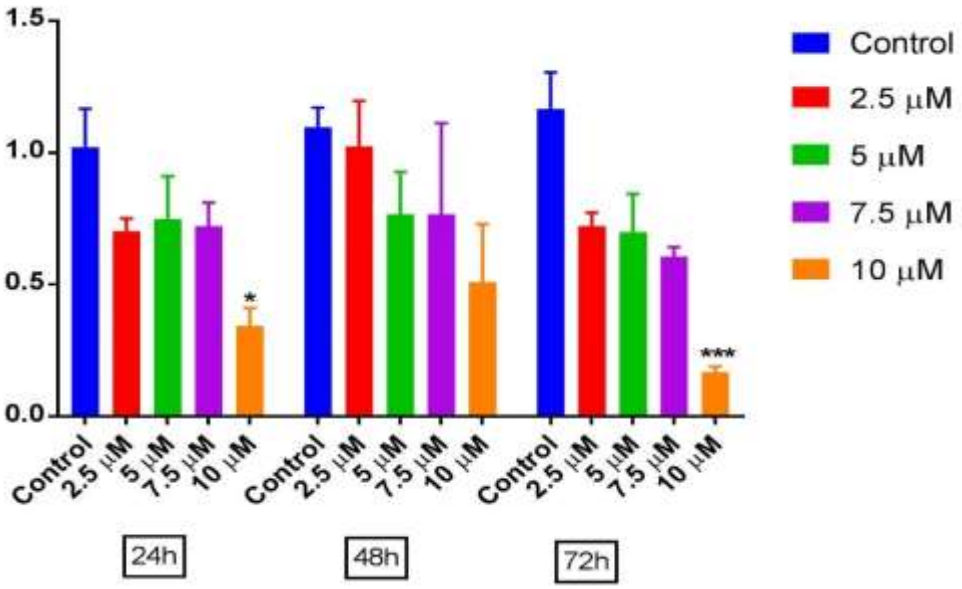
۳. نتایج

نتایج تست MTT به ما نشان داد که، توان زیستی سلول‌های رده‌ی PC3 سرطان پروستات انسان، تحت تیمار با غلظت‌های مختلف عصاره زنجبیل، در هر دو زمان انکوباسیون ۲۴ و ۴۸ ساعت، در سایر گروه‌ها نسبت به گروه کنترل کاهش یافته است. این کاهش در هر دو زمان انکوباسیون ۲۴ و ۴۸ ساعت، در گروه آزمایشی که سلول‌ها در معرض غلظت ۷/۵ میکرومولار از عصاره قرار داشته‌اند، در مقایسه با دیگر گروه‌های آزمایشی قابل توجه‌تر بوده و از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$).

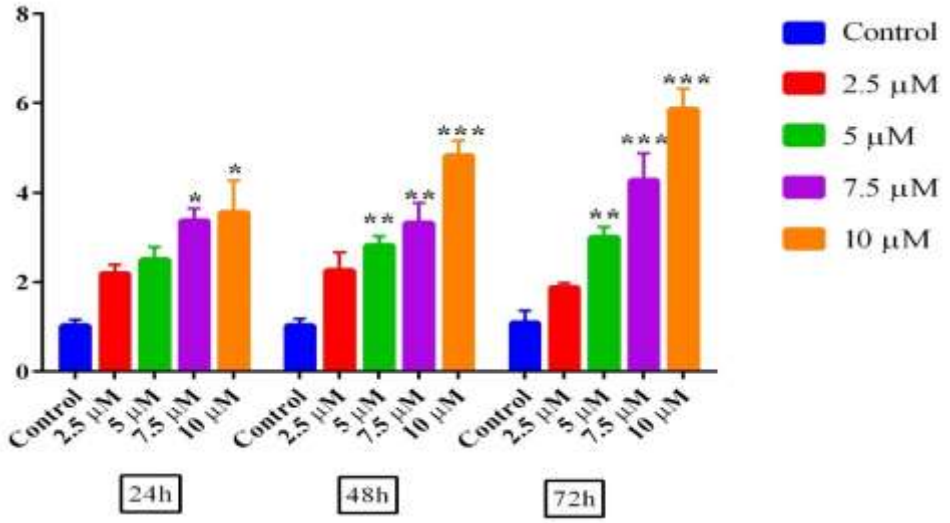


نمودار ۱- اثر عصاره زنجبیل بر توان زیستی رده سلولی PC3 در مدت زمان انکوباسیون ۲۴ و ۴۸ ساعت (*P <0.05*، اختلاف معنی‌دار گروه آزمایش II، III و IV نسبت به گروه کنترل در هر دو زمان انکوباسیون ۲۴ و ۴۸ ساعته).

بررسی تغییرات بیان ژن‌های P53 و *DLGAP5* تحت تاثیر عصاره زنجبیل



نمودار ۲- میزان بیان ژن *DLGAP5* براساس CT در غلظت‌های (۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ میکرومولار) و زمان انکوباسیون ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته. *P<0.001*** ؛ *P<0.5** اختلاف معنادار در مقابل گروه کنترل.



نمودار ۳- میزان بیان ژن *P53* براساس CT در غلظت‌های (۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ میکرومولار) و زمان انکوباسیون ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته. $^{***}P<0.001$؛ $^{**}P<0.01$؛ $^{*}P<0.5$ اختلاف معنادار در مقابل گروه کنترل

۴. بحث

سرطان پروستات (PCa) دومین تومور جامد شایع در مردان و پنجمین علت مرگ و میر ناشی از سرطان است. میزان بروز و مرگ و میر به طور قابل توجهی با توجه به موقعیت جغرافیایی متفاوت است. علاوه بر استعداد ژنتیکی، سابقه خانوادگی، و نژاد/قومیت، طیف گسترده ای از عوامل خطر فردی، محیطی و شغلی برای توجیه تفاوت در بار اپیدمیولوژیک بیماری پیشنهاد شده است، ناهمگونی در سلامت و وضعیت اجتماعی-اقتصادی، و همچنین سیاست‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی در کشورهای مختلف، ممکن است تنوع در بروز و مرگ‌ومیر را توضیح دهد.

استفاده از طب گیاهی به عنوان قدیمی ترین شکل درمان، برای تسکین درد و التهاب از دیرباز مورد توجه بوده است. زنجبیل (Zingiber officinale Roscoe، خانواده: Zingiberaceae) که منشأ آن در جنوب شرقی آسیا است، یکی از پر مصرف‌ترین ادویه‌ها و چاشنی‌ها برای غذاها و نوشیدنی‌ها است. همچنین در طب سنتی برای بسیاری از اختلالات انسانی از جمله تب، عوارض گوارشی، آرتریت، روماتیسم، فشار خون و انواع بیماری‌های عفونی به دلیل خواص ضد التهابی، آنتی-اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد استفراغ استفاده می‌شود، بیشتر فعالیت های شناخته شده اجزای زنجبیل تنها در مطالعات in vitro و in vivo مورد مطالعه قرار گرفته است، به جز چند مطالعه بالینی در افراد انسانی. بنابراین، برای نشان دادن اثربخشی آن به عنوان یک عامل ضدسرطان، مطالعات بالینی قابل‌توجهی و به خوبی کنترل شده انسانی مورد نیاز است، زیرا جایگزینی مطمئن و دلگرم‌کننده است. توسعه اخیر فناوری‌های نانو (نانوذرات یا میسل‌های پلیمری، لیپوزوم‌ها، نانوذرات معدنی و نانو امولسیون‌ها) فرصتی برای بهبود جذب خوراکی، فراهمی زیستی زنجبیل و همچنین بهبود توانایی هدف و اثرات درمانی آن فراهم می‌کند.

مطالعه‌ی حاضر نیز به بررسی توانایی ماده موثره‌ی عصاره زنجبیل در کاهش رشد، تکثیر و نهایتا مهار فعالیت سلول‌های سرطانی رده‌ی پروستات انسان (PC3)، پرداخته است. در این تحقیق توان زیستی سلول‌های تحت تیمار با عصاره زنجبیل از طریق کیت MTT مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین صورت که سلول‌ها برای مدت زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره زنجبیل انکوبه شدند. نتایج حاصل شده از این تست حاکی از آن می‌باشد که عصاره زنجبیل قادر است رشد سلول‌های سرطان پروستات را در غلظت مشخص مهار کند و توان زیستی آن‌ها را تا حد زیادی نسبت به گروه کنترل کاهش

دهد. طبق نتایج به دست آمده می‌توان گفت در هر دو زمان انکوباسیون ۲۴ و ۴۸ ساعت توان زیستی سلول‌های PC3 در غلظت ۷/۵ میکرومولار به طور قابل توجهی در مقایسه با گروه کنترل کاهش داشته‌یافته است.

۵. نتیجه گیری

عصاره زنجبیل احتمالا دارای اثر مهاری بر رشد و تکثیر سلول های سرطانی پروستات از طریق کاهش در میزان بیان ژن های آنتی آپوپتوزی دخیل در مسیر آپوپتوز و به دنبال آن کاهش توان زیستی سلول ها می باشد. بنابراین نتایج مطالعه ی حاضر پیشنهاد می کند که عصاره زنجبیل می تواند برای درمان سرطان پروستات مفید باشد.

۶. پیشنهادات

•بررسی تاثیر عصاره زنجبیل بر تکثیر و آپوپتوز سایر رده‌های سلولی سرطانی
• بررسی تاثیر عصاره‌های دیگر بر تکثیر و فرایند آپوپتوز در رده سلولی سرطان پروستات
• بررسی تاثیر عصاره زنجبیل بر میزان بیان ژن‌های آپوپتوزی دخیل در فرایندهای مرتبط با چرخه‌ی سلولی در سلول‌های سرطانی

۷. تقدیر و تشکر

اکنون که به یاری پروردگار و یاری و راهنمایی اساتید بزرگ موفق به پایان رساندن مقطع تحصیلی خود شده‌ام وظیفه خود دانسته که نهایت سپاسگزاری را از تمامی عزیزانی که در این راه به من کمک کرده‌اند به عمل آورم:

در پایان از استاد گرانقدر دکتر اکبرکریمی که راهنمایی این پایان نامه را به عهده داشته‌اند کمال تشکر را دارم، از درگاه خداوند منان برای ایشان آرزوی سلامتی، عزت ، موفقیت و حسن عاقبت دارم.

۸. منابع

مختاری، م.، شکرگزار، م.، معتمد، ن.، اکبرزاده، ع.، مومنی، م.، کامیاب، ع.، عدالت، ر.، اذری، ش.، امان‌زاده، امیر.(۱۳۸۹). افزایش بیان ژن CD82 در رده سلولی PC-3 سرطان پروستات تیمارشده با سیلیبینین. پژوهش‌های آسیب‌شناسی زیستی. ۱۳(۳): ۴۱-۵۲.

Debela, D. T., Muzazu, S. G., Heraro, K. D., Ndalama, M. T., Mesele, B. W., Haile, D. C., ... & Manyazewal, T. (2021). New approaches and procedures for cancer treatment: Current perspectives. SAGE open medicine, 9, 20503121211034366.

Martínez-Reyes, I., & Chandel, N. S. (2021). Cancer metabolism: looking forward. *Nature Reviews Cancer*, *21*(10), 669-680.

Mancusi, R., & Monje, M. (2023). The neuroscience of cancer. *Nature*, *618*(7965), 467-479.

van Weverwijk, A., & de Visser, K. E. (2023). Mechanisms driving the immunoregulatory function of cancer cells. *Nature Reviews Cancer*, *23*(4), 193-215.

Brown, J. S., Amend, S. R., Austin, R. H., Gatenby, R. A., Hammarlund, E. U., & Pienta, K. J. (2023). Updating the definition of cancer. *Molecular Cancer Research*, *21*(11), 1142-1147.

Miller, K. D., Siegel, R. L., Lin, C. C., Mariotto, A. B., Kramer, J. L., Rowland, J. H., ... & Jemal, A. (2016). Cancer treatment and survivorship statistics, 2016. *CA: a cancer journal for clinicians*, *66*(4), 271-289.

Zadorozhna, M., & Mangieri, D. (2021). Mechanisms of chemopreventive and therapeutic proprieties of ginger extracts in cancer. *International journal of molecular sciences*, *22*(12), 6599.

Lechner, J. F., & Stoner, G. D. (2019). Gingers and their purified components as cancer chemopreventative agents. *Molecules*, *24*(16), 2859.

Malmir, S., Ebrahimi, A., & Mahjoubi, F. (2020). Effect of ginger extracts on colorectal cancer HCT-116 cell line in the expression of MMP-2 and KRAS. *Gene Reports*, *21*, 100824.

Lotfi, Z., Morovati-Sharifabad, M., Salehi, E., Sarkargar, F., & Pourghanbari, G. (2021). Evaluation of anti-cancer effects of alcoholic extract of ginger on SORT1 gene expression and viability of the A2780s ovarian cancer cell line. *Internal Medicine Today*, *27*(3), 418-433.

Studying the effect of ginger extract on the expression of DLGAP5 and P53 genes in prostate cancer cell line PC3

Akbar Karimi[1*], Aazam Karimi Monjarmoii[2]
1- Department of biology, Payame Noor University, Tehran, Iran
2- Master's degree in Cell Biology, Developmental, Payame Noor University, Tehran, Iran

* Corresponding author email: **akbarkarimi@pnu.ac.ir**

Abstract

Prostate cancer is a common clinical problem in the world; Ginger extract is a chemotherapeutic agent and the structure of the cellular and molecular mechanisms through which ginger acts in various types of cancer. Research shows that its strong cytotoxic/antiproliferative/anticancer properties can prevent cell cancer and be a preventive factor in the occurrence of cancer. The aim of the present study is to investigate the effect of green tea extract on the expression of two genes, DLGAP5 and P53, in the PC3 cell line. In this study, green tea was extracted by the aqueous method, then PC3 prostate cancer cells were cultured in DMEM medium with 10% fetal bovine serum. The cells were exposed to concentrations of 2.5, 5, 7.5 and 10 µM ginger for three time periods of 24, 48 hours and cell growth was examined by the MTT colorimetric method, and the viability of the cells was examined. The expression of the two genes DLGAP5 and P53 on the treated cells was examined by Real Time PCR. Based on the MTT results, it was concluded that as the dose and time of treatment of cancer cells with green tea extract increased, the number of cancer cells decreased significantly, $P<0.005$ indicates the significance of the results. By examining the results of the RT-Real Time PCR test, it was concluded that: increasing the concentration of ginger extract in a dose- and time-dependent manner reduces the viability of cells and the expression of the DLGAP5 genes and increases the expression of the P53 gene. A significant level of $P<0.001$ was calculated for the DLGAP5 gene and a significant level of $P<0.001$ for the P53 gene, both of which indicate the significance of the results (to compare the changes in the expression of the genes of interest in the study, the GAPDH gene was used as a reference gene in the study). As the highest effect of ginger extract was related to the concentration of 10 µM and at 48 hours after cell treatment, ginger extract is involved in the suppression of cancer cells and is anticancer. Ginger extract dose- and time-dependently reduces cell growth, increases apoptosis induction, increases P53 gene expression and reduces DLGAP gene expression in PC3 cells. According to the evidence, ginger extract can act as an oral anticancer agent.

Keywords: Prostate cancer - P53 gene - DLGAP5 gene - Ginger extract

مطالعه فیتوشیمیایی پاسخ نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) به محلول‌پاشی پوترسین

رضا یدی[1*]

۱-استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران. ایران. reza_yadi2007@yahoo.com

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین بر پروفایل اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی به‌صورت آزمایش گلدانی در شرایط گلخانه‌ای و بر اساس طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شش سطح پوترسین (عدم کاربرد، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار) بودند که به‌صورت محلول‌پاشی برگی در دو نوبت اعمال گردیدند. پس از برداشت، اسانس‌گیری به روش هیدرودیستیلاسیون و شناسایی ترکیبات با دستگاه GC-MS انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که پوترسین تأثیر غلظت‌وابسته و گاه غیرخطی بر میزان ترکیبات اسانس دارد. بیشترین میزان menthol (۶۳/۶۹ درصد) در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد که افزایشی معادل ۷۳ درصد نسبت به شاهد بود. همچنین، ترکیباتی مانند menthyl acetate و δ-terpinene به‌طور چشمگیری در غلظت‌های بالای پوترسین القا شدند. در مقابل، سسکویی‌ترپن‌هایی مانند germacrene و β-caryophyllene به‌صورت پایدار و شدید کاهش یافتند. برخی ترکیبات نیز رفتار نوسانی داشتند که نشان‌دهنده تعادل پویای آنزیمی تحت تأثیر پوترسین است. به‌طور کلی، پوترسین با هدایت شار متابولیک از سسکوی‌ترپن‌ها به سمت مونوترپن‌های ارزشمند، کیفیت اسانس را بهبود بخشید. بنابراین، کاربرد محلول‌پاشی پوترسین، به‌ویژه در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، می‌تواند به‌عنوان یک راهکار کارآمد در تولید باکیفیت گیاه دارویی نعناع فلفلی مطرح شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، پلی‌آمین، ترپنوئید، فیزیولوژی گیاهی، متابولیسم ثانویه

مقدمه

گیاهان دارویی به‌عنوان منابع طبیعی غنی از ترکیبات زیست‌فعال، همواره مورد توجه پژوهشگران حوزه‌های کشاورزی، داروسازی و صنایع غذایی بوده‌اند. نعناع فلفلی یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی و اسانس‌دار است که به‌دلیل خواص ضدالتهابی، ضدباکتریایی و آرام‌بخش استفاده گسترده‌ای در صنایع دارویی، بهداشتی و غذایی دارد. ترکیبات اصلی اسانس این گیاه شامل منتول، منتون، ۱،۸-سینئول و لیمونن است که کیفیت و کمیت آن‌ها تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد (Kazemi et al., 2025). در سال‌های اخیر، تلاش‌های زیادی برای افزایش کمیت و کیفیت اسانس این گیاه از طریق روش‌های غیرژنتیکی، به‌ویژه کاربرد ترکیبات تنظیم‌کننده رشد گیاهی، انجام شده است (Parrey et al., 2023). پوترسین، یکی از پلی‌آمین‌های آلی با ساختار دی‌آمینی، در فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی از جمله تقسیم سلولی، رشد گیاه، تحمل به تنش‌های محیطی و تنظیم بیوسنتز ترکیبات ثانویه نقش دارد. این ترکیب به‌صورت طبیعی در گیاهان سنتز می‌شود، اما کاربرد خارجی آن از طریق محلول‌پاشی می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد مدیریتی در بهبود عملکرد گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرد (González-Hernández et al., 2022). مطالعات نشان داده‌اند که پوترسین با تعدیل مسیرهای بیوشیمیایی مرتبط با تولید ترکیبات فنولی و ترپنوئیدی، می‌تواند سنتز اسانس‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Zeynali et al., 2023). با این وجود، پاسخ گیاه نعناع فلفلی به محلول‌پاشی پوترسین و تأثیر آن بر الگوی ترکیبات اسانسی، هنوز به‌طور جامع بررسی نشده است.

محلول‌پاشی برگی به‌عنوان یک روش کارآمد در تغذیه گیاه و اعمال محرک‌های فیزیولوژیکی شناخته می‌شود، زیرا امکان جذب سریع ترکیبات را از طریق سطح برگ فراهم می‌آورد (Mawale et al., 2024). در مورد پوترسین، این روش می‌تواند ضمن بهبود سلامت رویشی گیاه، نقش تنظیم‌کننده‌ای در فعالیت آنزیم‌های کلیدی مسیر موالونات و مسیر MEP (2-C-methyl-D-erythritol 4-phosphate) ایفا کند که مسیرهای اصلی سنتز ترپنوئیدها هستند. بنابراین، انتظار می‌رود که سطوح

مختلف پوترسین بتوانند نه تنها میزان کل اسانس را تغییر دهند، بلکه نسبت ترکیبات اصلی آن را نیز تعدیل نمایند (Pal & Baksi, 2025). در این راستا، بررسی دقیق تأثیر محلول‌پاشی پوترسین بر پروفایل اسانس نعناع فلفلی نه تنها به درک بهتر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی گیاه کمک می‌کند، بلکه می‌تواند راهگشای راهبردهای کاربردی در کشاورزی پایدار و تولید باکیفیت گیاهان دارویی باشد. با توجه به تقاضای فزاینده جهانی برای محصولات طبیعی و ارگانیک، بهینه‌سازی روش‌های غیرشیمیایی مانند استفاده از پلی‌آمین‌ها برای ارتقای کیفیت گیاهان دارویی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین بر میزان و ترکیب اسانس نعناع فلفلی طراحی شده است تا بتواند گامی مؤثر در جهت ارتقای کیفیت این گیاه دارویی مهم بردارد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت گلدانی در شرایط کنترل‌شده گلخانه‌ای و بر اساس طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شش سطح غلظت مختلف پوترسین (عدم کاربرد، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار) بودند که به‌صورت محلول‌پاشی برگی در مراحل رشدی مشخص گیاه نعناع فلفلی اعمال گردید. ریزوم‌های یکنواخت و سالم نعناع فلفلی، در گلدان‌های حاوی بستر کشت استاندارد (ترکیب خاک، کود دامی پوسیده و ماسه با نسبت ۲:۱:۱) کشت شدند. پس از سپری شدن مرحله چهار برگی، محلول‌پاشی با فاصله یک‌هفته‌ای در دو نوبت انجام پذیرفت. محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش دستی با فشار ثابت انجام شد تا پوشش یکنواخت برگ‌ها فراهم گردد. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت منظم و با حجم یکسان در تمام تیمارها صورت گرفت. در پایان فصل رشد و در مرحله شروع گلدهی، اندام‌های هوایی گیاهان از سطح خاک برداشت شدند. نمونه‌ها پس از خشک‌شدن در سایه و در دمای اتاق، برای استخراج اسانس آماده گردیدند. اسانس‌گیری به روش هیدرودیستیلاسیون با دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت انجام و درصد اسانس با روش وزنی محاسبه شد. ترکیبات اسانس نیز با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) شناسایی و مقدارسنجی شدند. داده‌های حاصل پس از بررسی فرضیه‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

میزان ترکیب α-pinene در اسانس گیاه نعناع فلفلی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین تغییر معنی‌داری نشان داد. کمترین مقدار این ترکیب (۰/۱۳ درصد) در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۱). با افزایش غلظت پوترسین به ۱ میلی‌مولار، محتوای α-pinene به‌طور چشمگیری به ۰/۴۱ درصد ارتقا یافت که نشان‌دهنده پاسخ مثبت گیاه به این سطح از تیمار است. در غلظت ۲ میلی‌مولار نیز این ترکیب با میزان ۰/۳۶ درصد در رتبه سوم قرار گرفت. بیشترین تجمع α-pinene (۰/۶۱ درصد) در بالاترین غلظت مورد بررسی، یعنی ۲/۵ میلی‌مولار پوترسین، ثبت شد که نسبت به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار، افزایشی بیش از ۴ برابری را نشان می‌دهد. این یافته‌ها حاکی از آن است که پوترسین به‌ویژه در غلظت‌های بالاتر، می‌تواند مسیر بیوسنتزی مونوترپن‌هایی مانند α-pinene را در نعناع فلفلی تحریک کند.

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین مربوط به ترکیب‌های مختلف فیتوشیمیایی گیاه دارویی نعناع فلفلی تحت تاثیر تیمار محلول‌پاشی پوترسین

Compound	Putrescine					
	Control	0.5 mM	1 mM	1.5 mM	2 mM	2.5 mM
α-pinene	-	0.13 d (±0.00)	0.41 b (±0.01)	-	0.36 c (±0.01)	0.61 a (±0.01)
β-pinene	-	-	-	-	-	-
myrcene	0.68 d (±0.01)	1.23 c (±0.03)	0.58 d (±0.01)	1.78 b (±0.04)	3.67 a (±0.08)	0.69 d (±0.01)
limonene	0.51 e (±0.01)	2.56 a (±0.05)	0.69 d (±0.01)	2.36 b (±0.05)	1.56 c (±0.03)	0.47 e (±0.01)

1,8-cineole	5.23 b (±0.11)	5.69 a (±0.12)	4.25 d (±0.09)	2.58 e (±0.05)	5.69 a (±0.12)	4.56 c (±0.09)
δ-terpinene	0.26 e (±0.01)	1.25 d (±0.03)	1.47 c (±0.03)	1.42 c (±0.03)	2.98 b (±0.06)	3.67 a (±0.08)
terpinolene	1.45 d (±0.03)	2.47 b (±0.05)	2.54 b (±0.05)	1.99 c (±0.04)	2.84 a (±0.06)	2.54 b (±0.05)
menthone	1.98 d (±0.04)	2.98 b (±0.06)	3.69 a (±0.08)	1.24 e (±0.03)	2.58 c (±0.05)	2.98 b (±0.06)
isomenthone	2.45 d (±0.05)	2.65 c (±0.05)	2.58 cd (±0.05)	1.69 e (±0.03)	3.67 b (±0.08)	3.95 a (±0.08)
menthofuran	10.25 a (±0.21)	10.24 a (±0.21)	7.65 c (±0.16)	4.58 d (±0.09)	9.86 a (±0.20)	8.25 b (±0.17)
menthol	36.87 e (±0.75)	42.68 d (±0.87)	53.86 b (±1.10)	63.69 a (±1.30)	48.20 c (±0.99)	47.25 c (±0.97)
terpinen-4-ol acetate	2.36 a (±0.05)	1.84 b (±0.04)	1.56 c (±0.03)	1.18 d (±0.02)	1.25 d (±0.03)	2.45 a (±0.05)
isomenthol	2.48 b (±0.05)	2.41 b (±0.05)	1.87 c (±0.04)	1.13 e (±0.02)	1.65 d (±0.03)	2.96 a (±0.06)
piperitone	5.69 a (±0.12)	2.74 c (±0.06)	2.54 d (±0.05)	1.51 e (±0.03)	1.33 e (±0.03)	3.65 b (±0.07)
neoisomenthol	4.38 a (±0.09)	1.29 d (±0.03)	3.25 b (±0.07)	0.83 e (±0.02)	1.28 d (±0.03)	2.88 c (±0.06)
menthyl acetate	3.69 d (±0.08)	4.52 c (±0.09)	3.02 e (±0.06)	6.57 b (±0.13)	6.35 b (±0.13)	7.93 a (±0.16)
β-caryophyllene	4.87 a (±0.10)	2.69 c (±0.06)	1.58 d (±0.03)	0.79 f (±0.02)	2.95 b (±0.06)	1.02 e (±0.02)
germacrene	8.98 a (±0.18)	2.74 c (±0.06)	3.25 b (±0.07)	0.35 d (±0.01)	0.32 d (±0.01)	0.24 d (±0.00)

تیمارهای دارای حروف مشابه از نظر آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. اعداد موجود در جدول نشان‌دهنده میانگین±خطای معیار می‌باشد.

میزان ترکیب myrcene در اسانس نعناع فلفلی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین قرار گرفت. در تیمار شاهد (بدون پوترسین)، محتوای myrcene برابر با ۰/۶۸ درصد بود. کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به افزایش ۸۱ درصدی این ترکیب نسبت به شاهد شد و مقدار آن به ۱/۲۳ درصد رسید. جالب توجه اینکه در غلظت ۱ میلی‌مولار، میزان myrcene کاهش چشمگیری نشان داد و حتی از سطح شاهد نیز پایین‌تر آمد (۰/۵۸ درصد)، که نشان‌دهنده پاسخ غیرخطی گیاه به این سطح از تیمار است. در مقابل، غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بیشترین افزایش را پس از تیمار ۲ میلی‌مولار به همراه داشت و مقدار myrcene را به ۱/۷۸ درصد رساند. بیشترین میزان myrcene (۳/۶۷ درصد) در غلظت ۲ میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد. با این حال، در بالاترین غلظت پوترسین (۲/۵ میلی‌مولار)، مقدار myrcene به‌طور ناگهانی به سطحی مشابه شاهد (۰/۶۹ درصد) بازگشت و اثر مثبت تیمارهای میانی کاملاً از بین رفت. این الگوی نوسانی نشان می‌دهد که پاسخ بیوسنتز myrcene به پوترسین به‌شدت وابسته به غلظت بوده و فقط در محدوده خاصی از غلظت‌ها (به‌ویژه ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) القای مؤثری رخ می‌دهد. میزان ترکیب limonene در اسانس نعناع فلفلی پاسخ بسیار حساس و غلظت‌وابسته‌ای به کاربرد پوترسین نشان داد. در تیمار شاهد، limonene با مقدار ۰/۵۱ درصد حضور نسبتاً پایینی داشت. کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین بیشترین تأثیر را بر تجمع این ترکیب گذاشت و آن را به ۲/۵۶ درصد رساند. در غلظت ۱ میلی‌مولار، limonene کاهش چشمگیری را تجربه کرد و تنها به ۰/۶۹ درصد رسید که هرچند از شاهد بیشتر بود، اما در مقایسه با تیمار ۰/۵ میلی‌مولار، افت شدیدی مشهود بود. در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، میزان limonene دوباره افزایش یافت و به ۲/۳۶ درصد رسید. با افزایش غلظت پوترسین به ۲ میلی‌مولار، محتوای limonene به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت (۱/۵۶ درصد). جالب‌ترین نکته در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار مشاهده شد؛ در این سطح، limonene به کمترین میزان خود (۰/۴۷ درصد) رسید و حتی از تیمار شاهد نیز پایین‌تر بود که نشان‌دهنده احتمال سرکوب مسیر بیوسنتزی آن در غلظت‌های بالای پوترسین است. به‌طور کلی، limonene بیشترین پاسخ مثبت را به غلظت‌های پایین تا متوسط پوترسین (به‌ویژه ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) نشان داد، در حالی که غلظت‌های بالاتر اثر معکوسی داشتند.

محتوای ترکیب 1,8-cineole در اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین تغییرات معنی‌داری از خود نشان داد. در تیمار شاهد، این ترکیب با میزان ۵/۲۳ درصد حضور نسبتاً قابل‌توجهی داشت (جدول ۱). کاربرد پوترسین در غلظت‌های ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار منجر به بیشترین سطح تجمع 1,8-cineole شد؛ به‌طوری که در هر دو تیمار، مقدار آن به‌طور

همزمان به ۵/۶۹ درصد رسید. این میزان نشان‌دهنده افزایش حدود ۹ درصدی نسبت به شاهد است و بیانگر توانایی این غلظت‌ها در تقویت مسیر بیوسنتزی این ترکیب می‌باشد. در مقابل، غلظت ۱ میلی‌مولار اثر منفی داشت و محتوای 1,8-cineole را به ۴/۲۵ درصد کاهش داد که معادل ۱۹ درصد کاهش نسبت به شاهد است. این روند کاهشی در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار شدیدتر شد؛ به‌طوری‌که کمترین مقدار 1,8-cineole (۲/۵۸ درصد) در این تیمار مشاهده گردید که نشان‌دهنده کاهش ۵۱ درصدی نسبت به شاهد می‌باشد. در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار، میزان این ترکیب به ۴/۵۶ درصد بازگشت و در سطحی بالاتر از غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار، اما پایین‌تر از شاهد و تیمارهای ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار قرار گرفت. این الگوی پاسخ نشان می‌دهد که اثر پوترسین بر بیوسنتز 1,8-cineole غیرخطی و به‌شدت وابسته به غلظت است؛ به‌طوری‌که غلظت‌های پایین و متوسط خاص (۰/۵ و ۲ میلی‌مولار) القای مثبت دارند، درحالی‌که غلظت‌های نزدیک به ۱/۵ میلی‌مولار ممکن است مسیرهای رقابتی را فعال کرده یا آنزیم‌های کلیدی را مهار نمایند. میزان ترکیب δ-terpinene در اسانس نعناع فلفلی با افزایش غلظت پوترسین روندی صعودی و معنی‌دار از خود نشان داد. در تیمار شاهد، این ترکیب تنها با مقدار ۰/۲۶ درصد حضور بسیار ناچیزی داشت (جدول ۱). کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین باعث افزایش چشمگیر آن به ۱/۲۵ درصد شد. این روند افزایشی در غلظت ۱ میلی‌مولار نیز ادامه یافت و δ-terpinene به ۱/۴۷ درصد رسید. در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، مقدار این ترکیب کاهش جزئی (۱/۴۲ درصد) نشان داد، اما تفاوت معنی‌داری با غلظت ۱ میلی‌مولار نداشت. بیشترین مقدار δ-terpinene (۳/۶۷ درصد) در بالاترین غلظت مورد بررسی، یعنی ۲/۵ میلی‌مولار پوترسین، ثبت گردید. به‌طور کلی، δ-terpinene پاسخ بسیار مثبت و تقریباً خطی (به‌جز نوسان جزئی در ۱/۵ میلی‌مولار) به غلظت‌های بالاتر پوترسین نشان داد و به‌عنوان یکی از ترکیباتی شناسایی شد که سنتز آن به‌طور مؤثری توسط پوترسین القا می‌شود.

ترکیب terpinolene در اسانس نعناع فلفلی پاسخ قابل توجهی به کاربرد پوترسین نشان داد و تغییرات معنی‌داری در میزان آن در غلظت‌های مختلف مشاهده شد. در تیمار شاهد، terpinolene با مقدار ۱/۴۵ درصد مقدار نسبتاً متوسطی داشت (جدول ۱). اعمال پوترسین در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار منجر به افزایش آن به ۲/۴۷ درصد گردید که معادل افزایش ۷۰ درصدی نسبت به شاهد است. در غلظت ۱ میلی‌مولار، مقدار terpinolene به‌طور جزئی به ۲/۵۴ درصد افزایش یافت و با تیمار ۰/۵ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. با این حال، در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، کاهشی مشهود رخ داد و محتوای این ترکیب به ۱/۹۹ درصد رسید که هرچند همچنان بالاتر از شاهد بود، اما نشان‌دهنده کاهش روند صعودی بود. بیشترین تجمع terpinolene (۲/۸۴ درصد) در غلظت ۲ میلی‌مولار مشاهده شد که این میزان نشان‌دهنده افزایش ۹۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد می‌باشد و بالاترین مقدار در میان تمام تیمارها محسوب می‌شود. در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار، terpinolene دوباره به سطح ۲/۵۴ درصد بازگشت که همسان با غلظت ۱ میلی‌مولار بود و نشان می‌دهد که اثر القایی پوترسین در این سطح دیگر بهبود چندانی ایجاد نکرده است. در مجموع، terpinolene بیشترین پاسخ مثبت را به غلظت ۲ میلی‌مولار پوترسین نشان داد، در حالی که غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲/۵ میلی‌مولار اثر مشابهی داشتند و غلظت ۱/۵ میلی‌مولار تنها سطحی بود که القای کمتری ایجاد کرد. میزان ترکیب menthone در اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین تغییرات غیرخطی، اما معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). در تیمار شاهد، مقدار این ترکیب ۱/۹۸ درصد بود. کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین موجب افزایش آن به ۲/۹۸ درصد گردید که معادل افزایش ۵۰ درصدی نسبت به شاهد است. بیشترین میزان menthone (۳/۶۹ درصد) در غلظت ۱ میلی‌مولار مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۸۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد بود و بالاترین مقدار در میان تمام سطوح تیمار محسوب می‌شود. این یافته بیان می‌کند که غلظت ۱ میلی‌مولار پوترسین بهینه‌ترین سطح برای القای بیوسنتز menthone است. در مقابل، در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، محتوای menthone به‌طور چشمگیری کاهش یافت و به پایین‌ترین میزان خود (۱/۲۴ درصد) رسید؛ این رقم نشان‌دهنده کاهش ۳۷ درصدی نسبت به شاهد و کاهش بیش از ۶۶ درصدی نسبت به تیمار ۱ میلی‌مولار است. با افزایش غلظت پوترسین به ۲ میلی‌مولار، سطح menthone به ۲/۵۸ درصد بازگشت که هرچند از شاهد بالاتر بود، اما هنوز فاصله قابل‌توجهی با حداکثر مقدار داشت. در

غلظت ۲/۵ میلی‌مولار، menthone دوباره به سطح ۲/۹۸ درصد رسید که همسان با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بود و نشان‌دهنده بازگشت پاسخ القایی بود. به‌طور کلی، menthone پاسخ بهینه‌ای به غلظت ۱ میلی‌مولار پوترسین نشان داد، درحالی‌که غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اثر سرکوب‌گر قوی‌ای بر سنتز آن داشت.

محتوای ترکیب isomenthone در اسانس نعناع فلفلی پاسخ مثبت و هم‌جهت با افزایش غلظت پوترسین (به‌استثنای یک سطح) از خود نشان داد. در تیمار شاهد، isomenthone با میزان ۲/۴۵ درصد حضور قابل‌توجهی داشت (جدول ۱). کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به افزایش جزئی آن به ۲/۶۵ درصد شد که معادل افزایش ۸ درصدی نسبت به شاهد است. در مقابل، در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، isomenthone کاهش چشمگیری را تجربه کرد و به ۱/۶۹ درصد رسید؛ این میزان نشان‌دهنده کاهش ۳۱ درصدی نسبت به شاهد و پایین‌ترین سطح در میان تمام تیمارهاست. این کاهش موقتی، احتمالاً ناشی از تغییر در تعادل آنزیمی بین مسیرهای تبدیل menthone و isomenthone در این غلظت خاص است. با ادامه افزایش غلظت پوترسین، روند القایی دوباره فعال شد؛ به‌طوری که در غلظت ۲ میلی‌مولار، میزان isomenthone به ۳/۶۷ درصد افزایش یافت که معادل افزایش ۴۹ درصدی نسبت به شاهد است. بیشترین مقدار این ترکیب (۳/۹۵ درصد) در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار مشاهده گردید که نشان‌دهنده افزایش ۶۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. این یافته‌ها بیانگر آن است که پوترسین، به‌ویژه در غلظت‌های بالا (۲ و ۲/۵ میلی‌مولار)، توانایی بالایی در تقویت بیوسنتز isomenthone دارد، هرچند در سطح میانی (۱/۵ میلی‌مولار) ممکن است تعادل مسیرهای ثانویه را موقتاً مختل کند. نتایج آزمایش نشان داد که در تیمار شاهد، menthofuran با مقدار ۱۰/۲۵ درصد بالاترین سطح خود را داشت و به‌عنوان یکی از ترکیبات غالب اسانس شناسایی شد. کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین تأثیر محسوسی بر این ترکیب نگذاشت و مقدار آن تقریباً بدون تغییر باقی ماند (۱۰/۲۴ درصد)؛ اما با افزایش غلظت پوترسین به ۱ میلی‌مولار، محتوای menthofuran به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و به ۷/۶۵ درصد رسید که معادل کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد است. این روند کاهشی در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار شدیدتر شد؛ به‌طوری که menthofuran به پایین‌ترین میزان خود (۴/۵۸ درصد) رسید که نشان‌دهنده کاهش چشمگیر ۵۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. این یافته بیان می‌کند که غلظت‌های میانی پوترسین (به‌ویژه ۱/۵ میلی‌مولار) ممکن است مسیر بیوسنتز menthofuran را سرکوب کرده یا جریان پیش‌سازها را به سمت سایر ترکیبات منحرف نمایند. با این حال، در غلظت ۲ میلی‌مولار، میزان این ترکیب به‌طور قابل‌توجهی بازیابی شد و به ۹/۸۶ درصد رسید که تفاوت آماری معنی‌داری با شاهد نداشت و نشان‌دهنده بازگشت تقریباً کامل به سطح پایه است. در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار، menthofuran با مقدار ۸/۲۵ درصد در سطحی بالاتر از غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار، اما پایین‌تر از شاهد قرار گرفت که معادل کاهش ۱۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد است. در مجموع، menthofuran پاسخ حساسی به پوترسین نشان داد؛ به‌طوری که غلظت‌های میانی القای منفی قوی داشتند، درحالی‌که غلظت‌های پایین (۰/۵ میلی‌مولار) و نسبتاً بالا (۲ میلی‌مولار) اثر کمی یا معکوس بر کاهش آن گذاشتند.

میزان ترکیب menthol که به‌عنوان مهم‌ترین و فعال‌ترین ترکیب اسانس نعناع فلفلی شناخته می‌شود، تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین تغییرات بسیار معنی‌داری نشان داد. در تیمار شاهد، menthol با مقدار ۳۶/۸۷ درصد مقدار قابل‌توجهی داشت (جدول ۱). کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به افزایش آن به ۴۲/۶۸ درصد گردید که معادل افزایش ۱۶ درصدی نسبت به شاهد است. این روند افزایشی در غلظت ۱ میلی‌مولار به‌طور چشمگیری ادامه یافت و محتوای menthol به ۵۳/۸۶ درصد رسید که نشان‌دهنده افزایش ۴۶ درصدی نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. بیشترین تجمع menthol (۶۳/۶۹ درصد) در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد؛ این میزان نه تنها بالاترین مقدار در میان تمام تیمارهاست، بلکه معادل افزایش ۷۳ درصدی نسبت به شاهد نیز می‌باشد و بیانگر القای بسیار قوی مسیر بیوسنتزی menthol توسط این سطح از پوترسین است. با افزایش غلظت پوترسین به ۲ میلی‌مولار، میزان menthol کاهش معنی‌داری را تجربه کرد و به ۴۸/۲ درصد رسید، هرچند همچنان به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از شاهد باقی ماند (افزایش ۳۱ درصدی). در غلظت ۲/۵ میلی‌مولار نیز menthol با

مقدار ۴۷/۲۵ درصد در سطحی مشابه تیمار ۲ میلی‌مولار قرار گرفت و نشان داد که غلظت‌های بالاتر از ۱/۵ میلی‌مولار دیگر القای بیشتری ایجاد نکرده و ممکن است حتی باعث کاهش جزئی در تبدیل پیش‌سازها به menthol شوند. به‌طور کلی، پوترسین، به‌ویژه در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار تأثیر بسیار مثبتی بر ارتقای کیفیت اسانس نعناع فلفلی از طریق افزایش menthol داشت و به‌عنوان یک القاءکننده مؤثر در بهبود ارزش دارویی و تجاری این گیاه شناخته می‌شود. میزان ترکیب terpinen-4-ol acetate در اسانس نعناع فلفلی پاسخ غیرخطی و دو مرحله‌ای به کاربرد پوترسین نشان داد. در تیمار شاهد، این ترکیب با مقدار ۲/۳۶ درصد از بالاترین سطوح اولیه برخوردار بود. کاربرد پوترسین در غلظت‌های پایین تا متوسط (۰/۵ تا ۲ میلی‌مولار) منجر به کاهش پیوسته و معنی‌دار terpinen-4-ol acetate شد؛ به‌طوری که در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار به ۱/۸۴ درصد (کاهش ۲۲ درصدی نسبت به شاهد)، در ۱ میلی‌مولار به ۱/۵۶ درصد (کاهش ۳۴ درصدی) و در ۱/۵ میلی‌مولار به پایین‌ترین میزان خود، یعنی ۱/۱۸ درصد (کاهش ۵۰ درصدی) رسید. این کاهش تا غلظت ۲ میلی‌مولار نیز ادامه یافت، هرچند با شدت کمتر، و مقدار ترکیب به ۱/۲۵ درصد (کاهش ۴۷ درصدی) باقی ماند. با این حال، در بالاترین غلظت پوترسین (۲/۵ میلی‌مولار)، روند کاهشی به‌طور چشمگیری معکوس شد و محتوای terpinen-4-ol acetate به ۲/۴۵ درصد بازگشت؛ این میزان نه تنها از سایر تیمارهای پوترسین بیشتر است، بلکه حتی از مقدار شاهد نیز ۴ درصد بالاتر بود. این الگوی پاسخ نشان می‌دهد که terpinen-4-ol acetate در غلظت‌های میانی پوترسین سرکوب می‌شود، احتمالاً به دلیل جابه‌جایی شار متابولیک به سمت ترکیبات دیگر مانند menthol، اما در غلظت بسیار بالا (۲/۵ میلی‌مولار)، مسیر بیوسنتزی آن دوباره فعال یا تنظیم می‌شود. این یافته، رفتار پیچیده و غلظت‌وابسته این ترکیب را در پاسخ به پوترسین نشان می‌دهد.

میزان ترکیب isomenthol در اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین روندی غیرخطی و دو مرحله‌ای نشان داد (جدول ۱). در تیمار شاهد، این ترکیب با مقدار ۲/۴۸ درصد حضور متوسطی داشت. کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین تأثیر چندانی بر آن نگذاشت و مقدار آن به‌صورت جزئی به ۲/۴۱ درصد کاهش یافت (کاهش حدود ۳ درصدی نسبت به شاهد). با افزایش غلظت به ۱ میلی‌مولار، isomenthol کاهش معنی‌داری را تجربه کرد و به ۱/۸۷ درصد رسید که معادل کاهش ۲۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد است. این روند کاهشی در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به اوج خود رسید؛ به‌طوری‌که isomenthol به پایین‌ترین میزان خود (۱/۱۳ درصد) رسید که نشان‌دهنده کاهش چشمگیر ۵۴ درصدی نسبت به شاهد می‌باشد. در غلظت ۲ میلی‌مولار، مقدار این ترکیب به‌طور جزئی بازیابی شد و به ۱/۶۵ درصد افزایش یافت، اما همچنان در سطح پایین‌تری نسبت به شاهد باقی ماند. جالب‌ترین نکته در بالاترین غلظت پوترسین (۲/۵ میلی‌مولار) مشاهده شد؛ در این سطح، isomenthol نه تنها به سطح اولیه بازگشت، بلکه به بیشترین مقدار خود، یعنی ۲/۹۶ درصد، رسید که معادل افزایش ۱۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد است. این یافته نشان می‌دهد که درحالی‌که غلظت‌های میانی پوترسین (۱ تا ۲ میلی‌مولار) مسیر بیوسنتز یا تبدیل isomenthol را سرکوب می‌کنند، غلظت بسیار بالا (۲/۵ میلی‌مولار) می‌تواند این مسیر را دوباره فعال یا حتی تقویت کند. این رفتار دوگانه بیان می‌کند که پاسخ isomenthol به پوترسین به‌شدت وابسته به غلظت است. میزان ترکیب piperitone در اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین کاهش شدید و سپس بازیابی جزئی نشان داد. در تیمار شاهد، piperitone با مقدار ۵/۶۹ درصد یکی از ترکیبات پرمقدار اسانس بود. کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به کاهش قابل‌توجهی در این ترکیب شد و مقدار آن به ۲/۷۴ درصد رسید که معادل کاهش ۵۲ درصدی نسبت به شاهد است. این روند کاهشی در غلظت ۱ میلی‌مولار نیز ادامه یافت و piperitone به ۲/۵۴ درصد کاهش یافت (کاهش ۵۵ درصدی نسبت به شاهد). در غلظت‌های ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار، کمترین سطوح piperitone مشاهده شد؛ به‌طوری‌که در هر دو تیمار به‌ترتیب به ۱/۵۱ و ۱/۳۳ درصد رسید که نشان‌دهنده کاهش ۷۳ تا ۷۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد است. این کاهش چشمگیر نشان می‌دهد که غلظت‌های میانی پوترسین به‌طور مؤثری مسیر بیوسنتز یا تجمع piperitone را سرکوب کرده‌اند. با این حال، در بالاترین غلظت پوترسین (۲/۵ میلی‌مولار)، میزان piperitone به‌طور معنی‌داری بازیابی شد

و به ۳/۶۵ درصد رسید؛ هرچند این مقدار همچنان به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از شاهد بود (کاهش ۳۶ درصدی)، اما نسبت به غلظت‌های ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار افزایش بیش از دو برابری داشت.

میزان ترکیب neoisomenthol در اسانس نعناع فلفلی پاسخ بسیار حساس و غلظت‌وابسته‌ای به کاربرد پوترسین نشان داد. در تیمار شاهد، این ترکیب با مقدار ۴/۳۸ درصد از بالاترین سطوح اولیه برخوردار بود (جدول ۱). کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به کاهش شدید آن به ۱/۲۹ درصد شد که معادل کاهش ۷۰ درصدی نسبت به شاهد است. در غلظت ۱ میلی‌مولار، محتوای neoisomenthol به‌طور جزئی بازیابی شد و به ۳/۲۵ درصد رسید، اما همچنان به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سطح شاهد باقی ماند (کاهش ۲۶ درصدی). شدیدترین سرکوب در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار رخ داد؛ به‌طوری که neoisomenthol به پایین‌ترین میزان خود (۰/۸۳ درصد) رسید که نشان‌دهنده کاهش چشمگیر ۸۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. در غلظت ۲ میلی‌مولار، مقدار این ترکیب تغییر محسوسی نکرد و با ۱/۲۸ درصد تقریباً همسان با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار باقی ماند. جالب توجه اینکه در بالاترین غلظت پوترسین (۲/۵ میلی‌مولار)، neoisomenthol دوباره افزایش چشمگیری را تجربه کرد و به ۲/۸۸ درصد رسید؛ این میزان هرچند همچنان از شاهد پایین‌تر بود (کاهش ۳۴ درصدی)، اما نسبت به غلظت‌های ۰/۵، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار القای مثبتی را نشان می‌دهد. این الگوی نوسانی، با کاهش شدید در غلظت‌های پایین تا متوسط و بازیابی نسبی در بالاترین غلظت بیانگر آن است که neoisomenthol به‌طور پیچیده‌ای تحت تأثیر سطح پوترسین قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهند که پوترسین می‌تواند شار متابولیک را از neoisomenthol به سمت سایر ایزومرهای فعال مانند menthol یا isomenthol به‌ویژه در غلظت‌های میانی هدایت کند.

میزان ترکیب menthyl acetate در اسانس نعناع فلفلی پاسخ مثبت و صعودی قابل‌توجهی به افزایش غلظت پوترسین (به‌جز یک استثناء) نشان داد. در تیمار شاهد، این ترکیب با مقدار ۳/۶۹ درصد مقدار متوسطی داشت (جدول ۱). کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به افزایش آن به ۴/۵۲ درصد گردید که معادل افزایش ۲۲ درصدی نسبت به شاهد است. با این حال، در غلظت ۱ میلی‌مولار، میزان menthyl acetate به‌طور غیرمنتظره‌ای کاهش یافت و به ۳/۰۲ درصد رسید که نشان‌دهنده کاهش ۱۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد و پایین‌ترین مقدار پس از شاهد در میان تمام تیمارهاست. این کاهش موقتی ممکن است ناشی از تغییر در فعالیت آنزیمی یا رقابت برای پیش‌سازهای مشترک در این سطح خاص باشد. از غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به بعد، روند القایی به‌وضوح برگشت و menthyl acetate به‌سرعت افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به ۶/۵۷ درصد رسید (افزایش ۷۸ درصدی نسبت به شاهد). این سطح در غلظت ۲ میلی‌مولار نیز تقریباً حفظ شد (۶/۳۵ درصد)، که همچنان معادل افزایش ۷۲ درصدی نسبت به شاهد است. بیشترین میزان menthyl acetate (۷/۹۳ درصد) در بالاترین غلظت پوترسین (۲/۵ میلی‌مولار) مشاهده شد و بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد. این یافته‌ها بیانگر آن است که پوترسین، به‌ویژه در غلظت‌های ۱/۵ میلی‌مولار و بالاتر می‌تواند به‌طور مؤثری بیوسنتز menthyl acetate را القاء کند. میزان ترکیب β-caryophyllene در اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر پوترسین کاهش شدید و غلظت‌وابسته‌ای نشان داد. در تیمار شاهد، این سسکویی‌ترپن با مقدار ۴/۸۷ درصد از ترکیبات پرمقدار اسانس به‌شمار می‌رفت. کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به کاهش آن به ۲/۶۹ درصد شد که معادل کاهش ۴۵ درصدی نسبت به شاهد است. این روند کاهشی در غلظت ۱ میلی‌مولار ادامه یافت و β-caryophyllene به ۱/۵۸ درصد رسید (کاهش ۶۸ درصدی نسبت به شاهد). شدیدترین سرکوب در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده گردید؛ به‌طوری‌که میزان این ترکیب به پایین‌ترین مقدار خود، یعنی ۰/۷۹ درصد، کاهش یافت که نشان‌دهنده کاهش ۸۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد است. در غلظت ۲ میلی‌مولار، کاهش تا حدی تعدیل شد و β-caryophyllene به ۲/۹۵ درصد بازگشت؛ این میزان هرچند بیشتر از غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار بود، اما همچنان ۳۹ درصد پایین‌تر از سطح شاهد باقی ماند. در بالاترین غلظت (۲/۵ میلی‌مولار)، مقدار ترکیب دوباره کاهش یافت و به ۱/۰۲ درصد رسید (کاهش ۷۹ درصدی نسبت به شاهد) که نشان می‌دهد القای مثبت پایداری در این سطح رخ نداده است. به‌طور کلی، β-caryophyllene پاسخ منفی پیوسته‌ای به پوترسین نشان داد و تنها در غلظت ۲ میلی‌مولار افزایش جزئی و موقتی داشت. این کاهش چشمگیر ممکن است ناشی از جابه‌جایی پیش‌سازهای بیوسنتزی به سمت سایر مسیرهای ثانویه باشد که

تحت تأثیر پوترسین فعال‌تر شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که پوترسین، به‌ویژه در غلظت‌های ۱ تا ۲/۵ میلی‌مولار می‌تواند شار متابولیک را از سسکوی‌ترپن‌ها به سمت مونوترپن‌های مانند menthol هدایت کند.

میزان ترکیب germacrene در اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر پوترسین کاهش بسیار شدید و پایداری از خود نشان داد. در تیمار شاهد، این ترکیب با مقدار ۸/۹۸ درصد یکی از ترکیبات غالب اسانس بود (جدول ۱). کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین منجر به کاهش چشمگیر آن به ۲/۷۴ درصد شد که معادل کاهش ۶۹ درصدی نسبت به شاهد است. در غلظت ۱ میلی‌مولار، میزان germacrene کمی بهبود یافت و به ۳/۲۵ درصد رسید، اما همچنان ۶۳ درصد پایین‌تر از سطح شاهد باقی ماند. از غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به بعد، سرکوب این ترکیب به‌طور کامل و همگون ادامه یافت؛ به‌طوری که در غلظت‌های ۱/۵، ۲ و ۲/۵ میلی‌مولار، مقادیر آن به‌ترتیب به ۰/۳۵، ۰/۳۲ و ۰/۲۴ درصد کاهش یافت. این ارقام نشان‌دهنده کاهش ۹۶ تا ۹۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد هستند و بیانگر این هستند که در غلظت‌های متوسط تا بالای پوترسین، تقریباً تمام تولید germacrene متوقف شده یا به‌شدت مهار گشته است. این روند کاهشی شدید و پایدار نشان می‌دهد که پوترسین، به‌ویژه در غلظت‌های بالاتر از ۱ میلی‌مولار می‌تواند مسیر بیوسنتز سسکویی‌ترپن‌هایی مانند germacrene را به‌طور مؤثری سرکوب کرده و احتمالاً پیش‌سازهای آن را به سمت سایر مسیرهای متابولیک، به‌ویژه مونوترپن‌های مرتبط با کیفیت بالاتر اسانس (مانند menthol)، هدایت نماید. بنابراین، germacrene به‌عنوان یکی از ترکیباتی شناسایی می‌شود که بیشترین حساسیت را به کاربرد پوترسین از خود نشان داده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که محلول‌پاشی پوترسین تأثیرات غلظت‌وابسته و گاه غیرخطی بر پروفایل اسانس نعناع فلفلی دارد. افزایش ترکیباتی مانند menthol، menthyl acetate و δ-terpinene در غلظت‌های متوسط تا بالای پوترسین احتمالاً ناشی از القای آنزیم‌های کلیدی مسیر موالونات و تقویت جریان پیش‌سازها به سمت مونوترپن‌هاست (Liu et al., 2021). در مقابل، کاهش چشمگیر سسکویی‌ترپن‌هایی مانند β-caryophyllene و germacrene نشان می‌دهد که پوترسین شار متابولیک را از مسیر FPP به سمت GPP (پیش‌ساز مونوترپن‌ها) هدایت می‌کند. همچنین، نوسان در سطح برخی ترکیبات (مانند myrcene و neoisomenthol) می‌تواند ناشی از تعادل پویای بین آنزیم‌های ایزومریزه‌کننده و استریفیکاسیون تحت تأثیر پوترسین باشد (Conart et al., 2023). به‌طور کلی، پوترسین با تعدیل شبکه بیوسنتزی ترپنوئیدها، کیفیت اسانس را به سمت ترکیبات ارزشمندتر هدایت می‌کند (Najafian et al., 2025).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی برگی پوترسین تأثیر معنی‌داری بر کیفیت اسانس نعناع فلفلی دارد. به‌طور کلی، غلظت‌های متوسط تا بالای پوترسین (به‌ویژه ۱/۵ تا ۲/۵ میلی‌مولار) سنتز ترکیبات اصلی مطلوب مانند menthol و menthyl acetate را افزایش و ترکیبات کم‌ارزش‌تر یا فرعی مانند germacrene و piperitone را کاهش دادند. این تغییرات نشان‌دهنده هدایت شار متابولیک به سمت مونوترپن‌های مطلوب تحت تأثیر پوترسین است. بنابراین، کاربرد خارجی پوترسین می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مؤثر در بهبود کیفیت اسانس گیاهان دارویی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Conart, C., Bomzan, D. P., Huang, X. Q., Bassard, J. E., Paramita, S. N., Saint-Marcoux, D., & Boachon, B. (2023). A cytosolic bifunctional geranyl/farnesyl diphosphate synthase provides MVA-derived GPP for geraniol biosynthesis in rose flowers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *120*(19), e2221440120.

González-Hernández, A. I., Scalschi, L., Vicedo, B., Marcos-Barbero, E. L., Morcuende, R., & Camañes, G. (2022). Putrescine: a key metabolite involved in plant development, tolerance and resistance responses to stress. *International journal of molecular sciences*, *23*(6), 2971.

Kazemi, A., Iraji, A., Esmaealzadeh, N., Salehi, M., & Hashempur, M. H. (2025). Peppermint and menthol: a review on their biochemistry, pharmacological activities, clinical applications, and safety considerations. *Critical reviews in food science and nutrition*, *65*(8), 1553-1578.

Liu, Y., Ma, X., Liang, H., Stephanopoulos, G., & Zhou, K. (2021). Monoterpenoid biosynthesis by engineered microbes. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, *48*(9-10), kuab065.

Mawale, K. S., Nandini, B., & Giridhar, P. (2024). Copper and silver nanoparticle seed priming and foliar spray modulate plant growth and thrips infestation in *Capsicum* spp. *ACS omega*, *9*(3), 3430-3444.

Najafian, S., Zeynali, R., & Hosseinifarahi, M. (2025). Putrescine-enhanced essential oil and phytochemicals in *Melissa officinalis* L.: a sustainable approach. *Scientific Reports*, *15*(1), 24997.

Pal, P., & Baksi, S. (2025). Proteomics in unravelling secondary metabolite synthesis in plants: Exploring the microbial connection. In *Environmental Sustainability and Biotechnology: Opportunities and Challenges* (pp. 319-349). Singapore: Springer Nature Singapore.

Parrey, Z. A., Islam, S., Shah, S. H., & Mohammad, F. (2023). Agronomical strategies to improve growth, physio-biochemistry, yield and quality attributes of mint plants under the varied environmental conditions: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *23*(2), 1489-1514.

Zeynali, R., Najafian, S., & Hosseinifarahi, M. (2023). Exogenous putrescine changes biochemical (antioxidant activity, polyphenol, flavonoid, and total phenol compounds) and essential oil constituents of *Salvia officinalis* L. *Chemistry & Biodiversity*, *20*(11), e202301043.

Phytochemical Study of Peppermint (*Mentha piperita* L.) Response to Foliar Application of Putrescine

Reza Yadi[*1]

1- Assistant Professor Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran. PO Box: 4697-19395.

[*] Corresponding author: **reza_yadi2007@yahoo.com**

Abstract

This research was conducted as a pot experiment under greenhouse conditions, based on a completely randomized design with four replications, aiming to investigate the effects of different concentrations of putrescine on the essential oil profile of peppermint (*Mentha piperita* L.). Experimental treatments included six levels of putrescine (0, 0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5 mM), applied as foliar sprays in two application times. After harvest, essential oil extraction was performed via hydro distillation, and the chemical constituents were identified using GC-MS. Results indicated that putrescine exerted concentration-dependent and sometimes nonlinear effects on essential oil composition. The highest menthol content (63.69%) was observed at the 1.5 mM concentration, representing a 73% increase compared to the control. Furthermore, compounds such as menthyl acetate and δ-terpinene were significantly induced at higher putrescine concentrations. In contrast, sesquiterpenes like germacrene and β-caryophyllene showed consistent and substantial reductions. Some constituents exhibited fluctuating patterns, reflecting dynamic enzymatic shifts under putrescine influence. Overall, putrescine redirected metabolic flux from sesquiterpenes toward valuable monoterpenes, thereby enhancing essential oil quality. Hence, foliar application of putrescine, particularly at 1.5 mM can be proposed as an effective strategy for high-quality production of peppermint.

Keywords: Essential oil, Plant physiology, Polyamine, Secondary metabolism, Terpenoid

نقش جیبرلین در تعدیل اثرات منفی تنش خشکی بر محتوای رنگدانه‌های کلروفیل و عملکرد زیستی مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)

رضا یدی[1*]

۱-استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران. ایران. reza_yadi2007@yahoo.com

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثرات متقابل جیبرلین و تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه دارویی مریم‌گلی طراحی و به‌صورت آزمایش گلدانی در گلخانه و بر پایه آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه سطح جیبرلین (عدم کاربرد، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و چهار سطح تنش خشکی (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد جیبرلین، به‌ویژه در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، محتوای کلروفیل‌های a، b، کل و کاروتنوئید را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین، بیشترین مقادیر این رنگدانه‌ها در ترکیب جیبرلین ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تنش ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که نشان‌دهنده هم‌افزونی مثبت بین خشکی متوسط و غلظت بالای جیبرلین است. ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی نیز تحت تأثیر مثبت این ترکیب قرار گرفتند، به‌طوری که بیشترین وزن خشک (۲۲/۲۴ گرم در بوته) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. در مقابل، در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، اثربخشی جیبرلین محدود شد و گیاه به‌شدت دچار کاهش رشد و محتوای رنگدانه‌ها گردید. نسبت‌های کلروفیل a/b و کلروفیل کل به کاروتنوئید نیز کاهش یافتند که نشان‌دهنده تغییر استراتژی گیاه از رشد به دفاع بود. در مجموع، یافته‌ها حاکی از آن است که مدیریت هوشمند تنش خشکی ملایم همراه با کاربرد جیبرلین می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد پایدار، عملکرد و تحمل گیاه را تحت شرایط کمبود آب بهینه کند.

واژه‌های کلیدی: تنش اکسیداتیو، سنتز رنگدانه، کشاورزی پایدار

مقدمه

در سال‌های اخیر، با گسترش بحران آب و تشدید پدیده‌های اقلیمی ناشی از تغییرات جهانی، تنش خشکی به یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های تولید گیاهان زراعی و دارویی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، از جمله ایران، تبدیل شده است (Fahim et al., 2022). گیاه دارویی مریم‌گلی به‌دلیل ارزش اقتصادی و دارویی بالا، از جمله گیاهان دارویی محسوب می‌شود که کشت آن‌ها در شرایط تنش‌زا مورد توجه قرار گرفته است (Mohammadi-Cheraghabadi et al., 2025). با این حال، تنش خشکی می‌تواند به‌طور مستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی اساسی از جمله فتوسنتز، توازن رنگدانه‌های برگ و تجمع زیست‌توده تأثیر منفی گذاشته و در نتیجه عملکرد کمّی و کیفی گیاه را کاهش دهد (Zahra et al., 2023). از سوی دیگر، کاربرد هورمون‌های گیاهی به‌عنوان یک راهبرد پایدار برای تعدیل اثرات منفی تنش‌های غیرزیستی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این میان، جیبرلین، یکی از هورمون‌های رشد گیاهی نقش کلیدی در تنظیم رشد طولی، تقسیم سلولی، تشکیل برگ و پاسخ به تنش‌های محیطی ایفا می‌کند (Shah et al., 2023).

مریم‌گلی، از خانواده کاسنی‌ها، دارای ترکیبات فعال زیستی متعددی از جمله فلاونوئیدها، ترپن‌ها و رنگدانه‌های کاروتنوئیدی است که نقش محافظتی و دارویی مهمی دارند. از این رو، حفظ و بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند کلروفیل a، b، کل، کاروتنوئید و نسبت آن‌ها تحت تنش خشکی، به‌ویژه همراه با مداخلات هورمونی، می‌تواند به افزایش کیفیت و مقاومت گیاه کمک شایانی کند (Mohammadi-Cheraghabadi et al., 2025). در همین راستا، برخی مطالعات نشان داده‌اند

که جیبرلین قادر است با تعدیل سنتز رنگدانه‌ها، کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود رشد زیست‌توده، تحمل گیاه را در برابر خشکی افزایش دهد؛ هرچند نتایج این پاسخ‌ها ممکن است به غلظت هورمون، شدت تنش و نوع گیاه بستگی داشته باشد (Shah et al., 2023).

در این پژوهش، تلاش شده است تا اثر متقابل سطوح مختلف جیبرلین و شدت‌های تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مریم‌گلی بررسی شود. این پژوهش تمرکز بر صفاتی مانند محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید)، نسبت کلروفیل به کاروتنوئید، ارتفاع گیاه و وزن خشک بوته دارد، چرا که این شاخص‌ها نه تنها نشان‌دهنده سلامت فتوسنتزی گیاه هستند، بلکه معیارهایی برای ارزیابی تحمل به تنش و ظرفیت تولیدی آن محسوب می‌شوند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند راهگشای الگوهای مدیریتی هوشمند در کشت گیاهان دارویی در شرایط کمبود آب باشد و هم‌زمان زمینه‌ساز کاربرد پایدار هورمون‌های گیاهی در کشاورزی مقاوم به تنش گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش گلدانی در شرایط کنترل‌شده (گلخانه) با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با چهار تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل دو فاکتور اصلی محلول‌پاشی جیبرلین (در سه سطح: عدم کاربرد، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و تنش خشکی (در چهار سطح: ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) بودند. برای انجام آزمایش، بذور سالم و یکنواخت گیاه دارویی مریم‌گلی تهیه و پس از ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به مدت ۱۰ دقیقه، در گلدان‌های پلاستیکی استاندارد با حجم تقریبی ۵ کیلوگرم خاک (ترکیب خاک باغچه، کود دامی پوسیده و ماسه با نسبت حجمی ۲:۱:۱) کشت شدند. پس از سبز شدن بذرها و رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله ۴–۶ برگ واقعی، عملیات تنک‌کردن به‌گونه‌ای انجام گرفت که در هر گلدان تنها یک گیاه سالم و یکنواخت باقی بماند. تنش خشکی از مرحله ۶ برگی با استفاده از روش حجم آب مورد نیاز برای رسیدن به درصدهای هدف ظرفیت زراعی (FC) اعمال شد. تیمارهای جیبرلین از مرحله ۶ برگی و با فواصل یک‌هفته‌ای (در مجموع سه بار) به‌صورت محلول‌پاشی برگی اعمال شد. محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش دستی انجام شد. گلدان‌های شاهد (بدون جیبرلین) با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. در پایان دوره رشد، صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی شامل محتوای کلروفیل a، b، کل، نسبت a/b، کاروتنوئید، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید، ارتفاع گیاه و وزن خشک بوته اندازه‌گیری شدند. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه و تحلیل شدند و میانگین‌های تیمارها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل a

بیشترین مقدار کلروفیل a (۵/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین مشاهده شد، درحالی‌که کمترین مقدار آن (۴/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۱). این یافته نشان می‌دهد که کاربرد جیبرلین به‌ویژه در غلظت بالاتر، این رنگدانه کلیدی فتوسنتزی را تا حدود ۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است. بر اساس مقایسه بین سطوح تنش خشکی، بیشترین مقدار کلروفیل a (۵/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد، درحالی‌که کمترین میزان (۳/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید. جالب این‌که حتی در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) نیز مقدار کلروفیل a (۴/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) همچنان بالاتر از سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود. در مقایسه با تیمار شاهد، کلروفیل a در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی ۲۱ درصد کاهش یافت.

بر اساس نتایج برهمکنش عوامل مورد بررسی، بیشترین میزان کلروفیل a (۶/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ترکیب تیماری ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد افزایشی قابل توجه معادل ۵۷ درصد داشت (جدول ۱). در مقابل، کمترین مقدار این رنگدانه (۳/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین تحت شرایط ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید که نشان‌دهنده پاسخ غیرخطی گیاه به هم‌زمانی سطح خاصی از هورمون و تنش خشکی است. جالب این‌که در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، کاربرد جیبرلین در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر توانست نسبت به تیمار شاهد بدون هورمون در همان سطح خشکی (۴/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) عملکرد بهتری از خود نشان دهد، هرچند مقدار کلروفیل a در این تیمار (۴/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کمی پایین‌تر از شاهد در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بود؛ در عوض، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین در همین شرایط منجر به کاهش بیشتر این شاخص شد. این یافته‌ها هم‌افزونی مثبت بین غلظت بالای جیبرلین و خشکی متوسط را در بهبود محتوای کلروفیل a نشان می‌دهد، درحالی‌که ترکیب‌های خاصی از هورمون و رطوبت ممکن است اثر معکوس داشته باشند.

جدول ۱- مقایسه میانگین مربوط به صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و a/b تحت تاثیر تیماهای تنش خشکی و محلول‌پاشی جیبرلین در گیاه دارویی مریم‌گلی

Gibberellin (mg L^{-1})	Drought stress	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	a/b
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)			
Control	100%FC	4.03(±0.23) $^{d\,g}$	0.75(±0.14) ^{e}	4.78(±0.10) ^{e}	6.56(±1.66) ^{a}
	80%FC	4.57(±0.22) $^{e\,f}$	1.71(±0.06) ^{ab}	6.28(±0.18) ^{cd}	2.69(±0.22) ^{b}
	60%FC	3.76(±0.40) ^{fg}	1.02(±0.02) ^{de}	4.78(±0.40) ^{e}	3.69(±0.40) ^{b}
	40%FC	4.81(±0.51) ^{cde}	0.70(±0.12) ^{e}	5.51(±0.50) ^{de}	8.23(±1.94) ^{a}
100	100%FC	5.00(±0.29) ^{bcd}	1.66(±0.11) ^{ab}	6.66(±0.38) ^{bc}	3.02(±0.13) ^{b}
	80%FC	3.31(±0.32) ^{g}	1.44(±0.24) ^{abc}	4.76(±0.48) ^{e}	2.50(±0.32) ^{b}
	60%FC	5.40(±0.36) ^{abc}	1.38(±0.10) ^{bc}	6.78(±0.33) ^{bc}	4.05(±0.52) ^{b}
	40%FC	3.69(±0.04) ^{fg}	1.20(±0.06) ^{cd}	4.89(±0.05) ^{e}	3.11(±0.19) ^{b}
200	100%FC	5.86(±0.33) ^{ab}	1.63(±0.08) ^{ab}	7.49(±0.28) ^{ab}	3.66(±0.33) ^{b}
	80%FC	3.92(±0.37) ^{efg}	1.39(±0.15) ^{bc}	5.31(±0.52) ^{de}	2.84(±0.05) ^{b}
	60%FC	6.33(±0.41) ^{a}	1.78(±0.09) ^{a}	8.11(±0.46) ^{a}	3.56(±0.21) ^{b}
	40%FC	4.36(±0.05) $^{d\,g}$	1.47(±0.07) ^{abc}	5.82(±0.06) ^{cde}	3.00(±0.18) ^{b}
Gibberellin (mg L^{-1})	Control	4.29(±0.19) ^{b}	1.04(±0.11) ^{b}	5.34(±0.22) ^{b}	5.29(±0.81) ^{a}
	100	4.35(±0.26) ^{b}	1.42(±0.08) ^{a}	5.77(±0.29) ^{b}	3.17(±0.21) ^{b}
	200	5.12(±0.30) ^{a}	1.57(±0.06) ^{a}	6.68(±0.34) ^{a}	3.26(±0.13) ^{b}
Drought stress	100%FC	4.97(±0.27) ^{a}	1.35(±0.14) ^{a}	6.31(±0.37) ^{a}	4.42(±0.69) ^{a}
	80%FC	3.93(±0.22) ^{b}	1.52(±0.10) ^{a}	5.45(±0.29) ^{b}	2.67(±0.13) ^{b}
	60%FC	5.16(±0.38) ^{a}	1.39(±0.10) ^{a}	6.56(±0.46) ^{a}	3.77(±0.22) ^{ab}
	40%FC	4.29(±0.21) ^{b}	1.12(±0.11) ^{b}	5.41(±0.19) ^{b}	4.78(±0.94) ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. اعداد موجود در جدول نشان‌دهنده‌ی میانگین±خطای معیار می‌باشد.

محتوای کلروفیل b

در مورد کلروفیل b، حداکثر مقدار (۱/۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین مشاهده شد، درحالی‌که کمترین میزان آن (۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۱). این افزایش معادل ۵۱ درصد بهبود نسبت به تیمار شاهد است و نشان‌دهنده تأثیر مثبت جیبرلین بر تولید کلروفیل b است. کلروفیل b در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به بیشترین میزان خود (۱/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) رسید، درحالی‌که شدیدترین کاهش آن (۱/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. نسبت به تیمار شاهد (۱/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، این رنگدانه در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۱۲ درصد افزایش و در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۱۷ درصد کاهش یافت. این نتیجه نشان می‌دهد که خشکی ملایم ممکن است تولید کلروفیل b را تحریک کند، اما تنش شدید آن را سرکوب می‌کند.

بیشترین میزان کلروفیل b (۱/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ترکیب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد در شرایط بهینه افزایشی چشمگیر معادل ۱۳۷ درصد دارد (جدول ۱). در مقابل، کمترین مقدار این رنگدانه (۰/۷۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شدیدترین سطح تنش بدون مداخله هورمونی مشاهده شد و نشان‌دهنده حساسیت کلروفیل b به شدت تنش در غیاب تعدیل‌کننده‌های فیزیولوژیکی است. به‌طور کلی، کاربرد جیبرلین، به‌ویژه در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سایر سطوح خشکی (۱۰۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) منجر به افزایش کلروفیل b نسبت به تیمار شاهد در همان شرایط شد؛ با این استثنا که در سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، تیمار شاهد (۱/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بالاترین مقدار کلروفیل b را نشان داد و حتی از تیمارهای هورمونی پیشی گرفت. این الگو بیانگر این است که پاسخ کلروفیل b به جیبرلین به‌شدت تحت تأثیر سطح رطوبتی خاک است و در شرایط خشکی ملایم، گیاه ممکن است بدون نیاز به مداخله هورمونی، ظرفیت ذاتی بالایی برای حفظ یا افزایش این رنگدانه داشته باشد.

محتوای کلروفیل کل

محتوای کلروفیل کل نیز با افزایش غلظت جیبرلین روند صعودی داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان (۶/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار (۵/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۱). نسبت به شاهد، این صفت در بالاترین سطح هورمونی ۲۵ درصد افزایش یافته است. محتوای کلروفیل کل در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار (۶/۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را داشت و در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی کمترین میزان (۵/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. در مقایسه با تیمار شاهد (۶/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، این صفت در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی حدود چهار درصد افزایش یافت، اما در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۱۴ درصد کاهش پیدا کرد. این الگو همسو با روند کلروفیل a بوده و نشان‌دهنده تحمل نسبی گیاه به خشکی متوسط است.

بیشترین مقدار کلروفیل کل (۸/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ترکیب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد در شرایط بهینه افزایشی معادل ۷۰ درصد دارد و بیانگر هم‌افزونی مؤثر بین خشکی متوسط و غلظت بالای جیبرلین در تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه است (جدول ۱). در مقابل، کمترین مقادیر کلروفیل کل در دو تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین + ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد جیبرلین + ۶۰ درصد ظرفیت زراعی (به‌ترتیب ۴/۷۶ و ۴/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید که نشان می‌دهد برخی ترکیبات خاص از تنش و هورمون می‌توانند به‌طور غیرمنتظره‌ای سبب کاهش عملکرد فیزیولوژیکی شوند. به‌طور کلی، کاربرد جیبرلین در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سطوح مختلف خشکی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد در همان شرایط شد؛ هرچند در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) این روند دیگر مشاهده نشد. این یافته‌ها نقش تعدیل‌کنندگی جیبرلین را در حفظ سلامت فتوسنتزی گیاه تحت تنش‌های متوسط بیان می‌کند، درحالی‌که در شرایط بسیار سخت، توانایی این هورمون برای جبران کاهش کلروفیل محدود می‌شود.

نسبت کلروفیل a به b

نسبت کلروفیل a به b در تیمار شاهد بیشترین مقدار (۵/۲۹) را داشت، درحالی‌که در دو سطح هورمونی (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) کاهش یافت و در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به حداقل مقدار خود (۳/۱۷) رسید (جدول ۱). این روند نشان‌دهنده افزایش نسبی کلروفیل b در پاسخ به جیبرلین است. در مقایسه با شاهد، این نسبت در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تقریباً ۴۰ درصد کاهش یافته است. نسبت کلروفیل a به b در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به بیشترین مقدار خود (۴/۷۸) رسید، درحالی‌که در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کمترین میزان (۲/۶۷) مشاهده شد. این کاهش نسبت در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی عمدتاً ناشی از افزایش کلروفیل b در این سطح بود. در مقایسه با تیمار شاهد (۴/۴۲)، این نسبت در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۳۹ درصد کاهش یافت، درحالی‌که در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۸ درصد افزایش نشان داد.

بالاترین نسبت کلروفیل a به b (۸/۲۳) در تیمار عدم کاربرد جیبرلین + ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که بیانگر کاهش شدید کلروفیل b نسبت به کلروفیل a در شدت بالای تنش خشکی و در غیاب مداخله هورمونی است (جدول ۱). در مقابل، کمترین نسبت a/b (۲/۵) در ترکیب ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که منعکس‌کننده افزایش نسبی کلروفیل b در این تیمار است. به‌طور کلی، کاربرد جیبرلین، به‌ویژه در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تمام سطوح تنش خشکی (به جز شرایط بدون تنش) منجر به کاهش نسبت a/b نسبت به تیمار شاهد در همان سطح رطوبتی شد. این کاهش نسبت، نشان‌دهنده توانایی جیبرلین در حفظ یا حتی تقویت سنتز کلروفیل b در شرایط تنش است و حاکی از نقش محافظتی این هورمون در پایداری کمپلکس‌های نوری و کاهش آسیب‌های ناشی از تنش اکسیداتیو می‌باشد.

محتوای کاروتنوئید

محتوای کاروتنوئید نیز به‌طور چشمگیری تحت تأثیر جیبرلین قرار گرفت؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان (۱/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار (۰/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲). محتوای کاروتنوئید در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر معادل ۵۵ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد است. غلظت کاروتنوئید با افزایش شدت تنش خشکی تا ۶۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش یافت و در این تیمار به بیشترین مقدار خود (۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) رسید، اما در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) کاهش نسبی داشت. کمترین میزان کاروتنوئید (۰/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد.

بیشترین میزان کاروتنوئید (۱/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ترکیب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که نشان‌دهنده هم‌افزونی مؤثر بین خشکی متوسط و غلظت بالای جیبرلین در القای سنتز این رنگدانه محافظتی است. در مقابل، کمترین مقدار کاروتنوئید (۰/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین در شرایط بدون تنش مشاهده شد و حاکی از آن است که کاربرد جیبرلین در غیاب تنش ممکن است برخی مسیرهای دفاعی را سرکوب کند (جدول ۲). در شرایط تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، کاربرد جیبرلین در هر دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش چشمگیر کاروتنوئید نسبت به تیمار شاهد (۰/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) گردید (به‌ترتیب ۰/۷۳ و ۱/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، که این افزایش به‌ویژه در غلظت بالاتر جیبرلین، نشان‌دهنده نقش تعدیل‌کنندگی این هورمون در تقویت سیستم دفاعی ضد اکسیداتیو گیاه و کاهش آسیب‌های ناشی از تنش خشکی است.

جدول ۲- مقایسه میانگین مربوط به صفات محتوای کاروتنوئید، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر تیماهای تنش خشکی و محلول‌پاشی جیبرلین در گیاه دارویی مریم‌گلی

Gibberellin ($mg\ L^{-1}$)	Drought stress	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	وزن خشک (گرم در بوته)

8.75(±0.41) ^{d}	13.24(±0.34) ^{de}	7.65(±0.43) ^{cd}	0.63(±0.04) ^{de}	100%FC	Control
9.30(±0.50) ^{d}	12.30(±0.14) ^{fg}	8.34(±0.85) ^{cd}	0.79(±0.09) ^{bcd}	80%FC	
6.65(±1.29) ^{ef}	9.94(±0.20) ^{h}	10.33(±2.73) ^{c}	0.55(±0.09) ^{def}	60%FC	
5.12(±0.61) ^{fg}	5.02(±0.25) ^{j}	8.93(±1.21) ^{cd}	0.64(±0.06) ^{de}	40%FC	
8.16(±0.48) ^{de}	13.44(±0.41) ^{d}	26.37(±2.93) ^{a}	0.26(±0.01) ^{f}	100%FC	100
14.62(±0.08) ^{b}	12.59(±0.06) ^{ef}	6.26(±0.29) ^{cd}	0.77(±0.10) ^{bcd}	80%FC	
9.44(±0.42) ^{d}	11.69(±0.10) ^{g}	6.54(±0.49) ^{cd}	1.07(±0.12) ^{bc}	60%FC	
3.83(±0.39) ^{g}	5.38(±0.13) ^{j}	7.84(±1.55) ^{cd}	0.73(±0.13) ^{cde}	40%FC	
12.68(±0.71) ^{c}	20.04(±0.59) ^{a}	18.82(±1.57) ^{b}	0.40(±0.02) ^{ef}	100%FC	200
22.24(±0.12) ^{a}	18.81(±0.09) ^{b}	4.91(±0.17) ^{d}	1.10(±0.14) ^{b}	80%FC	
14.56(±0.63) ^{b}	17.50(±0.15) ^{c}	5.55(±0.36) ^{cd}	1.50(±0.16) ^{a}	60%FC	
6.26(±0.58) ^{f}	8.35(±0.18) ^{i}	6.43(±1.19) ^{cd}	1.03(±0.18) ^{bc}	40%FC	
7.45(±0.56) ^{c}	10.12(±0.83) ^{c}	8.81(±0.75) ^{b}	0.65(±0.04) ^{b}	Control	Gibberellin (mg L^{-1})
9.01(±1.01) ^{b}	10.77(±0.83) ^{b}	11.75(±2.31) ^{a}	0.71(±0.09) ^{b}	100	
13.94(±1.49) ^{a}	16.18(±1.20) ^{a}	8.93(±1.55) ^{b}	1.01(±0.12) ^{a}	200	
9.87(±0.67) ^{b}	15.57(±0.98) ^{a}	17.61(±2.53) ^{a}	0.43(±0.05) ^{c}	100%FC	Drought stress
15.38(±1.61) ^{a}	14.57(±0.91) ^{b}	6.50(±0.51) ^{b}	0.89(±0.07) ^{ab}	80%FC	
10.22(±1.09) ^{b}	13.04(±0.98) ^{c}	7.47(±1.05) ^{b}	1.04(±0.13) ^{a}	60%FC	
5.07(±0.41) ^{c}	6.25(±0.46) ^{d}	7.73(±0.76) ^{b}	0.80(±0.09) ^{b}	40%FC	

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. اعداد موجود در جدول نشان‌دهنده‌ی میانگین±خطای معیار می‌باشد.

نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید

نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید در گیاهان تیمارشده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین به کمترین مقدار خود (۸/۹۳) رسید، درحالی‌که در تیمار شاهد بیشترین مقدار (۱۰/۱۲) مشاهده شد. به عبارت دیگر، با کاربرد جیبرلین، این صفت نسبت به تیمار شاهد تا ۱۲ درصد کاهش یافت، که نشان‌دهنده افزایش نسبتاً بیشتر کاروتنوئید نسبت به کلروفیل کل است (جدول ۲). نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید در شرایط عدم تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بیشترین مقدار خود (۱۷/۶۱) را داشت و با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. کمترین مقدار آن (۶/۲۵) در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. به عبارت دیگر، نسبت به تیمار شاهد، در شدیدترین سطح تنش این شاخص تا ۶۴ درصد کاهش یافت، که نشان‌دهنده افزایش چشمگیر کاروتنوئید نسبت به کلروفیل در شرایط تنش است.

نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید به‌عنوان شاخصی کلیدی از تعادل بین مؤلفه‌های فعال فتوسنتزی و سیستم‌های محافظتی گیاه در برابر تنش عمل می‌کند. در این پژوهش، کمترین مقدار این نسبت (۴/۹۱) در ترکیب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش چشمگیر کاروتنوئید نسبت به کلروفیل در این تیمار است و بیانگر فعال‌سازی مسیرهای دفاعی گیاه تحت تنش خشکی همراه با کاربرد جیبرلین است (جدول ۲). در مقابل، بالاترین نسبت (۲۶/۳۷) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین در شرایط بدون تنش مشاهده گردید که عمدتاً ناشی از کاهش شدید محتوای کاروتنوئید (۰/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در این گروه است. به‌طور کلی، با افزایش غلظت جیبرلین و هم‌زمان کاهش رطوبت خاک، به‌ویژه در سطوح ۶۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، این نسبت به‌صورت محسوسی کاهش یافت، که نشان‌دهنده تحول فیزیولوژیکی گیاه از حالت رشد به سمت فعال‌سازی مکانیسم‌های مقاومتی در برابر تنش خشکی است. این یافته بیان می‌کند که جیبرلین نه تنها نقش موثری در شرد گیاه دارد، بلکه در تعامل با تنش محیطی، می‌تواند تعادل بین فعالیت‌های فتوسنتزی و دفاعی گیاه را به‌نفع بقای سلولی تحت تنش تنظیم کند.

ارتفاع گیاه

در مورد ارتفاع گیاه، حداکثر ارتفاع بوته (۱۱/۷۵ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین به دست آمد، درحالی‌که کمترین ارتفاع (۱۰/۱۲ سانتی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده شد. با این وجود، در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ارتفاع کاهش نسبی یافت (۱۰/۷۷ سانتی‌متر). بیشترین ارتفاع گیاه (۱۵/۵۷ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد (جدول ۲). هرچند که با کاهش رطوبت تا ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۱۳/۰۴ سانتی‌متر)، ولی بین سطوح ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت آماری چندانی دیده نشد. در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد حدود ۳۴ درصد کاهش یافت.

حداکثر ارتفاع گیاه (۲۰/۰۴ سانتی‌متر) در ترکیب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و شرایط بدون تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد در همان شرایط (۱۳/۲۴ سانتی‌متر) حدود ۵۱ درصد افزایش دارد و به‌وضوح نقش شناخته‌شده جیبرلین در تحریک رشد طولی ساقه را تأیید می‌کند (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، به‌ویژه در سطوح ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، کاربرد جیبرلین در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر همچنان توانست ارتفاع گیاه را به‌طور چشمگیری حفظ کند (به‌ترتیب ۱۸/۸۱ و ۱۷/۵ سانتی‌متر)، درحالی‌که در تیمار شاهد در همین سطوح تنش، ارتفاع به‌شدت کاهش یافت (۱۲/۳ و ۹/۹۴ سانتی‌متر). این نتایج نشان می‌دهند که جیبرلین می‌تواند به‌عنوان یک تعدیل‌کننده مؤثر، اثرات مهارکننده رشد ناشی از خشکی ملایم تا متوسط را تعدیل کرده و رشد طولی را تا حد زیادی پایدار نگه دارد. با این حال، در شدیدترین سطح تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، حتی با کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین، ارتفاع گیاه تنها به ۸/۳۵ سانتی‌متر رسید که بیانگر محدودیت ذاتی این هورمون در غلبه بر تأثیرات مخرب خشکی شدید است؛ به‌طوری که در این شرایط، مکانیسم‌های رشدی گیاه به‌طور کلی تحت سرکوب قرار می‌گیرند و توانایی جیبرلین برای القای رشد طولی به‌شدت کاهش می‌یابد.

وزن خشک اندام هوایی

وزن خشک بوته‌ها نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر جیبرلین قرار گرفت؛ بیشترین وزن خشک (۱۳/۹۴ گرم در بوته) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین میزان (۷/۴۵ گرم در بوته) در تیمار شاهد مشاهده گردید. این رقم نشان‌دهنده ۸۷ درصد افزایش وزن خشک در پاسخ به بالاترین سطح جیبرلین نسبت به تیمار شاهد است (جدول ۲). وزن خشک بوته‌ها در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به بیشترین میزان خود (۱۵/۳۸ گرم در بوته) رسید، حتی بیشتر از تیمار شاهد (۹/۸۷ گرم در بوته)، که نشان‌دهنده تحریک رشد زیست‌توده تحت خشکی ملایم است. اما با تشدید تنش به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، وزن خشک تا حد چشمگیری (۵/۰۷ گرم در بوته) کاهش یافت. در مقایسه با تیمار شاهد، این صفت در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۵۶ درصد افزایش و در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حدود ۴۸ درصد کاهش نشان داد.

بیشترین وزن خشک (۲۲/۲۴ گرم در بوته) در ترکیب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد؛ میزانی که نه‌تنها در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط بهینه (۸/۷۵ گرم در بوته) بیش از دو برابر بیشتر است، بلکه حتی از تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین در شرایط آبیاری کامل (۱۲/۶۸ گرم در بوته) نیز به‌مراتب فراتر می‌رود (جدول ۲). در مقابل، کمترین وزن خشک (۳/۸۳ گرم در بوته) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین تحت شدیدترین تنش (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد که احتمالاً ناشی از هم‌افزونی منفی بین تنش شدید خشکی و غلظت ناکافی یا نامناسب هورمون است. جالب توجه است که حتی در سطح تنش متوسط (۶۰ درصد ظرفیت زراعی)، کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین توانست وزن خشک را به ۱۴/۵۶ گرم در بوته برساند که نسبت به شاهد در شرایط بدون تنش، افزایشی بیش از ۶۶ درصد دارد. این نتایج به‌وضوح نشان می‌دهند که مدیریت هوشمند ترکیب تنش آبی ملایم و کاربرد هورمونی می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مؤثر در کشت گیاهان دارویی، نه‌تنها ضررهای تنش را جبران کند، بلکه عملکرد زیست‌توده را فراتر از شرایط ایده‌آل نیز ارتقا دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر جیبرلین و تنش خشکی بر گیاه مریم‌گلی نه‌تنها به‌صورت مستقل، بلکه از طریق تعامل پیچیده بین صفات فیزیولوژیکی و رشدی بروز می‌یابد. به‌طور خاص، افزایش محتوای کلروفیل‌های a، b

و کل تحت تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین، به‌ویژه در شرایط خشکی متوسط (۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی) همزمان با افزایش وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه رخ داد (جدول ۲). این هم‌روندی نشان می‌دهد که بهبود عملکرد فتوسنتزی، از طریق تولید انرژی و کربوهیدرات بیشتر، مستقیماً بر رشد و تجمع زیست‌توده تأثیر گذاشته است (Miri et al., 2021). همچنین، افزایش کاروتنوئیدها در این شرایط نشان‌دهنده فعال‌سازی سیستم‌های دفاعی است که از ساختارهای فتوسنتزی در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی محافظت می‌کند و به‌این‌ترتیب، ثبات کلروفیل‌ها و کارایی فتوسنتز را حفظ می‌نماید (Zahra et al., 2023). کاهش نسبت کلروفیل a/b و نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید در تیمارهای هورمونی نیز بیانگر تغییر استراتژی فیزیولوژیک گیاه از رشد به دفاع است؛ چرا که کلروفیل b و کاروتنوئیدها نقش کلیدی در جذب نور و محافظت از فتوسیستم‌ها ایفا می‌کنند (Maina & Wang, 2015). این تغییرات تعادلی فیزیولوژیکی، به‌ویژه در شرایط تنش ملایم همراه با جیبرلین، منجر به بالاترین عملکرد زیست‌توده شد. در مقابل، در خشکی شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، کاهش شدید کلروفیل b و کاروتنوئید در تیمار شاهد، همراه با کاهش وزن خشک و ارتفاع، نشان‌دهنده فروپاشی سیستم فتوسنتزی و ناتوانی گیاه در حفظ رشد است. اگرچه جیبرلین در غلظت بالا توانست بخشی از این کاهش را جبران کند، اما ارتباط مثبت بین رنگدانه‌ها و رشد در این سطح تنش دیگر معنی‌دار نبود، که حاکی از رسیدن گیاه به حد تحمل فیزیولوژیکی است. در نهایت، این یافته‌ها نشان دادند که مدیریت همزمان تنش آبی ملایم و کاربرد جیبرلین می‌تواند از طریق بهبود هماهنگ رنگدانه‌های فتوسنتزی و دفاعی، عملکرد گیاه را بهینه کند.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌های این پژوهش، کاربرد جیبرلین، به‌ویژه در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تعامل با سطوح متوسط تنش خشکی (۶۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی)، اثرات مثبت و هم‌افزونی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشدی گیاه مریم‌گلی داشت. این ترکیب نه‌تنها محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها را افزایش داد، بلکه با بهبود کارایی فتوسنتز و تقویت سیستم دفاعی ضد اکسیداتیو، منجر به بیشترین ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی شد؛ به‌طوری که در برخی موارد، عملکرد گیاه حتی از شرایط بهینه نیز فراتر رفت. این نتایج نشان می‌دهند که خشکی ملایم همراه با جیبرلین می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد هوشمند کشت، پاسخ‌های سازگاری گیاه را تقویت کند. در مقابل، در شرایط خشکی شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، اگرچه جیبرلین بخشی از آسیب‌های فیزیولوژیک را تعدیل نمود، اما توانایی آن برای حفظ رشد و تولید زیست‌توده به‌طور چشمگیری محدود شد. در مجموع، جیبرلین نقش تعدیل‌کننده کلیدی در تعادل بین رشد و دفاع گیاه تحت تنش دارد، اما اثربخشی آن به شدت به سطح تنش و هورمون بستگی دارد.

فهرست منابع

Fahim, S., Ghanbari, A., Naji, A. M., Shokohian, A. A., Lajayer, H. M., Gohari, G., & Hano, C. (2022). Multivariate discrimination of some grapevine cultivars under drought stress in Iran. *Horticulturae*, *8*(10), 871.

Maina, J. N., & Wang, Q. (2015). Seasonal response of chlorophyll a/b ratio to stress in a typical desert species: Haloxylon ammodendron. *Arid Land Research and Management*, *29*(3), 321-334.

Miri, M., Ghooshchi, F., Tohidi-Moghadam, H. R., Larijani, H. R., & Kasraie, P. (2021). Ameliorative effects of foliar spray of glycine betaine and gibberellic acid on cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) yield affected by drought stress. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*(10), 830.

Mohammadi-Cheraghabadi, M., Ghanati, F., Karimi, N., & Hazrati, S. (2025). Exogenous D-ornithine enhances drought tolerance in sage (*Salvia officinalis* L.) through modulating water status, photosynthetic performance, osmoprotectants, and defense mechanisms. *Journal of Plant Growth Regulation*, *44*(6), 3273-3289.

Shah, S. H., Islam, S., Mohammad, F., & Siddiqui, M. H. (2023). Gibberellic acid: a versatile regulator of plant growth, development and stress responses. *Journal of Plant Growth Regulation*, *42*(12), 7352-7373.

Zahra, N., Hafeez, M. B., Kausar, A., Al Zeidi, M., Asekova, S., Siddique, K. H., & Farooq, M. (2023). Plant photosynthetic responses under drought stress: Effects and management. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *209*(5), 651-672.

The Role of Gibberellin in Mitigating the Adverse Effects of Drought Stress on Chlorophyll Pigment Content and Biological Performance of Sage (*Salvia officinalis* L.)

Reza Yadi[*1]

1- Assistant Professor Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran. PO Box: 4697-19395.

* Corresponding author: **reza_yadi2007@yahoo.com**

Abstract

This study was designed to investigate the interactive effects of gibberellin and drought stress on the physiological and morphological traits of the medicinal plant sage (*Salvia officinalis* L.). A pot experiment was conducted under greenhouse conditions using a factorial arrangement based on a completely randomized design with four replications. Experimental factors included three levels of gibberellin (0, 100, and 200 mg L^{-1}) and four levels of drought stress (100%, 80%, 60%, and 40% of soil field capacity). Results indicated that gibberellin application, particularly at 200 mg L^{-1}, significantly increased the contents of chlorophyll a, b, total chlorophyll, and carotenoids. The highest pigment concentrations were observed under the combined treatment of 200 mg L^{-1} gibberellin and 60% field capacity, demonstrating a positive synergistic interaction between moderate drought stress and high gibberellin concentration. Plant height and dry weight also responded positively to this combination, with the maximum dry weight (22.24 g per plant) achieved under 200 mg L^{-1} gibberellin and 80% field capacity. In contrast, under severe drought stress (40% field capacity), the effectiveness of gibberellin was limited, and the plant exhibited significant reductions in both growth and pigment content. The ratios of chlorophyll a/b and total chlorophyll to carotenoids decreased, indicating a physiological shift from growth toward defense mechanisms. Overall, the findings suggest that strategic integration of mild drought stress with gibberellin application can serve as a sustainable approach to optimize plant performance and stress tolerance under water-deficient conditions.

Keywords: Carotenoid synthesis, Oxidative stress, Sustainable agriculture, Pigment biosynthesis

بررسی جایگاه ایران در صادرات زعفران

کتایون شمشادی[1]

۱- استادیار پژوهشی موسسه پژوهشی برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی.
تهران-خیابان کریم خان- انتهای خیابان شهید عضدی جنوبی- خیابان رودسر-پلاک ۵

چکیده

هدف از این تحقیق، ارایه تصویری از وضعیت صادرات ایران در ده سال اخیر و بررسی مزیت رقابتی آن در بازارهای جهانی می باشد. بدین منظور، با استفاده از داده‌های تجارت زعفران برای کشور ایران و پنج کشور عمده صادرکننده این محصول طی دوره ۲۰۲۴-۲۰۱۴ ، مزیت رقابتی آن با استفاده از شاخص‌های مزیت نسبی آشکار شده (RCA) و مزیت نسبی آشکار شده متقارن (RSCA) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد صادرات زعفران در بسته‌بندی بیش از ۳۰ گرم، بیشترین سهم را از صادرات زعفران داشته است. پس از آن، بسته‌بندی‌های ۳۰-۱۰ گرم سهم بالایی از صادرات را به خود اختصاص داده است. الگوی صادراتی ایران در محصول صادرات به صورت الگوی نامتقارن بوده بطوریکه به طور میانگین در ده سال گذشته، بیش از ۸۰ درصد صادرات زعفران ایران به شش کشور امارات، اسپانیا، هنگ‌کنگ، چین، افغانستان و ویتنام صورت گرفته است. محاسبه شاخص‌های (RCA) و (RSCA) حاکی از آن است که کشور ایران در سالهای ۲۰۱۰-۲۰۲۴ دارای مزیت رقابتی در صادرات زعفران بوده است و مقایسه شاخص‌های مزیت رقابتی با سایر کشورهای عمده صادرکننده، نشان از اختلاف بالای مزیت رقابتی صادراتی کشور دارد. این امر جایگاه ویژه ایران را در بازار جهانی زعفران و اطمینان بیشتر برای ادامه حضور در این بازار را نمایان می‌کند. اما در مقابل، کشورهای اسپانیا و افغانستان نیز در دوره مشابه دارای مزیت رقابتی در صادرات زعفران هستند. رشد بالای شاخص RCA توام با ضریب ثبات بالا برای کشور افغانستان، نشان از بهبود جایگاه این کشور در بازارهای جهانی دارد. در نهایت پیشنهاد شد با ایجاد و توسعه برند تجاری برای زعفران ایران، از خام فروشی (صادرات به صورت ماده خام) زعفران جلوگیری به‌عمل آمده و در واقع محصولی با ارزش افزوده بالاتر صادر می‌شود. علاوه بر آن، فرآوری زعفران به صورت گیاهان دارویی (مانند انواع دمنوش‌ها، داروهای ضد افسردگی و ...)، مشارکت در نمایشگاه‌های بین‌المللی و استفاده از کمپین‌های بازاریابی و ورود به شیوه‌های نوین عرضه زعفران در بازار (به ویژه بازارهای جهانی)؛ از جمله عرضه زعفران در بورس برای بهبود جایگاه ایران در بازار جهانی و حفظ مزیت رقابتی آن پیشنهاد شد.

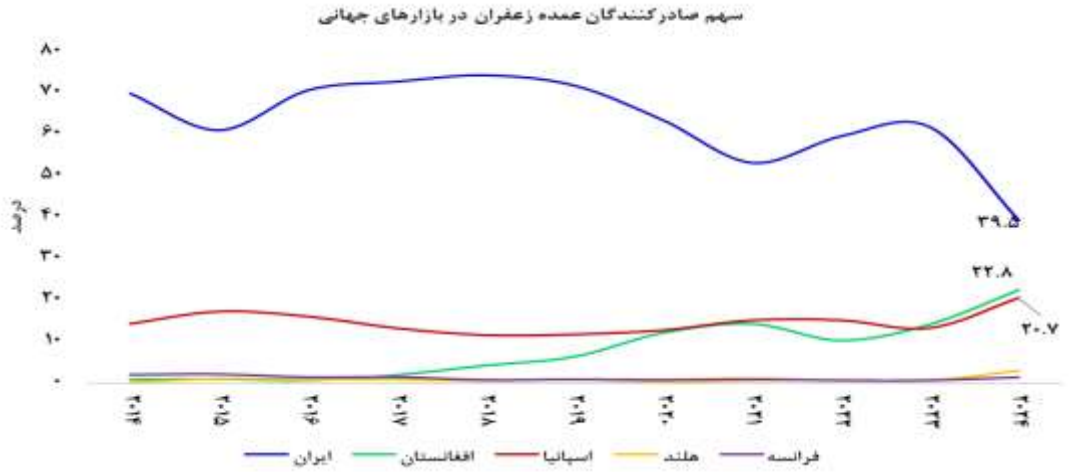
واژه‌های کلیدی: شاخص مزیت نسبی آشکار شده، شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن، تجارت

۱. مقدمه

ایران با تولید بیش از ۹۰ درصد زعفران جهان، بزرگترین تولیدکننده زعفران می‌باشد. کشورهای هند، اسپانیا، یونان، مراکش، ایتالیا، آذربایجان، ترکیه و افغانستان نیز از تولیدکنندگان زعفران به شمار می‌آیند که البته کشور افغانستان در دو سال اخیر به رتبه دوم جهانی صعود کرده است. ایران به‌طور متوسط با صادرات سالیانه ۲۱۰ میلیون دلار، ۶۶ درصد بازارهای جهانی را به خود اختصاص داده است. اما سهم ایران در بازارهای جهانی روند ثابتی نداشته و از فراز و فرودهایی طی سالیان مختلف برخوردار بوده است. اسپانیا به‌عنوان رقیب دیرینه ایران در زمینه صادرات، در مقاطعی از زمان که سهم ایران در بازارهای جهانی کاهش یافته است، نقش پر رنگ‌تری در بازارهای جهانی داشته است و روند معکوس سهم آن در بازارهای جهانی

[1] . katayoon.sh@gmail.com

نسبت به سهم ایران، گویای این امر است (نمودار ۱). اما نکته مهم روند رو به رشد سهم کشور افغانستان در بازارهای جهانی بوده که از ۱,۱ درصد در سال ۲۰۱۴ به حدود ۲۳ درصد در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته است و به‌عنوان دیگر رقیب اصلی ایران در بازارهای جهانی محسوب می‌شود.



نمودار (۱): سهم صادرکنندگان عمده زعفران در بازارهای جهانی

مأخذ: trademap

اما صادرات زعفران ایران در سالهای اخیر دارای نوسانات فراوانی بوده است که عوامل متعددی در عدم ثبات سیاست‌های صادراتی زعفران نقش داشته‌اند. همانطور که در نمودار (۲) مشخص است، ارزش صادرات زعفران از سال ۱۳۹۷ با تشدید محدودیت‌های ارزی، صدور بخشنامه‌های متعدد و تاکید بر پیمان‌سپاری ارزی با کاهش چشم‌گیری مواجه شد. این در حالی است که صادرات زعفران از لحاظ وزنی به‌ویژه در سالهای ۹۹-۱۳۹۷ افزایشی بوده است. قاچاق زعفران نیز با توجه به سهولت خروج غیر قانونی آن از کشور، از دیگر عواملی است که بر روند صادرات آن تاثیرگذار است. از دیگر دلایل نوسانات صادرات زعفران می‌توان به توسعه کشت زعفران بدون توجه به توسعه بازارهای صادراتی اشاره کرد. در سال ۱۴۰۳، تولید زعفران در ۳۱ استان کشور صورت گرفته در حالیکه در سال ۱۳۹۳، ۱۶ استان کشور در تولید زعفران کشور سهیم بوده‌اند. بنابراین، افزایش تولید بدون برنامه‌ریزی برای صادرات خود عاملی در جهت کاهش صادرات عمل خواهد کرد.

[1]. خروج امریکا از برجام و بازگشت و تشدید تحریم‌ها علیه ایران

نمودار (۲): روند ارزش صادرات زعفران ایران در سالهای ۱۴۰۳-۱۳۹۳

مأخذ: گمرک ج.ا.ا

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که علی‌رغم چالشها و مشکلات صادرات زعفران، کشور ایران دارای مزیت رقابتی در صادرات این محصول ارزشمند می‌باشد که در طی زمان دارای نوسان بوده است. نتایج مطالعه جنتی مشکانی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که تولید و صادرات زعفران ایران طی سالهای ۲۰۱۴-۲۰۰۰ دارای مزیت رقابتی است. موسوی و کرباسی (۱۴۰۰)، با استفاده از شاخص‌های مزیت رقابتی نشان دادند که طی دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۳، زعفران صادراتی ایران، افغانستان، اسپانیا، پرتغال و یونان دارای مزیت رقابتی صادراتی و کشورهای هنگ کنگ، اسپانیا، امارات، هند، عربستان، ایتالیا، فرانسه و سوئد دارای مزیت رقابتی وارداتی بوده‌اند. نتایج تحقیق نوری و همکاران (۱۴۰۳) نشان داد که در دهه گذشته، ایران همواره دارای مزیت رقابتی صادراتی در کشورهای امارات، اسپانیا، چین، افغانستان، فرانسه و قطر به‌عنوان هفت کشور واردکننده عمده بزرگ زعفران ایران بوده است. کرباسی و رستگاری‌پور (۱۳۹۳) به بررسی مزیت رقابتی تولید و صادرات زعفران پرداخته و نتایج نشان داد که شهرستان تربت حیدریه در تولید زعفران دارای مزیت رقابتی است. همچنین در سالهای ۲۰۱۲-۲۰۰۴، کشورهای ایران، اسپانیا و یونان به‌ترتیب دارای الویت مزیت رقابتی صادرات در جهان می‌باشند. صادقی و همکاران (۱۳۹۰) ضمن بررسی مزیت رقابتی صادراتی و ساختار بازار صادرات و واردات زعفران، به این نتیجه رسیدند که در دوره زمانی ۲۰۰۸-۲۰۰۴، از بین کشورهای صادرکننده زعفران تنها کشورهای ایران، اسپانیا و یونان دارای مزیت رقابتی در صادرات می‌باشد. اما، از آنجایی که زعفران یکی از محصولات عمده صادراتی ایران محسوب شده، بررسی رصد و پایش دائم بازار جهانی، مزیت رقابتی و بازارهای صادراتی ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، با توجه به آنکه دوره زمانی مطالعات پیشین حداکثر تا سال ۲۰۲۰ بوده، لذا در این تحقیق شاخص مزیت رقابتی بر اساس آخرین اطلاعات موجود (تا سال ۲۰۲۴)، مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر آن، با توجه به اهمیت رصد شرایط بازارهای جهانی و صادرات ایران، تحلیل مختصری از شرایط بازار جهانی و همچنین کشور ایران ارایه می‌شود.

مواد و روشها:

شاخص‌های مختلفی برای بررسی مزیت رقابتی محصولات وجود دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از: شاخص مزیت رقابتی آشکار شده، مزیت رقابتی آشکار شده متقارن، نقشه‌ریزی تجاری و سهم بازار پایدار. در این تحقیق به‌منظور بررسی مزیت رقابتی گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن از دو شاخص «مزیت رقابتی آشکار شده (RCA)[1]» و «مزیت رقابتی آشکار شده متقارن (RSCA)[2]» استفاده شده است. شاخص مزیت رقابتی آشکار شده اولین شاخص ارایه شده در زمینه مزیت رقابتی از بعد تجاری (صادرات) است که اولین بار توسط بالاسا در سال ۱۹۶۵ به کار برده شده است. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (باهتا، ۲۰۰۵):

$$RCA_{ij} = \frac{X_{ij} \Big/ \sum_i X_{ij}}{\sum_j X_{ij} \Big/ \sum_i \sum_j X_{ij}} \qquad (۱)$$

در این فرمول، X_{ij} ارزش صادرات کالای مورد نظر i از کشور j، ارزش کل صادرات کشاورزی کشور مورد مطالعه، $\sum_j X_{ij}$ ارزش جهانی صادرات کالای مورد نظر و $\sum_i \sum_j X_{ij}$ ارزش کل صادرات کشاورزی جهانی است. به عبارت دیگر، صورت کسر سهم کالای صادراتی از کل صادرات کشاورزی کشور مورد مطالعه و مخرج کسر سهم کالای صادراتی از صادرات کشاورزی جهان است. از شاخص مزیت رقابتی آشکار شده به‌عنوان شاخص عملکرد صادراتی نیز نام برده شده است. این شاخص به تنهایی برای یک سال دارای کارایی لازم نیست و با محاسبه آن نمی‌توان در مورد وجود مزیت رقابتی قضاوت کرد.

[1] . Revealed Comparative Advantage (RCA)
[2] . Revealed Symmetric Comparative Advantage (RSCA)

دامنه تغییرات شاخص مذکور از صفر تا بی‌نهایت است و قرار گرفتن در دامنه صفر تا یک، نشان‌دهنده عدم وجود مزیت و یک تا بی‌نهایت، نشان‌دهنده وجود مزیت و حرکت به سوی تخصصی شدن تجارت است (همان منبع). روند افزایشی شاخص یاد شده در طی زمان را می‌توان نشان‌دهنده بهبود موقعیت رقابتی یک کالا در سطح جهان به شمار آورد. افزون بر این، نوسان‌های زیاد این شاخص را طی زمان می‌توان به‌عنوان معیاری برای نبود ثبات در رژیم تجاری یک کشور تلقی کرد. تغییرات در مزیت رقابتی ممکن است به دلایلی هم چون تغییر نسبی هزینه تولید کالا، تغییر در نرخ مبادله ارز و یا تغییر در موانع تجاری داخلی یا کشورهای متقاضی کالا باشد (اریف، ۲۰۱۴). بنابراین، تعیین میزان ثبات یا نوسان این شاخص طی سال‌های مورد بررسی با استفاده از ضریب ثبات ضروری می‌باشد. جهت محاسبه ضریب ثبات، فرض می‌شود الگوی تغییرات متغیر مزیت رقابتی آشکار شده (RCA) به صورت هندسی باشد که در رابطه (۲) آورده شده است:

$$(RCA_i^k)_t = (RCA_i^k)_0(1+r)^t \quad (۲)$$

که در آن t فاصله سال مورد نظر از سال مبنا، ۰ دوره مبنا، r نرخ رشد متوسط سالانه، k کالای مورد نظر و i کشور مورد مطالعه می‌باشد. اگر از طرفین لگاریتم طبیعی گرفته شود، رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$ln(RCA_i^k)_t = ln(RCA_i^k)_0 + t(1+r) \quad (۳)$$

سپس با کمک روش حداقل مربعات معمولی ضرایب مدل خطی فوق با ساده سازی به صورت y=α+β×t قابل تخمین خواهد بود که در این رابطه $\beta = \ln(1+r)$ می‌باشد. ضریب تعیین (R^2) حاصل از تخمین این معادله میزان ثبات عملکرد صادراتی را نشان می‌دهد که نزدیک شدن ضریب تعیین به سمت عدد یک دلیل بر ثبات تغییرات عملکرد صارداتی و پایین بودن مقدار آن به مفهوم نوسانات گسترده RCA طی دوره مورد بررسی خواهد بود. نرخ رشد متوسط RCA در طی یک دوره برابر رابطه ۴ خواهد بود (محمودی و ولی بیگی، ۱۳۸۳):

$$r = (e^{\beta} - 1) \times 100 \quad (۴)$$

بررسی دامنه تغییرات شاخص RCA توسط لارسن، نشان می‌دهد که یک حالت عدم تقارن بین مقادیر محاسباتی RCA در شرایط وجود یا نبود مزیت رقابتی وجود دارد؛ به‌طوریکه مقدار صفر تا یک بر نبود مزیت و یک تا بی‌نهایت بر وجود مزیت دلالت دارد و برای رفع این ضعف، شکل متقارنی از این شاخص به نام شاخص مزیت رقابتی آشکار شده متقارن به‌صورت زیر ارایه شده است (مانیر، ۱۹۹۶):

$$RSCA_{ij} = {(RCA_{ij} - 1)}\Big/{(RCA_{ij} + 1)} \quad (۵)$$

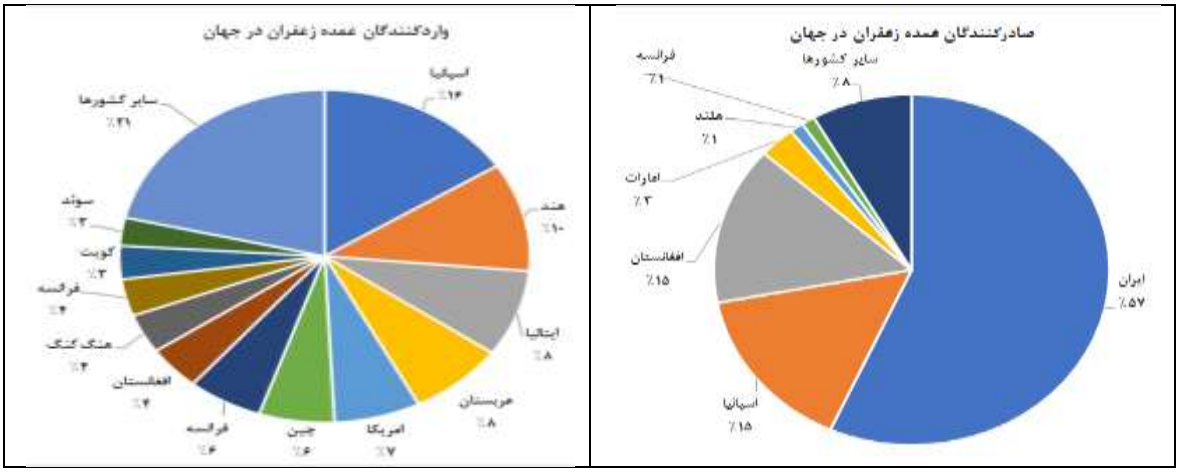
دامنه تغییرات شاخص فوق بین منفی یک و مثبت یک می‌باشد که مقادیر منفی آن، نشان‌دهنده نبود مزیت و مقادیر مثبت آن، نشان‌دهنده وجود مزیت در صادرات محصول می‌باشد. شایان ذکر است برای تمامی محصولات ارایه شده در این گزارش ابتدا شاخص هیلمن (دارا بودن شرط لازم و کافی برای اینکه کشور i در کالایی مزیت نسبی داشته باشد) محاسبه شده است و بر اساس آن استفاده از شاخص‌های مزیت رقابتی بلامانع است. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه شاخص مزیت رقابی از مرکز تجارت بین الملل (ITC) برای دوره زمانی ۲۰۲۴-۲۰۱۴ و داده های قسمت تحلیل شرایط بازار جهانی و ایران از گمرک ج.ا.ا برای دوره زمانی ۱۴۰۳-۱۳۹۳ جمع آوری شده است. محاسبه شاخص مزیت رقابتی در نرم افزار Excel و ضریب ثابت R2 در نرم افزار Eviews انجام شده است.

نتایج و بحث

در این قسمت ابتدا تصویری از وضعیت تجارت جهانی زعفران با تاکید بر صادرکنندگان و واردکنندگان عمده ارایه می‌شود، سپس وضعیت صادرات ایران و مقاصد عمده صادراتی به تصویر کشیده شده و در نهایت نتایج حاصل از محاسبات شاخصهای مزیت رقابتی و پیشنهادات بیان می‌شود.

ارایه تصویری از وضعیت تجارت جهانی زعفران

در نمودار (۳) صادرکنندگان و واردکنندگان عمده زعفران در جهان طی سالهای ۲۰۲۴-۲۰۲۰ نشان داده شده است. ایران با داشتن سهمی معادل ۵۷ درصد از صادرات جهانی زعفران، صادرکننده برتر آن در جهان شناخته شده و پس از آن کشور اسپانیا با سهمی معادل ۱۵ درصد در رتبه دوم قرار دارد. همچنین کشور اسپانیا به‌عنوان بزرگترین واردکننده زعفران در جهان، ۱۶ درصد واردات آن را به خود اختصاص داده است. پس از آن کشورهای هند (۱۰ درصد)، ایتالیا (۸ درصد) و عربستان (۸ درصد) قرار دارند.

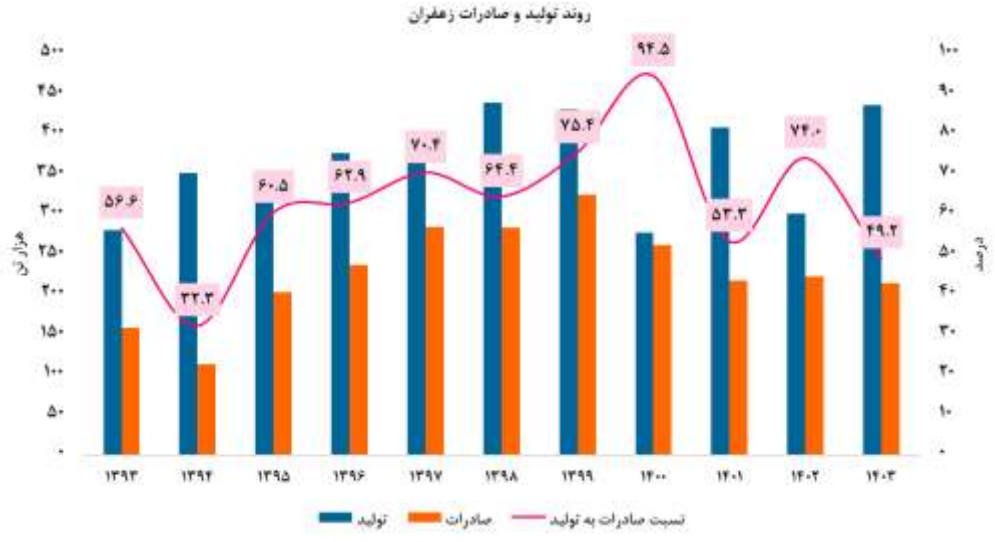


نمودار (۳): صادرکنندگان و واردکنندگان عمده زعفران در جهان طی سالهای ۲۰۲۴-۲۰۲۰

مأخذ: www.trademap.org

ارایه تصویری از وضعیت صادرات زعفران ایران

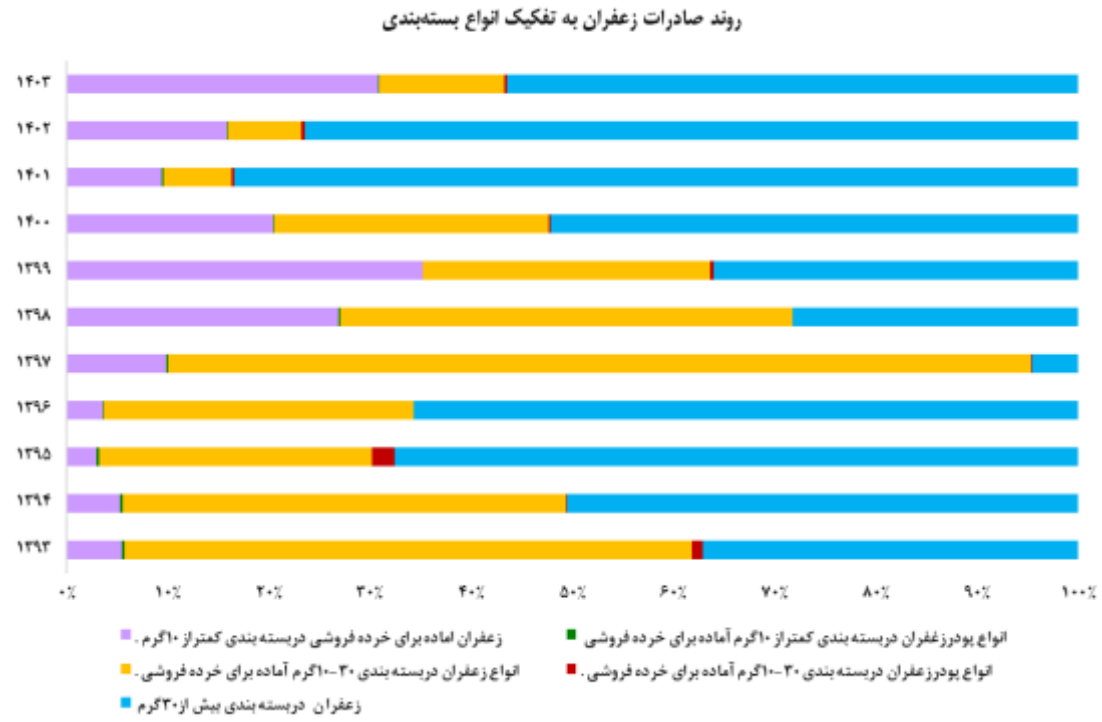
روند تولید و صادرات زعفران کشور ایران طی دوره زمانی ۱۴۰۳-۱۳۹۳ در نمودار (۴) نشان داده شده است. به تناسب روند افزایشی و کاهشی تولید، میزان صادرات و سهم آن از تولید نیز دچار تغییرات شده است. در سال ۱۴۰۰ با کاهش چشمگیر تولید، میزان صادرات نیز کاهش یافت؛ اما به دلیل خاصیت انبارپذیری زعفران و انباشت در انبارها، میزان صادرات در آن سال حدود ۹۵ درصد تولید را به خود اختصاص داد. اما آنچه قابل توجه است، روند کاهشی صادرات زعفران پس از آن یعنی طی سالهای ۱۴۰۳-۱۴۰۱ است که با توجه به نقش این محصول در صادرات و ارز آوری، باید چالشهای حوزه صادرات مورد بررسی قرار گرفته و اقدامات لازم به منظور رفع آن صورت گیرد.



نمودار (۴): روند تولید و صادرات زعفران طی سالهای ۱۴۰۳-۱۳۹۳

مأخذ: آمارنامه کشاورزی جلد سوم، گمرک و محاسبات

از چالش‌های اساسی صادرات زعفران ایران، صادرات محصول به صورت فله‌ای و عدم اتخاذ استراتژی مناسب در عرضه زعفران در بازارهای جهانی بر اساس محصول فرآوری شده و یا صادرات آن در بسته‌بندی‌های مناسب می‌باشد. همانطور که در نمودار (۵) مشخص است، صادرات زعفران در بسته‌بندی بیش از ۳۰ گرم، بیشترین سهم را از صادرات زعفران داشته است. پس از آن، بسته‌بندی‌های ۳۰-۱۰ گرم سهم بالایی از صادرات را به خود اختصاص داده است. صادرات انواع پودر زعفران در اوزان کمتر از ۱۰ گرم و در بسته بندی ۳۰-۱۰ گرم کمترین میزان صادرات را در دوره مورد بررسی داشته است. در خصوص صادرات انواع زعفران در بسته‌بندی‌های مختلف آنچه مسلم است عدم وجود استراتژی صادرات و برنامه‌ریزی برای حفظ و افزایش سهم ایران در بازارهای جهانی می‌باشد. ادامه روند مذکور، با توجه به روند رو رشد رقبای تجاری در بازارهای جهانی به ویژه کشور افغانستان، جایگاه ایران را در جهان با چالش اساسی مواجه خواهد ساخت.

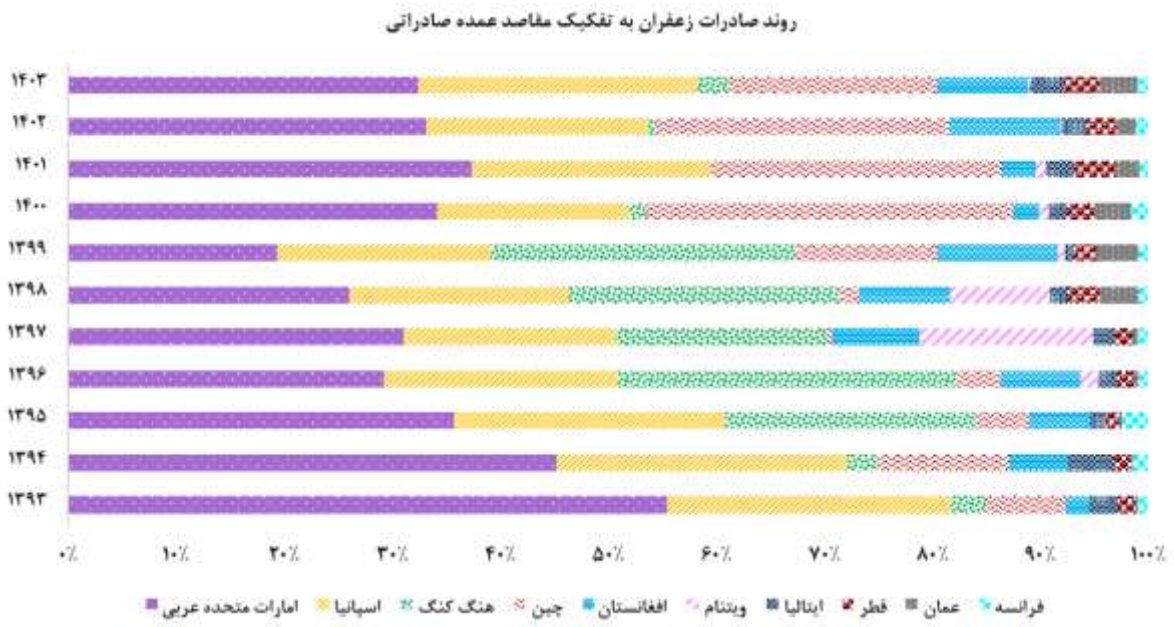


نمودار (۵): صادرات زعفران به تفکیک انواع بسته‌بندی و اوزان مختلف در سالهای ۱۴۰۲-۱۳۹۳

مأخذ: گمرک و محاسبات

تنوع در بازارهای صادراتی از جمله مولفه‌هایی است که در سهم کشور و حفظ نقش موثر آن در بازارهای جهانی مؤثر است. بررسی مقاصد صادراتی زعفران ایران در ده سال اخیر نشان داد که بازارهای صادراتی ایران از تنوع کافی برخوردار نیست و کشورهای امارات و اسپانیا، عمده‌ترین بازارهای صادراتی زعفران بوده‌اند. در واقع، الگوی صادراتی ایران در محصول صادرات به صورت الگوی نامتقارن بوده بطوریکه به طور میانگین در ده سال گذشته، بیش از ۸۰ درصد صادرات زعفران ایران به شش کشور امارات، اسپانیا، هنگ‌کنگ، چین، افغانستان و ویتنام صورت گرفته است. نکته مهم آن است که کشورهای مذکور (به ویژه امارات و اسپانیا) از جمله صادرکنندگان برتر زعفران در جهان بوده و به عبارتی دیگر، با واردات زعفران ایران و صادرات مجدد آن، در واقع زعفران تولیدی کشور ایران را با برند خود صادر کرده و نقش ایران در بازارهای جهانی را تضعیف می‌نمایند. مقاصد عمده صادراتی ایران نشان می‌دهد که کشور ایران تامین‌کننده زعفران رقبای صادراتی خود در جهان

می‌باشد و با توجه به روند رو به رشد سهم آنان در بازارهای جهانی، هیچگونه تغییر استراتژی صادراتی ایران در توسعه بازارهای هدف و تنوع بخشی به آن در سالهای اخیر مشاهده نمی‌شود.



نمودار (۶): روند صادرات زعفران ایران به تفکیک مقاصد عمده صادراتی در سالهای ۱۴۰۳-۱۳۹۳

مأخذ: گمرک و محاسبات

بررسی مزیت رقابی صادرات زعفران ایران

اما علی رغم تمامی نوسانات در صادرات زعفران، کشور ایران دارای مزیت رقابتی در صادرات این محصول ارزشمند بوده است. در جدول (۱)، مزیت رقابتی ایران و دیگر صادرکنندگان عمده زعفران[۱] در سالهای ۲۰۲۴-۲۰۱۴ با استفاده از شاخص مزیت نسبی آشکار شده و مزیت نسبی آشکار شده متقارن مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس، کشور ایران در سالهای ۲۰۲۴-۲۰۱۰ دارای مزیت رقابتی در صادرات زعفران بوده است و مقایسه شاخص‌های مزیت رقابتی با سایر کشورهای عمده صادرکننده، نشان از اختلاف بالای مزیت رقابتی صادراتی کشور دارد که با نتایج مطالعات نوری و همکاران (۱۴۰۰)، جنتی مشکانی و همکاران (۱۳۹۵) و صادقی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد. این امر جایگاه ویژه ایران را در بازار جهانی زعفران و اطمینان بیشتر برای ادامه حضور در این بازار را نمایان می کند. با توجه به اینکه ایران بالاترین سهم را از صادرات جهانی زعفران دارا می باشد، دارای بالاترین میزان شاخص های (RCA) و (RSCA) در میان کشورهای صادرکننده نیز می باشد. اما در مقابل، کشورهای اسپانیا و افغانستان نیز در دوره مشابه دارای مزیت رقابتی در صادرات زعفران هستند. رشد بالای شاخص RCA توام با ضریب ثبات بالا برای کشور افغانستان، نشان از بهبود جایگاه این کشور در بازارهای جهانی دارد و با توجه حمایت‌های بین‌المللی از جمله حمایت مالی، سیاسی و اقتصادی از تجار افغانستان و سیاست افزایش تولید زعفران در افغانستان تهدیدی برای ایران محسوب شده و پیش‌بینی می‌شود در آینده‌ای نزدیک بسیاری از بازارهای ایران را در دست بگیرد. کشور هلند و فرانسه به‌عنوان صادرکنندگان عمده زعفران در جهان، فاقد مزیت رقابتی هستند. اما علی‌رغم عدم برخورداری از مزیت رقابتی به صادرات زعفران مبادرت می‌کنند. چنین استنباط می‌شود که منفعت تجاری به متغیرهای

[۱] . کشورهای مندرج در جدول(۱)، بر اساس میانگین ارزش صادرات زعفران در پنج سال اخیر (۲۰۲۴-۲۰۲۰) انتخاب شده‌اند.

دیگری مانند قیمت صادراتی، کیفیت بسته‌بندی و تنوع در بازارهای هدف بستگی دارد. بر اساس اطلاعات trademap، ایران دارای بیشترین قیمت صادراتی بوده که این امر می‌تواند منجر به جانشینی کشورهای صادرکننده زعفران با قیمت‌های صادراتی کمتر شود که کشور فرانسه یکی از آن کشورهاست.

جدول (۱): مزیت رقابتی کشور ایران و دیگر کشورهای عمده صادرکننده زعفران طی سالهای ۲۰۲۴-۲۰۱۴

کشور	شاخص	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱	۲۰۲۲	۲۰۲۳	۲۰۲۴	ضریب ثابت R2 (٪)
ایران	RCA	۱۵۸	۱۴۲	۱۵۹	۱۷۴	۱۸۸	۲۰۰	۱۵۵	۱۹۵	۲۵۴	۱۴۴	-	۴
	RSCA	۰,۹ ۸	۰,۹ ۸	۰,۹ ۸	۰,۹ ۸	۰,۹۸	۰,۹۹	۰,۹ ۸	۰,۹ ۹	۰,۹ ۹	۰,۹ ۸	-	
اسپانیا	RCA	۴,۴	۵,۲	۴,۶	۳,۸	۳,۳	۳,۳	۴	۴,۲	۴,۶	۷,۱	۵,۸	۱,۹۸
	RSCA	۰,۶ ۳	۰,۶ ۸	۰,۶ ۴	۰,۵ ۸	۰,۵۴	۰,۵۳	۰,۶	۰,۶ ۱	۰,۶ ۴	۰,۷ ۵	۰,۷	
افغانستان	RCA	۴۴	۳۹	۲۸	۴۷	۱۰۳	۱۴۷	۲۲۶	۲۶۳	۲۵۳	۳۶۸	۴۱۷	۲۰,۷
	RSCA	۰,۹ ۵	۰,۹ ۵	۰,۹ ۳	۰,۹ ۵	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۹ ۹	۰,۹ ۹	۰,۹ ۹	۰,۹ ۹	۰,۹ ۹	
امارات	RCA	۱,۴	۵,۲	۱,۱	۲,۳	۰,۶	۰,۵	۲,۹	۴,۵	۴,۶	۲,۳	-	۵,۸
	RSCA	۰,۱ ۷	۰,۶ ۸	۰,۰ ۵	۰,۴	۰,۲۲ -	۰,۲۵ -	۰,۴ ۹	۰,۶ ۳	۰,۴ ۷	۰,۴ ۱	-	
هلند	RCA	۰,۰ ۵	۰,۱ ۹	۰,۱ ۶	۰,۱ ۶	۰,۱۱	۰,۱۵	۰,۰ ۸	۰,۱ ۱	۰,۱ ۶	۰,۲ ۴	۰,۵ ۱	۴,۸
	RSCA	-۰,۹	-۰,۶	-۰,۷	-۰,۷	-۰,۷	-۰,۷	-۰,۸	-۰,۷	-۰,۷	-۰,۶	-۰,۳	
فرانسه	RCA	۰,۴ ۴	۰,۴ ۸	۰,۳ ۵	۰,۳ ۷	۰,۲۱	۰,۲۴	۰,۲ ۶	۰,۲ ۸	۰,۲ ۱	۰,۴ ۱	۰,۳ ۹	۳,۲
	RSCA	-۰,۳۸	-۰,۳۴	-۰,۴۷	-۰,۴۵	-۰,۶۳	-۰,۶	-۰,۵۷	-۰,۵۶	-۰,۶۴	-۰,۴۱	-۰,۴۳	

ماخذ: محاسبات

نتیجه‌گیری کلی

بنابراین، با توجه به موارد مطرح شده و به منظور حفظ و بهبود جایگاه ایران در بازارهای جهانی با توجه به مزیت رقابتی بالای آن در مقایسه با سایر کشورهای صادرکننده عمده، در گام نخست لزوم ایجاد برند تجاری برای زعفران بیش از پیش آشکار می‌شود. با ایجاد و توسعه برند تجاری برای زعفران ایران، از خام فروشی (صادرات به صورت ماده خام) زعفران جلوگیری به‌عمل آمده و در واقع محصولی با ارزش افزوده بالاتر صادر می‌شود. البته این امر مستلزم تکمیل زنجیره ارزش زعفران در داخل کشور و توسعه فرآوری آن می‌باشد که با حمایت دولت و مشارکت بالای خصوصی امکان پذیر است. از طرف دیگر، با توجه به گرایش جهان به استفاده از گیاهان دارویی، فرآوری زعفران به صورت گیاهان دارویی (مانند انواع دمنوش‌ها، داروهای ضد افسردگی و ...) می‌تواند ارزش افزوده بالایی در صادرات آن ایجاد کرده و ارزآوری بیشتری را برای کشور به همراه داشته

باشد. مشارکت در نمایشگاه‌های بین‌المللی و استفاده از کمپین‌های بازاریابی نیز می‌تواند در شناساندن کیفیت، اهمیت فرهنگی و طعم منحصر به فرد زعفران ایران در جهان مؤثر واقع شود. همچنین ورود به شیوه‌های نوین عرضه زعفران در بازار (به ویژه بازارهای جهانی)؛ از جمله عرضه زعفران در بورس؛ منجر به حذف کشورهای واسطه که زعفران ایران را به نام خود صادر می‌کنند، کاهش واسطه‌گران غیر ضرور، افزایش کیفیت و استانداردسازی زعفران و جلوگیری از تقلب در عرضه محصول می‌شود.

منابع

آمارنامه کشاورزی، جلد سوم. مرکز آمار، فناری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

جنتی مشکانی، ا؛ زمانی، ز و رشیدی، ا. ۱۳۹۵. بررسی روند مزیت نسبی صادرات زعفران در ایران. دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و اقتصاد در قرن ۲۱. تهران. ایران.

صادقی، س. ک؛ خداوردیزاده، صابر و خداوردیزاده، م. ۱۳۹۰. تعیین مزیت نسبی صادراتی و ساختار بازار صادرات و واردات جهانی زعفران. *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*. دوره ۳، شماره ۱۱: ۷۶-۵۹.

کرباسی، ع.ر و رستگاری پور، ف. ۱۳۹۳. بررسی مزیت نسبی تولید و صادرات زعفران. زراعت و فناوری زعفران. دوره ۲ شماره ۱: ۵۹-۷۴.

گمرک جمهوری اسلامی ایران

محمودی، ع و ولی بیگی ح .۱۳۸۳. "تجزیه و تحلیل مزیتهای نسبی و اولویت‌بندی بازارهای هدف صادرات فرآوردههای لبنی ایران". مجموعه سخنرانیها و گزیده مقالات نهمین همایش توسعه صادرات غیرنفتی کشور، اتاق بازرگانی و صنایع و معادن تبریز، صص .۱۹۴-۱۵۹

موسوی، م.س و کرباسی، ع. ر. ۱۴۰۰. "تحلیل زنجیره تامین جهانی و مزیت نسبی زعفران". ششمین همایش ملی زعفران. مجتمع آموزش عالی گناباد. ایران.

نوری. م؛ علی اکبری تیر، ک و رفیعی، ح. ۱۴۰۰. "بررسی مزیت نسبی صادراتی زعفران ایران در کشورهای هدف عمده". سیزدهمین کنفرانس ملی اقتصاد کشاورزی ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. تهران. ایران.

Arif Sahinli,. M, 2014. Revealed Comparative Advantage and Comoetitiveness: Turkey Agriculture Sectore. Journal of Gridultural Science. Vol 24(3):210-217

Bahta S.T., and A. Jooste, 2005. The Effect of Internationalisation on the Beef and Maize Sub-sectors: The Relevance of Revealed Comparative Advantage Measures. Agricultural Economic Research, policy and Practice in Southern Africa. Vol 44. Issue4: 452-464.

Manir,. H , 1996. South Asian Economics in the Global TradingSystem, The Australian National University Press.

www.trade.map.prg

Examining Iran's position in saffron exports

Katayoon Shemshadi [1]

1. Assistant Professor (Agricultural Economics).Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDRI)

* Corresponding author email: katayoon.sh@gmail.com

Abstract

The aim of this study is to present a picture of the status of Iran's exports in the last ten years and to examine its competitive advantage in global markets. For this purpose, using saffron trade data for Iran and the five major exporting countries of this product during the period 2014-2024, its competitive advantage was examined using revealed comparative advantage (RCA) and revealed symmetrical comparative advantage (RSCA) indices. The results showed that saffron exports in packages of more than 30 grams had the largest share of saffron exports. After that, packages of 10-30 grams accounted for a high share of exports. Iran's export pattern in the export product has been an asymmetric pattern, so that on average in the last ten years, more than 80 percent of Iran's saffron exports have been to six countries: the UAE, Spain, Hong Kong, China, Afghanistan, and Vietnam. The calculation of the (RCA) and (RSCA) indices indicates that Iran had a competitive advantage in saffron exports in the years 2010-2024, and comparing the competitive advantage indices with other major exporting countries shows a high difference in the country's export competitive advantage. This shows Iran's special position in the global saffron market and greater confidence in continuing to be present in this market. However, in contrast, Spain and Afghanistan also have a competitive advantage in saffron exports in the same period. The high growth of the RCA index combined with a high stability coefficient for Afghanistan indicates the improvement of this country's position in global markets. Finally, it was suggested that by creating and developing a brand for Iranian saffron, the raw sale (export as raw material) of saffron would be prevented and in fact a product with higher added value would be exported. In addition, processing saffron into medicinal plants (such as various herbal teas, antidepressants, etc.), participating in international exhibitions, and using marketing campaigns and entering new ways of supplying saffron to the market (especially global markets); Among other things, offering saffron on the stock exchange was proposed to improve Iran's position in the global market and maintain its competitive advantage.

Keywords: Revealed comparative advantage index, Symmetrical revealed comparative advantage index, Trade

بررسی جایگاه ایران در صادرات زیره سبز

کتایون شمشادی[1]

۱- استادیار پژوهشی موسسه پژوهشی برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی.
تهران-خیابان کریم خان- انتهای خیابان شهید عضدی جنوبی- خیابان رودسر-پلاک ۵

Katayoon.sh@gmail.com

چکیده

امروزه گیاهان دارویی به دلیل منافع بهداشتی و ملاحظات اقتصادی آن به موضوعی با اهمیت در جهان تبدیل شده است. علاوه بر این، از دیر باز بر صادرات غیر نفتی برای کاهش آسیب‌پذیری اقتصاد کشور از متکی بودن به درآمدهای نفتی که در دهه ۹۰ با اعمال و تشدید تحریم‌ها شدت یافت؛ تاکید شده است. با این هدف، توسعه تجارت گیاهان دارویی با توجه به پتانسیل‌های تولید انواع گیاهان دارویی در ایران، مورد توجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان قرار گرفته است. در این مقاله با استفاده از داده‌های تجارت محصول زیره سبز برای کشور ایران و پنج کشور عمده صادرکننده این محصول طی دوره ۲۰۰۳-۲۰۲۲ مزیت رقابتی این محصول با استفاده از شاخص‌های مزیت نسبی آشکار شده (RCA) و مزیت نسبی آشکار شده متقارن (RSCA) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کشور ایران در تمامی سالهای مورد بررسی دارای مزیت رقابتی بوده؛ اما با طی روندی نزولی سالانه ۱۳,۳ درصد از مزیت رقابتی آن در بازارهای جهانی کاسته شده است. همچنین نتایج نشان داد کشورهای امارات و ترکیه که جزو مقاصد عمده صادراتی محصول زیره سبز ایران هستند، دارای مزیت رقابتی بالاتری از کشور ایران می‌باشند که این امر تهدید جدی برای صادرات زیره سبز ایران و جایگاه ایران در بازارهای جهانی بشمار می‌آید. از این رو، برگزاری و شرکت در نمایشگاه‌های بین‌المللی به منظور شناساندن زیره سبز ایران در راستای افزایش آگاهی جهانی نسبت به این محصول، تحقیق و توسعه در زمینه برندسازی و تجاری‌سازی زیره سبز و تمرکز بر صادرات روغن اسانسی آن که دارای ارزش صادراتی بالاتری نسبت به تخم زیره سبز می‌باشد، پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: شاخص مزیت نسبی آشکار شده، شاخص مزیت نسبی آشکار شده متقارن، شاخص هرفیندال، مزیت رقابتی

۱. مقدمه

متکی بودن اقتصاد ایران به درآمدهای نفتی و تاثیرپذیری آن از شرایط سیاسی و اقتصادی جهان، موجب آسیب پذیری اقتصاد کشور شده است. در دهه اخیر، با تشدید تحریم ها و اعمال محدودیت های دسترسی به درآمد حاصل از فروش نفت، اقتصاد ایران را با چالشهای فراوانی مواجه ساخت و سیاست گذاران و برنامه ریزان را بر آن داشت تا بر تحقق شعار توسعه صادرات غیر نفتی اهتمام ورزند. در این میان، محصولات جنگلی، مرتعی، گیاهان دارویی و صنعتی علاوه بر نقش خاصی که در اقتصاد داخلی دارند، می‌توانند تاثیر به سزایی در امر صادرات غیر نفتی داشته باشند (مفتاحی زاده و ناصری، ۱۳۸۸). از طرف دیگر، تقاضای جهانی برای این محصولات به دلیل افزایش علاقه مصرف‌کنندگان به مصرف محصولات طبیعی در حال افزایش است؛ چرا که این محصولات ایمن‌تر و مقرون به صرفه‌تر از همتایان مصنوعی و شیمیایی خود

[1] . katayoon.sh@gmail.com

می‌باشند (وسیشت و کومار، ۲۰۰۲). از گذشته‌های دور، گیاهان دارویی در اکثر کشورهای در حال توسعه قاره آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین نقش مهمی در مراقبت از سلامت داشته است. در دهه‌های اخیر نیز تقاضا و مصرف گیاهان دارویی (استفاده در صنایع مختلف دارویی، آرایشی، بهداشتی، غذایی، تولید عصاره‌ها، اسانس‌های روغنی، رزین‌ها، رنگ‌ها و سموم طبیعی) در کشورهای توسعه یافته از جمله امریکا وکشورهای اروپایی احیا شده و روند آن رو به افزایش می‌باشد(ویسشت و همکاران، ۲۰۱۶). در نتیجه تقاضای روز افزون برای گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن سبب ایجاد تجارت عظیم در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی می‌شود.

کشور ایران نیز به جهت وجود اقلیم‌های مختلف (۱۱ اقلیم از ۱۳ اقلیم شناخته شده جهانی) دارای گونه‌های متنوع از گیاهان دارویی است و از این لحاظ جایگاه ویژه‌ای را در بین کشورهای مختلف به خود اختصاص داده است. بر اساس نظر گیاه‌شناسان و پژوهشگران، تعداد گونه‌های گیاهی ایران در حدود ۸۰۰۰ گونه است که از نظر تنوع گونه‌ای حداقل دو برابر قاره اروپا می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که بیش از ۲۳۰۰ گونه از گیاهان کشور دارای خواص دارویی، عطری، ادویه‌ای و آرایشی-بهداشتی هستند. به علاوه ۱۷۲۸ گونه از این گیاهان به‌عنوان گیاهان بومی ایران بوده؛ منحصرا در ایران رویش کرده و به‌عنوان یک ظرفیت انحصاری در کشور محسوب می‌شوند (سند ملی گیاهان دارویی و طب سنتی). بنابراین باید از این فرصت طلایی نهایت استفاده را کرده و با بررسی بازارهای بین‌المللی و اتخاذ سیاست‌های مناسب تجاری، حضور خود را در بازارهای جهانی تقویت بخشید. علاوه بر آن، فرهنگ استفاده از گیاهان دارویی در کشور ایران قدمت دیرینه دارد که امروزه می‌توان با احیای درست آن علاوه بر حفظ ذخایر ژنتیکی و دستیابی به مدیریت توسعه پایدار در بخش گیاهان دارویی، به‌عنوان یک منبع ارزآوری مهم در سیاست‌های کلان کشور در نظر گرفته شود و به بهبود درآمدهای غیر نفتی کمک کند (شمشادی، ۱۳۹۷).

زیره سبز، یکی از گیاهان دارویی ارزشمند کشورمان با مصرف بالا در صنایع دارویی، ادویه ای و عطری می باشد. زیره سبز در زمره گیاهانی است که نیاز آبی کمی دارند و از این رو برای کشت در مناطق کم آب بسیار مساعد بوده و از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار است. در سال ۱۴۰۰، محصول زیره سبز با تولید ۸,۹ هزار تن و سهمی معادل ۶,۴ درصد از تولیدات گیاهان دارویی در کشور، در رتبه چهارم بعد از محصولات زعفران، گل محمدی و حنا قرار داشته است. با توجه به بالابودن ارزش صادراتی این محصول در جهان که در سال ۲۰۲۲، برابر ۲۵۶ دلار به تن بوده است، فرصت مناسبی برای ایران فراهم شده است تا با توجه به پتانسیل های تولید این محصول در کشور، سهم خود را از بازارهای جهانی افزایش دهد. بنابراین، بررسی مزیت رقابتی این محصول در زمینه صادرات می تواند اطلاعات سودمندی را زمینه تدوین راهبرد توسعه صادرات آن در اختیار مسئولین قرار دهد. اصل مزیت رقابتی یکی از مفیدترین ابزارهای سیاست گذاری اقتصادی است که استفاده از آن نه تنها سیاست های تخصیص منابع کشور و الگوی تولید را بهبود می بخشد بلکه می تواند نوع صادرات و ترکیب آن ها را نیز مشخص کند (خداوردیزاده، ۱۳۹۶). این اصل بیانگر توانایی یک کشور در تولید و صدور کالایی با هزینه ارزان تر و کیفیت بالاتر در سطح جهانی است (پور مقیم، ۱۳۸۶).

مطالعات اندکی در کشور به بررسی مزیت رقابتی گیاهان دارویی و تعیین ساختار بازار آن پرداخته اند که در آن مزیت رقابتی زعفران در مطالعه موسوی و کرباسی (۱۴۰۰)، کرباسی و رستگاری پور (۱۳۹۳)، صادقی و همکاران (۱۳۹۰)، رازیانه، بادیان، انیسون و گشنیز در مطالعه خداوردیزاده و محمدی (۱۳۹۶)، گیاهان دارویی در مطالعه طاهری ریکنده و همکاران (۱۳۹۵) ، نصابیان و همکاران (۱۳۹۱)، امیرتیموری و همکاران (۱۳۹۰) و زیره سبز در مطالعه نجفی علمدارلو و یوسفی (۱۳۸۸) اشاره کرد. عمده مطالعات داخل کشور در حوزه گیاهان دارویی بر محصول زعفران متمرکز بوده و کمتر به سایر گیاهان دارویی از جمله زیره پرداخته شده است. البته یکی از عوامل محدود کننده مطالعه در زمینه گیاهان دارویی را می توان ضعف آمار و اطلاعات در این حوزه دانست.

در این مطالعه، بعد از ارایه روش تحقیق و معرفی متغیرها، در قسمت نتایج و بحث ابتدا تصویری کلی از تجارت زیره سبز و ساختار بازار جهانی آن ارایه خواهد شد و سپس مزیت رقابتی آن طی دوره ۲۰۲۲-۲۰۱۲ مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت پیشنهاداتی نیز ارایه شده است.

مواد و روشها:

شاخص‌های مختلفی برای بررسی مزیت رقابتی محصولات وجود دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از: شاخص مزیت رقابتی آشکار شده ، مزیت رقابتی آشکار شده متقارن ، نقشه‌ریزی تجاری و سهم بازار پایدار . در این گزارش به منظور بررسی مزیت رقابتی گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن از دو شاخص «مزیت رقابتی آشکار شده» و «مزیت رقابتی آشکار شده متقارن» استفاده شده است. شاخص مزیت رقابتی آشکار شده اولین شاخص ارایه شده در زمینه مزیت رقابتی از بعد تجاری (صادرات) است که اولین بار توسط بالاسا در سال ۱۹۶۵ به کار برده شده است. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید (باهتا، ۲۰۰۵):

$$RCA_{ij} = \frac{X_{ij} \Big/ \sum_i X_{ij}}{\sum_j X_{ij} \Big/ \sum_i \sum_j X_{ij}} \qquad (۱)$$

در این فرمول، Xij ارزش صادرات کالای مورد نظر i از کشور j، ارزش کل صادرات کشاورزی کشور مورد مطالعه، $\sum_j X_{ij}$ ارزش جهانی صادرات کالای مورد نظر و $\sum_i \sum_j X_{ij}$ارزش کل صادرات کشاورزی جهانی است. به عبارت دیگر، صورت کسر سهم کالای صادراتی از کل صادرات کشاورزی کشور مورد مطالعه و مخرج کسر سهم کالای صادراتی از صادرات کشاورزی جهان است. از شاخص مزیت رقابتی آشکار شده به‌عنوان شاخص عملکرد صادراتی نیز نام برده شده است. این شاخص به تنهایی برای یک سال دارای کارایی لازم نیست و با محاسبه آن نمی‌توان در مورد وجود مزیت رقابتی قضاوت کرد. دامنه تغییرات شاخص مذکور از صفر تا بی‌نهایت است و قرار گرفتن در دامنه صفر تا یک، نشان‌دهنده عدم وجود مزیت و یک تا بی‌نهایت، نشان‌دهنده وجود مزیت و حرکت به سوی تخصصی شدن تجارت است (همان منبع). روند افزایشی شاخص یاد شده در طی زمان را می‌توان نشان‌دهنده بهبود موقعیت رقابتی یک کالا در سطح جهان به شمار آورد. افزون بر این، نوسان‌های زیاد این شاخص را طی زمان می‌توان به‌عنوان معیاری برای نبود ثبات در رژیم تجاری یک کشور تلقی کرد. تغییرات در مزیت رقابتی ممکن است به دلایلی هم چون تغییر نسبی هزینه تولید کالا، تغییر در نرخ مبادله ارز و یا تغییر در موانع تجاری داخلی یا کشورهای متقاضی کالا باشد (سلامی و پیش بهار، ۱۳۸۰). بنابراین تعیین میزان ثبات یا نوسان این شاخص طی سال‌های مورد بررسی با استفاده از ضریب ثبات ضروری می‌باشد. جهت محاسبه ضریب ثبات، فرض می‌شود الگوی تغییرات متغیر مزیت رقابتی آشکار شده (RCA) به صورت هندسی باشد که در رابطه (۲) آورده شده است:

$$(RCA_i^k)_t = (RCA_i^k)_0 (1+r)^t \qquad (۲)$$

که در آن t فاصله سال مورد نظر از سال مبنا، ۰ دوره مبنا، r نرخ رشد متوسط سالانه، k کالای مورد نظر و i کشور مورد مطالعه می‌باشد. اگر از طرفین لگاریتم طبیعی گرفته شود، رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$ln(RCA_i^k)_t = ln(RCA_i^k)_0 + t(1+r) \qquad (۳)$$

سپس با کمک روش حداقل مربعات معمولی ضرایب مدل خطی فوق با ساده سازی به صورت $y=\alpha+\beta\times t$ قابل تخمین خواهد بود که در این رابطه $\beta = \ln(1+r)$ می‌باشد. ضریب تعیین (R^2) حاصل از تخمین این معادله میزان ثبات عملکرد صادراتی را نشان می‌دهد که نزدیک شدن ضریب تعیین به سمت عدد یک دلیل بر ثبات تغییرات عملکرد صارداتی و پایین بودن مقدار آن به مفهوم نوسانات گسترده RCA طی دوره مورد بررسی خواهد بود. نرخ رشد متوسط RCA در طی یک دوره برابر رابطه ۴ خواهد بود (محمودی و ولی بیگی، ۱۳۸۳):

$$r = (e^{\beta} - 1) \times 100 \qquad (۴)$$

بررسی دامنه تغییرات شاخص RCA توسط لارسن، نشان می‌دهد که یک حالت عدم تقارن بین مقادیر محاسباتی RCA در شرایط وجود یا نبود مزیت رقابتی وجود دارد؛ به‌طوریکه مقدار صفر تا یک بر نبود مزیت و یک تا بی‌نهایت بر وجود مزیت دلالت دارد و برای رفع این ضعف، شکل متقارنی از این شاخص به نام شاخص مزیت رقابتی آشکار شده متقارن به‌صورت زیر ارایه شده است (مانیر، ۱۹۹۶):

$$RSCA_{ij} = {(RCA_{ij} - 1)}/{(RCA_{ij} + 1)} \qquad (۵)$$

دامنه تغییرات شاخص فوق بین منفی یک و مثبت یک می‌باشد که مقادیر منفی آن، نشان‌دهنده نبود مزیت و مقادیر مثبت آن، نشان‌دهنده وجود مزیت در صادرات محصول می‌باشد. شایان ذکر است برای تمامی محصولات ارایه شده در این گزارش ابتدا شاخص هیلمن (دارا بودن شرط لازم و کافی برای اینکه کشور i در کالایی مزیت نسبی داشته باشد) محاسبه شده است و بر اساس آن استفاده از شاخص‌های مزیت رقابتی بلامانع است.

به منظور تعیین ساختار بازار زیره سبز از شاخص هرفیندال استفاده شده است. این شاخص از اطلاعات همه بنگاه ها استفاده می کند و عبارت است از مجموع توان دوم سهم بازار تمام بنگاه های موجود در صنعت که به صورت رابطه ۶ نوشته می شود.

$$HI = \sum_{i=1}^{N} (\frac{x_i}{X})^2 = \sum_{i=1}^{N} S_i^2 \qquad (۶)$$

S_i^2 مربع سهم بازار بنگاه iام و n تعداد بنگاه فعال در صنعت می باشد. شاخص مزبور چگونگی توزیع اندازه بازار در بین بنگاه های موجود و نوع ساختار بازار را مشخص می سازد. ساختار این شاخص بدین شکل است که از تمامی اطلاعات موجود در بازار استفاده می کند. این شاخص بین دو عدد صفر و یک قرار دارد و هر چه به عدد صفر نزدیک تر باشد بازار به سمت رقابتی شدن (تمرکز کمتر) و هر چه به عدد یک نزدیک شود بازار به سمت انحصاری شدن (تمرکز بیشتر) حرکت می کند. معکوس این شاخص، نوع ساختار بازار را نشان می دهد. انواع ساختار بازار و ویژگی آنها در جدول (۱) آورده شده است.

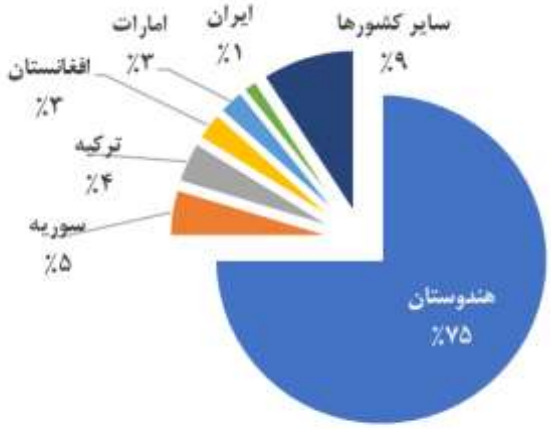
جدول (۱): ساختار بازارها و خصوصیات آنها از نظر تعداد و اندازه بنگاه ها

شرح	شاخص هرفیندال (HI)	ویژگی اصلی بازار
رقابت کامل	$HI \to 0$	بیش از ۵۰ بنگاه رقیب بدون در انحصار داشتن سهم درخور توجهی از بازار وجود دارند.
رقابت انحصاری	$({1}/{HI}) \to 10$	هیچکدام از بنگاه‌های رقیب، بیش از ۱۰ درصد بازار را در انحصار ندارند.
انحصار چندجانبه باز	$6 < ({1}/{HI}) \leq 10$	۴ بنگاه حداکثر ۴۰ درصد بازار را در انحصار دارند.
انحصار چندجانبه بسته	$3 < ({1}/{HI}) \leq 6$	۴ بنگاه حداقل ۶۰ درصد بازار را در انحصار دارند.
بنگاه مسلط	$1 < ({1}/{HI}) \leq 3$	بیش از ۵۰ درصد بازار در انحصار یک بنگاه است.
انحصار کامل	$HI \to 1$	یک بنگاه کل بازار را در انحصار دارد.

نتایج و بحث

محاسبه شاخص هرفیندال برای زیره سبز نشان داد که در اکثر سالهای مورد بررسی (۲۰۲۲-۲۰۰۳) ساختار بازار جهانی صادرات این محصول در وضعیت بنگاه مسلط بوده است. به عبارتی دیگر، یک بنگاه (کشور) بیش از ۵۰ درصد بازار جهانی را دارا می‌باشد. همانطور که قبلا هم بیان شد، بیش از ۵۰ درصد از بازار جهانی زیره سبز در اختیار کشور هندوستان بوده

است و این کشور می‌تواند به تنهایی تعیین کننده قیمت در بازار جهانی باشد. همچنین بر اساس شاخص مذکور، هیچگونه انحصاری در بازار وارداتی وجود ندارد و بیش از ۵۰ بنگاه (کشور) رقیب بدون در انحصار داشتن سهم درخور توجهی از بازار وجود دارند که این امر نیز در نمودار ۲ به تصویر کشیده شده است.



نمودار ۱: صادرکنندگان عمده زیره سبز در سالهای ۲۰۲۲-۲۰۱۸

نمودار ۲: واردکنندگان عمده زیره سبز در سالهای ۲۰۲۲-۲۰۱۸

نتایج مربوط به محاسبه شاخص های مزیت نسبی آشکار شده (RCA) و مزیت نسبی آشکار شده متقارن(RSCA) ، متوسط نرخ رشد سالانه شاخص RCA و میزان روند ثبات (R2) برای کشورهای صادرکننده عمده زیره سبز در سالهای ۲۰۲۲-۲۰۰۳ در جدول (۲) نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل از محاسبات، کشور ایران در صادرات زیره سبز دارای مزیت رقابتی است. روند شاخص RCA طی دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۳ کاهشی است و نشان می دهد مزیت رقابتی این محصول تنزل یافته و از ۳۱ در سالهای ۲۰۰۳-۲۰۰۶ به ۱,۹ در سالهای ۲۰۲۸-۲۰۱۵ رسیده است. اما در سالهای اخیر (۲۰۲۲-۲۰۱۹)، مقدار این شاخص افزایش یافته است و نشان از بهبود مزیت رقابتی زیره سبز ایران در جهان دارد. اما در کل، نرخ رشد سالانه منفی شاخص RCA نیز مؤید این امر است و نشان می‌دهد سالانه به میزان ۱۳,۳ درصد از مزیت رقابتی ایران در صادرات زیره سبز کاسته شده است. به عبارتی دیگر، ضریب ثابت بالا به همراه منفی بودن نرخ رشد سالانه شاخص RCA نشان از عدم وجود یک استراتژیک صادراتی مشخص در کشور برای توسعه صادرات زیره سبز و بهبود سهم ایران در بازارهای جهانی می باشد. پنج کشور عمده صادرکننده زیره سبز نیز همگی دارای مزیت رقابتی در صادرات این محصول هستند. درمیان کشورهای صادرکننده عمده زیره سبز، کشور هند دارای بیشترین مقدار شاخص RCA در دوره مورد بررسی بوده که نشان می دهد این کشور از بالاترین درجه تخصص در زمینه صادرات زیره سبز برخوردار بوده است. ضریب ثابت بالا به همراه مثبت بودن نرخ رشد سالانه RCA نشاندهنده موقعیت مناسب کشور هند در بازارهای جهانی این محصول می باشد. همچنین در خصوص کشورهای سوریه و افغانستان نیز، علی رغم پایین بودن ضریب ثابت، بالا بودن مقدار شاخص RCA به همراه مثبت بودن نرخ رشد سالانهRCA ، نشان از عزم جدی این کشورها برای توسعه صادرات و بهبود وضعیت کشور در بازارهای جهانی بوده و در صورت سرمایه‌گذاری بیشتر می توانند موقعیت خود را در بازارهای جهانی بهبود بخشند. پایین بودن ضریب ثابت نیز به دلیل عدم وجود ثبات اقتصادی در سالهای اخیر و نوسان فراوان عملکرد بخش تجاری در کشورهای سوریه و افغانستان بوده است.

کشورهای ترکیه و امارات نیز موقعیتی مشابه کشور ایران داشته و با توجه نرخ رشد سالانه منفی شاخصRCA ، از مزیت صادراتی این کشورها در طی زمان کاسته شده است. اما نکته مهم آن است که کشور امارات یکی از بازارهای عمده صادراتی محصول صادراتی زیره ایران بوده و به طور متوسط در ۵ سال گذشته (۱۴۰۱-۱۳۹۷) ۳۳ درصد از صادرات زیره سبز ایران به این کشور صورت گرفته است. همچنین کشور ترکیه نیز با سهمی معادل ۱۱,۳ درصد از صادرات زیره سبز ایران، دیگر مقصد عمده صادراتی این محصول بوده است. بنابراین، نبود استراتژی صادراتی مشخص و عدم شناخت بازارهای هدف باعث شده است تا صادرات زیره سبز به کشورهایی صورت گیرد که این کشورها خود رقیب ایران در بازارهای جهانی بوده و سهمی بالاتر از ایران را نیز در بازارهای جهانی به خود اختصاص داده‌اند .

بنابراین، از یک طرف کاهش مزیت رقابتی ایران در بازارهای جهانی با توجه به رشد کشورهای سوریه و افغانستان و از طرف دیگر، صادرات زیره سبز به کشورهایی که خود رقیب ایران در بازارهای جهانی بوده و موقعیت بهتری نیز از ایران در بازارهای جهانی دارند، تهدیدی جدی برای صادرات زیره سبز کشور ایران به شمار می‌رود و منجر به محدود شدن صادرات این محصول می‌شود.

جدول (۲): مزیت رقابتی کشور ایران و پنج کشور عمده صادرکننده زیره سبز طی سالهای ۲۰۲۲-۲۰۰۳

کشور	شاخص	۲۰۰۳-۲۰۰۶	۲۰۰۷-۲۰۱۰	۲۰۱۱-۲۰۱۴	۲۰۱۵-۲۰۱۸	۲۰۱۹-۲۰۲۲	نرخ رشد سالانه RCA (٪)	ضریب ثابت R^2 (٪)
ایران	RCA	۳۱	۱۲,۷	۵,۵	۱,۹	۵,۸	-۱۳,۳	۵۵
	RSCA	۰,۹	۰,۸	۰,۶	۰,۳	۰,۵		
هند	RCA	۹	۲۶,۷	۲۴,۳	۲۹,۱	۳۲,۵	۸	۵۶
	RSCA	۰,۸	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۳	۰,۹۴		
سوریه	RCA	۱۸۳,۲	۹۵,۷	۲۵۱,۹	۳۴۷,۹	۱۱۸,۴	۱,۱	۱
	RSCA	۰,۹۹	۰,۹۷	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۸		
ترکیه	RCA	۵,۹	۴,۷	۴,۸	۳,۱	۳,۲	-۳,۲	۲۲
	RSCA	۰,۶۸	۰,۵۹	۰,۶۳	۰,۴۹	۰,۵۲		
امارات	RCA	-	-	۷,۵	۷,۴	۳,۴	-۱۰	۲۶
	RSCA	-	-	۰,۶۸	۰,۶	۰,۴۸		
افغانستان	RCA	-	۸۰	۹۱,۸	۱۴۱,۶	۵۴,۳	۰,۵	۱
	RSCA	-	۰,۹۳	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۹۵		

ماخذ: محاسبات تحقیق

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه با توجه به اهمیت زیره سبز در گیاهان دارویی، وجود شرایط آب و هوایی مناسب در کشور ایران برای تولید و توسعه آن و تجارت جهانی بیش از ۱میلیارد دلاری آن، ابتدا با استفاده از شاخص هرفیندال ساختار بازار جهانی زیره سبز مشخص شد و سپس مزیت رقابتی صادراتی آن برای ایران و پنج کشور عمده صادرکننده در جهان طی دوره ۲۰۲۲-۲۰۰۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی شاخص RCA و RCAS نشان داد که ایران در تمامی سالهای مورد بررسی، دارای مزیت رقابتی بوده اما روند آن در سالهای ۲۰۱۸-۲۰۰۳ کاهش یافته است. اما در سالهای اخیر (۲۰۲۲-۲۰۱۹)

شاخص مزیت رقابتی اندکی بهبود یافته است. اما در کل، نرخ رشد سالانه منفی شاخص RCA نیز مؤید این امر است و نشان می‌دهد سالانه به میزان ۱۳,۳ درصد از مزیت رقابتی ایران در صادرات زیره سبز کاسته شده است. به عبارتی دیگر، ضریب ثابت بالا به همراه منفی بودن نرخ رشد سالانه شاخص RCA نشان از عدم وجود یک استراتژیک صادراتی مشخص در کشور برای توسعه صادرات زیره سبز و بهبود سهم ایران در بازارهای جهانی می باشد. همچنین، بررسی ها نشان داد که کشورهای امارات و ترکیه که جزو صادرکنندگان عمده زیره سبز در جهان می باشند، زیره سبز ایران را وارد کرده و مجددا صادر می کنند و بدین ترتیب توانسته اند نقش و جایگاه خود را در بازارهای جهانی بهبود بخشند در صورتیکه کشور ایران، نتوانسته است از این ظرفیت به خوبی استفاده نماید.از این رو، پیشنهاد میشود کشت و توسعه گیاهان دارویی که دارای مزیت رقابتی هستند، مورد حمایت قرار بگیرد. زیره سبز از جمله محصولات صادراتی گیاهان دارویی است که دارای مزیت رقابتی بوده و با حمایت از برنامه‌های ترویجی و آموزشی که شرط لازم توسعه کشت گیاهان دارویی می باشد می‌توان جایگاه این محصول را در میان گیاهان دارویی تقویت نمو. با توجه به سهم ایران در بازارهای جهانی و عدم موفقیت ایران در شناسایی بازارهای هدف و شناساندن محصول زیره سبز به بازارهای جهانی، پیشنهاد می‌شود با برگزاری و شرکت در نمایشگاه های بین المللی و انجام تبلیغات به شناساندن و معرفی زیره سبز ایران، خواص و موارد استفاده آن اقدام موثر به عمل آید. لازمه شناساندن زیره سبز ایران در بازارهای جهانی به منظور حفظ و تقویت جایگاه کشور ایران در جهان، ثبت جهانی زیره سبز، برندسازی و تحقیق و توسعه در حوزه بازاریابی به منظور شناسایی بازارهای هدف با در نظر گرفتن این نکته که صادرات مجدد از آن کشورها صورت نگیرد، می باشد. همچنین با توجه به ارزش بالای صادراتی روغن اسانسی زیره سبز در مقابل صادرات تخم زیره سبز و ارزآوری بالاتر، پیشنهاد می شود حمایت از تحقیقات، صنایع و پژوهشکده‌های فرآوری محصولات ارزشمند دارویی و صنعتی در دستور کار قرار بگیرد. صادرات گیاهان دارویی فرآوری شده علاوه بر ایجاد ارزش افزوده بالاتر و ایجاد اشتغال در داخل، درآمدهای صادراتی را نیز افزایش داده و جایگاه ایران را نیز در بازارهای بین المللی، بهبود می بخشد.

منابع

امیرتیموری، س؛ شمشادی، ک و خلیلیان، ص. (۱۳۹۰). جایگاه ایران در صادرات رازیانه: رهیافت مزیت نسبی صادراتی. فصلنامه تحقیقات اقتصاد کشاورزی. دوره ۳، شماره ۱۲: ۹۵-۸۱.

پورمقیم، س. ۱۳۸۶. تجارت بین‌الملل: نظریه‌ها و سیاست‌های بازرگانی. چاپ یازدهم، نشرنی.

خداوردی‌زاده، م و محمدی، س. ۱۳۹۶، تعیین مزیت نسبی و ساختار بازار صادرات جهانی گیاهان دارویی (مطالعه موردی: رازیانه، بادیان، انیسون و گشنیز). تحقیقات اقتصاد کشاورزی. جلد ۹، شماره ۲: ۱۷۴-۱۵۳.

شمشادی، ک. ۱۳۹۷. تجارت گیاهان دارویی و فرآوردهای آن. موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. تهران.

صادقی، س ک، خداوردیزاده، ص خداوردیزاده، م، ۱۳۹۰، تعیین مزیت نسبی صادراتی و ساختار بازار صادرات و واردات جهانی زعفران، مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد۳، شماره ۳: ۷۶-۵۹.

طاهری ریکنده، ع؛ پاکروان، م؛ گیلانپور، ا و ابوالقاسمی، ف، ۱۳۹۵، ارزیابی رقابت‌پذیری ایران در بازار جهانی گیاهان دارویی و اولویت‌بندی کشورهای هدف صادراتی. مجله اقتصاد کشاورزی، جلد ۱۰، شماره ۱: ۱۷۴-۱۵۳.

کرباسی، ع و رستگاری‌پور، ف، ۱۳۹۳، بررسی مزیت نسبی تولید و صادرات زعفران، مجله زراعت و فناوری زعفران، دوره ۲، شماره ۱: ۷۴-۵۹.

مفتاحی زاده، ح و ناصری، ع. ۱۳۸۸. موانع و راهبردهای پیشروی توسعه اقتصاد گیاهان دارویی. مرکز خدمات تخصصی گیاهان دارویی. جهاد دانشگاهی واحد ایلام.

موسوی، م و کرباسی، ع. (۱۴۰۰). تحلیل مزیت نسبی زعفران. ششمین همایش ملی زعفران. گناباد.

نجفی علمدارلو، ح و حسنی، ی. ۱۳۸۸، بررسی مزیت نسبی تولید، صادرات و شناسایی بازارهای هدف زیره سبز، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، دوره ۱، شماره ۳: ۱۲۲-۱۰۱.

نصابیان، ش و معارفیان، ش، ۱۳۸۶، بررسی مزیت نسبی صادرات زعفران ایران، مجله علوم کشاورزی، دوره ۱۳، شماره ۳ (ویژه‌نامه): ۶۲۱-۶۱۱.

Arif Sahinli, M, (2014). Revealed Comparative Advantage and Comoetitiveness: Turkey Agriculture Sectore. Journal of Gridultural Science. Vol 24(3):210-217

Bahta S.T and A. Jooste. (2005). The Effect of Internationalisation on the Beef and Maize Sub-sectors: The Relevance of Revealed Comparative Advantage Measures. Agricultural Economic Research, policy and Practice in Southern Africa. Vol 44. Issue4: 452-464.

Bano, S and Scrimgeour, F. (2012). The Export Growth and Revealed Comparative Advantage of the New Zealand Kiwifruit Industry. International Business research. Vol 5, No 2.

Poramacom, N. (2002). Revealed Comparative Advantage (RCA) and constant market share model (CMS) on Thai Natural Rubber. Kasetsart Journal of Social and Science. Vol 23: 54-60.

Riptanti, E. W., Qonita, R. A., and Fajarningsih, R. U .2018. The Competitiveness of Medicinal Plants in Central Java Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 142, The 4th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment (4th ICSAE) 10–12 August 2017, Surakarta, Indonesia.

Tetiana, M; Heraimovych, V; I, Tomashevska; and O, Cherednichenko. 2020. Economical Assessment of Medicinal plants Market Concentration and Monopolization Level in Ukraine. Conferences of Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019 (TPACEE 2019). Moscow, Russia, Volume 164.

Vasisht, K and Kumar, V. (2002). Trade and Production of Herbal Medicines and Natural Health Products. United Nations Industrial Development organization and the International Centre for Science and High Technology.

Vasisht, K, Sharma, N and Karan, M. (2016). Current Perspective in the International trade of MedicinalPlants Material: an Update. Current Pharmaceutical Design. Vol 22: 4288-4336.

Examining Iran's position in saffron exports

Katayoon Shemshadi [1]
1. Assistant Professor (Agricultural Economics).Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDRI)

* Corresponding author email: katayoon.sh@gmail.com

Abstract

Today, medicinal plants have become an important issue in the world due to their health benefits and economic considerations. In addition, non-oil exports have long been emphasized to reduce the vulnerability of the country's economy to reliance on oil revenues, which intensified in the 1990s with the imposition and intensification of sanctions. With this goal, the development of medicinal plant trade has attracted the attention of policymakers and planners, given the potential for the production of various medicinal plants in Iran. In this article, using cumin trade data for Iran and the five major exporting countries of this product during the period 2003-2022, the competitive advantage of this product was examined using the revealed comparative advantage (RCA) and revealed symmetrical comparative advantage (RSCA) indices. The results showed that Iran had a competitive advantage in all the years under study; but with an annual downward trend, its competitive advantage in global markets has decreased by 13.3 percent. The results also showed that the UAE and Turkey, which are among the major export destinations of Iranian cumin, have a higher competitive advantage than Iran, which is a serious threat to Iranian cumin exports and Iran's position in global markets. Therefore, holding and participating in international exhibitions to introduce Iranian cumin in order to increase global awareness of this product, research and development in the field of branding and commercialization of cumin, and focusing on the export of its essential oil, which has a higher export value than cumin seeds, have been suggested.

Keywords: Revealed comparative advantage index, symmetrical revealed comparative advantage index, Herfindahl index, competitive advantage

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine
وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربت حیدریه

تأثیر آلودگی خاک و فلزات سنگین بر کیفیت و ایمنی گیاهان دارویی

دانا ادیب پور[۱،۱]، فرهاد اذرمی آتاجان[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزیدانشگاه بیرجند

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

چکیده

گیاهان دارویی به دلیل داشتن ترکیبات زیست‌فعال متنوع، نقش مهمی در ارتقای سلامت انسان و توسعه روش‌های مراقبت بهداشتی پایدار دارند. با این حال، آلودگی خاک با فلزات سنگین مانند سرب (Pb)،کادمیوم (Cd)، مس (Cu)و کروم (Cr) می‌تواند کیفیت دارویی و ایمنی این گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات نشان می‌دهند که تجمع فلزات سنگین در گیاهان دارویی، علاوه بر اثرات سمی بر سلامت انسان، می‌تواند تولید متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات زیست‌فعال گیاه را کاهش دهد. شدت آلودگی به منطقه جمع‌آوری، وضعیت محیطی و روش‌های کشت وابسته است. روش‌هایی مانند کشت هیدروپونیک می‌توانند سطح جذب فلزات سنگین را کاهش دهند و کیفیت محصول را بهبود بخشند. بنابراین، پایش منظم فلزات سنگین و انتخاب مناطق کم‌آلوده برای برداشت، از اهمیت ویژه‌ای در حفظ ایمنی و خواص درمانی گیاهان دارویی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خطر، پایش محیط زیست، تجمع زیستی، سلامت انسان

۱. مقدمه

گیاهان دارویی به دلیل داشتن طیف گسترده‌ای از ترکیبات زیست‌فعال، نقش مهمی در ارتقای سلامت انسان و ترویج شیوه‌های مراقبت بهداشتی پایدار ایفا می‌کنند. این منابع گیاهی که ریشه در سنت و خرد دیرینه دارند، رویکردی طبیعت‌محور و جامع برای بهبود کیفیت زندگی انسان ارائه می‌دهند. ترکیبات زیست‌فعال موجود در گیاهان دارویی، از جمله اسانس‌ها، آلکالوئیدها و فلاونوئیدها، ویژگی‌های درمانی و کاربردی منحصر به فردی برای این گیاهان ایجاد می‌کنند (Halberstein, 2005).

زمینه‌ی علمی که به بررسی سمیت فلزات سنگین در گیاهان می‌پردازد، پژوهش‌های فیتوتراپی (*Phytotherapy research*) نام دارد. فیتوتراپی شامل استفاده از گیاهان و عصاره‌های آن‌ها برای اهداف درمانی است و به‌عنوان جایگزینی طبیعی برای پزشکی سنتی در حال محبوبیت یافتن است. با این حال، آلودگی احتمالی گیاهان دارویی با فلزات سنگین سمی، می‌تواند اثرات منفی بر سلامت انسان داشته باشد، بنابراین توجه به این موضوع بسیار حائز اهمیت است (Alinia-Ahandani *et al*., 2022).

جامعه علمی از واژه‌های مختلفی برای توصیف فلزات سنگین استفاده می‌کند، از جمله فلزات سمی Toxic metals،مواد سمی Toxic materialsو فلزات سنگین Heavy metalsاین اصطلاحات معمولاً به عناصری مانند سرب (Pb)جیوه (Hg)، آرسنیک(As)، کادمیوم(Cd)، آهن (Fe)و مس (Cu)اشاره دارند (Alinia-Ahandani *et al.,* 2019). این عناصر معمولاً دارای عدد

[۱] نویسنده مسئول:**danaadibpour0@gmail.com**

اتمی بالاتر از ۲۰ هستند و گاهی به‌عنوان فلزاتی با چگالی بیش از ۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب شناخته می‌شوند. بیشتر فلزات سنگین در دسته‌ی فلزات سمی قرار می‌گیرند و معیار طبقه‌بندی آن‌ها معمولاً غلظتی بین ۱ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در خاک است. این فلزات توانایی تجمع در خاک و آب را دارند و با نفوذ و انباشت در بخش‌های مختلف گیاهان و جانوران، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم وارد زنجیره غذایی انسان می‌شوند (Hajipour *et al.*, 2022).

وجود فلزات سنگین می‌تواند به‌شدت بر خاک و موجودات زنده در آن تأثیر بگذارد. خاک‌های آلوده به فلزات سنگین معمولاً زیستگاه‌هایی بسیار نامناسب برای موجودات خاک‌زی به شمار می‌روند، به‌ویژه زمانی که غلظت بالای فلزات سنگین با کمبود مواد مغذی همراه باشد (Xu *et al*., 2022). بسته به نوع عنصر، فلزات سنگین می‌توانند نیروی انتخابی شدیدی بر جوامع میکروبی خاک اعمال کنند (Liu et al., 2018) شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد فلزات سنگین تأثیر منفی بر فعالیت آنزیم‌های خاکی از جمله اوره‌آز، کاتالاز و آنزیم‌های لیپولیتیک دارند که در نتیجه آن، فرآیندهای کانی‌سازی (mineralization)دچار اختلال می‌شوند فلزات سنگین می‌توانند سرعت کانی‌سازی کربن آلی خاک را کاهش دهند، که در نتیجه آن مقدار مواد آلی خاک در لایه سطحی (topsoil)افزایش می‌یابد. از آن‌جا که مواد آلی خاک نقش بنیادی در شکل‌گیری خاک و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن دارند (از جمله بافت خاک، ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری آب حضور فلزات سنگین نه‌تنها ترکیب عنصری خاک را تغییر می‌دهد، بلکه عملکرد اکوسیستم را نیز به‌شدت دگرگون می‌کند(Zhang & Wang.,۲۰۲۰).

فلزات سنگین عمدتاً از طریق انتقال‌دهنده‌های مختلف موجود در غشای پلاسمایی ریشه توسط گیاهان جذب می‌شوند و ورود آن‌ها به سلول‌های ریشه را تسهیل می‌کنند. انتقال‌دهنده‌های یون فلزی نقش حیاتی در سرعت و انتخاب‌پذیری جذب فلزات سنگین دارند و در نهایت بر تجمع آن‌ها در بافت‌ها و اندام‌های مختلف گیاه تأثیر می‌گذارند. ریشه‌ها به‌ویژه نسبت به کاهش رشد طولی حساس هستند، موضوعی که به‌طور مستقیم بر جذب مواد مغذی و آب تأثیر می‌گذارد. برای مثال، حضور کادمیوم (Cd)باعث کاهش طول ریشه می‌شود، زیرا Cd به ساختار پروتئین‌ها آسیب وارد می‌کند(Arif et al., 2016). همچنین، سطوح بالای مولیبدن (Mo) نشان داده‌اند که طول ریشه و هیپوکوتیل (بخشی از گیاه جنینی) را در نهال‌ها کاهش می‌دهند و ممکن است بر اندازه لپه‌ها (برگ‌های دانه) نیز تأثیر بگذارند (Kumchai *et al*., 2013).

پس از ورود به سلول گیاه، فلزات سنگین اثرات مخرب درون‌سلولی را آغاز می‌کنند و با اتصال به بیومولکول‌ها، هموستازی سلولی را مختل و عملکرد آن‌ها را بازدارند. این فلزات تمایل دارند یون‌های ضروری در کوفاکتورهای آنزیمی را جایگزین کنند که منجر به مهار آنزیم‌ها و اختلالات متابولیکی می‌شود. علاوه بر این، فلزات سنگین با واکنش‌هایی مشابه واکنش فنتون، تولید گونه‌های فعال اکسیژن را تحریک می‌کنند، که موجب استرس اکسیداتیو و آسیب به بخش‌های مهم سلول مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و DNA می‌گردد. در نوک ریشه و سلول‌های قشری، اختلالاتی مانند بی‌نظمی و دناتوره شدن غشای هسته در اثر مواجهه با فلزات سنگین مشاهده شده است (Rout & Das., 2009)علاوه بر این، قرارگیری در معرض Cd با اختلال در تثبیت نیتروژن در گیاهان گره‌دار مرتبط است(Balestrasse *et al*., 2003).

مصرف داروهای گیاهی خام از گیاهان دارویی که در محیط‌های آلوده رشد کرده‌اند، می‌تواند عواقب جدی برای سلامت انسان داشته باشد. سطوح بالای این عناصر سرطان‌زا هستند و بر سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارند (Hg، Pb و As)، باعث آسیب به کلیه و اختلال عملکرد کبد می‌شوند (Hg، Pb، Cd و Cu)، برای پوست، استخوان‌ها و دندان‌ها سمی هستند (Ni، Cd، Cu و Cr)و اثرات منفی بر حافظه و سیستم تولیدمثلی دارند .برای دستیابی به فواید درمانی مطلوب، کیفیت این

محصولات گیاهی باید از نظر آلودگی فلزی تضمین شود. بنابراین، نیاز فوری به ارزیابی سریع این فلزات سنگین در گیاهان دارویی برای کنترل سطح آلاینده‌ها وجود دارد(Hussain *et al.*, 2011).

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که غلظت فلزات سنگین در گیاهان دارویی بسته به منطقه‌ی جمع‌آوری و شرایط محیطی متفاوت است. برای مثال، در هند، میزان فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیوم، مس و روی در داروهای گیاهی مانند درمنه برگ‌ریز (*Artemesia parviflora*)، زردچوبه معطر (*Curcuma amada*)و فرفیون خزنده (*Euphorbia prostrata*)در بسیاری از نمونه‌ها بالاتر از حدود مجاز سازمان جهانی بهداشت گزارش شد (Alinia-Ahandani *et al*., 2022). همچنین بررسی گونه‌های مختلف بربریس *Berberis*در ۱۰ منطقه مختلف هند نشان داد که نمونه‌های موجود در بازار، آلودگی فلزات سنگین بیشتری نسبت به نمونه‌های اصیل دارند (Barthwal & Kakkar, 2008).

در نمونه‌های دیگری، گیاهانی مانند ریحان (*Ocimum sanctum*)، آشواگاندا (*Withania somnifera*)، چوب نیم (*Azadirachta indica*)،سنجد هندی (*Cassia fistula*)و آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis*)نشان دادند که سطح Cu، Cr، Cd و Pb به‌طور قابل توجهی بالاتر از نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از خاک‌های سالم است (Bhatt, Singh, & Sharma, 2010).بررسی گونه‌های گیاه دارویی در صربستان شامل هزاربرگ (*Achillea millefolium*)، گل راعی (*Hypericum perforatum*)، زبان‌بز (*Plantago lanceolata*)و گزنه (*Urtica dioica*)نیز نشان داد که غلظت Cd، Pb و Zn رابطه‌ی مستقیم با سطح فلزات خاک داشته و نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از مناطق صنعتی به‌طور قابل توجهی آلوده بودند (Kandić, Petrović, & Stojanović, 2023).

مطالعات همچنین نشان داده‌اند که روش‌های کشت می‌توانند بر میزان جذب فلزات سنگین تأثیرگذار باشند. برای مثال، کشت هیدروپونیک در مقایسه با کشت خاک باز، می‌تواند سطح Pb و Cd را در گیاهان دارویی کاهش دهد (Mulyukin, Ivanov, & Petrova, 2024).

تجمع فلزات سنگین علاوه بر اثرات سمی، می‌تواند تولید متابولیت‌های ثانویه و خواص دارویی گیاهان را کاهش دهد، زیرا استرس ناشی از فلزات سنگین می‌تواند تولید فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها را کاهش دهد (Li, Zhou, & Chen, 2021).

این یافته‌ها نشان می‌دهند که در تهیه گیاهان دارویی، «منطقه‌ی جمع‌آوری» و «وضعیت آلودگی خاک» نقش حیاتی دارند و کیفیت و ایمنی محصول نهایی می‌تواند به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار گیرد. بنابراین، توصیه می‌شود که گیاهان دارویی تنها از زمین‌های با آلودگی کم برداشت شوند و پایش دقیق فلزات سنگین در مواد خام انجام گیرد

نتیجه گیری

بررسی مطالعات مختلف نشان می‌دهد که فلزات سنگین به‌عنوان آلاینده‌های محیطی می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر کیفیت و ایمنی گیاهان دارویی داشته باشند. تجمع فلزات سنگین مانند سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)و کروم (Cr) در گیاهان دارویی، علاوه بر اثرات سمی بالقوه بر سلامت انسان، می‌تواند تولید متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات زیست‌فعال گیاه را کاهش دهد و در نتیجه خواص درمانی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Li, Zhou, & Chen, 2021; Hajipour *et al*., 2022).

مطالعات میدانی در کشورهای مختلف، از جمله هند و صربستان، نشان داده‌اند که نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از مناطق صنعتی یا خاک‌های آلوده، به‌طور قابل توجهی غلظت بالاتری از فلزات سنگین نسبت به نمونه‌های مناطق سالم دارند (Alinia-Ahandani *et al*., 2022; Kandić, Petrović, & Stojanović, 2023).علاوه بر این، روش‌های کشت مانند کشت هیدروپونیک

می‌توانند سطح جذب فلزات سنگین را کاهش دهند و به بهبود ایمنی گیاهان کمک کنند (Mulyukin, Ivanov, & Petrova, 2024).

با توجه به اهمیت کیفیت و ایمنی گیاهان دارویی، توصیه می‌شود که تولیدکنندگان و سازمان‌های نظارتی به موارد زیر توجه ویژه داشته باشند: انتخاب مناطق کم‌آلوده برای برداشت گیاهان، پایش منظم سطح فلزات سنگین در مواد خام، و استفاده از روش‌های کشت کنترل‌شده که ریسک تجمع فلزات را کاهش دهند. رعایت این موارد می‌تواند به حفظ خواص درمانی گیاهان دارویی و کاهش خطرات سلامتی برای مصرف‌کنندگان کمک کند.

۳منابع.

Alinia-Ahandani, E., Alizadeh-Terepoei, Z., & Boghozian, A. (2019). Positive role of green tea as an anti-cancer biomedical source in northern Iran. *American Journal of Biomedical Science & Research*, *5*(1), 15–18. https://doi.org/10.34297/AJBSR.2019.05.000736

Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability (3rd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7

Arif, N., Yadav, V., Singh, S., Singh, S., Ahmad, P., Mishra, R. K., Sharma, S., Tripathi, D. K., Dubey, N. K., & Chauhan, D. K. (2016). Influence of high and low levels of plant-beneficial heavy metal ions on plant growth and development. *Frontiers in Environmental Science*, *4*, 69. https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00069

Alinia-Ahandani, E., Rafeie, F., Alizadeh-Tarpoei, Z., Hajipour, S., Selamoglu, Z., & Heidari-Bazardeh, S. (2022). An attitude towards the effects of heavy metals in medicinal plants. *Bioengineering Studies*, *3*(2), 1–72.

Barthwal, J., Nair, S., & Kakkar, P. (2008). Heavy metal accumulation in medicinal plants collected from environmentally different sites. *Biomedical and Environmental Sciences*, *21*, 319–324.

Balestrasse, K. B., Benavides, M. P., Gallego, S. M., & Tomaro, M. L. (2003). Effect of cadmium stress on nitrogen metabolism in nodules and roots of soybean plants. *Functional Plant Biology*, *30*(1), 57–64. https://doi.org/10.1071/FP02179

Bhatt, R., Singh, R., & Sharma, R. (2012). Investigation of heavy metals in frequently utilized medicinal plants from North-West India. *SpringerPlus*, *2*(1), 676. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3877414/

Hajipour, S., Mohammadi Deylamani, M., Momen Zadeh, M., & Afshar Mohammadian, M. (2022). Purification of some industrial wastewater contaminants entering the Caspian Sea basin using Vetiver plant. *Environmental Sciences*, *20*(3), 191–210.

Halberstein, R. A. (2005). Medicinal plants: Historical and cross-cultural usage patterns. *Annals of Epidemiology*, *15*(9), 686–699. https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2005.03.002

Hussain, I., Ullah, R., Khurram, M., Ullah, N., Baseer, A., Khan, F. A., Khan, N., Khattak, M. R., Zahoor, M., & Khan, J. (2011). Heavy metals and inorganic constituents in medicinal plants of selected districts of Khyber Pakhtoonkhwa, Pakistan. *African Journal of Biotechnology*, *10*(42), 8517–8522. https://doi.org/10.5897/AJB10.2004

Kandić, I., Kragović, M., Petrović, J., Janaćković, P., Gavrilović, M., Momčilović, M., & Stojmenović, M. (2023). Heavy Metals Content in Selected Medicinal Plants Produced and Consumed in Serbia and Their Daily Intake in Herbal Infusions. *Toxics*, *11*(2), 198. https://doi.org/10.3390/toxics11020198

Kumchai, J., Huang, J., Lee, C., Chen, F., & Chin, S. (2013). Proline partially overcomes excess molybdenum toxicity in cabbage seedlings grown in vitro. *Genetics and Molecular Research*, *12*(4), 5589–5601. https://doi.org/10.4238/2013.December.3.15

Luo, L., Wang, B., Jiang, J., Fitzgerald, M., Huang, Q., Yu, Z., Li, H., Zhang, J., Wei, J., Yang, C., Zhang, H., Dong, L., & Chen, S. (2021). Heavy Metal Contaminations in Herbal Medicines: Determination, Comprehensive Risk Assessments, and Solutions. *Frontiers in pharmacology*, *11*, 595335. https://doi.org/10.3389/fphar.2020.595335

Liu, Y. R., Delgado-Baquerizo, M., Bi, L., Zhu, J., & He, J. Z. (2018). Consistent responses of soil microbial taxonomic and functional attributes to mercury pollution across China. *Microbiome*, *6*, 183. https://doi.org/10.1186/s40168-018-0571-3

Mulyukin, M. A., Ivanov, S. V., & Petrova, T. N. (2024). Heavy metal content in medicinal plants grown in Western Siberia, Russia: Comparison of open-field and hydroponic cultivation. *Forests*, *15*(9), 1606. https://www.mdpi.com/1999-4907/15/9/1606

Rout, G. R., & Das, P. (2009). Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: *I. Zinc. Agronomie*, *32*(10), 873–884. https://doi.org/10.1051/agro/2009036

Xu, R., Zhang, M., Lin, H., Gao, P., Yang, Z., Wang, D., Sun, X., Li, B., Wang, Q., & Sun, W. (2022). Response of soil protozoa to acid mine drainage in a contaminated terrace. *Journal of Hazardous Materials*, *421*, 126790. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126790

Zhang, Q., & Wang, C. (2020). Natural and human factors affect the distribution of soil heavy metal pollution: A review. *Water, Air, & Soil Pollution*, *231*, 350. https://doi.org/10.1007/s11270-020-04762-0

Impact of Soil Contamination and Heavy Metals on the Quality and Safety of Medicinal Plants

Dana Adibpour[1*], Farhad Azarmi Atagan[2]

1- Associate Professor, Department of Plant Productions, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand

* Corresponding author email:danaadibpour0@gmail.com

Abstract

Medicinal plants, due to their diverse bioactive compounds, play a crucial role in promoting human health and developing sustainable healthcare practices. However, soil contamination with heavy metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), and chromium (Cr) can affect the quality and safety of these plants. Studies have shown that the accumulation of heavy metals in medicinal plants not only poses toxic risks to human health but also reduces the production of secondary metabolites and bioactive compounds. The level of contamination depends on the collection area, environmental conditions, and cultivation methods. Techniques such as hydroponic cultivation can reduce heavy metal uptake and improve product quality. Therefore, regular monitoring of heavy metals and harvesting plants from low-contamination areas are crucial for maintaining the safety and therapeutic properties of medicinal plants.

Keywords: Bioaccumulation, Environmental monitoring, Human health, Risk assessment

فضای سبز و کاربرد گیاهان دارویی در باغ های شفا بخش

فاطمه مالکی دوحصاران

۱- دانشجو، گروه مهندسی فضای سبز دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

در دنیای امروز، با افزایش استرس‌های روزمره و چالش‌های زندگی شهری، نیاز به باغ های شفا بخش و درمانی بیش از پیش احساس می‌شود. این باغ‌ها نه تنها به عنوان فضاهای سبز برای تفریح و استراحت عمل می‌کنند، بلکه با استفاده از گیاهان دارویی، می‌توانند به بهبود سلامت جسمی و روحی انسان‌ها کمک کنند. این پژوهش به بررسی نقش فضاهای سبز و به‌ویژه گیاهان دارویی در طراحی و کارکرد باغ‌های شفابخش می‌پردازد. هدف اصلی آن تبیین چگونگی بهره‌گیری از طبیعت و عناصر گیاهی در ارتقای سلامت جسمی، روانی و روحی انسان از طریق طراحی آگاهانه مناظر درمانی است. روش تحقیق از جمله بررسی مطالعات موجود و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از محیط‌های داخلی مختلف است. دستاورد نهایی این مقاله، ارائه چارچوبی جامع برای طراحی باغ‌های شفابخش با محوریت گیاهان دارویی است که در ضمن ارتقای کیفیت زیست‌محیطی، در بهبود سلامت جسم و ذهن کاربران نقشی موثر ایفا می‌کند.

واژه های کلیدی: طراحی منظر درمانی، تعامل انسان و طبیعت، فیزیولوژی گیاهان، تنوع زیستی

۱. مقدمه

از دهه ۱۹۷۰ میلادی در کشورهای غربی، علایق تحقیقاتی زیادی در مورد اثرات درمانی طبیعت وجود داشته است. در نتیجه مطالعات گسترده‌ای پیرامون اثرات درمانی طبیعت و فضاهای سبز بر سلامت جسمی و روانی انسان آغاز شد. . شواهد تحقیقاتی توضیح داده‌اند که چگونه و چرا طبیعت و مناظر طبیعی، فشار روانی و استرس افراد را کاهش می‌دهند و خلق و خوی آنها را از دیدگاه‌های مختلف، از جمله جغرافیای پزشکی (Gesler, 2003)، روانشناسی محیطی (Kaplan and Kaplan, 1989; Kaplan, 1992; Ulrich,1984, 1999)، روانشناسی اکولوژیکی (Vries, 2010; Moore and Cosco, 2010)، و باغبانی درمانی (Detweiler,et al., 2012; Söderback et al., 2004) تغییر می دهند. یافته‌های این پژوهش‌ها نشان میدهد که مشاهده مناظر طبیعی و تعامل با محیط‌های سرسبز می‌تواند اضطراب و فشار روانی را کاهش دهد و به تقویت حس بهزیستی کمک نماید.

با توجه به توضیح اثرات شفابخش طبیعت، بخش قابل توجهی از تحقیقات از جغرافیای فرهنگی سرچشمه می‌گیرد که باعث گسترش مکتب جغرافیای پزشکی شده است. مفهوم «منظر درمانی» اولین بار توسط جغرافیدانان پزشکی برای تعریف مکان‌هایی با ویژگی‌های طبیعی یا تاریخی برای حفظ سلامت و رفاه معرفی شد (Velarde et al., 2007). اصطلاح «منظر درمانی» به طور سنتی برای توصیف مناظری با «شهرت پایدار برای دستیابی به شفای جسمی، روانی و معنوی» استفاده شده است (Gesler, 2003; Velarde et al., 2007)،). این اصطلاح همچنین با حس مکان مرتبط بوده و منجر به چهار بُعد از منظر درمانی شامل: محیط طبیعی، محیط ساخته شده، محیط نمادین و محیط اجتماعی شده است (Gesler, 2003). در شرق، به‌ویژه در چین، این رویکرد با فلسفه‌های سنتی و پزشکی چینی تلفیق شد و مفهوم باغ‌های شفابخش (Healing

Gardens) به‌عنوان فضاهایی با نقش ترمیمی و مراقبتی توسعه یافت (Jiang, 2009). در شرق، به‌ویژه در چین، به "منظر شفابخش" به عنوان "فضاهای سبز در مراکز بهداشتی-درمانی" تعریف شده است (Jiang, 2009) ، "منظر شفابخش" به عنوان منظری تعریف شده است که تاثیرات درمانی بر سلامت فیزیکی و روانی دارد (Wang and Li, 2012) این رویکرد با فلسفه‌های سنتی و پزشکی چینی تلفیق شده است و مفهوم باغ‌های شفابخش به‌عنوان فضاهایی با نقش ترمیمی و مراقبتی توسعه یافته است. به همین جهت، گیاهان دارویی و معطر از جمله با ویژگی‌های حسی، زیبایی‌شناختی و دارویی خود، جایگاه ویژه‌ای در طراحی این باغ های شفابخش پیدا کرده اند (Arslan et al., 2018). کاربرد گیاهان دارویی در این باغ ها علاوه بر نقش تزئینی، از طریق تحریک حواس پنج‌گانه (بو، رنگ، لمس، طعم و بینایی) تجربه‌ای چندحسی ایجاد می‌کنند که موجب آرامش، بازسازی ذهنی و درمان طبیعی می‌شود.

۲. تعریف باغ شفابخش

با پیشرفت علم، اصطلاح «باغ شفابخش» به طور گسترده شناخته شده است و به فضاهای سبز بیرونی در مراکز درمانی اشاره دارد که فرصتی برای کاهش استرس بیماران، کارکنان و خانواده‌ها فراهم می‌کند (Eckerling, 1996; Gharipour and Zimring, 2005; Lau and Yang, 2009; Stigsdotter and Grahn, 2002).

باغ شفابخش فضایی سبز و طراحی‌شده است که با هدف فراهم کردن آرامش، کاهش استرس و بهبود سلامت جسمانی، روانی و عاطفی کاربران ساخته می‌شود.جایگاه این باغ‌ها معمولاً در مراکز درمانی، بیمارستان‌ها، خانه‌های سالمندان، و گاه در پارک‌های عمومی نیز احداث می‌شوند و با فراهم‌کردن محیطی برای تأمل، تعامل اجتماعی و ارتباط با طبیعت، نقش مکمل در فرآیند درمان دارند. با توجه به تعریف (Eckerling, 1996)، این باغ‌ها که یک نوع محیط درمانی هستند به گونه‌ای طراحی شده‌اند که به بیماران و مراجعه‌کنندگان کمک می کنند تا احساس بهتری داشته باشند.

باغ‌های شفابخش به دو دسته اصلی طبقه‌بندی شده اند که هر کدام به نوعی به بهبود کیفیت زندگی و سلامت روانی افراد کمک می‌کنند (Lei et al., 2011).

نوع باغ	توضیحات	اهداف و تاثیرات
باغ‌های طراحی‌شده در مراکز بهداشتی-درمانی پارک‌های عمومی	فضاهای سبز ایجادشده به منظور تسهیل فرآیند بهبودی بیماران فضاهایی برای افرادی که از "افسردگی و سبک زندگی" رنج می‌برند.	کاهش استرس و اضطراب و بهبود سریع‌تر و مؤثرتر فرایند درمان ایجاد ارتباط با طبیعت فعالیت‌های اجتماعی و جسمی کاهش علائم افسردگی و افزایش احساس رضایت از زندگی

۳. پژوهش های نظری و اصطلاحات مناظر درمانی

با توجه به اثرات شفابخش طبیعت، بخش قابل توجهی از تحقیقات از جغرافیای فرهنگی سرچشمه می‌گیرد که منجر به توسعه مکتب جغرافیای پزشکی شده است. مفهوم «منظر درمانی» اولین بار توسط جغرافیدانان پزشکی برای تعریف مکان‌هایی با ویژگی‌های طبیعی یا تاریخی برای حفظ سلامت و رفاه معرفی شد این مفهوم، نه صرفاً به یک مکان فیزیکی، بلکه به یک «سازه ای اجتماعی-طبیعی» مرتبط می شود که واجد کیفیات و مؤلفه های مشخص طبیعی، زیبایی شناختی، تاریخی و حتی معنوی است (Velarde et al., 2007). اصطلاح «منظر درمانی» به طور سنتی برای توصیف مناظری با «شهرت پایدار

برای دستیابی به شفای جسمی، روانی و معنوی» استفاده شده است (Gesler, 2003; Velarde et al., 2007). اصطلاح منظر درمانی با حس مکان مرتبط بوده و به چهار بُعد از منظر درمانی اشاره دارد: محیط طبیعی، محیط ساخته شده، محیط نمادین و محیط اجتماعی (Gesler, 2003)، دو جریان نظری که از روانشناسی محیطی منشعب شده‌اند، اثرات درمانی طبیعت را با بحث‌هایی که در ادامه می‌آید، توضیح داده‌اند.

۴. نظریه روانشناسی محیطی

نظریه ای مطرح شده است که پژوهشی را در مورد محیط‌های ترمیمی آغاز کرده است، به توصیف انواع محیط‌هایی می‌پردازد که به افراد در بهبودی از خستگی ذهنی کمک می‌کنند (Kaplan, 1992; Vincent 2009)، بر اساس این نظریه، افراد اطلاعات محیطی را از طریق دو نوع توجه پردازش می‌کنند: توجه هدایت‌شده و توجه غیرارادی که هرکدام از آنها وظایف و اهمیت ویژه ای دارند. توجه هدایت‌شده در وظایفی مانند حل مسئله به کار می‌رود و خستگی ناشی از آن نوعی علامت موقتی مغز است که باعث می‌شود افراد احساس حواس‌پرتی، بی‌طاقتی، فراموشکاری یا زودرنجی کنند و در نتیجه منجر به کاهش کارایی شغلی می شود. بهبودی توجه هدایت‌شده در محیط‌های ترمیمی که سیستم جذابیت در آن‌ها به کار می‌رود، به بهترین وجه تقویت می‌شود. علاوه بر این، طبیعت به عنوان یک محیط ترمیمی چهار ویژگی را شامل می‌شود: دوری از زندگی روزمره، وسعت، جذابیت و سازگاری؛ بنابراین، طبیعت در بهبودی خستگی ذهنی عملکرد خوبی دارد و نقش موثری را ایفا میکند (Kaplan and Berman 2010).

۵. اثرات درمانی طبیعت و باغ درمانی

در محیط‌های درمانی، گیاهان دارویی و معطر جایگاهی ویژه دارند؛ زیرا تلفیق رنگ، فرم، رایحه و خواص درمانی آن‌ها نه تنها موجب غنای حسی و زیباشناختی فضا می‌شود، بلکه اثرات قابل‌توجهی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بدن از جمله ضربان قلب، فشار خون و الگوهای تنفسی دارد (Arslan et al., 2018; Lewis, 1996).

در همین راستا، مفهوم باغ‌درمانی شکل گرفت؛ رویکردی که بر تعامل مستقیم انسان با گیاهان به‌عنوان فعالیتی درمانی و بازسازی‌کننده تمرکز دارد. باغ‌درمانی بر این پایه باور استوار است که تعامل و ارتباط با گیاهان، احساس معنا، مشارکت، و خودارزشمندی را در افراد تقویت می‌کند و از طریق فعالیت‌های باغبانی، اضطراب، افسردگی و احساس انزوا را کاهش می‌دهد (Stigsdotter and Grahn, 2002; Detweiler et al., 2012).

در مجموع، پژوهش‌های انجام شده بر این باورند که طبیعت و باغ‌درمانی نه تنها عامل مکمل درمان‌های پزشکی هستند، بلکه به‌عنوان درمان‌های غیردارویی مؤثر شناخته می‌شوند که از طریق مکانیزم‌های روانی و زیستی، به بازسازی ذهن و بدن انسان کمک می‌کنند.

۶. اهمیت گیاهان دارویی

گیاهان دارویی مواد خام محصولات پزشکی سنتی چین هستند، و ارزش دارویی جایگزین‌ناپذیری دارند. " تعریف گیاه‌شناسی دارویی"، بیشتر گیاهان در طبیعت، اگر کل گیاهان یا بخش‌های آن‌ها یا محصولات فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی آن‌ها حاوی مواد ویژه برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها باشند، می‌توانند گیاهان دارویی نامیده شوند (Fan et al., 2013)، برای مثال، ریشه‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها، برگ‌ها و میوه‌های آن‌ها حاوی فنل‌های ضدالتهاب و ضدعفونی‌کننده، فلاونوئیدهای آنتی‌اکسیدان، آنتراکینون برای درمان یبوست، مواد تلخ برای کمک به هضم، و روغن‌های فرار، تانن‌ها، کومارین‌ها و آنتوسیانین‌ها با اثرات دارویی مختلف هستند، که می‌توانند در پیشگیری و درمان بیماری‌ها نقش ایفا کنند (Luo 2009).

برای مثال، تانشینون، یک جزء از سالویا میلتوریزا، می‌تواند گردش خون را تقویت کند، خون‌ایستادگی را برطرف کند و حرارت و مواد سمی را پاک کند؛ کوئرستین در رز چینی می‌تواند ویروس آنفلوانزا را مهار کند و آنتوسیانین می‌تواند در برابر اکسیداسیون مقاومت کند. کلشیسین، یک جزء از گیاه سوسن، می‌تواند نقرس را نیز درمان کند (Fan et al., 2013).

۷. گیاهان دارویی و منظر

گونه‌های زیادی از گیاهان دارویی با ارزش زیبایی‌شناختی بصری وجود دارند، که رنگارنگ یا خوش‌منظره هستند، و ریشه‌ها، ساقه‌ها، جوانه‌ها، برگ‌ها، گل‌ها، میوه‌ها، شاخه‌ها و ساقه‌های آن‌ها زینتی هستند، که می‌توانند برای لذت بردن مردم از ارزیابی و انتقال زیبایی هنری استفاده شوند و ارزش منظر دارند و به این اهداف در منظر درمانی کاربردی هستند. گیاهان دارویی در منظر می‌توانند شامل گیاهان چوبی (درختان سوزنی‌برگ و درختچه‌ها، درختان پهن‌برگ و درختچه‌ها، و تاک‌های پهن‌برگ)، لیاناها (گیاهان رونده)، گیاهان علفی، گیاهان چمنی و غیره باشند (Kong, 2013).

گیاهان دارویی که دارای میوه‌ها، برگ‌ها، جوانه‌ها و گل‌های زینتی هستند، عموماً در باغ‌ها انتخاب و کاشته می‌شوند عملکردی زینتی در منظر را اجرا میکنند. برای مثال، میوه‌هایی با اشکال ویژه مانند کدو، یا گل‌های منحصر به فردی مانند داتورا، صدتومانی (Paeonia lactiflora) و کاکنج (Platycodon grandiflorum) می‌توانند منظره‌ای پربازدید و جذاب خلق کنند (Zhang, 2000).

۸. مکانیسم‌های درمانی گیاهان دارویی در منظر

بیشتر گیاهان دارویی در طول چرخه رشد خود، به طور طبیعی ترکیبات شیمیایی مؤثری مانند فنول‌های ضدعفونی‌کننده، فلاونوئیدهای آنتی‌اکسیدان و روغن‌های فرار در محیط اطرافشان منتشر می‌کنند. این ترکیبات که دارای خواص پیشگیری و درمانی هستند، از طریق سه مسیر اصلی بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارند:

استنشاق	استنشاق عطر طبیعی گیاهان دارویی موجب تقویت سیستم ایمنی، کاهش استرس و تنظیم فشار خون می‌شود.
کاربرد موضعی	استفاده از پماد یا عصاره گیاهان بر روی پوست برای درمان مشکلاتی مانند التهاب مفصلی یا بیماری‌های پوستی
مصرف خوراکی	تهیه دمنوش یا عصاره از گیاهانی مانند چای کوهی و گل گاوزبان برای تقویت اعضای داخلی بدن

این ویژگی‌ها، گیاهان دارویی را به عناصری زنده و پویا در "منظر درمانی" تبدیل می‌کند.

گیاهان دارویی مانند یاس زرد، انجیر و زالزالک به عنوان نمونه‌های برجسته، همزمان چندین عملکرد درمانی را ارائه می‌دهند. این گیاهان نه تنها با انتشار عطرهای آرامش‌بخش در فضا به کاهش استرس کمک می‌کنند، علاوه بر آن از طریق مصرف خوراکی نیز موجب تقویت سیستم گوارش و ایمنی بدن می‌شوند. برای مثال: یاس زرد با ترکیبات ضد التهابی خود در بهبود مشکلات تنفسی مؤثر است، انجیر با دارا بودن فیبر بالا به تنظیم عملکرد دستگاه گوارش کمک می‌کند، همچنین زالزالک با تقویت سیستم قلبی-عروقی، نقش پیشگیرانه در سلامت قلب ایفا می‌کند. ترکیب این گیاهان در فضای سبز، محیطی پویا ایجاد می‌کند که همزمان هم موجب ارتقای سلامت فیزیکی شده و هم با ایجاد فضایی آرامش‌بخش، به سلامت روانی شهروندان کمک می‌کند (Liu, 2009; Kong, 2013; Luo, 2009).

۹. نتیجه گیری

این پژوهش های جامع بین المللی نشان می‌دهد که ادغام گیاهان دارویی در طراحی منظر شهری، به ویژه در باغ‌های شفابخش، یک رویکرد انقلابی و مؤثر در ارتقای سلامت جامعهٔ شهری است. این رویکرد با بهره‌گیری از ترکیبات فعال فیزیولوژیک گیاهان دارویی، تأثیرات مثبت چندوجهی بر سلامت انسان از جمله کاهش استرس و تقویت سیستم ایمنی را به ارمغان می‌آورد. همچنین، تلفیق و ترکیب دانش سنتی و مدرن در طراحی محیط‌های شفابخش، به ایجاد فضایی جامع‌نگر کمک می‌کند که می‌تواند بار اقتصادی سیستم‌های بهداشتی را کاهش دهد. با توجه به روند رو به رشد شهرنشینی و چالش‌های ایجاد شده از آن، گسترش مناظر درمانی مبتنی بر گیاهان دارویی به یک ضرورت در برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده است و بازگشت به طبیعت از طریق علم، راهکار پایداری برای مقابله با مشکلات سلامت جامعه مدرن خواهد بود.

۱۰. منابع

Arslan M, Kalaylioglu Z, Ekren E. Use of Medicinal and Aromatic Plants in Therapeutic Gardens. Indian J of Pharmaceutical Education and Research. 2018;51(4S):S151-S154.

Detweiler, M.B., Sharma, T., Detweiler, J.G., Murphy, P.F., Lane, S., Carman, J., Kim, K.Y., 2012. What is the evidence to support the use of therapeutic gardens for the elderly? Psychiatry Invest. 9 (2), 100–110.

Eckerling, M., 1996. Guidelines for designing healing gardens. J. Hortic. Ther. 8, 21–25.

Fan Fanrong, Wang Bangfu, Li Yongwu, etc. Application of medicinal plants in landscape greening [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2013, (9) :212.

Gesler, W.M., 2003. Healing Places. Rowman & Littlefield, Lanham, Maryland, USA.

Gharipour, M., Zimring, C., 2005. Design of gardens in healthcare facilities. In WIT Transactions on Ecology and the Environment, vol. 85. WIT Press, WIX Press, Southampton, UK.

Jiang, Y, 2009. Two examples of western medical gardens. Chinese Landscape Architecture 25 (8) (16–18).

Kaplan, R., Kaplan, S., 1989. The Experience of Nature: A Psycho logical Perspective. CUP Archive, Cambridge University Press, New York.

Kaplan, S., 1992. The restorative environment: nature and human experience, Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development: A National Symposium. Timber Press, Portland, OR, USA.

Kaplan, S., Berman, M.G., 2010. Directed attention as a common resource for executive functioning and self-regulation. Perspect. Psychol. Sci. 5 (1), 43–57.

Kaplan, S., Berman, M.G., 2010. Directed attention as a common resource for executive functioning and self-regulation. Perspect. Psychol. Sci. 5 (1), 43–57.

Kong Yi. Research on the Application of Medicinal Ornamental Plants in Landscaping Configuration, Tianjin University, 2013, Master Thesis.

Lau, S.S., Yang, F., 2009. Introducing healing gardens into a compact university campus: design natural space to create healthy and sustainable campuses. Lands. Res. 34 (1), 55–81.

Lei, Y., Jin, H., Wang, J., 2011. The current status and prospect of healing garden. Chin. Landsc. Archit. 4, 31–36.

Lewis CA. Green Nature/ Human Nature: The Meaning of Plants in Our Lives. University of Illinois Press. 1996.

Liu Hemei. On the research and application of medicinal plants in the field of landscaping [J]. Modern Landscape Architecture, 2009(8):70-72.

Luo Derong. Preliminary study on the planning and design of medicinal plant garden [D]. Chongqing: Southwest University, 2009.

Moore, R.C., Cosco, N.G., 2010. Using behavior mapping to investigate healthy outdoor environments for children and families: conceptual framework, procedures and applications. In: Thompson, C.W., Aspinall, P., Bell, S. (Eds.), Innovative Approaches to Researching Landscape and Health: Open Space: People Space, 2. RoutledgeIn: Thompson, C.W., Aspinall, P., Bell, S. (Eds.), Innovative Approaches to Researching Landscape and Health: Open Space: People Space, 2. Routledge, New York.

Söderback, I., Söderström, M., Schälander, E., 2004. Horticultural therapy: the “healing garden” and gardening in rehabilitation measures at Danderyd hospital rehabilitation clinic, Sweden. Dev. Neurorehabil. 7 (4), 245–260.

Stigsdotter, U., Grahn, P., 2002. What makes a garden a healing garden. J. Ther. Hortic. 13 (2), 60–69.
Velarde, M.D., Fry, G., Tveit, M., 2007. Health effects of viewing landscapes–landscape types in environmental psychology. Urban For. Urban Green. 6 (4), 199–212.
Vincent, E.A., 2009. Therapeutic Benefits of Nature Images on Health (Doctoral dissertation). Clemson University, Routledge, New York.
Vries, S.D., 2010. Nearby nature and human health: looking at mechanisms and their implications. In: Thompson, C.W., Aspi nall, P., Bell, S. (Eds.), Innovative Approaches to Researching Landscape and Health: Open Space: People Space, 2. Routle dgeIn: Thompson, C.W., Aspinall, P., Bell, S. (Eds.), Innovative Approaches to Researching Landscape and Health: Open Space: People Space, 2. Routledge.
Wang, X., Li, J., 2012. Analysis of the healing landscape and its relevant conceptions. J. Beijing Univ. Agric. 27 (2), 71–73.
Zhang Yongqing. Cultivation and Utilization of Medicinal Ornamental Plants [M]. Beijing: Huaxia Publishing House, 2000.

The use of medicinal plants in green space healing gardens

Fateme Maleki Dohesaran

1. Student of Department of Landscape Engineering, Faculty of Geography and Environmental Planning. University of Sistan and Baluchestan

Corresponding author email:fatememaleky9@gmail.com

Abstract:

In today's world, with increasing daily stresses and the challenges of urban life, the need for healing and therapeutic gardens is felt more than ever. These gardens not only function as green spaces for recreation and relaxation but, through the use of medicinal plants, can also help improve people's physical and mental health. This research investigates the role of green spaces, particularly medicinal plants, in the design and function of healing gardens. Its main objective is to explain how to utilize nature and plant elements to enhance human physical, psychological, and spiritual health through the conscious design of therapeutic landscapes. The research method includes a review of existing studies and an analysis of data collected from various domestic environments. The final outcome of this paper is to provide a comprehensive framework for designing healing gardens centered on medicinal plants, which, while enhancing environmental quality, plays an effective role in improving the physical and mental health of users.

Keywords: Therapeutic Landscape Design, Human-Nature Interaction, Plant Physiology, Biodiversity

کاربردهای عملی طب سنتی ایرانی-اسلامی در دوران دفاع مقدس

کیوان ارامش نسب
k.a.r.1377.1377@gmail.com

چکیده

دوران دفاع مقدس عرصه‌ای بود که طب سنتی ایرانی–اسلامی نه به‌عنوان میراثی تاریخی، بلکه به‌مثابه ابزاری زنده و کارآمد برای بقا و درمان جلوه کرد. در شرایط کمبود دارو و تجهیزات، درمانگران با ابتکار به سراغ منابع بومی رفتند: عسل به‌عنوان مرهمی ضدعفونی‌کننده و ترمیم‌کننده، بابونه و کالاندولا برای تسکین و بازسازی زخم‌ها، آویشن به‌عنوان سپر طبیعی در برابر عفونت‌ها، و حتی بلوط که با خواص قابض و ضدالتهابی خود در پانسمان‌های میدانی و تقویت جسمی رزمندگان نقش‌آفرینی کرد. این تدابیر ساده اما مؤثر، همراه با تغذیه‌های مقوی و دمنوش‌های آرام‌بخش، شبکه‌ای از مراقبت جسمی و روانی را در دل بحران شکل دادند. تجربه‌های معنوی همچون بخورات سنتی و ذکرهای اسلامی نیز به تاب‌آوری جمعی جان تازه بخشید. آنچه این پژوهش برجسته می‌کند، نه صرفاً روایت خاطرات، بلکه ضرورت بازخوانی علمی این تجربه‌هاست: مستندسازی دقیق، ارزیابی ایمنی و تدوین پروتکل‌های ترکیبی برای پزشکی بحران. دفاع مقدس نشان داد که طب سنتی، اگر با نگاه علمی و مسئولانه تلفیق شود، می‌تواند به‌عنوان سرمایه‌ای راهبردی در نظام سلامت معاصر و آینده بحران‌ها ایفای نقش کند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه بحران, ترمیم زخم,تاب‌آوری روانی،ضمادهای گیاهی,عسل درمانی,

مقدمه:

طب سنتی ایرانی-اسلامی، که ریشه در اندیشه و تجربه هزاران سال تمدن این سرزمین دارد، همواره در مواجهه با بحران‌ها و رویدادهای تاریخی، نقشی تعیین‌کننده ایفا کرده است. در دوران هشت سال دفاع مقدس (۱۳۵۹-۱۳۶۷)، شرایط دشوار میدانی، کمبود شدید امکانات پزشکی مدرن و استیصال لجستیکی، درمانگران را به بهره‌گیری از آموزه‌های طب سنتی سوق داد. در آن سال‌ها، جبهه‌ها نه‌تنها جایگاه مقاومت و ایمان، بلکه بستری برای احیاء، تقویت و آزمون عملی طب سنتی بودند؛ طب سنتی بصورت سیستماتیک، نه تنها در پشت خطوط، که حتی در خطوط مقدم با تلفیق طب‌الحکمه، طب ایرانی، آموزه‌های اسلامی و شناخت بومی گیاهان دارویی به‌کار گرفته شد۱. ابتکارات درمانی مجاهدانه در جبهه‌ها، بر مبنای روش‌های طبیعی، ارزان، در دسترس و کم‌عوارض انجام می‌گرفت؛ ضمن‌آنکه باورهای دینی و ایمان نیز در کارآمدی این رویکردها نقش مهمی ایفا کردند۲.

مطالعات تاریخی و تجربی، پیوستگی دانش بومی با علوم غذایی، گیاهان دارویی و تدابیر آرام‌بخشی را به خوبی نشان می‌دهد: از درمان زخم و سوختگی تا تقویت قوا و آرام‌سازی روان رزمندگان. ذیل این گزارش، کاربردهای مستند و روایت‌های عینی از بهره‌برداری عملی طب سنتی ایرانی-اسلامی در درمان میدانی و پشتیبانی سلامت جسم و روان رزمندگان دفاع مقدس را به تفصیل مرور می‌کنیم.

پیشینه طب سنتی ایرانی-اسلامی در متن دفاع مقدس

در حاشیه و در متن جنگ تحمیلی، طب سنتی ایرانی-اسلامی نه تنها به عنوان یک مجموعه نظری و تاریخی از آموزه‌های پزشکی کهن ظاهر شد، بلکه به‌عنوان یک امکان عملی و فوری برای پاسخ به نیازهای درمانیِ ناشی از شرایط استثنایی جنگ نقش‌آفرینی کرد. پیش از آغاز جنگ، طب سنتی در ایران ریشه‌های عمیقی داشت: از میراث طبیون اسلامی و پزشکان نامدار مانند بوعلی سینا و رازی تا سنت‌های دارویی محلی و حکایات شفابخشی مردمان روستاها و شهرها. این دانش همواره در بستر فرهنگ جامعه حضور داشت، اما معمولاً در ساختار رسمیِ خدمات سلامت جایگاهی فرعی داشت؛ جنگ اما این معادلات را تغییر داد و ضرورت‌های عملی باعث شد عناصر قابل دسترس و کم‌هزینه طب سنتی وارد چرخه مراقبت‌های میدانی گردند.

نیازهای فوریِ جبهه‌ها و پایگاه‌های امدادی چند ویژگی مشخص داشت: کمبود تجهیزات و داروهای مدرن، دشواری انتقال مصدومان در خطوط درگیر، فشار زیاد بر مراکز درمانی شهری و ضرورت ارائه خدمات اولیه در مناطق محروم یا محاصره‌شده. در چنین وضعیتی، دسترسی به گیاهان محلی، روش‌های سنتیِ ضدعفونی و تسکینی، و مهارت‌های بومی در درمانِ زخم و سوختگی به‌سرعتِ عمل مورد توجه قرار گرفت. نظام پزشکیِ ارتش، سپاه و داوطلبان مردمی در مقاطع گوناگون از همکاری با داروسازان و حکیمان محلی بهره گرفتند تا از منابع محدود، بیشترین کارآمدی درمانی را استخراج کنند.

در عمل، چند حوزه کاربردیِ طب سنتی به چشم می‌خورد. نخست، درمان زخم‌های سطحی، التهابات پوستی و مراقبت از بخیه‌ها با استفاده از داروهای موضعی گیاهی و ضمادهای محلی انجام شد؛ موادی مانند عسل، روغن‌های گیاهی، ضمادهای گیاهی ضدالتهاب و برخی عصاره‌های معمول منطقه به‌عنوان تسکین‌دهنده یا کمک به بهبود مورد استفاده قرار گرفتند. دوم، مدیریت درد و تب با بهره‌مندی از ترکیبات گیاهی و روش‌های غیر دارویی نظیر فشاردستگاه‌ها یا کمپرس‌های گرم و سرد رواج یافت که در مواقع کمبود داروهای ضدالتهاب و تب‌بر مفید بود. سوم، مراقبت‌های بهداشتی پیشگیرانه و التیام‌بخشِ آسیب‌های روانیِ موقت، مثل بهره‌گیری از برخی ادویه‌ها و دمنوش‌ها برای آرام‌سازی و خواب‌آورهایی با منشأ گیاهی، در میان امدادگران و رزمندگان به‌عنوان کمک تکمیلی دیده شد. علاوه بر این‌ها، کاربرد روش‌های سنتیِ بستن زخم، پانسمان با مواد محلی و آنتی‌سپتیک‌های طبیعی در مناطقی که باندژهای استاندارد یا محلول‌های ضدعفونی کمیاب بود، مرسوم گردید.

همکاری میان کادر پزشکی رسمی و حاملان دانش سنتی، یک واقعیت پیچیده و متناقض بود؛ از یک سو، پزشکان نظامی و پرستاران آموزش‌دیده تلاش می‌کردند از استانداردهای پزشکی مدرن عدول نکنند و از سوی دیگر، به‌واسطه شرایط بحران و تجربه عملی، گاهی روش‌های سنتی را به کار می‌گرفتند. این ترکیب پراکنده از همگرایی و احتیاط، به تولید یک نوع عملِ تلفیقی موقت منجر شد که ویژگی‌اش سازگاری با محدودیت‌ها بود: استفاده از یک ضماد گیاهی زمانی که آنتی‌بیوتیک موجود نبود، یا بهره‌گیری از کمپرس گرم برای کاهش درد عضلانیِ سربازان تحت استرس. در بسیاری از موارد، تجربه میدانی حکم نهایی را صادر می‌کرد و کارآمدی فوریِ یک روش سنتی، زمینهٔ پذیرش آن را فراهم می‌کرد، حتی اگر بعدها از منظر علمی نیازمند ارزیابی باشد.

نهادها و ساختارهای رسمی نیز به‌نحوی واکنش نشان دادند. برخی بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در پشت جبهه، به‌خصوص در شهرهایی که شاهد تردد مجروحان بودند، به گردآوری تجارب محلی و مستندسازی روش‌های کاربردی پرداختند؛ گروه‌هایی از پژوهشگران پزشکی نظامی و محققان طب سنتی موارد را ثبت کردند و مقالاتی منتشر شد که نشان می‌داد چگونه برخی روش‌های بومی می‌توانند در شرایط کمبود منابع مکمل باشند. همچنین، انجمن‌ها و انجمن‌های علمی محلی در پی استانداردسازی حداقلیِ ترکیبات گیاهی و آموزشِ مراقبت‌های پایه برای داوطلبان بهداشتی فعال شدند تا خطرات ناشی از استفاده نادرست کاهش یابد.

محدودیت‌ها و چالش‌ها اما برجای خود بودند. فقدان داده‌های بالینی نظام‌مند و مطالعه‌های کنترل‌شده مانع از آن شد که بسیاری از روش‌های مورد استفاده به‌عنوان «اثبات‌شده» شناخته شوند؛ نگرانی درباره عفونت‌های ثانویه، حساسیت‌های دارویی و تعاملات نادیده‌گرفته‌شده میان ترکیبات گیاهی و داروهای شیمیایی همواره وجود داشت. از سوی دیگر، نبود زیرساخت برای تهیه و نگهداری استاندارد داروهای گیاهی، و ضعف در مسیرهای تدارکاتی سبب می‌شد کیفیت و ایمنی برخی درمان‌های محلی قابل اتکا نباشد. همین امر باعث شد بخش‌هایی از کادر رسمی پزشکی نسبت به انطباق کامل این روش‌ها با پروتکل‌های درمانی محتاط باشند.

اما از منظر اجتماعی و فرهنگی، حضور طب سنتی در متن دفاع مقدس پیامدهایی فراتر از صرفِ درمان داشت؛ این حضور، پیوندی میان تجربهٔ جمعی رزمندگان و حامیان پشت جبهه و میراث فرهنگیِ درمانگری ایجاد کرد. حکایات شفابخشی، نقش زنان در تهیه داروهای محلی، و انتقال دانش شفاهی میان نسل‌ها، همگی در بازتعریف حافظهٔ جمعی جنگ مؤثر افتادند. همچنین، تجربهٔ عملیِ طب سنتی در جنگ انگیزه‌ای برای ساماندهی بعدیِ این حوزه فراهم آورد: پس از جنگ، پژوهش‌های بیشتری برای بررسی اثربخشی برخی داروها و فرمولاسیون‌های محلی آغاز شد و مؤسسات تحقیقاتی و آموزشی نسبت به تدوین متون و دوره‌های آموزشی علاقه‌مند شدند.

بازاندیشی تاریخی نشان می‌دهد که مهم‌ترین آموزهٔ دفاع مقدس در این باره، نه اثبات برتریِ یک سنت بر دیگری، بلکه ضرورتِ داشتن نظامی انعطاف‌پذیر و چندوجهی در مواجهه با بحران‌های سلامت است. جنگ آموخت که در شرایط خاص، تلفیق عقلانیِ دانش بومی و علمی می‌تواند ظرفیت پاسخ‌دهی را افزایش دهد، به‌شرط آنکه این تلفیق بر مبنای مستندسازی، نظارت علمی و آموزش صحیح انجام گیرد. از منظر سیاست‌گذاری، نتیجه‌گیری‌های جنگ مبین نیاز به ایجاد پروتکل‌های اضطراری، ذخایر دارویی متنوع، و سامانه‌هایی برای ارزیابی شواهد میدانی بود تا در مواجهه با بحران‌های آینده، از تجربه‌های تاریخی درس‌آموخته بهره برده شود.

در پایان، می‌توان گفت طب سنتی ایرانی-اسلامی در دفاع مقدس نقشِ تکمیلی، محلی و گاه ضروری ایفا کرد؛ این تجربه نشان داد که دانش‌های کهن، اگر با رویکردی علمی و نظام‌مند بازخوانی و تقویت شوند، می‌توانند در موقعیت‌های بحرانی مفید باشند. به شرط آنکه پژوهش‌های بعدی به ارزیابی دقیقِ اثربخشی، ایمنی و نقاط قوت و ضعف این روش‌ها بپردازند و سازوکارهایی برای تلفیق مسئولانهٔ آن با خدمات سلامتِ مدرن فراهم آید، میراث جنگ می‌تواند به توسعهٔ یک رویکرد مقاومت‌پذیر در نظام سلامت منجر شود.

درمان سوختگی و زخم با عسل؛ مستندسازی یک ابتکار میدانی

عسل، از دیرباز جایگاهی ممتاز در طب سنتی ایرانی، طب اسلامی و فرهنگ سلامت داشته است؛ شبهات علمی معاصر نیز مؤید اثرات ضدباکتری، ضدالتهابی و ترمیم‌کننده آن است۳۴. در خطوط مقدم، وقتی امکانات پانسمان یا داروهای تخصصی نایاب بود، درمانگران با تکیه بر ذخیره عسل طبیعی (به‌ویژه انواع محلی همچون عسل گون، کنار و آویشن)، اقدام به درمان مستقیم سوختگی، زخم‌های باز، بریدگی‌ها و تاول‌ها می‌کردند:

- روش به کارگیری عملی: ابتدا محل سوختگی یا زخم پس از شستشو با آب استریل یا آب نمک، به‌طور مستقیم با لایه‌ای نازک از عسل طبیعی پوشانده می‌شد. با پانسمان گاز استریل، ناحیه بسته می‌ماند و هر هشت تا دوازده ساعت، با حداکثر رعایت بهداشت تعویض می‌شد. عسل، در این فرایند، ضمن ایجاد محیط مرطوب مناسب برای ترمیم و کاهش سوزش، از ایجاد عفونت ممانعت می‌کرد۳۴.

- شواهد علمی: پژوهش‌ها نشان داده‌اند که عسل با تولید پراکسید هیدروژن، ایجاد محیط اسیدی و اثر اسمزی بر زخم نه تنها رشد باکتری‌ها (شامل سویه‌های مقاوم مثل MRSA) را مهار می‌کند بلکه روند گرانوله شدن، ترمیم اپیدرم و حذف بافت مرده زخم را تسریع می‌بخشد. استفاده عینی از عسل در درمان سوختگی‌های درجه ۱ و ۲ در خطوط نبرد، نه فقط باعث سرعت ترمیم، بلکه کاهش دردهای زخم، تسهیل جداشدن پانسمان و کاهش اسکار می‌شد۴۳.
- ملاحظات میدانی: کاربرد عسل در جبهه عمدتاً برای سوختگی‌های سطحی تا متوسط، خراشیدگی، تاول‌های انفجار و بریدگی‌های غیرعمیق صورت می‌گرفت و در سوختگی‌های درجه سه به انتقال فوری فرد به درمانگاه یا بیمارستان نیاز بود. روایت‌های شفاهی بیانگر رضایت رزمندگان و درمانگران از این تدابیر است؛ بیماران اغلب بهبود سریع‌تر، درد کمتر و عفونت کمتری نسبت به پانسمان‌های خشک یا غیرطبیعی تجربه می‌کردند.
- تلفیق با دیگر مواد: در برخی مواقع، عسل با گیاهانی مانند بابونه یا آویشن (بعنوان تقویت‌کننده ضدعفونت و آرام‌بخش) ترکیب شده، به‌عنوان ضماد مجدد استفاده می‌شد۵.

در برآیند، تجربه دفاع مقدس استفاده از عسل را به عنوان گزینه‌ای قابل اعتماد برای پانسمان زخم و سوختگی با اثربخشی بالا، اقتصادی و کم‌عارضه در حافظه جمعی درمانگران ایرانی ثبت کرد.

نقش بابونه در ترمیم و تسکین زخم‌ها

گیاه "بابونه" [(*Matricaria chamomilla*)] یکی از شناخته‌شده‌ترین گیاهان دارویی ضدالتهاب در طب سنتی ایران است. این گیاه، به واسطه پلی فنول‌ها (مانند آپیژنین و کامازولین)، خاصیت آنتی‌اکسیدان، تسکین‌دهنده و ترمیم‌کننده دارد۶۵. در دوران دفاع مقدس، هنگامی که پانسمان‌های آنتی‌باکتریال صنعتی وجود نداشت، کرم‌ها یا ضمادهای خانگی بابونه، کاربرد موثری در تسریع بهبود زخم‌ها و سوختگی‌ها پیدا کرد:

- تهیه کرم و ضماد بابونه: گل بابونه به‌صورت له‌شده یا عصاره، به همراه چربی (روغن حیوانی، کره یا موم) یا زرده تخم‌مرغ مخلوط شده و بصورت لایه ضخیم روی زخم یا سوختگی مالیده می‌شد و سپس با گاز پوشانده می‌شد۷۸.
- مستندسازی بالینی: مطالعات پیرامون کرم بابونه نشان داده است که زمان ترمیم زخم سوختگی در بیماران مصرف‌کننده این کرم به طرز معناداری کمتر از گروه شاهد (مصرف‌کننده کرم سولفادیازین نقره) است. به طور خاص، در بیماران با سوختگی درجه دو سرپایی، میانگین مدت ترمیم زخم با کرم بابونه حدود شش روز و با سولفادیازین نقره ۱۰ روز گزارش شده است۶.
- چالش‌ها و ملاحظات: برخی حساسیت‌های پوستی به مصرف موضعی کرم بابونه گزارش شده است، اما شیوع آن پایین بود و در اغلب موارد، مصرف مداوم باعث حداقل عوارض با نتایج راضی‌کننده بود.
- دمنوش و آرام‌سازی: علاوه بر درمان موضعی، دمنوش بابونه به‌عنوان آرام‌بخش و ضداسپاسم برای تقویت روان و جسم رزمندگان، به ویژه پس از عملیات‌های سنگین، حضوری پررنگ در تغذیه و بهداشت جبهه داشت۹.

در جمع‌بندی، بابونه در کنار عسل، نقش اساسی در رویکرد درمانی طبیعی دفاع مقدس یافت و تجربیات واقعه‌نگارانه درمانگران هم‌اکنون الهام‌بخش پژوهش‌های علمی روز است.

گل همیشه‌بهار (کالاندولا)؛ تهیه ضماد و ترمیم زخم‌های مقاوم

"گل همیشه‌بهار" [(*Calendula officinalis*)] از جمله گیاهان پرکاربرد در طب سنتی جبهه‌ها بود که به سبب خواص ضدالتهابی، ضدعفونت، افزایش تکثیر فیبروبلاست و سنتز کلاژن، نقش برجسته‌ای در ترمیم سریع‌تر زخم‌های جنگی و سوختگی ایفا کرد۱۰۱۱. داستان‌های متعدد حاکی از آن است که درمانگران با کمترین امکانات، از عصاره گل همیشه‌بهار، ضمادی طبیعی تهیه می‌کردند که روی زخم و حتی روی پوست خشک، ترک خورده و خراش‌ها کاربرد گسترده‌ای داشت:

- طرز تهیه و مصرف: مقدار مشخصی از گل همیشه‌بهار خشک یا تر تازه، در روغن حیوانی یا روغن‌های گیاهی (کنجد/زیتون) جوشانده و سپس محلول روی زخم، سوختگی یا پوست آسیب‌دیده مالیده می‌شد. یا گل‌ها با کمی کره به حالت خمیر درآمده و به صورت ضماد استفاده می‌شد۷۱۲.
- مزیت دارویی: خواص ضدباکتری و تحریک تولید کلاژن، تهیه لایه محافظ روی زخم، تسریع اپیتلیزاسیون، و حتی رفع التهاب مزمن از جمله کارکردهای کلیدی کالاندولا در پانسمان‌های فوری جنگی ثبت شده است۱۰.
- روایات عینی: شاهدان دفاع مقدس بارها از اثرات قابل توجه این ضماد محلی در کاهش عفونت، جلوگیری از رشد اسکار و کوتاه کردن زمان ترمیم نسبت به روش‌های متداول سخن گفته‌اند.

این رویکردها توسط تجربه عملی در میدان نبرد تأیید گردید و امروزه در تولید کرم‌ها و پمادهای زخم مدرن نیز اقتباس شده است.

آویشن؛ ضدعفونی‌کننده زخم‌های باز و راهی مطمئن برای پیشگیری از عفونت

آویشن (*Thymus vulgaris*) از جمله گیاهان دارویی بومی ایران است که پای ثابت جعبه کمک‌های اولیه صحرایی در جنگ بود. این گیاه به واسطه تیمول و کارواکرول، قوی‌ترین ضدعفونی‌کننده طبیعی زخم در طب سنتی به شمار می‌رود۱۳۱۴. در نبود ضدعفونی‌کننده‌های صنعتی یا هنگام کندی دسترسی به ید و بتادین، آویشن راه حل فوری در میان امدادگران و رزمندگان بود:

- کاربرد عملی: عصاره آویشن (دم‌کرده یا جوشانده غلیظ) برای شستشو و ضدعفونی زخم‌ها، بریدگی‌ها و خراش‌های میدان، و حتی کمپرس‌هایی که روی زخم قرار می‌گرفتند استفاده می‌شد. ضمناً پودر آویشن به صورت خشک روی زخم‌های سطحی پاشیده می‌شد تا عفونت نگیرد.
- اثربخشی: طبق یافته‌های تجربی و علمی جدید، آویشن با خاصیت قوی آنتی‌باکتریال، به ویژه علیه باکتری‌های گرم‌مثبت، از رشد و گسترش عفونت‌های شایع در جبهه‌ها به طور ملموس جلوگیری می‌کرد. تیمول و کارواکرول حتی فعالیت ضدقارچ، ضدویروس و تسریع‌کننده ترمیم را نیز نشان داده‌اند۱۴.
- مزیت‌های میدانی: آویشن به راحتی توسط گروه‌های پشتیبانی از ارتفاعات کوهستانی منطقه عملیاتی جمع‌آوری و آماده استفاده می‌شد و کمبود سایر ضدعفونی‌کننده‌ها را به خوبی جبران می‌کرد.

در کنار این‌ها، بخور آویشن برای کسانی که مشکلات تنفسی، سرماخوردگی، برونشیت یا عفونت ریوی پیدا می‌کردند، نیز تجویز می‌شد۱۵.

انواع ضمادهای گیاهی؛ راهکار میدانی ساده برای پانسمان و درمان مقدماتی

یکی از ویژگی‌های امدادگری در دفاع مقدس، اتکا به تدابیر محلی و تهیه ضمادهای گیاهی جهت پوشش سریع، حمایت‌ترمیم و ضدعفونی زخم‌ها بود. ترکیب‌های سنتی گل‌ها، برگ‌ها، روغن‌های طبیعی و مواد ساده (مانند زرده تخم‌مرغ، کره یا روغن حیوانی) به عنوان ضماد کاربرد فوری در پست‌های امدادی یافتند۷۱۲:

- ضماد بابونه، گل همیشه‌بهار، آویشن، سیر، بذر بزرک و شیره انجیر (برای موارد خاص)، نمونه‌هایی از پانسمان‌های رایج جبهه بود.
- این ترکیب‌ها، به صورت خمیر یا کمپرس ساخته شده و پس از شستشوی ناحیه آسیب دیده، مستقیماً به کار برده می‌شدند.
- ضماد گرم (حاوی گیاه جوشیده و روغن) روی التهابات و آسیب‌های سرد میدانی و ضماد سرد (گیاه له شده و مرطوب) روی سوختگی‌ها و التهاب‌های گرم استفاده می‌شد.
- کارایی این نوع پانسمان‌ها به سرعت و سادگی تهیه و کمترین احتمال عوارض یا واکنش حساسیتی لطف داشت.

استانداردسازی مرهم‌های میدانی از مهم‌ترین اقدامات خلاقانه درمانگران جبهه بود و اکنون بخش مهمی از میراث طب نظامی ایران محسوب می‌شوند.

تدابیر تغذیه‌ای برای تقویت جسم رزمندگان

کمبود مواد غذایی مغذی و نیاز به انرژی مستمر، رزمندگان و درمانگران را به سوی بهره‌گیری از خوراکی‌های بومی سنتی و توصیه‌های طب‌ایرانی-اسلامی سوق داد. این تدابیر ضمن تأمین کالری، به بازسازی قوای جسمانی، جلوگیری از سوءتغذیه، و تقویت سیستم ایمنی کمک چشمگیری کرد:

خرما؛ معجزه طبیعت در تأمین انرژی و قوت قلب

خرما از مقوی‌ترین خوراکی‌های ایرانی و اسلامی است که به واسطه طبع گرم، غنی از کربوهیدرات‌های پیچیده (گلوکز، فروکتوز)، پتاسیم، منیزیم، آهن، انواع ویتامین‌های گروه B و فیبر، در جبهه‌ها به عنوان منبع انرژی سریع و پایدار استفاده می‌شد۱۶۱۷.

- کاربرد عملی: خرما عمدتاً صبح‌ها و قبل از عملیات اصلی توزیع می‌شد تا با آزادسازی سریع قند، انرژی لازم برای فعالیت شدید بدنی و تصمیم‌گیری ذهنی را فراهم کند. همچنین در وعده افطار و سحری برای روزه‌داری رزمندگان کارآمد بود.
- خواص دارویی: خرما علاوه بر انرژی‌زایی، با کمک به تنظیم قندخون (به‌علت فیبر بالا)، جلوگیری از یبوست، تأمین مواد معدنی، کمک به خون‌سازی و افزایش مقاومت روانی-فیزیکی، اثر مثبت دوچندانی داشت.
- تلفیق با مواد دیگر: گاهی خرما به همراه کنجد، بادام و عسل توزیع می‌شد تا قدرت تغذیه‌ای و درمانی چندجانبه آن تقویت شود.

مصرف روزانه چند عدد خرما، بخش تأمین انرژی جمعی را با هزینه و دسترسی پایین تضمین کرد؛ درعین‌حال این خوراکی که در قرآن هم به آن اشاره شده، بارمعنایی ویژه‌ای برای رزمندگان داشت.

تغذیه مقوی با ارده و شیره انگور

ترکیب ارده (فرآورده دانه کنجد) و شیره انگور (یا خرما)، از سنتی‌ترین و مقوی‌ترین صبحانه‌ها و میان‌وعده‌های ایرانی است که در جبهه‌های دفاع مقدس جایگاهی مهم یافت۱۸۱۹.

- ارزش تغذیه‌ای: ارده سرشار از اسیدهای چرب مفید (امگا ۶ و ۹)، پروتئین، آهن، روی، فسفر، منگنز و کلسیم است و اسیدآمینه‌های ضروری را به بدن می‌رساند؛ شیره انگور منبع غنی آهن، کلسیم، پتاسیم، ویتامین B است و کالری و مواد معدنی لازم برای بازسازی انرژی را تأمین می‌کند.
- کاربرد در جبهه: این ترکیب با فرهنگ صبحانه رزمندگان تلفیق شد و به علت سادگی حمل، نگهداری و حجم بالای انرژی، جایگزین مناسبی برای میان وعده‌های مغذی گران و دسترس‌ناپذیر بود؛ ضمن اینکه به بیماران و مجروحان ضعیف یا دچار کم‌خونی نیز به عنوان "غذای مقویِ احیاءگر" داده می‌شد.
- تأثیر دارویی: این ترکیب عامل مهمی در کاهش ضعف مفرط، کمک به بازسازی بافت آسیب‌دیده، تقویت حافظه و آرامش اعصاب شناخته شد. به‌علاوه قند طبیعی شیره انگور، فاقد عوارض سوء قند مصنوعی بود.

دمنوش‌های آرام‌بخش؛ نسخه‌ای بومی برای استرس، تقویت اعصاب و رفع اختلال خواب

دمنوش‌های گیاهی در طب سنتی همواره برای تقویت اعصاب، رفع اضطراب، کاهش تنش‌های حسی، بهبود خواب و حمایت از روان مورد تجویز بوده‌اند. در اردوگاه‌های عملیاتی، تعدادی از این دمنوش‌ها به طور گسترده برای رزمندگان تجویز و مصرف می‌شد:

- بابونه، اسطوخودوس و گل گاوزبان: دمنوش‌های تهیه‌شده از این گیاهان خاصیت قوی آرام‌بخشی، تقویت اعصاب، کاهش استرس، رفع بی‌خوابی و حتی بهبود عملکرد قلب دارند. مصرف دمنوش بابونه (گاهی با عسل)، سرفه، التهاب و تنش اعصاب را تسکین می‌دهد۹۱۵.
- بادرنجبویه، نسترن و به‌لیمو: برای بهبود خلق، کمک به خوابی عمیق و جلوگیری از افسردگی مورد استفاده قرار می‌گرفتند.
- چای نعناع و زیره: به عنوان ضدنفخ، تقویت‌کننده دستگاه گوارش و آرام‌کننده تنش عصبی تجویز می‌شدند.

در پست‌های امدادی یا بعد از عملیات‌های سنگین، نوشاندن دمنوش سنتی، تسریع ریکاوری جسمی و روحی رزمندگان را قوت می‌بخشید و میدان را از استرس جمعی تخلیه می‌کرد۲۰.

آرام‌سازی روانی با بخورات سنتی و ذکرهای اسلامی

در شرایط اضطراب شدید جبهه و فشار روانی ناشی از هجمه دشمن یا فقدان همراهان، سنت معنوی آرام‌سازی روان با بخورات، دعاها و ذکرها برجسته بود. طب جامع ایرانی-اسلامی، بخور و رایحه‌درمانی را مکمل اثر آرامش‌بخش داروهای گیاهی معرفی می‌کند۲۱. در دوران دفاع مقدس:

- بخورات سنتی با اسپند، کندر، اسطوخودوس، صندل و گل محمدی به عنوان ضدعفونی‌کننده و آرامش‌بخش فضا و ذهن، پیش از عملیات یا در قرارگاه‌ها به‌کار می‌رفت تا تنش ذهنی را کاهش دهد و انرژی مثبت ایجاد کند.
- ذکرهای آرام‌بخش قرآنی و اسلامی: قرائت آیات خاص قرآن (مانند آیه "اَلا بِذِکرِالله تَطمَئِنُ الْقُلوب")، چهارقل، آیه‌الکرسی و دعاهای نهج‌البلاغه برای تقویت دل، کنترل ترس و بازیابی اعتماد به نفس در میانه بحران استفاده می‌شد۲. این ذکرها، اغلب همراه با بخور، باعث حس امنیت و امید شده و نقش روانشناسانه مهمی ایفا می‌کرد.

ترکیب معنویت، باور قلبی به شفا، و آرام‌سازی حس فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک، تأثیر عملی در کاهش هیجان و اضطراب میدانی داشت و تمرکز جمعی را بازیابی می‌کرد.

درمان‌های اضطراری در اردوگاه‌ها با گیاهان محلی و مواد ساده

شرایط جنگ، اضطرار و کمبود امکانات، اقتضای کاربرد گسترده تکنیک‌های درمانی ساده و مبتنی بر منابع دم‌دستی را مطرح ساخت. در زمانی که پانسمان، دارو یا امکانات آزمایشگاهی نبود، طب سنتی با اتکا به خرد بومی راهگشا بود:

سرکه؛ ضدعفونی‌کننده فوری، تسکین درد و کنترل عفونت

سرکه به عنوان یک نسخه کهن در طب ایرانی-اسلامی، برای ضدعفونی زخم، تسکین درد و حتی کاهش تب مورد استفاده قرار گرفت. سرکه (اعم از سیب، انگور، خرما یا برنج) خاصیت اسیدی، ضدمیکروبی و ضدقارچ قوی دارد و توسط بقراط نیز توصیه شده است۲۲.

- کاربرد جبهه‌ای: برای شستشوی زخم (در صورت نبود بتادین)، سرکه رقیق‌شده به صورت موضعی به کار می‌رفت. همچنین برای مالش روی پیشانی برای کاهش تب، یا غرغره سرکه برای عفونت‌های دهان و گلو استفاده می‌شد.
- مزیت‌های میدانی: سرکه به علت فراوانی، ارزانی و عوارض کم، جوابگوی بسیاری از موارد اولیه بیماری بود.

نمک؛ ترکیب ساده اما اثربخش در درمان زخم

نمک، به عنوان ضدعفونی‌کننده طبیعی، در غیاب دارو برای شستشوی زخم، دهان‌شویه، یا کاهش التهاب گلوی رزمندگان خیسانده شده و استفاده می‌شد.

خاکشیر؛ امدادگر ضدالتهاب و ضدگرمازدگی

خاکشیر، یکی از خوراکی‌های اصیل طب سنتی و گیاهان دارویی ویژه منطقه ایران است. این دانه با طبیعت خنک، خاصیت سم‌زدایی، ضدالتهاب، دفع‌کننده جوش و التهابات پوستی، مسکّن تب، کمک به رفع یبوست و حتی تقویت دستگاه دفع ادرار دارد۲۳.

کاربرد جبهه ای: خاکشیر عمدتاً در قالب شربت محلول با آب جوش یا آب سرد برای پیشگیری و درمان گرمازدگی، کاهش تب، رفع پوست دچار التهاب، تحریکات پوستی یا سم‌زدایی عمومی توسط درمانگران تجویز می‌شد.

درمان فوری اسهال: ترکیب خاکشیر بو داده با آب و عسل برای اسهال‌های شدید جنگی (به ویژه در تابستان) تجویز می‌شد.

پانسمان و درمان لک: ترکیب خاکشیر با عرق کاسنی و شاهتره برای رفع عفونت پوستی و لک‌های صورت نیز کاربرد داشت.

طب سنتی با این اقدامات ساده اما اثرگذار، جان صدها رزمنده یا سرباز را در جبهه‌ها نجات داد و کیفیت زندگی آنها را به سطح قابل قبولی رساند.

روایت‌ها و ابتکارات درمانگران؛ نقش ایمان، علم و حکمت در شفابخشی جمعی

پزشکان و امدادگران جبهه‌های جنگ؛ از پزشکان مجرب تا امدادگران داوطلب و آموزش‌دیده بسیجی، با ترکیب علم مدرن، تجربه طب ایرانی و ایمان اسلامی، تلفیقی بی‌بدیل خلق کردند. روایت‌هایی از تجربیات عملی این درمانگران، آشکارا حکایت از ابتکار، فداکاری و اتکا به طب سنتی دارد۲۴:

- پزشکان و درمانگران در بیمارستان‌های صحرایی خارج از اندیمشک، با حداقل امکانات، ضمادهای گیاهی را آماده و روی زخم‌های عمیق و سوختگی‌ها استفاده می‌کردند.
- در بیمارستان‌های جنگی اهواز، بانوان پرستار با الهام از نحوه پرستاری حضرت زینب (س)، با تسکین جسم و روان مجروحان و بهره‌گیری از نسخه‌های سنتی، نقش کلیدی در بازگرداندن آرامش ایفا کردند.
- نقش معنویت و نماز؛ رزمندگان با اقامه نماز جماعت در وضعیت‌های اضطراری، بهره‌گیری از ذکر و دعا، تمرکز ذهنی و روحی لازم برای تحمل درد و ترمیم زخم را پیدا می‌کردند۲.
- آموزش دارویی سنتی به امدادگران بومی؛ انتقال دانش شفاهی درباره گیاهان مفید منطقه، نحوه تهیه و کاربرد ضمادها، شناخت عوارض گیاهان سمی یا مضر، نمونه‌ای از انتقال فرهنگ حکمت‌مدار ایرانی-اسلامی در بزنگاه جنگ بود۲۵.
- نمونه‌های مستند از درمان موفق زخم‌های عفونی صعب‌العلاج بدون دسترسی به آنتی‌بیوتیک، با عسل، بابونه و لایه‌برداری طبیعی در بیمارستان‌های صحرایی...

این تجربه‌ها حکایت از نقش ایمان، روحیه، تکیه بر حکمت ایرانی-اسلامی و تدابیر بومی در رویارویی با دشوارترین شرایط پزشکی تاریخ معاصر دارند.

جمع‌بندی، چشم‌انداز و نتیجه‌گیری کاربرد عملی طب سنتی در دفاع مقدس

دستاورد گرانسنگ هشت‌سال تجربه‌ی عملی طب سنتی در خطوط دفاع مقدس، شواهد موثری از کارآمدی، انعطاف و اثربخشی این رویکرد در شرایط اضطرار و کمبود برجای گذاشت. الگو شدن روش‌های آزمایش‌شده آن زمان برای پزشکی بحران، طب نظامی و مراقبت در حوادث غیرمترقبه، اکنون نیز کاربرد و ارزش فراوان دارد:

۱. طب سنتی ایرانی-اسلامی صرفاً مجموعه‌ای از باورهای کهن نیست، بلکه نظامی پویا، علمی و تجربی است که در بحران مدرن به کمک جان انسان‌ها آمد، روش‌های خود را به اثبات رساند و امروز نیز شایسته توجه علمی و توسعه است.

۲. ترکیب درمان دارویی، تدابیر تغذیه، باورهای معنوی و آرام‌بخشی روانی دستاوردی کم‌نظیر خلق کرد که فقط در بستر فرهنگ تمدنی ایران قابل تحقق بود.

۳. دانش و تجربه درمانگران، ثروتی ملی برای آموزش نسل‌های بعد در پزشکی بحران و ارتقاء سلامت عمومی جامعه به‌شمار می‌رود.

۴. بازنگری دوباره بر این میراث و انطباق یافته‌های نو با تجربه‌های گذشته می‌تواند سهم مهمی در پزشکی نوین بومی ایران ایفا کند و به عنوان مدل موفقی در سطح منطقه و جهان برای پزشکی بحران مطرح شود.

تجربه دفاع مقدس نشان داد که طب سنتی ایرانی-اسلامی، به پشتوانه هزاران سال علم، حکمت و ایمان، نه‌تنها زنده است، بلکه همچنان راهگشا و الهام‌بخش خواهد بود.

با قدردانی از همه درمانگران، مجروحان و جانبازان و نیز پژوهشگرانی که روایت‌های این میراث معنوی و علمی را به نسل آینده منتقل می‌کنند.

منابع:

۱.تاریخچه طب نظامی: تاریخچه طب نظامی از دوران ایران باستان تا پایان هشت .... https://www.gisoom.com

۲.آیات و دعا برای آرامش در جنگ - فرارو. https://fararu.com/fa/news

۳. ۹ نکته برای درمان سوختگی با عسل و درمان زخم با عسل /هپی هانی. https://happyhoney.ir

۴. خواص عسل برای سوختگی چیست؟ - دکتر هانی. https://drhoney.net

۵. خواص + تاثیر گل بابونه برای پوست. https://rangdoneh.com

۶. راهکاری برای درمان زخم‌های سوختگی. https://research.jdkhj.ir

۷. روش تهیه ضماد (بانداژ یا کمپرس) از گیاهان دارویی. https://irchemist.com

۸. کوتاه تر شدن روند بهبود زخم های سوختگی با کرم بابونه. https://medplant.ir

۹. ۱۱ دمنوش گیاهی عالی برای آرامش اعصاب. https://namnak.com

۱۰. معرفی گل همیشه بهار و خواص آن + طبع و نحوه مصرف. https://infogiahi.ir

۱۱. خواص گل همیشه بهار برای پوست ، پاکسازی عفونت رحم و دستگاه گوارش. https://ashpazam.ir

۱۲. ضماد چیست؟ دستور انواع ضماد - آموزشگاه جوانه سبز. https://javanehsabz.com/topical-medication/

۱۳. خواص بی‌نظیر آویشن برای درمان زخم + فیلم. https://isf-irimc.org

۱۴. خواص آویشن؛ ۱۶ مورد از خاصیت‌های آویشن برای سلامتی. https://www.digikala.com/mag/benefits-of-thyme/

۱۵. بهترین داروهای گیاهی آرام‌بخش + ۱۴ گیاه دارویی و دمنوش. https://dryazdian.com

۱۶. خواص شگفت انگیز خرما: از انرژی تا درمان - عمده فروشی صحرایی. https://spicecenter.ir

۱۷. خواص خرما: ۳۳ فایده شگفت‌انگیز خرما + نکات طلایی مصرف. https://ajilchinuts.com/blog/health-benefits-of-dates

۱۸. طرز تهیه ارده و شیره انگور خانگی؛ صبحانه‌ای خوشمزه و مقوی. https://blog.okala.com/tahini-and-grape-molasses/

۱۹. خواص ومضرات شیره و ارده + ۱۸ نکته ضروری قبل از مصرف!. https://chishi.ir/158653-khavas-shire-arde/

۲۰. دمنوش آرامبخش؛ لیست بهترین دمنوش‌ها برای داشتن اعصابی آرام. https://www.darmankade.com/blog/soothing-tea/

۲۱. بخور آرامش‌بخش و ضد اضطراب - سحرانا. https://sehrana.com

۲۲.خواص و طبع انواع سرکه ها در طب سنتی - طبایع مرجع طب سنتی. https://tabaye.ir/category/khavas/vinegar/

۲۳. ۲۵ مورد از مهم ترین خواص و مضرات خاکشیر + نکات مصرف و هشدارها. https://chishi.ir/751-khavas-khakeshir/

۲۴. روایت‌هایی از حضور پرستاران در جبهه - ایسنا. https://www.isna.ir

۲۵. ساختار و نقش بهداشت و درمان در ۸ سال دفاع مقدس. https://www.jmedbehrazm.ir

۲۶. پیشینه طب سنتی ایرانی-اسلامی در متن دفاع مقدس

استفاده از هیدرو کلوئید های گیاهی در حفظ ترکیبات حساس و عطر و طعمی در مواد غذایی

معین گنجوی[۱]، محمد بلوردی[۲،1]، سپیده خراسانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استادیار، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانشیار، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

هیدروکلوئیدهای گیاهی به عنوان ترکیبات طبیعی با ساختار پلیمری، کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی دارند. این ترکیبات با توانایی ایجاد ژل و امولسیون و افزایش ویسکوزیته، نقش مهمی در بهبود بافت، پایداری و حفظ ترکیبات عطر و طعمی ایفا می‌کنند. استفاده از هیدروکلوئیدهایی مانند پکتین، آلژینات، صمغ عربی، صمغ گوار، آگار و موسیلاژ بامیه می‌تواند از تخریب ترکیبات فرار و حساس در برابر گرما، نور و اکسیداسیون جلوگیری کند. فناوری‌های نوین مانند ریزپوشانی، نانوکپسوله‌سازی و کواسرواسیون پیچیده، امکان استفاده مؤثرتر از این هیدروکلوئیدها را برای محافظت و آزادسازی کنترل‌شده ترکیبات عطر و طعمی فراهم کرده‌اند. در نتیجه، استفاده از هیدروکلوئیدهای گیاهی رویکردی مؤثر، ایمن و سازگار با محیط زیست برای افزایش کیفیت حسی و ماندگاری محصولات غذایی به شمار می‌رود.

واژه‌های کلیدی: هیدروکلوئیدهای گیاهی، ترکیبات حساس، ریزپوشانی

۱. مقدمه

هیدروکلوئیدها مجموعه‌ای گسترده و ناهمگون از ترکیبات پلیمری هستند که عمدتاً شامل پلی‌ساکاریدها و گاهی پروتئین‌ها می‌شوند. این ترکیبات، پلیمرهای زنجیره بلندی هستند که به راحتی در آب پخش شده، به‌طور کامل یا جزئی در آن حل می‌شوند و قابلیت تورم در محیط آبی را دارند. منشأ هیدروکلوئیدها می‌تواند متنوع باشد. آن‌ها ممکن است از منابع طبیعی مانند گیاهان، جانوران، جلبک‌ها یا از طریق سنتز میکروبی به دست آیند. افزون بر این، برخی از آن‌ها مانند مشتقات سلولز، ماهیتی نیمه مصنوعی دارند. هیدروکلوئیدها در تماس با آب و از طریق پراکندگی در مقیاس میکروسکوپی، قادر به تشکیل ژل هستند و به دلیل ماهیت آبدوست خود، این مواد را «کلوئیدهای آبدوست» نیز می‌نامند (Pirsa and Hafezi, 2023).

طعم غذا، یک جزء حیاتی در صنعت غذا، یک ویژگی پیچیده است که از ترکیبات فرار و غیر فرار متعددی مشتق می‌شود. برای محافظت از این ترکیبات طعم دهنده اغلب ظریف و فرار در برابر تخریب و کنترل آزادسازی آنها، از فناوری‌های پیشرفته کپسوله‌سازی استفاده می‌شود. این روش‌ها، از جمله الکتروهیدرودینامیک و کواسرواسیون پیچیده، برای افزایش پایداری و ماندگاری طعم‌ها استفاده می‌شوند. در نهایت، تضمین کیفیت و اصالت به روش‌های تشخیص پیچیده‌ای مانند کروماتوگرافی گازی، طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) و بینی‌های الکترونیکی متکی است (Gan et al., 2023).

۲. کاربرد و عملکرد هیدروکلوئیدهای گیاهی

[1]نویسنده مسئول: **Email:** mbalvardi@uk.ac.ir

۱،۲. پکتین و آلژینات

پکتین معمولاً از پوست مرکبات استخراج می‌شود و به دلیل توانایی بالای خود در تشکیل ژل و ایجاد بافت مطلوب، به‌طور گسترده در صنایع فرآوری میوه‌جات، شیرینی‌سازی و محصولات لبنی، به ویژه در نوشیدنی‌های اسیدی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزون بر این، پکتین در برخی کاربردهای دارویی نیز به عنوان عامل غلیظ کننده به کار می‌رود. آلژینات نیز یک هیدروکلوئید طبیعی است که از جلبک‌های دریایی قهوه‌ای استخراج می‌شود. این ترکیب عمدتاً به عنوان امولسیفایر، بافت دهنده، غلیظ کننده و تثبیت کننده حرارتی در صنایع مختلف کاربرد دارد. در صنعت غذا، از آلژینات برای تولید فیلم‌ها و ژل‌ها، فرآوری گوشت و تهیه دسرهای لبنی فوری استفاده می‌شود. علاوه بر این، در صنایع آرایشی، دارویی، چاپ، ساختمان‌سازی و تولید غذای حیوانات خانگی نیز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Pirsa and Hafezi, 2023).

پکتین هنگامی که در pH پایین با آلژینات ترکیب می‌شود، در یک هیدروژل پایدار بدون نیاز به یون‌های کلسیم پایدار می‌شود، که یک ویژگی کلیدی برای محافظت از ترکیبات حساس در محیط‌های اسیدی مانند نوشیدنی‌ها است. یک مطالعه نشان داد نسبت آلژینات به پکتین بسیار مهم است (Guo et al., 2018). محتوای پکتین بالاتر منجر به ساختار ژل متخلخل‌تری می‌شود که بر میزان حفظ ترکیب فعال تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، ساختار شیمیایی پکتین نشان می‌دهد این ترکیب می‌تواند از طریق پیوند هیدروژنی و سایر فعل و انفعالات فیزیکوشیمیایی با ترکیبات زیست فعال خاصی مانند آنتوسیانین‌ها تعامل داشته و آنها را تثبیت کند و به طور فعال در حفظ آنها در برابر تخریب ناشی از نور و ذخیره‌سازی نقش داشته باشد (Guo, et al., 2018).

۲،۲. کربوکسی متیل سلولز

نام کامل این ترکیب سدیم کربوکسی متیل سلولز است که معمولاً به صورت کوتاه شده CMC شناخته می‌شود. این صمغ از طریق فرآیند استری‌سازی سلولز به دست می‌آید و دارای انواع مختلفی است. سلولز، که ماده اولیه تولید آن است، از تنه درختان استخراج می‌شود؛ به همین دلیل جنگل‌ها منبع غنی و در دسترس این ترکیب به شمار می‌آیند. کربوکسی متیل سلولز یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین صمغ‌های محلول در آب است و در طیف گسترده‌ای از صنایع غذایی و غیرغذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صنایع غذایی، از آن در تولید شیرینی و شکلات، نان و فرآورده‌های نانوایی، محصولات لبنی و دسرهای لبنی، آبمیوه‌ها، نوشیدنی‌ها، بستنی و انواع سس‌ها استفاده می‌شود. افزون بر این، در صنایع چسب‌سازی، رنگ و رزین، حفاری و پتروشیمی نیز کاربردهای قابل توجهی دارد. (Pirsa and Hafezi, 2023). این ترکیب از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و به حفظ طعم طبیعی و تازگی محصول کمک می‌کند، در نتیجه موجب افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌شود. افزون بر این، CMC یک پلی‌ساکارید کم کالری است و به همین دلیل در تولید غذاهای رژیمی و کم کالری مانند نان‌های رژیمی، نوشیدنی‌های کم کالری و سس‌های رژیمی کاربرد گسترده‌ای دارد (Arefian et al., 2020). هیدروکلوئیدهای دیگری نیز از سلولز مشتق می‌شوند. برای مثال، سلولز میکروکریستالی در صنایع غذایی برای شبیه‌سازی چربی‌ها به کار می‌رود و در محصولاتی مانند بستنی، سس‌ها و سس سالاد کاربرد دارد. همچنین، هیدروکسی‌پروپیل متیل سلولز به‌عنوان عامل غلیظ کننده، تثبیت کننده و امولسیفایر در فرمولاسیون‌های مختلف غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Bahrami et al., 2019; Pirsa and Hafezi, 2023).

با توجه به مطالعه انجام شده توسط Feng و همکاران (۲۰۱۸)، ریزپوشانی آستاگزانتین با استفاده از سدیم کربوکسی‌متیل سلولز (CMC-Na) و میکروکریستالین سلولز (MCC) به روش خشک کردن انجمادی، منجر به بهبود پایداری حرارتی، مقاومت در برابر تغییرات pH، افزایش حلالیت در آب و حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن شد. ریزپوشانی‌سازی نه تنها از تخریب سریع آستاگزانتین در دمای بالا جلوگیری کرد، بلکه پایداری آن را در محیط اسیدی و خنثی یکسان نمود. این

سیستم ریزپوشانی، امکان کاربرد موفقیت‌آمیز آستاگزانتین در ماست را فراهم آورد و باعث بهبود رنگ، پایداری فیزیکی و فعالیت ضداکسیدانی ماست شد، بدون آن‌که تأثیر منفی بر رشد باکتری‌های اسید لاکتیک داشته باشد. این رویکرد، گامی مؤثر در جهت توسعه فرآورده‌های لبنی غنی شده با ترکیبات زیست فعال با پایداری و عملکرد بهبود یافته است (Feng et al., 2018).

۳,۲. صمغ بامیه

موسیلاژ بامیه به عنوان یک ماده طبیعی با پتانسیل قابل توجه برای افزایش کیفیت و ارزش غذایی محصول است. کاربرد آن شامل نقش‌های مختلفی از جمله عمل به عنوان یک غلیظ کننده، تثبیت کننده و امولسیفایر قوی در محصولاتی مانند سس‌ها، چاشنی‌ها و بستنی است که در آن‌ها بافت را بهبود می‌بخشد و از جداسازی فازها جلوگیری می‌کند. نکته قابل توجه این است که توانایی آن در افزایش ویسکوزیته و مهار رشد کریستال یخ، آن را به یک اصلاح کننده بافت عالی برای محصولات لبنی مانند ماست و بستنی تبدیل می‌کند. علاوه بر این، این موسیلاژ به عنوان یک جایگزین موثر چربی عمل می‌کند و امکان ایجاد محصولات کم چرب را بدون به خطر انداختن حس خامه‌ای فراهم می‌کند. فراتر از عملکردهای فنی خود، موسیلاژ بامیه همچنین با ارائه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ارزش غذایی غذاها را افزایش می‌دهد و می‌تواند در تکنیک‌های کپسوله‌سازی برای محافظت از زنده ماندن پروبیوتیک‌های مفید مورد استفاده قرار گیرد و نقش خود را در توسعه غذاهای کاربردی نوآورانه تثبیت کند (Dantas et al., 2021).

در یک تحقیق، استفاده موفقیت‌آمیز از موسیلاژ اسفرزه و بامیه به عنوان مواد کمکی گیاهی پایدار برای کپسوله کردن روغن شنبلیله نشان می‌دهد به طور مؤثر طعم تلخ نامطلوب پوشانده می‌شود. این مطالعه نشان داد میکروکپسول‌ها، به ویژه آنهایی که با موسیلاژ بامیه ساخته شده‌اند، کوچک، پایدار و دارای راندمان کپسوله‌سازی بالایی هستند و محافظت عالی برای اسیدهای چرب غیراشباع روغن فراهم می‌کنند. هنگامی که به عنوان جایگزین چربی در نان تابه و بیسکویت استفاده شد، روغن کپسوله شده به طور قابل توجهی خواص حسی محصولات را در مقایسه با روغن خام بهبود بخشید و آنها را برای مصرف‌کنندگان قابل قبول‌تر کرد. علاوه بر این، روغن شنبلیله کپسوله شده فعالیت ضد میکروبی قوی از خود نشان داد و با مهار رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها، ماندگاری نان را افزایش داد. نویسندگان نتیجه می‌گیرند، استراتژی کپسوله‌سازی، روشی مناسب برای افزودن روغن شنبلیله به عنوان یک ارتقا دهنده سلامت در غذاهای کاربردی است که هم به عنوان جایگزین چربی و هم به عنوان نگهدارنده طبیعی عمل می‌کند (Mohammad et al., 2024).

۴,۲. صمغ گوار

صمغ گوار یکی از پرکاربردترین هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی و غیرغذایی به شمار می‌آید. این صمغ طبیعی در آب سرد و گرم به خوبی حل می‌شود و با افزایش ویسکوزیته، موجب غلظت و بهبود بافت محلول می‌گردد. منبع اصلی آن دانه‌های گیاه گواراست که عمدتاً در هند کشت می‌شود و با نام‌های Guar Gum یا Guaran نیز شناخته می‌شود. این ترکیب در درجه خوراکی با کد افزودنی E412 شناخته شده و به دلیل منشأ طبیعی خود، نسبت به هیدروکلوئیدهای سنتزی برتری دارد. صمغ گوار منبعی غنی از فیبرهای محلول است و می‌تواند در کاهش قند خون نقش مؤثری ایفا کند. در صنایع غذایی، از آن در تولید بستنی، انواع سس‌های گرم و سرد، نوشیدنی‌های لبنی و غیرلبنی، سوپ‌ها، کیک و کلوچه (به ویژه برای بهبود بافت)، شیرینی‌ها، شکلات‌ها و فرآورده‌های لبنی به عنوان تثبیت کننده و بافت دهنده استفاده می‌شود. افزون بر این، در صنایع آرایشی و بهداشتی نیز کاربرد گسترده‌ای دارد. (Sharma et al., 2018).

در یک پژوهش، میکروکپسول‌های حاوی آلژینات و صمغ گوار با موفقیت تهیه شدند تا آزادسازی همزمان اسید بتولینیک و هسپریدین را برای کاربردهای ضدسرطانی با استفاده از روش خشک کردن نانوامولسیون توسط خشک کن پاششی فراهم کنند. به کارگیری ترکیب پلی‌ساکاریدی آلژینات سدیم و صمغ گوار موجب افزایش پایداری و کنترل آزادسازی هم‌زمان دو ماده فعال شد. نتایج نشان داد این میکروکپسول‌ها اثر سیتوتوکسیک قابل‌توجهی بر سلول‌های لوسمی پرومیلوسیتیک (HL-60) داشته و عملکرد ضدسرطانی اسید بتولینیک را از طریق برهم‌کنش با هسپریدین بهبود می‌بخشند (Rebouças et al., 2023).

۵،۲. صمغ عربی

صمغ عربی، که با همین نام نیز شناخته می‌شود، یک عصاره طبیعی گیاهی است که از درختان اقاقیا به دست می‌آید. بخش پروتئینی موجود در این صمغ نقش اصلی را در فعالیت‌های سطحی، ایجاد کف و ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی ایفا می‌کند. رنگ صمغ عربی از سفید تا قهوه‌ای متغیر است و هرچه رنگ آن به سفید یا سفید مایل به زرد نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده کیفیت بالاتر آن است (Chawla et al., 2020). این صمغ به دلیل پایداری بالا در محیط‌های اسیدی و توانایی ایجاد ویسکوزیته و تشکیل ژل، به‌عنوان یک تثبیت کننده و غلیظ کننده ایده‌آل در محصولاتی مانند نوشابه‌ها، آب‌نبات‌های جویدنی (پاستیل)، مارشمالو و تافی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مهم‌ترین عملکردهای آن می‌توان به جلوگیری از جدایی فازها، تثبیت ترکیبات طعم دهنده و ممانعت از تشکیل کریستال‌های شکر اشاره کرد که در مجموع منجر به بهبود بافت و افزایش ماندگاری محصول نهایی می‌شود (Pirsa and Hafezi, 2023).

یکی از پیشرفته‌ترین کاربردهای صمغ عربی، استفاده از آن در فناوری ریزپوشانی (کپسولاسیون) است. مطالعات نشان می‌دهند این صمغ می‌تواند به عنوان یک دیواره مؤثر برای محافظت و رهایش کنترل شده ترکیبات حساس مانند روغن‌های معطر (مانند نعناع فلفلی) عمل کند. به عنوان مثال، کپسوله کردن با کمک امواج فراصوت می‌تواند راندمانی تا ۸۷ ٪ ایجاد کرده و ذراتی در مقیاس نانومتر تولید کند. این فرآیند نه تنها پایداری طعم را در برابر عوامل مخرب افزایش می‌دهد، بلکه ماندگاری آن را نیز به طور چشمگیری بهبود می‌بخشد و امکان استفاده بهینه از ترکیبات فرار را در صنایع غذایی و دارویی فراهم می‌سازد (Sangolkar et al., 2019). برخی از ترکیبات مورد استفاده در ریزپوشانی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- عملکرد هیدروکلوئیدها در کپسوله کردن ترکیات حساس

هیدروکلوئید	عملکرد	منبع استخراج	رفرنس
پکتین	کپسوله کردن آنتوسیانین‌ها	پوست مرکبات	(Guo et al., 2018)
آلژِنات	کپسوله کردن آنتوسیانین‌ها	جلبک دریایی قهوه ای	(Guo et al., 2018)
سلولز	ریزپوشانی آستاگزانتین	درختان	(Feng et al., 2018)
صمغ بامیه	کپسوله کردن روغن شنبلیله	بامیه	(Mohammad et al., 2024)
صمغ گوار	کپسوله کردن اسید بتولینیک و هسپریدین	گیاه گوارنا	(Rebouças et al., 2023)
صمغ عربی	کپسوله کردن نعنا فلفلی	درخت اقاقیا	(Sangolkar et al., 2019)

۳. تکنیک‌ها و مکانیسم‌های اساسی برهمکنش طعم‌دهنده-هیدروکلوئید

برای کپسوله کردن ترکیبات حساس مانند ترکیبات طعمی از تکنیک‌های مختلفی استفاده می شود (Gan et al., 2023). سه تکنیک پرکاربرد عبارتند از: تکنیک الکتروهیدرودینامیک، ریزپوشانی به کمک امواج اولتراسونیک و فرآیند کواسرواسیون.

تکنیک الکتروهیدرودینامیک، شامل الکتروریسی و الکترواسپری، برای نانوکپسولاسیون مواد طعم دهنده آبگریز به کار گرفته می‌شود. این روش امکان تشکیل نانوفیبرها یا نانوذرات با نسبت سطح به حجم بالا، افزایش پایداری حرارتی، حلالیت مناسب و رهایش کنترل‌شده ترکیبات کپسوله شده، را فراهم می‌کند. با ترکیب کمپلکس‌های حاوی طعم دهنده-سیکلودکسترین در ماتریس‌های پلیمری یا بدون پلیمر، این رویکرد یک استراتژی کارآمد و مقیاس‌پذیر برای بهبود عملکرد و ماندگاری طعم دهنده‌های غذایی ارائه می‌دهد (Saffarionpour, 2019).

ریزپوشانی به کمک امواج اولتراسونیک، روشی نوین و کارآمد برای محافظت از ترکیبات حساس در برابر دماهای بالا است. در این تکنیک، از امواج فراصوت با فرکانس بالا (معمولاً ۲۰ کیلوهرتز یا بیشتر) برای ایجاد همگنی و تشکیل امولسیون استفاده می‌شود. انرژی ناشی از پدیده کاویتاسیون نه تنها موجب کاهش اندازه ذرات و تشکیل ریزکپسول‌ها می‌شود، بلکه از طریق تولید رادیکال‌های آزاد، اتصالات شیمیایی پایدار (مانند پیوندهای آمیدی) بین پلیمرهای دیواره (مانند کیتوزان و پکتین) را تسهیل می‌کند. این امر منجر به تشکیل ریزکپسول‌هایی با دیواره مستحکم می‌گردد که قادرند محتوای هسته (مانند عطر و طعم) را به طور مؤثر در برابر شرایط سخت فرآوری، به ویژه حرارت‌های بالا در طی پخت، محافظت نمایند (Gong et al., 2020).

فرآیند کواسرواسیون کمپلکس به عنوان یک روش کارآمد در ریزپوشانی مواد غذایی مورد توجه است. در این روش، یک پلیمر غذایی باردار (عمدتاً پروتئین با بار مثبت) در آب پراکنده شده و ماده فعال به آن افزوده می‌شود تا یک امولسیون درشت تشکیل گردد. سپس پلیمر دوم با بار مخالف (هیدروکلوئید منفی) تحت شرایط pH مناسب به مخلوط اضافه می‌شود. برهمکنش الکترواستاتیک بین دو پلیمر منجر به تشکیل کمپلکس و ایجاد پوسته‌ای پایدار می‌گردد. این فناوری هنوز به صورت گسترده در صنعت غذایی استفاده نمی‌شود، اما مزایای قابل توجهی از جمله بازده ریز پوشانی بالا، قابلیت بارگذاری تا ۹۰ درصد، شرایط ملایم فرآوری، محافظت مؤثر در برابر اکسیداسیون و امکان آزادسازی کنترل شده در صورت ایجاد پیوندهای عرضی در دیواره ذرات، آن را به گزینه‌ای امیدبخش تبدیل کرده است (Reineccius, 2019).

۴. نتیجه‌گیری

هیدروکلوئیدهای گیاهی به عنوان ترکیبات پلیمری طبیعی، نقشی کلیدی در بهبود کیفیت، پایداری و ویژگی‌های حسی مواد غذایی ایفا می‌کنند. این ترکیبات با توانایی تشکیل ژل، امولسیون و کپسول می‌توانند از ترکیبات فرار و حساس مانند ترکیبات عطر و طعمی در برابر تخریب حرارتی، اکسیداسیون و تبخیر محافظت نمایند. نتایج مطالعات مختلف نشان داده هیدروکلوئیدهایی نظیر پکتین، آلژینات، صمغ عربی، صمغ گوار، آگار و موسیلاژ بامیه، با ایجاد کپسول‌هایی پایدار، موجب افزایش ماندگاری و پایداری ترکیبات حساس و بهبود تجربه حسی مصرف‌کننده می‌شوند. فناوری‌های نوین مانند ریزپوشانی، نانوکپسوله‌سازی، الکتروهیدرودینامیک و کواسرواسیون پیچیده، امکان استفاده هدفمند از این هیدروکلوئیدها را در حفظ ترکیبات معطر فراهم کرده‌اند. این فناوری‌ها نه تنها راندمان نگهداری ترکیبات عطر و طعمی را بالا برده‌اند، بلکه باعث آزادسازی کنترل شده و حفظ خواص عملکردی آنها در شرایط فرآوری و نگهداری شده‌اند. به طور کلی، استفاده از هیدروکلوئیدهای گیاهی در صنایع غذایی، مسیری پایدار، ایمن و زیست‌سازگار برای افزایش کیفیت و ارزش افزوده محصولات غذایی فراهم می‌سازد.

۵. منابع

Arefian, M., Hojjati, M., Tajzad, I., Mokhtarzade, A., Mazhar, M., and Jamavari, A. 2020. A review of Polyvinyl alcohol/Carboxymethyl cellulose (PVA/CMC) composites for various applications. Journal of Composites and Compounds 2: 69–76.

Bahrami, A., Mokarram, R.R., Khiabani, M.S., Ghanbarzadeh, B., and Salehi, R. 2019. Physico-mechanical and antimicrobial properties of tragacanth/hydroxypropyl methylcellulose/beeswax edible films reinforced with silver nanoparticles. International journal of biological macromolecules 129: 1103–1112.

Chawla, P., Kumar, N., Bains, A., Dhull, S.B., Kumar, M., Kaushik, R., and Punia, S. 2020. Gum arabic capped copper nanoparticles: Synthesis, characterization, and applications. International journal of biological macromolecules 146: 232–242.

Dantas, T.L., Alonso-Buriti, F.C., and Florentino, E.R. 2021. Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as a potential functional food source of mucilage and bioactive compounds with technological applications and health benefits. Plants 10: 1683.

Feng, Z.Z., Li, M.Y., Wang, Y.T., and Zhu, M.J. 2018. Astaxanthin from Phaffia rhodozyma: Microencapsulation with carboxymethyl cellulose sodium and microcrystalline cellulose and effects of microencapsulated astaxanthin on yogurt properties Lwt 96: 152–160.

Gan, S., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Zhang, L., and Liu, Y. 2023. Advances in processing, encapsulation, and analysis of food flavor compounds. Journal of Food Process Engineering 46: e14406.

Gong, C., Lee, M.C., Godec, M., Zhang, Z., and Abbaspourrad, A. 2020. Ultrasonic encapsulation of cinnamon flavor to impart heat stability for baking applications. Food Hydrocolloids 99: 105316.

Guo, J., Giusti, M.M., and Kaletunç, G. 2018. Encapsulation of purple corn and blueberry extracts in alginate-pectin hydrogel particles: Impact of processing and storage parameters on encapsulation efficiency. Food research international 107: 414–422.

Mohammad, A.A., Mehaya, F.M., Salem, S.H., and Amer, H.M. 2024. Psyllium and okra mucilage as co-carrier wall materials for fenugreek oil encapsulation and its utilization as fat replacers in pan bread and biscuit production. Heliyon 10.

Pirsa, S., and Hafezi, K. 2023. Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. Food Chemistry 399: 133967.

Rebouças, L.M., Sousa, A.C., Sampaio, C.G., Silva, L.M., Costa, P.M., Pessoa, C., Brasil, N.V., and Ricardo, N.M. 2023. Microcapsules based on alginate and guar gum for co-delivery of hydrophobic antitumor bioactives. Carbohydrate Polymers 301: 120310.

Reineccius, G. 2019. Use of proteins for the delivery of flavours and other bioactive compounds. Food hydrocolloids 86: 62–69.

Saffarionpour, S. 2019. Nanoencapsulation of hydrophobic food flavor ingredients and their cyclodextrin inclusion complexes. Food and Bioprocess Technology 12: 1157–1173.

Sangolkar, R.D., Kawadkar, D.K., Bhanvase, B.A., Sonawane, S.H., and Potoroko, I. 2019. Ultrasound assisted encapsulation of peppermint flavor in gum Arabic: Study of process parameters. Journal of Food Process Engineering 42: e13269.

Sharma, G., Sharma, S., Kumar, A., Al-Muhtaseb, A.H., Naushad, M., Ghfar, A.A., Mola, G.T., and Stadler, F.J. 2018. Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: A review. Carbohydrate polymers 199: 534–545.

The use of plant hydrocolloids in preserving sensitive compounds and aroma in foods

Moein Ganjavi[1], Mohammad Balvardi*[2], Sepideh Khorasani [3]

1- M.Sc. student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

* Corresponding author: **mbalvardi@uk.ac.ir**

Abstract

Plant hydrocolloids, as natural compounds with a polymeric structure, have a wide range of applications in the food industry. These compounds play an important role in improving the texture, stability, and preservation of flavor and aroma compounds by their ability to form gels, emulsions, and increase viscosity. The use of hydrocolloids such as pectin, alginate, arabic gum, guar gum, agar, and okra mucilage can prevent the degradation of volatile and sensitive compounds due to heat, light, and oxidation. New technologies such as microencapsulation, nanoencapsulation, and complex coacervation have enabled the more effective use of these hydrocolloids for the protection and controlled release of flavor and aroma compounds. As a result, the use of plant hydrocolloids is an effective, safe, and environmentally friendly approach to enhance the sensory quality and shelf life of food products.

Keywords: Plant hydrocolloids, microencapsulation, Sensitive compounds.

خواص حسی و عملکردی گیاهان دارویی در فرآورده‌های غذایی

معین گنجوی[۱]، محمد بلوردی[۲،1]، سپیده خراسانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استادیار، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانشیار، بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

با افزایش نگرانی‌ها نسبت به اثرات منفی افزودنی‌های سنتزی در مواد غذایی، استفاده از ترکیبات طبیعی با عملکرد چندگانه به ویژه گیاهان دارویی، مورد توجه پژوهشگران و صنایع غذایی قرار گرفته است. گیاهان دارویی منبعی غنی از ترکیبات زیست فعال مانند فنول‌ها، ترپن‌ها، آلکالوئیدها و ساپونین‌ها هستند که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد التهابی و سلامت‌بخش می‌باشند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهانی نظیر آویشن، پونه کوهی، رزماری، ریحان و جعفری می‌توانند پایداری اکسیداتیو، ایمنی میکروبی و ویژگی‌های حسی فرآورده‌های غذایی را بهبود بخشند. افزون بر این، فناوری‌های نوین مانند ریزپوشانی و تولید نانوامولسیون‌ها نقش بسزایی در افزایش پایداری، فراهمی زیستی و کنترل رهایش ترکیبات حساس این گیاهان دارند. به‌کارگیری این فناوری‌ها، امکان تولید محصولات غذایی با برچسب ایمن، ارزش تغذیه‌ای بالا و خواص عملکردی بهبود یافته را فراهم می‌سازد. در مجموع، ادغام دانش فیتوشیمی و فناوری‌های نو در بهره‌گیری از گیاهان دارویی، مسیر توسعه فرآورده‌های غذایی سالم، پایدار و کاربردی را هموار می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، ترکیبات زیست فعال، ریزپوشانی، صنایع غذایی

۱. مقدمه

با افزایش نگرانی‌های مصرف‌کنندگان در مورد عوارض افزودنی‌های سنتزی، جست‌وجو برای جایگزین‌های طبیعی و ایمن در صنعت غذا شدت یافته است. گیاهان دارویی با دارا بودن ترکیبات زیست فعالی نظیر ترپن‌ها و فنول‌ها، از پتانسیل قابل‌توجهی به عنوان عوامل ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی در سیستم‌های غذایی برخوردارند (Awuchi, 2019). گیاهان دارویی به عنوان منابع ارزشمندی از ترکیبات زیست فعال متنوع از جمله آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، پلی‌فنول‌ها و روغن‌های ضروری شناخته می‌شوند. این ترکیبات دارای خواص فارماکولوژیک گسترده‌ای از جمله اثرات ضد میکروبی، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی و تعدیل‌کنندگی سیستم ایمنی هستند. مطالعات گسترده نشان داده‌اند این متابولیت‌های ثانویه می‌توانند با مکانیسم‌های مولکولی مختلفی از جمله مهار آنزیم‌های ضروری، اختلال در غشا سلولی، القای آپوپتوز و مهار مسیرهای پیام‌رسان التهابی، اثرات درمانی خود را اعمال نمایند (Dar et al., 2023). ریزپوشانی فناوری نوینی است که با محصور کردن ترکیبات زیست فعال در یک پوسته محافظ، پایداری و کارایی آن‌ها را در مواد غذایی افزایش می‌دهد. این

[1]نویسنده مسئول: **Email:** mbalvardi@uk.ac.ir

فناوری با کنترل رهایش و بهبود فراهمی زیستی، راهکاری مؤثر برای توسعه غذاهای فراسودمند به شمار می‌رود (Huang et al., 2023).

۲. گیاهان دارویی و خواص ترکیبات زیست فعال آن‌ها

گیاهان دارویی به عنوان منابع ارزشمندی از ترکیبات زیست فعال با خواص ضد میکروبی شناخته می‌شوند. به عنوان مثال، آلکالوئیدهایی مانند بربرین (مشتق شده از گونه‌های بربریس) (Vuddanda et al., 2010) و سانگوئینارین (از تیره خشخاش) اثرات ضد باکتریایی قوی در برابر پاتوژن‌های باکتریایی مختلف نشان می‌دهند. همچنین فلاونوئیدهایی مانند کامفرول و کوئرستین که در گیاهانی مانند پیاز (*آلیوم سپا*) و چای سبز (*کاملیا سینسیس*) یافت می‌شوند، با اختلال در غشاء سلولی باکتری و مهار آنزیم‌های ضروری، فعالیت ضد باکتریایی خود را اعمال می‌کنند. این ترکیبات گزینه‌های امیدوارکننده‌ای برای توسعه عوامل درمانی نوین ضد میکروبی محسوب می‌شوند (Cushnie et al., 2014).

علاوه بر خواص ضد باکتریایی، ترکیبات زیست فعال گیاهان دارویی دارای اثرات ضد قارچی و ضد ویروسی قابل‌توجهی هستند. پلی‌فنول‌هایی مانند اپی‌گالوکاتچین گالات (EGCG) در چای سبز، از رشد قارچ‌هایی مانند *کاندیدا* و *آسپرژیلوس* جلوگیری می‌کنند. همچنین روغن‌های ضروری مشتق شده از گیاهانی مانند پونه کوهی (*ارگانوم ولگاره*) و درخت چای (*مالالوکا آلترنیفولیا*) دارای خواص ضد قارچی قدرتمندی در برابر طیف وسیعی از قارچ‌های بیماری‌زا هستند. در زمینه فعالیت ضد ویروسی، فلاونوئیدهایی مانند کوئرستین و هسپریدین، مهار ویروس‌هایی مانند هرپس سیمپلکس، آنفلوانزا و HIV را نشان داده‌اند (Dar et al., 2023).

ترکیبات زیست فعال گیاهان دارویی همچنین دارای پتانسیل ضد سرطانی قابل توجهی هستند. پلی‌فنول‌هایی مانند رسوراترول (موجود در انگور و توت‌ها) و EGCG چای سبز با مهار رگزایی، متاستاز و القای آپوپتوز، اثرات ضد توموری خود را اعمال می‌کنند. آلکالوئیدهای مشتق شده از گیاهان، مانند وینکریستین و وینبلاستین از *کاتارانتوس رزوس*، به عنوان عوامل شیمی درمانی در درمان سرطان‌هایی مانند لوسمی و لنفوم به‌کار می‌روند. همچنین ترپنوئیدهایی مانند پاکلیتاکسل از درخت سرخدار اقیانوس آرام (*تاکسوس برویفولیا*) و ترکیبات گوگردی مانند سولفورافان از سبزیجات چلیپایی، از طریق مکانیسم‌های متعدد از جمله القای آپوپتوز و مهار مسیرهای پیام‌رسانی سلولی، اثرات ضد سرطانی خود را نشان می‌دهند (Dar et al., 2023).

۳. خواص عملکردی و سلامتی‌بخش گیاهان دارویی مورد استفاده در صنعت غذا

مطالعات متعدد، اثربخشی عصاره‌هایی مانند رزماری، آویشن، اسطوخودوس و مریم گلی را در افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت محصولات غذایی نشان داده‌اند. اگرچه چالش‌هایی از قبیل تأثیر بر ویژگی‌های حسی و نیاز به بهینه‌سازی غلظت وجود دارد، اما به‌کارگیری فناوری‌های نوین از قبیل ریزپوشانی، فیلم‌های خوراکی و نانوامولسیون می‌تواند راهکار مناسبی برای استفاده کارآمد از این عصاره‌ها باشد (Awuchi, 2019). گیاهان دارویی معطر به عنوان طعم دهنده‌های طبیعی، جایگاه برجسته‌ای در صنایع غذایی و حوزه سلامت دارند. این گیاهان نه تنها به عنوان بهبود دهنده‌های عطر و طعم، بلکه به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست فعال ارزشمند نظیر فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و اسانس‌ها، دارای خواص درمانی متعددی هستند. مطالعات نشان می‌دهند، ترکیبات فنولی می‌توانند در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن غیرواگیردار نقش داشته باشند و به عنوان جایگزین‌های سالم برای افزودنی‌های مصنوعی، نمک و شکر در فرمولاسیون محصولات غذایی عمل کنند (Pal et al., 2020).

از جمله مهم‌ترین این گیاهان می‌توان به ریحان (*Ocimum sanctum*) و جعفری (*Petroselinum crispum*) اشاره کرد که دارای خواص تقویت‌کنندگی سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی هستند. این گیاهان با دارا بودن ترکیباتی مانند اوژنول در

ریحان و لوتئولین در جعفری، علاوه بر تأمین طعم و عطر متمایز، اثرات سلامت‌بخش قابل توجهی را ارائه می‌دهند. استفاده از شکل تازه یا خشک این گیاهان در غذاهایی مانند سالاد، سوپ، سس و محصولات پروتئینی، راهکاری ساده برای ارتقاء کیفیت تغذیه‌ای و حسی محصول نهایی است (Pal et al., 2020).

گونه‌های جنس Thymus، مانند *Thymus vulgaris*، *T. serpyllum*، *T. capitatus* و *T. kotschyanus*، به دلیل اسانس‌های ضروری غنی از تیمول و کارواکرول، ترکیباتی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قوی، ارزشمند هستند. این مواد زیست فعال به طور گسترده در سیستم‌های غذایی به ویژه در گوشت و فرآورده‌های گوشتی برای مهار رشد عوامل بیماری‌زا مانند *سالمونلا* و *اشریشیا کلی* و کاهش اکسیداسیون چربی و پروتئین استفاده شده‌اند. عصاره‌های آویشن در بهبود پایداری اکسیداتیو گوشت چرخ کرده گاو، کتلت گوشت خوک و ژامبون پخته شده مؤثر هستند و اغلب به صورت هم‌افزایی با سایر عصاره‌های گیاهی مانند رزماری عمل می‌کنند. علاوه بر این، استفاده از اسانس آویشن در ماتریس‌های غذایی، ضمن اینکه به عنوان یک نگهدارنده با برچسب ایمن عمل می‌کند، طعم طبیعی را نیز بهبود می‌بخشد. با این حال، عطر قوی اسانس آویشن می‌تواند بر خواص حسی غذاها تأثیر بگذارد و کپسوله کردن یا بهینه‌سازی فرمولاسیون را برای استفاده صنعتی ضروری سازد (Bolouri et al., 2022; Tocai et al., 2025).

پونه کوهی یکی دیگر از اعضای شناخته شده خانواده نعناعیان است که کاربردهای چند منظوره‌ای در صنایع غذایی دارد. اسانس این گیاه که عمدتاً از کارواکرول و تیمول تشکیل شده است، اثرات ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی قوی از خود نشان می‌دهد که به کاهش اکسیداسیون لیپیدها و فساد میکروبی در محصولات گوشتی کمک می‌کند. مطالعات گزارش شده نشان می‌دهند عصاره‌های پونه کوهی در برگ‌های بره و مواد بسته‌بندی فعال برای حفظ رنگ و به تأخیر انداختن ترشیدگی گنجانده شده‌اند. این گیاه به ویژه در افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت حسی مؤثر است و جایگزین طبیعی برای آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی مانند BHA و BHT ارائه می‌دهد. علاوه بر این، ترکیبات زیست فعال پونه کوهی هنگام استفاده در فرمولاسیون غذاهای کاربردی، به اثرات تقویت‌کننده سلامت کمک می‌کنند و از استفاده از آن به عنوان یک ماده دو منظوره (هم نگهدارنده و هم مغذی) پشتیبانی می‌کنند (Bolouri et al., 2022, Tocai et al., 2025).

رزماری به دلیل محتوای بالای دی‌ترپن‌های فنلی مانند اسید کارنوسیک، کارنوسول و اسید رزمارینیک، یکی از گیاهان دارویی است که به طور گسترده برای کاربردهای غذایی مورد مطالعه قرار گرفته است. این ترکیبات خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قوی دارند و عصاره‌های رزماری را در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها، حفظ رنگ گوشت و مهار عوامل بیماری‌زایی مانند *لیستریا مونوسیتوژنز* و گونه‌های *سالمونلا* بسیار مؤثر می‌کنند. این گیاه با موفقیت در ماتریس‌های غذایی متنوع از جمله روغن‌ها، شیرینی‌ها، لبنیات، نوشیدنی‌ها و فرآورده‌های گوشتی مختلف (گوشت مرغ، گاو و بره) مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، عصاره رزماری به عنوان یک افزودنی آنتی‌اکسیدان طبیعی (E392) در اتحادیه اروپا تأیید شده است. پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های استخراج و کپسوله‌سازی، سازگاری حسی عصاره‌های رزماری را بهبود بخشیده و امکان استفاده گسترده‌تر از آنها را در فرمولاسیون‌های غذایی با برچسب ایمن و کاربردی فراهم کرده است (Bolouri et al., 2022, Tocai et al., 2025).

در یک پژوهش، عصاره ریشه چوبک (*Acanthophyllum glandulosum*) به عنوان یک هیدروکلوئید طبیعی با خواص امولسیفایری و کف‌زایی قابل توجه، پتانسیل بالایی برای کاربرد در صنایع غذایی نشان داده است. مطالعات نشان می‌دهند این عصاره قادر است به طور مؤثری جایگزین امولسیفایرهای سنتی و حتی سفیده تخم‌مرغ در محصولاتی مانند مایونز، کیک و نوشیدنی‌ها شود. همچنین، با دارا بودن ترکیبات ساپونینی، علاوه بر بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی است که می‌تواند به افزایش ماندگاری محصولات غذایی کمک کند. به طور خاص، استفاده از

این عصاره در ماست منجر به کاهش معنی‌دار آب‌اندازی و افزایش ویسکوزیته ظاهری شده است. بنابراین، می‌توان از عصاره ریشه چوبک به عنوان یک جایگزین طبیعی و کارآمد در فرمولاسیون انواع محصولات غذایی استفاده نمود (Karazhiyan, 2019).

در پژوهشی دیگر، عصاره ریشه چوبک حاصل از استخراج با میدان الکتریکی پالسی به عنوان یک عامل فعال سطحی طبیعی، حاوی ساپونین و هیدروکلوئیدهای محلول در آب، در فرمولاسیون بستنی به‌کار گرفته شد. نتایج نشان داد افزودن این ترکیب در سطوح g/kg ۱/۵ تا ۴/۵، منجر به بهبود قابل توجه خصوصیات فیزیکی و حسی بستنی شد. از دیدگاه رئولوژیکی، افزایش این ترکیب سبب افزایش ضریب سازگاری و ویسکوزیته ظاهری و کاهش شاخص رفتار جریان شد که نشان‌دهنده رفتار غیرنیوتنی و رقیق شونده با برش است. از سوی دیگر، سختی و چسبندگی نمونه‌ها کاهش یافت. از نظر حسی، با وجود افزایش جزئی تلخی (به‌دلیل حضور ساپونین)، پذیرش کلی بیشترین مقدار را در نمونه حاوی g/kg ۴/۵ عصاره نشان داد (امتیاز ۸/۰ در مقابل ۶/۷ در شاهد) و همچنین کرمی بودن افزایش و زبری بافت کاهش یافت. این یافته‌ها تأیید می‌کنند عصاره ریشه چوبک می‌تواند به عنوان یک جایگزین طبیعی مؤثر برای امولسیفایرها و پایدار کننده‌های سنتزی در صنعت بستنی مورد استفاده قرار گیرد (Khosrow-Shahi et al. 2021). جدول ۱ برخی از گیاهان دارویی مورد استفاده در صنعت غذا را نشان می‌دهد.

جدول ۱- برخی گیاهان دارویی مورد استفاده در صنعت غذا

گیاه دارویی	ترکیبات زیست فعال اصلی	خواص عملکردی و زیستی	کاربرد در فرآورده‌های غذایی	منابع
آویشن	تیمول، کارواکرول	آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، بهبود پایداری اکسیداتیو	محصولات گوشتی، گوشت چرخ‌کرده، ژامبون	Bolouri et al., 2022; Tocai et al., 2025
پونه کوهی	کارواکرول، تیمول، فلاونوئیدها	ضد میکروبی، ضد اکسیداسیون، حفظ رنگ و طعم	برگر بره، بسته‌بندی فعال، سس‌ها	Bolouri et al., 2022; Tocai et al., 2025
رزماری	اسید کارنوسیک، کارنوسول، اسید رزمارینیک	آنتی‌اکسیدانی قوی، ضد *لیستریا*، ضد *سالمونلا*	گوشت گاو، روغن‌ها، لبنیات، شیرینی‌ها	Bolouri et al., 2022; Tocai et al., 2025
ریحان	اوژنول	آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، بهبود طعم	سالاد، سوپ، سس	Pal et al., 2020
جعفری	لوتئولین، فلاونوئیدها	تقویت سیستم ایمنی، آنتی‌اکسیدانی	فرآورده‌های گوشتی و غذایی آماده	Pal et al., 2020
ریشه چوبک	ساپونین‌ها، پلی‌ساکاریدها	امولسیفایر طبیعی، کف‌زا، ضد میکروبی	بستنی، مایونز، کیک، ماست	Karazhiyan, 2019

۴. فناوری‌های نوین در بهبود پایداری و عملکرد

ریزپوشانی روشی مؤثر برای گنجاندن ترکیبات زیست فعال حساس در کپسول‌های کوچک به منظور افزایش پایداری و فراهمی زیستی است. خواص مورفولوژیکی، راندمان ریزپوشانی و سینتیک آزادسازی از عوامل‌های مهم در ریزپوشانی هستند. ریزپوشانی یک فناوری نوین است که در آن مواد زیست فعال حساس (مانند کاروتنوئیدها و ترکیبات فنولی) درون یک پوسته یا ماتریکس پلیمری محصور می‌شوند. کارایی ریزپوشانی و سینتیک رهایش ترکیب از جمله پارامترهای کلیدی در طراحی و تولید ریزکپسول‌ها محسوب می‌شوند. کارایی ریزپوشانی تحت تأثیر عواملی همچون نوع و ترکیب مواد پوششی، روش تولید و برهمکنش بین ماده هسته و پوسته قرار دارد. از سوی دیگر، الگوی رهایش ترکیب محصورشده، که در سیستم‌های مخزنی

یا ماتریسی مبتنی بر مکانیسم‌های مختلفی مانند نفوذ یا تخریب است، تعیین‌کننده کیفیت نهایی ریزکپسول و قابلیت آن در آزادسازی کنترل شده ماده مؤثر در محل و زمان هدف می‌باشد. بنابراین، به‌کارگیری این فناوری نه تنها موجب بهبود فرآیندپذیری و افزایش زیست فراهمی ترکیبات می‌شود، بلکه افق‌های جدیدی را در صنایع غذایی و دارویی می‌گشاید (Huanget al., 2023).

نانوامولسیون‌ها در کاربردهای صنعتی مانند بخش‌های غذایی و دارویی، به ویژه برای کپسوله کردن ترکیبات زیست فعال، اهمیت فزاینده‌ای دارند. آن‌ها از دو فاز امتزاج‌ناپذیر، یک فاز پراکنده در یک فاز پیوسته، تشکیل شده‌اند که توسط سورفکتانت‌ها پایدار شده‌اند و یا از طریق روش‌های پرانرژی با استفاده از برش مکانیکی یا روش‌های کم‌انرژی با استفاده از پتانسیل شیمیایی و انتقال جرم تشکیل می‌شوند. یکی از مزایای کلیدی نانوامولسیون‌ها نسبت به امولسیون‌های سنتی، پایداری بیشتر آن‌ها و حذف نیاز به عوامل وزنی نامطلوب است که آن‌ها را ایمن‌تر می‌کند. علاوه بر این، خواص امولسیون، مانند آزادسازی و حفظ طعم‌ها، را می‌توان با تنظیم محتوای لیپید کنترل کرد. مواد آمفی‌فیلیک طبیعی، به ویژه پلی‌ساکاریدهای سولفاته مانند اولوان حاصل از جلبک‌ها، به دلیل زیست فعالی، تجدیدپذیری و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی منحصر به فردشان، امولسیفایرها و تثبیت‌کننده‌های امیدوارکننده‌ای هستند (Gan et al., 2023).

۵. نتیجه‌گیری

در مجموع، استفاده هدفمند و فناورانه از گیاهان دارویی در صنایع غذایی می‌تواند ضمن ارتقای کیفیت تغذیه‌ای و حسی محصولات، به افزایش ایمنی و پایداری غذایی نیز کمک کند. استفاده از عصاره‌ها و اسانس‌های این گیاهان به عنوان منابع طبیعی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی، رویکردی پایدار و ایمن در جهت جایگزینی افزودنی‌های سنتزی به شمار می‌رود. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که گیاهانی مانند آویشن، پونه کوهی و رزماری می‌توانند با مهار اکسیداسیون لیپیدها، کاهش رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و بهبود ویژگی‌های حسی، ماندگاری محصولات غذایی را به طور چشمگیری افزایش دهند. از سوی دیگر، پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های نوین مانند ریزپوشانی، نانوامولسیون‌ها و فیلم‌های خوراکی فعال، امکان افزایش پایداری و فراهمی زیستی ترکیبات حساس گیاهان دارویی را فراهم کرده‌اند. این رویکردها نه تنها موجب بهبود عملکرد ترکیبات زیست فعال در محیط‌های پیچیده غذایی می‌شوند، بلکه زمینه توسعه محصولات فراسودمند با برچسب ایمن را نیز مهیا می‌سازند. با این حال، برای بهره‌برداری بهینه از این ترکیبات، انجام پژوهش‌های بیشتر در زمینه پایداری ترکیبات فعال، بهینه‌سازی غلظت‌ها و تعاملات با ماتریس غذایی ضروری است تا بتوان مسیر تجاری‌سازی و استفاده صنعتی از این منابع طبیعی ارزشمند را هموارتر نمود.

۶. منابع

Awuchi, C.G. 2019. Medicinal plants: the medical, food, and nutritional biochemistry and uses. International Journal of Advanced Academic Research 5: 220–241.

Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Asgari-Lajayer, B., Hadian, J., and Astatkie, T. 2022. Applications of essential oils and plant extracts in different industries. Molecules. 27: 8999.

Cushnie, T.T., Cushnie, B., and Lamb, A.J. 2014. Alkaloids: An overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. International journal of antimicrobial agents 44: 377–386.

Dar, R.A., Shahnawaz, M., Ahanger, M.A., and Majid, I. 2023. Exploring the diverse bioactive compounds from medicinal plants: a review. The Journal of Phytopharmacology 12: 189–195.

Gan, S., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Zhang, L., and Liu, Y. 2023. Advances in processing, encapsulation, and analysis of food flavor compounds. Journal of Food Process Engineering 46: e14406.

Huang, K., Yuan, Y., and Baojun, X. 2023. A critical review on the microencapsulation of bioactive compounds and their application. Food reviews international 39: 2594–2634.

Karazhiyan, H. 2019. Chubak (*Acanthophyllum glandulosum*) root gum. Emerging Natural Hydrocolloids: Rheology and Functions 371–396.

Khosrow-Shahi, S., Didar, Z., Hesarinejad, M.A., and Vazifedoost, M. 2021. Optimized pulsed electric field-assisted extraction of biosurfactants from Chubak (*Acanthophyllum squarrosum*) root and application in ice cream. Journal of the Science of Food and Agriculture 101: 3693–3706.

Pal, R.S., Pal, Y., Saraswat, N., and Wal, P. 2020. A review on the recent flavoring herbal medicines of today. The Open Medicine Journal 7.

Tocai, A.C., Rosan, C.A., Teodorescu, A.G., Venter, A.C., and Vicas, S.I. 2025. Multifunctional Roles of Medicinal Plants in the Meat Industry: Antioxidant, Antimicrobial, and Color Preservation Perspectives. Plants 14: 2737.

Vuddanda, P.R., Chakraborty, S., and Singh, S. 2010. Berberine: a potential phytochemical with multispectrum therapeutic activities. Expert opinion on investigational drugs 19: 1297–1307.

Sensory and functional properties of medicinal plants in food products

Moein Ganjavi[1], Mohammad Balvardi*[2], Sepideh Khorasani[3]

1- M.Sc. student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

* Corresponding author: **mbalvardi@uk.ac.ir**

Abstract

With increasing concerns about the negative effects of synthetic additives in foods, the use of natural compounds with multiple functions, especially medicinal plants, has received special attention from researchers and food industry. Medicinal plants are a rich source of bioactive compounds such as phenols, terpenes, alkaloids and saponins that have antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, and health-promoting properties. Several studies have shown that extracts and essential oils of plants such as thyme, oregano, rosemary, basil, and parsley can improve oxidative stability, microbial safety, and sensory properties of food products. In addition, new technologies such as microencapsulation and nanoemulsions play a significant role in increasing the stability, bioavailability, and controlled release of sensitive compounds from these plants. The use of these technologies allows the production of food products with clean labels, high nutritional value, and improved functional properties. Overall, the integration of phytochemistry knowledge and new technologies in the use of medicinal plants paves the way for the development of healthy, sustainable, and functional food products.

Keywords: Medicinal plants, bioactive compounds, microencapsulation, food industry.

کاربرد خشک کردن انجمادی در حفظ کیفیت و پایداری محصولات لبنی

رضوان قادراحمدی[۱،۱]، رضا حاجی محمدی فریمانی[۲]، سپیده خراسانی[۳]، خدیجه خوش طینت[۴]، علی اکبریان موغاری[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- استادیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳- دانشیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۴- استادیار علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۵- شرکت صنایع شیر (پگاه)، تهران

چکیده

خشک کردن انجمادی (Freeze-Drying) یا لیوفیلیزاسیون یکی از پیشرفته ترین روش های نگهداری مواد غذایی است که توانایی حذف آب در دماهای پایین و تحت خلاء را دارد. این فناوری به ویژه در صنعت لبنیات برای حفظ ترکیبات حساس به حرارت، پروتئین ها، چربی ها و میکروارگانیسم های مفید کاربرد دارد. خشک کردن انجمادی امکان تولید محصولاتی مانند شیر خشک، ماست خشک شده، پنیر خشک و پروبیوتیک ها را با کیفیت حسی و تغذیه ای بالا را فراهم می کند و پایداری میکروبی آن ها را حفظ می کند.

این مقاله مروری به بررسی اثرات خشک کردن انجمادی بر کیفیت ترکیبی، ساختاری، حسی و میکروبی محصولات لبنی، مزایا، محدودیت ها و پیشنهادات پژوهشی می پردازد.

کلمات کلیدی: خشک کردن انجمادی، محصولات لبنی، حفظ کیفیت تغذیه ای، پایداری میکروبی

۱. مقدمه

حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات لبنی همواره یکی از چالش های صنعت غذا بوده است. بسیاری از محصولات لبنی مانند شیر، ماست، پنیر و محصولات پروبیوتیکی به حرارت حساس هستند و روش های سنتی خشک کردن می توانند باعث تخریب ترکیبات حساس و کاهش ارزش تغذیه ای شوند (Aryana & Olson,2017).

خشک کردن انجمادی با حذف آب در دمای پایین، توانایی حفظ ترکیبات حیاتی، پروتئین ها و میکروارگانیسم های مفید را دارد و از بروز واکنش های نامطلوبی مانند قهوه ای شدن غیر آنزیمی، دناتوراسیون پروتئین ها و اکسیداسیون چربی ها جلوگیری می کند. این ویژگی باعث می شود که محصولات لبنی به روش خشک کردن انجمادی، پس از افزودن آب یا مصرف، ویژگی های اصلی خود را حفظ کنند و در عین حال ماندگاری طولانی پیدا کنند (Fitri et al., 2022).

به همین دلیل خشک کردن انجمادی یکی از روش های برتر در تولید شیرخشک با کیفیت بالا، ماست خشک شده، پنیر خشک و پودر سرم شیر به شمار می رود. افزون بر این، استفاده از این فناوری در خشک کردن کشت های آغازگر لبنی و

[۱] نویسنده مسئول: rezvanghaderahmadi@gmail.com

پروبیوتیک ها، منجر به حفظ زنده مانی بیش از ۹۰٪ از سلول های باکتریایی در طی فرآیند و نگهداری طولانی مدت شده است (Harizi et al., 2023).

۲. اصول و مراحل فرآیند خشک کردن انجمادی

فرآیند خشک کردن انجمادی شامل سه مرحله اصلی هست :

۱) انجماد اولیه :

محصول در دمای پایین و به سرعت منجمد می شود. سرعت انجماد بر اندازه کریستال های یخ و میزان آسیب به ساختار سلولی تاثیر دارد. کریستال های کوچک باعث حفظ ساختار سلولی و کاهش آسیب مکانیکی می شوند.

۲) خشک سازی اولیه (Sublimation) :

آب منجمد مستقیما به بخار تبدیل می شود و از محصول خارج می گردد. این مرحله در خلاء انجام می شود تا واکنش های شیمیایی و آنزیمی محدود شوند.

۳) خشک سازی ثانویه (Desorption) :

رطوبت باقی مانده با افزایش دمای کنترل شده و کاهش فشار حذف می شود تا رطوبت نهایی به مقدار پایینی برسد (معمولا کمتر از ۴٪) و محصول پایدار شود (Ward., & Matejtschuk,2020).

۳. اثر خشک کردن انجمادی بر ترکیبات تغذیه ای و ساختار فیزیکی

مطالعات نشان می دهد که خشک کردن انجمادی ساختار گلبول های چربی شیر را حفظ می کند و باعث کاهش آسیب حرارتی به فسفولیپیدها می شود (Tsinontides et al., 2004).

پودر شیر به روش خشک کردن انجمادی دارای ابعاد ذرات بزرگتر و چگالی کمتر هستند که نشان دهنده ساختار غیر متراکم تر، سطح بزرگتر و احتمالا قابلیت بازسازی بهتر هستند.

خشک کردن انجمادی باعث حفظ آنزیم ها، پروتئین ها، ویتامین ها و سایر ترکیبات حساس می شود. استفاده از این روش در تولید شیر خشک نوزادان و مکمل های پروتئینی موجب حفظ عملکرد زیستی مواد اولیه می گردد (Baldelli et al., 2022).

مطالعات نشان می دهد به دلیل دمای پایین فرآیند، تا ۹۵ ٪ ویتامین ها و آنزیم ها پایدار باقی می مانند. بافت، رنگ و طعم محصولات پس از بازسازی مشابه نمونه تازه است (Deshwal et al., 2020).

۴. پایداری و ماندگاری محصولات خشک کردن انجمادی

با حذف آب آزاد و بخشی از آب پیوندی باعث کاهش فعالیت آبی(aw) محصول می شود، این کاهش فعالیت آبی یکی از کلیدی ترین عوامل افزایش ماندگاری، کاهش رشد میکروب ها، کاهش آنزیم و واکنش های اکسیداسیون است و محصولات لبنی می توانند بدون افزودنی های نگهدارنده و حتی بدون نیاز به سردخانه طولانی مدت نگهداری شوند (Tan et al., 2023).

در مطالعه ای مشاهده شد که پس از خشک کردن انجمادی، بافت ماست خشک شده تغییر کرده و باعث بهبود قابلیت بازسازی، کاهش نشت آب (Syneresis) و حفظ کیفیت حسی شد (Zur et al., 2021).

همچنین پنیر سفید خشک شده به روش خشک کردن انجمادی با حفظ رطوبت پایین و ساختار مناسب، قابلیت استفاده در فرآورده های پخته ای مانند نان و سوپ و سس ها را دارد و کیفیت حسی محصول حفظ می شود(Yang et al., 2023).

۵. حفظ میکروارگانیسم های مفید

خشک کردن انجمادی باعث حفظ زنده مانی میکروارگانیسم های مفید مانند Lactobacillus و Bifidobacterium می شود. در محصولات لبنی تخمیری و پروبیوتیکی حفظ زنده مانی میکروارگانیسم ها بسیار مهم است به علت اینکه این میکروارگانیسم ها در بهبود سلامت روده، تقویت سیستم ایمنی، کاهش کلسترول و افزایش ارزش تغذیه ای محصولات لبنی نقش کلیدی دارند.

در فرآیندهای خشک‌کردن متداول مانند خشک کردن پاششی(Spray-Drying)، حرارت بالا موجب دناتوره شدن پروتئین‌های سطحی سلول‌ها و تخریب غشاهای باکتریایی می‌شود و در نتیجه زنده‌مانی به کمتر از ۵۰٪ کاهش می‌یابد. در مقابل، خشک کردن انجمادی با حذف آب در دماهای بسیار پایین (۴۰- C^{o} تا ۶۰-C^{o})، فرآیند اکسیداتیو را به حداقل می‌رساند و در صورت استفاده از مواد محافظ مناسب، می‌تواند بیش از ۸۰–۹۵٪ زنده‌مانی را حفظ کند (Salar-Behzadi et al., 2013).

محافظ های زیستی شامل شیر بدون چربی، تریهالوز، آسکوربات سدیم، سوربیتول است که می تواند حدود ۷۰–۸۲ % زنده‌مانی پس از فرآیند خشک‌کردن و نگهداری شش‌ماهه در دمای ۴ C^{o} را حفظ کند. این ترکیب با فراهم‌کردن محیط اسمزی و جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها، از آسیب ساختاری سلول‌ها جلوگیری نمود.

دمای انجماد، فشار خلأ و سرعت خشک‌سازی از عوامل حیاتی در موفقیت فرآیند هستند. مطالعات نشان می‌دهند که کاهش دمای انجماد از 30- C^{o} به 50- C^{o} منجر به افزایش زنده‌مانی از ۷۰٪ به بیش از ۹۰٪ می‌شود (Liao et al., 2017).

۶. کاربرد خشک کردن انجمادی در صنعت لبنیات

۱) شیر خشک : یکی از مهم ترین کاربرد های صنعتی خشک کردن انجمادی، تولید شیر خشک مخصوص نوزادان است. در این نوع محصول، حفظ ترکیبات تغذیه ای مانند پروتئین ها، آنزیم ها و ویتامین ها اهمیت ویژه ای دارد. استفاده از خشک کردن انجمادی موجب کاهش تخریب حرارتی می شود و خواص عملکردی شیر حفظ می شود. همچنین شیر خشک تهیه شده در این روش دارای قابلیت انحلال بالا و پایداری تغذیه ای بیشتر نسبت به خشک کردن پاششی است (Ermis et al., 2018) و (Bhushani & Anandharamakrishnan,2017).

۲) ماست خشک : ماست خشک شده به روش خشک کردن انجمادی یکی از محصولات نوآورانه در بازار جهانی لبنیات است. در این فرآیند، ساختار ژل ماست در اثر حذف ملایم رطوبت حفظ شده و با افزودن آب مجددا به حالت اولیه بر می گردد(Venir et al., 2007).

۳) پنیر خشک : در تولید پنیر خشک هدف حفظ طعم و ساختار در کنار افزایش ماندگاری است. خشک کردن انجمادی با جلوگیری از تخریب پروتئین ها و چربی ها، موجب بهبود خواص رئولوژیکی و کاهش واکنش های قهوه ای شدن می شود. پنیر خشک حاصل، قابلیت استفاده در محصولات غذایی آماده مانند سوپ ها، سس ها، پیتزا ها و نان های صنعتی را دارد. این نوع پنیر ها همچنین از نظر خواص امولسیون سازی و ذوب پذیری عملکرد بهتری نسبت به نمونه های خشک شده به روش حرارتی نشان داده اند (Anandharamakrishnan, 2017).

۴) پودر سرم شیر : پودر سرم شیر از محصولات جانبی فرآوری پنیر است که غنی از پروتئین های با ارزش زیستی بالا می باشد. استفاده از خشک کردن انجمادی برای خشک کردن سرم شیر باعث بهبود ویژگی های عملکردی از جمله کف کنندگی، پایداری امولسیون و حلالیت می شود. همچنین مطالعات نشان داده اند که در این روش، دناتوراسیون پروتئین ها به حداقل رسیده و رنگ و طعم محصول حفظ می گردد (Anandharamakrishnan, 2017).

۵) بستنی خشک : یکی دیگر از کاربرد های پیشرفته خشک کردن انجمادی در صنعت لبنیات، تولید دسر ها و بستنی خشک شده است. در این فرآیند ساختار سلولی و بافت هوادار بستنی حفظ می شود و محصول نهایی سبک، ترد و قابل نگهداری در دمای اتاق است. این نوع محصولات در صنایع غذایی خاص و حتی در تغذیه فضانوردان به کار گرفته می شوند (Tibbetts, 2019)

۷. مزایا و محدودیت ها

مزایا :

۱) حفظ کامل ارزش تغذیه ای و حسی
۲) افزایش طول عمر و سهولت حمل و نقل
۳) عدم نیاز به سردخانه برای نگهداری طولانی مدت
۴) امکان بازسازی کامل با افزودن آب

محدودیت ها :

۱) هزینه ی بالای تجهیزات و انرژی
۲) زمان بر بودن فرآیند
۳) نیاز به شرایط خلاء پایدار و کنترل دقیق دما
۴) ضرورت افزودن ترکیبات محافظ برای برخی محصولات حساس (Bi et al., 2025)

۸. نتیجه گیری

خشک کردن انجمادی در مقایسه با سایر روش های خشک کردن، بهترین تعادل را میان حفظ کیفیت، پایداری و ارزش تغذیه ای در محصولات لبنی ایجاد می کند. هرچند هزینه ی انرژی و زمان فرآیند چالش برانگیز است، پیشرفت های جدید در بهینه سازی مصرف انرژی و طراحی تجهیزات هوشمند، آینده ای روشن برای گسترش استفاده از این فناوری در صنعت لبنیات نوید می دهد.

۹. منابع

1. Aryana, K. J., & Olson, D. W. (2017). A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of dairy science*, *100*(12), 9987-10013.

2. Fitri, N., Chan, S. X. Y., Che Lah, N. H., Jam, F. A., Misnan, N. M., Kamal, N., ... & Abas, F. (2022). A comprehensive review on the processing of dried fish and the associated chemical and nutritional changes. Foods, 11(19), 2938.

3. Harizi, N., Madureira, J., Zouari, A., Ayadi, M. A., Cabo Verde, S., & Boudhrioua, N. (2023). Effects of spray drying, freeze drying and gamma irradiation on the antioxidant activities of camel and cow milk fractions. Processes, 11(3), 897.

4. Ward, K. R., & Matejtschuk, P. (2020). The principles of freeze-drying and application of analytical technologies. Cryopreservation and freeze-drying protocols, 99-127.

5. Tsinontides, S. C., Rajniak, P., Pham, D., Hunke, W. A., Placek, J., & Reynolds, S. D. (2004). Freeze drying—principles and practice for successful scale-up to manufacturing. International journal of pharmaceutics, 280(1-2), 1-16.

6. Baldelli, A., Oguzlu, H., Liang, D. Y., Subiantoro, A., Woo, M. W., & Pratap-Singh, A. (2022). Spray freeze drying of dairy products: Effect of formulation on dispersibility. Journal of Food Engineering, 335, 111191.

7. Deshwal, G. K., Singh, A. K., Kumar, D., & Sharma, H. (2020). Effect of spray and freeze drying on physico-chemical, functional, moisture sorption and morphological characteristics of camel milk powder. Lwt, 134, 110117.

8. Tan, S., Harris, J., Roque, B. M., Askew, S., & Kinley, R. D. (2023). Shelf-life stability of Asparagopsis bromoform in oil and freeze-dried powder. Journal of Applied Phycology, 35(1), 291-299.

9. Zur, M., Gorenbein, P., Nachshon, A., Radomislensky, I., Tsur, A. M., Benov, A., ... & Glassberg, E. (2021). Post-expiry stability of freeze-dried plasma under field conditions–Can shelf life be extended. Transfusion, 61(5), 1570-1577.

10. Yang, H., Huang, P., Hao, L., Che, Y., Dong, S., Wang, Z., & Wu, C. (2023). Enhancing viability of dried lactic acid bacteria prepared by freeze drying and spray drying via heat preadaptation. Food microbiology, 112, 104239.

11. Salar-Behzadi, S., Wu, S., Toegel, S., Hofrichter, M., Altenburger, I., Unger, F. M., ... & Viernstein, H. (2013). Impact of heat treatment and spray drying on cellular properties and culturability of Bifidobacterium bifidum BB-12. Food Research International, 54(1), 93-101.

12. Liao, L. K., Wei, X. Y., Gong, X., Li, J. H., Huang, T., & Xiong, T. (2017). Microencapsulation of Lactobacillus casei LK-1 by spray drying related to its stability and in vitro digestion. LWT-food science and technology, 82, 82-89.

13. Ermis, E., Güner, K. Ö., & Yilmaz, M. T. (2018). Characterization of hazelnut milk powders: a comparison of spray-drying and freeze-drying. International Journal of Food Engineering, 14(11-12), 20180085.

14. Bhushani, A., & Anandharamakrishnan, C. (2017). Freeze drying. Handbook of drying for dairy products, 95-121.

15. Venir, E., Del Torre, M., Stecchini, M. L., Maltini, E., & Di Nardo, P. (2007). Preparation of freeze-dried yoghurt as a space food. Journal of food engineering, 80(2), 402-407.

16. Anandharamakrishnan, C. (Ed.). (2017). Handbook of drying for dairy products. John Wiley & Sons.

17. Tibbetts, J. H. (2019). Gardening of the Future—From Outer to Urban Space: Moving from freeze-dried ice cream to fresh-picked salad greens. BioScience, 69(12), 962-968.

18. Bi, J., Feng, S., Ma, Y., & Xie, Y. (2025). Freeze-drying in food: Principles, equipment innovations, and emerging trends for health-focused products. Drying Technology, 43(13), 1881-1893.

Application of freeze-drying in maintaining the quality and stability of dairy products

Razvan Ghader Ahmadi, 1, Reza Hajimohammadi Farimani2, Sepideh Khorasani3, Khadijeh Khoshtainet4, Ali Akbarian Moghari5

-۱Master's student in Food Science and Technology, Shahid Bahonar University of Kerman
-۲Assistant Professor, Department of Food Science and Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman
-۳Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman
-۴Assistant Professor of Food Science and Technology, National Institute of Nutrition and Food Industry Research, Shahid Beheshti University of Medical Sciences
-۵Milk Industries Company (Pegah), Tehran

Abstract

Freeze-drying or lyophilization is one of the most advanced food preservation methods that has the ability to remove water at low temperatures and under vacuum. This technology is especially used in the dairy industry to preserve heat-sensitive compounds, proteins, fats and beneficial microorganisms. Freeze-drying allows the production of products such as powdered milk, dried yogurt, dried cheese and probiotics with high sensory and nutritional quality and maintains their microbial stability.This review article examines the effects of freeze-drying on the compositional, structural, sensory and microbial quality of dairy products, advantages, limitations and research suggestions.

Keywords: Freeze-Drying, Dairy Products, Preservation Of Nutritional Quality, Microbial Stability

از دریا تا طول عمر: نقش ترکیبات زیست‌فعال دریایی در تغذیه و سلامت دوران پیری

فاطمه طهماسوند[۱،۱]، مائده محمدی[۱]، رومینا زمانی[۱]، مریم تجلایی[۱]، تبسم پیرشیخانی[۲]

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

پیری فرآیندی پیچیده و چندبعدی است که با افزایش شیوع بیماری‌های مزمن نظیر اختلالات قلبی‌عروقی، سندرم‌های متابولیک و بیماری‌های عصبی‌تخریبی همراه است. در این زمینه، ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از منابع دریایی به عنوان عوامل نویدبخش در ارتقای سلامت و کاهش اثرات فیزیولوژیک پیری مورد توجه قرار گرفته‌اند. این ترکیبات شامل آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و پلی‌ساکاریدهای دریایی هستند که از طریق مهار استرس اکسیداتیو، تعدیل مسیرهای التهابی و بهبود عملکرد متابولیکی، در حفظ هموستاز سلولی و تقویت مکانیسم‌های دفاعی بدن نقش دارند. ادغام این ترکیبات در فرمولاسیون غذاهای کاربردی نه‌تنها موجب تأمین مواد مغذی ضروری می‌شود، بلکه پتانسیل درمانی قابل‌توجهی نیز در پیشگیری یا به‌تأخیر انداختن بیماری‌های وابسته به سن دارد. با توجه به رشد قابل‌ملاحظه بازار جهانی محصولات ضد پیری، به‌ویژه در آمریکای شمالی، اروپا و آسیا، اهمیت توسعه و بهره‌برداری از این منابع زیست‌فعال بیش از پیش آشکار شده است. این مطالعه با مروری نظام‌مند بر پژوهش‌های موجود، به شناسایی ترکیبات کلیدی دریایی، بررسی سازوکارهای عمل آنها و تبیین کاربردهای بالقوه‌شان در ارتقای پیری سالم و بهبود کیفیت زندگی سالمندان می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: ضد پیری، غذای کاربردی، ترکیبات زیست فعال مشتق شده از دریا

۱. مقدمه

فرآیند پیری ناشی از تعامل عوامل ژنتیکی، محیطی و سبک زندگی است که منجر به تغییرات فیزیولوژیکی و عملکردی می‌شود(Han *et al.*, ۲۰۲۴). با افزایش جمعیت جهان، تأکید بر افزایش طول عمر سالم و کاهش بیماری‌های مرتبط با سن در حال گسترش است(Li *et al.*, ۲۰۲۱). در این زمینه، ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از منابع دریایی به عنوان راهبردی امیدوارکننده در قالب غذاهای کاربردی مورد توجه قرار گرفته‌اند(Menon *et al.*, ۲۰۰۹; Ki *et al.*, ۲۰۲۴; Tenchov *et al.*, ۲۰۲۴).

محیط‌های دریایی منبع غنی از ترکیبات منحصر به فرد با فعالیت‌های بیولوژیکی قوی هستند (Romano *et al.*, ۲۰۱۷; Karthikeyan *et al.*, ۲۰۲۲) که قادر به مقابله با اختلالات متابولیک مرتبط با پیری از جمله استرس اکسیداتیو، التهاب و کاهش سیستم ایمنی می‌باشند(D'Orazio *et al.*, ۲۰۱۲; Hamed *et al.*, ۲۰۱۵). ادغام این ترکیبات در غذاهای کاربردی مزیت دوگانهٔ تأمین مواد مغذی ضروری و اثرات درمانی را ارائه می‌دهد(Alves *et al.*, ۲۰۲۰; Hosseini *et al.*, ۲۰۲۲).

این مقاله مروری با بررسی پتانسیل تغذیه‌ای و درمانی مواد غذایی مشتق از منابع دریایی، به تحلیل ترکیبات زیست‌فعال کلیدی، مکانیسم‌های عمل و فواید سلامتی آن‌ها می‌پردازد و نقش ادغام این مواد در غذاهای کاربردی را برای حمایت از پیری سالم و مقابله با بیماری‌های مرتبط با سن تبیین می‌کند..

۲ .فعالیت آنتی‌اکسیدانی

[۱] **نویسنده مسئول:** Email: f.tahmasvand24@gmail.com

اگرچه محیط دریایی سرشار از محصولات طبیعی با ارزش تجاری با خواص آنتی‌اکسیدانی است، اما همچنان تا حد زیادی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (Pangestuti *et al.*, ۲۰۱۱). طیف گسترده‌ای از موجودات دریایی، از جلبک‌ها و اسفنج‌ها گرفته تا باکتری‌ها و قارچ‌ها، به طور قابل توجهی در تولید آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی نقش دارند (Gomez-Guillen *et al.*, 2011; Heffernan *et al.*, 2015).

ویتامین‌های آنتی‌اکسیدان

ویتامین‌های مشتق‌شده از منابع دریایی مانند ویتامین C و E نقش حیاتی در محافظت از سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو ایفا می‌کنند(Dashputre *et al.*, ۲۰۲۳). این ویتامین‌ها از طریق مکانیسم‌های متعددی شامل خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، مهار پراکسیداسیون لیپیدی، بازسازی آنتی‌اکسیدان‌های اکسیدشده و تعدیل بیان ژن‌های مرتبط با دفاع آنتی‌اکسیدانی عمل می‌کنند(Dao *et al.*, ۲۰۱۷; Kaźmierczak-Barańska *et al.*, ۲۰۲۰). جلبک‌های دریایی منبع غنی و یکنواختی از ویتامین C هستند، در حالی که ریزجلبک‌هایی نظیر Dunaliella tertiolecta و Tetraselmis suecica تولیدکنندگان فعال ویتامین E (آلفا-توکوفرول) محسوب می‌شوند(Carballo-Cárdenas *et al.*, ۲۰۰۳). این ترکیبات با عملکرد هم‌افزایی خود پتانسیل قابل توجهی در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن دارند (Sato *et al.*, 1990; Gitto *et al.*, 2001; Traber *et al.*, 2007; Fonseca *et al.*, 2021).

۳. ترکیبات دریایی برای CVD

بیماری‌های قلبی عروقی همچنان یکی از علل اصلی مرگ و میر و ابتلا در سطح جهان است و شیوع آن در دهه‌های اخیر به طور قابل توجهی افزایش یافته است. در پاسخ به این نگرانی، منابع دریایی توجه قابل توجهی را در صنایع دارویی و غذایی بهداشتی به خود جلب کرده‌اند(Han *et al.*, ۲۰۲۴).

۳.۱. زاگزانتین

زاگزانتین یک کاروتنوئید زانتوفیل است که در جلبک‌ها یا ریزجلبک‌ها یافت می‌شود. علاوه بر این، تحقیقاتی برای شناسایی روش‌های جدید استخراج، از جمله تکنیک‌های مبتنی بر اولتراسوند، مایکروویو و UV/MS، همراه با توسعه ریزجلبک‌ها و گونه‌های دریایی جدید (به عنوان مثال، Tisochrysis lutea ، Porphyridium cruentum و Phaeodactylum tricornutum) به منظور به دست آوردن زاگزانتین در حال انجام است (Prabhu *et al.*, ۲۰۱۳; Tjandrawinata *et al.*, ۲۰۲۴; Zazirna *et al.*, ۲۰۲۴). زآگزانتین از طریق خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و بهبود عملکرد اندوتلیال، نویدبخش پیشرفت‌های قابل توجهی در پیشگیری و مدیریت بیماری‌های قلبی عروقی است (Ferraz *et al.*, ۲۰۲۲).

۳.۲ الیگوساکاریدهای آلژینات

الیگوساکاریدهای آلژینات، مواد زیست‌فعال تأییدشده توسط FDA هستند که عمدتاً از جلبک‌های قهوه‌ای دریایی استخراج می‌شوند. این ترکیبات از پایداری شیمیایی و زیست‌سازگاری بالایی برخوردارند. فرآیند تولید شامل تصفیه قلیایی جلبک، به دنبال آن خالص‌سازی و تغلیظ برای به‌دست آوردن فرم مطلوب است. این الیگوساکاریدها کاربردهای گسترده‌ای در حوزه‌های زیست‌پزشکی، به عنوان عوامل غلیظ‌کننده، مواد قالب‌گیری دندان و تشکیل ژل دارند (Liu *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2023; Ning *et al.*, 2024).

۴. ترکیبات دریایی برای پیری پوست

کربوهیدرات‌های مشتق‌شده از جلبک‌های دریایی

جلبک‌های دریایی با دارا بودن ترکیبات متنوعی از جمله کربوهیدرات‌ها به عنوان فراوان‌ترین اجزا، نقش مهمی در صنایع آرایشی و مراقبت از پوست ایفا می‌کنند(Kim *et al.*, ۲۰۲۳). پیری پوست عمدتاً با افزایش فعالیت متالوپروتئینازهای ماتریکس (MMPs) و تخریب کلاژن مرتبط است(Loo *et al.*, ۲۰۲۳). در این زمینه، پلی‌ساکاریدهای استخراج‌شده از جلبک‌ها اثرات بازدارنده قابل توجهی نشان می‌دهند: فوکوئیدان (از جلبک قهوه‌ای) با جلوگیری از کاهش ترشح کلاژن، نقش محافظتی دارد(Senni *et al.*, 2006; Wijesinghe *et al.*, 2012). لامیناران (از جلبک قهوه‌ای) با سرکوب MMP-1 ، ضخامت پوست را در برابر پرتوهای UVA/UVB بهبود می‌بخشد(Cui *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2024). کاراگینان (از جلبک قرمز) در سه نوع κ ، ι و λ ، به‌طور گسترده در فرمولاسیون محصولات آرایشی و مراقبت از پوست به عنوان عوامل ژل‌کننده و غلیظ‌کننده استفاده می‌شود(Pangestuti *et al.*, ۲۰۱۴). این ترکیبات با تنظیم مسیرهای تخریب کلاژن و بهبود ساختار پوست، راهکارهای مؤثری برای مقابله با پیری پوست ارائه می‌دهند.

۵. ترکیبات دریایی برای سلامت استخوان و مفاصل

۵,۱. مواد معدنی مشتق شده از جلبک دریایی

هیدروکسی آپاتیت، یک شکل معدنی طبیعی از آپاتیت کلسیم، به دلیل زیست‌سازگاری‌اش برای بازسازی استخوان حیاتی است. این ماده از اتصال، تکثیر و تمایز استئوبلاست‌ها پشتیبانی می‌کند که همگی برای تشکیل استخوان جدید ضروری هستند (Kim *et al.*, ۲۰۲۴; Min *et al.*, ۲۰۲۴). سازگاری هیدروکسی آپاتیت زمانی افزایش می‌یابد که از مواد بیولوژیکی مانند استخوان ماهی یا کربنات‌های کلسیم بیوژنیک دریایی که معمولاً به صورت کلسیت یا آراگونیت وجود دارند، تهیه شود (Akram *et al.*, ۲۰۱۳).

۵,۲ آکوامین®

آکوامین یک مکمل طبیعی و چند ماده معدنی است که از گونه جلبک دریایی قرمز Lithothamnion گرفته شده است. این مکمل سرشار از کلسیم، منیزیم و بیش از ۷۰ ماده معدنی کمیاب دیگر است که به راحتی توسط بدن جذب و استفاده می‌شوند. درمان با آکوامین باعث افزایش کانی‌سازی در کشت سلول‌های استئوبلاست می‌شود (O'Gorman *et al.*, ۲۰۱۲).

۵.۳ گلوکوزامین

گلوکزامین، یک آمینوساکارید رایج در غضروف و مایع سینوویال، به عنوان یک سوبسترای حیاتی برای بیوسنتز زنجیره‌های گلیکوزآمینوگلیکان، اگریکان و پروتئوگلیکان‌های مختلف در غضروف عمل می‌کند (Roughley *et al.*, ۲۰۱۴). نکته قابل توجه این است که خواص آبدوستی اگریکان به طور مثبت در مدیریت آرتروز نقش دارد و عملکرد و یکپارچگی مفاصل را افزایش می‌دهد (Shahidi *et al.*, ۲۰۱۵). به طور سنتی، گلوکزامین از پوسته صدف‌های دریایی، از جمله میگو، خرچنگ، شاه‌میگو، میگو، ماهی مرکب و کریل تهیه می‌شود (Shahidi *et al.*, ۲۰۱۵). در پیشرفت‌های اخیر، گلوکزامین مشتق شده از جلبک به عنوان یک جایگزین گیاهی مناسب برای افراد مبتلا به آلرژی به صدف به طور فعال مورد توجه قرار گرفته است و در نتیجه خطرات مرتبط با گلوکزامین مشتق شده از صدف را کاهش می‌دهد (Chen *et al.*, ۲۰۲۲).

۶. ترکیبات دریایی برای سارکوپنیا

با افزایش سن، افراد ممکن است دچار سارکوپنی شوند، وضعیتی که با کاهش تدریجی توده عضلانی، قدرت و عملکرد آن مشخص می‌شود. سالانه، افراد مسن تقریباً ۱٪ از توده عضلانی و قدرت خود را از دست می‌دهند (Goodpaster *et al.*, 2006; Han *et al.*, 2024).

۶,۱ پپتید کلاژن

کلاژن جزء اصلی بافت همبند، از جمله عضله، تاندون‌ها و رباط‌ها است و نقش مهمی در تولید عضله و سلامت کلی عضلات دارد. مکمل غذایی کلاژن از طریق پشتیبانی از ساختار عضله و تأمین اسیدهای آمینه با اثرات ضد التهابی، به افزایش وزن عضلات و بهبود عملکرد عضلات کمک می‌کند. پوست و فلس ماهی منابع دریایی عالی کلاژن هستند (Chinh *et al.*, ۲۰۱۹) که به دلیل فراهمی زیستی بالا و اثربخشی آنها به دلیل مولکول‌های پپتیدی کوچکترشان در مقایسه با سایر منابع کلاژن شناخته شده‌اند.

۶,۲ کاروتنوئیدهای دریایی

فوکوگزانتین یک کاروتنوئید دریایی است که به طور خاص توسط جلبک‌های قهوه‌ای و دیاتوم‌ها تولید می‌شود. این ماده اثرات مفیدی بر چاقی، سرطان و اکسیداسیون دارد(Zhiyin *et al.*, ۲۰۲۱).

آستاگزانتین، یک کاروتنوئید زانتوفیل، به دلیل تعداد بیشتر پیوندهای دوگانه مزدوج در مقایسه با بسیاری از کاروتنوئیدهای دیگر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بسیار بالایی دارد (Higuera-Ciapara *et al.*, ۲۰۰۶). این رنگدانه در میکروارگانیسم‌ها و حیوانات دریایی مختلف یافت می‌شود. اثر آنتی‌اکسیدانی آستاگزانتین نسبت به سایر مواد طبیعی که می‌توانند از آسیب اکسیداتیو، عامل اصلی در روند پیری، جلوگیری کنند، برجسته‌تر است.

۷. ملاحظاتی برای کاربردهای عملی

ریزجلبک‌ها به عنوان پالایشگاه‌های زیستی دریایی، پتانسیل بالایی برای تولید ترکیبات باارزش دارند. این موجودات منبعی برای ترکیبات زیست‌فعال، لیپیدها (جهت تولید سوخت‌های زیستی)، الیگوساکاریدها (جهت تولید بیوپلاستیک) و کربوهیدرات‌های قابل تخمیر به بیواتانول هستند (Musa *et al.*, 2019; Takahashi, 2019; Okeke *et al.*, 2022; Sharma *et al.*, 2022).

چالش‌های اصلی در بهره‌برداری صنعتی از منابع دریایی عبارتند از:ویژگی‌های حسی نامطلوب :بو و طعم نامطبوع که پذیرش مصرف‌کننده را محدود می‌کند. راه‌حل‌های بالقوه شامل هیدرولیز آنزیمی و میکروکپسولاسیون است.آلرژی‌زایی :چالشی جدی در صنعتی‌سازی، به‌ویژه در حوزه‌های غذایی و بهداشتی. هیچ راه‌حل کامل و مقرون‌به‌صرفه‌ای برای حذف آلرژن‌ها یا تولید جایگزین‌های غیرآلرژیک وجود ندارد. تحقیقات کنونی بر شناسایی مولکولی آلرژن‌ها، بهبود روش‌های تشخیصی و توسعه ایمونوتراپی متمرکز است. پیچیدگی ترکیبات و نیاز به خالص‌سازی :گونه‌های دریایی دارای ترکیبات متعددی هستند و دستیابی به خلوص بالا برای جداسازی و بهره‌برداری از یک ترکیب خاص، ضروری است (Liu *et al.*, 2021; Perez-Palacios *et al.*, 2022; Han *et al.*, 2024).

تمرکز اصلی تحقیقات آتی باید بر توسعه و بهینه‌سازی فناوری‌های زیست‌پالایشگاهی و روش‌های استخراج نوآورانه باشد تا بر چالش‌های فوق غلبه کرده و استفاده صنعتی و اقتصادی از این منابع دریایی را ممکن سازد(Chen *et al.*, ۲۰۲۳).

۸. نتیجه

ترکیبات زیست‌فعال مشتق‌شده از منابع دریایی، منابع نویدبخشی برای ارتقای پیری سالم و کاهش بار بیماری‌های مرتبط با سن هستند. این ترکیبات از طریق آثار آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تقویت متابولیک، در حفظ تعادل فیزیولوژیکی و پیشگیری از اختلالات مزمن نقش مهمی ایفا می‌کنند. با وجود فواید گسترده، توجه به محدودیت‌های بالقوه از جمله تداخلات دارویی، سمیت احتمالی و مسائل جذب مواد مغذی ضروری است. بهره‌برداری هدفمند و علمی از این ترکیبات در توسعه غذاهای کاربردی، نه‌تنها به حمایت از سلامت جمعیت مسن کمک می‌کند، بلکه فرصتی پایدار برای استفاده بهینه از منابع دریایی و کاهش اثرات زیست‌محیطی فراهم می‌آورد.

۹. منابع

Akram, M. *et al.* (2013) "Extracting hydroxyapatite and its precursors from natural resources," *Journal of Materials Science 2013 49:4*, 49(4), pp. 1461–1475. Available at: https://doi.org/10.1007/S10853-013-7864-X.

Alves, A. *et al.* (2020) "Marine-Derived Compounds with Potential Use as Cosmeceuticals and Nutricosmetics," *Molecules 2020, Vol. 25, Page 2536*, 25(11), p. 2536. Available at: https://doi.org/10.3390/MOLECULES25112536.

Carballo-Cárdenas, E.C. *et al.* (2003) "Vitamin E (α-tocopherol) production by the marine microalgae Dunaliella tertiolecta and Tetraselmis suecica in batch cultivation," *Biomolecular Engineering*, 20(4–6), pp. 139–147. Available at: https://doi.org/10.1016/S1389-0344(03)00040-6.

Chen, J. *et al.* (2022) "Two new N-acetyl-D-glucosamine derivatives from the medical algae-derived endophytic fungus Penicillium chrysogenum," *Natural Product Research*, 36(15), pp. 3988–3991. Available at: https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1889543;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:GNPL20;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER.

Chen, J. *et al.* (2024) "Metabolisms and multiple functions of laminaran in marine algae under global change: A critical review," *Carbohydrate Polymers*, 327, p. 121652. Available at: https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2023.121652.

Chen, N. *et al.* (2023) "Structures and Anti-Allergic Activities of Natural Products from Marine Organisms," *Marine Drugs*, 21(3), p. 152. Available at: https://doi.org/10.3390/MD21030152/S1.

Chinh, N.T. *et al.* (2019) "Characterization of Collagen Derived From Tropical Freshwater Carp Fish Scale Wastes and Its Amino Acid Sequence," *Natural Product Communications* [Preprint]. Available at: https://doi.org/10.1177/1934578X19866288.

Cui, L.B. *et al.* (2013) "The Kunming mouse: as a model for age-related decline in female fertility in human," *Zygote*, 21(4), pp. 367–376. Available at: https://doi.org/10.1017/S0967199412000123.

D'Orazio, N. *et al.* (2012) "Marine Bioactives: Pharmacological Properties and Potential Applications against Inflammatory Diseases," *Marine Drugs 2012, Vol. 10, Pages 812-833*, 10(4), pp. 812–833. Available at: https://doi.org/10.3390/MD10040812.

Dao, D.Q. *et al.* (2017) "Is Vitamin A an Antioxidant or a Pro-oxidant?," *Journal of Physical Chemistry B*, 121(40), pp. 9348–9357. Available at: https://doi.org/10.1021/ACS.JPCB.7B07065.

Dashputre, N.L. *et al.* (2023) "Marine-derived sources of nutritional vitamins," *Vitamins as Nutraceuticals: Recent Advances and Applications*, pp. 129–166. Available at: https://doi.org/10.1002/9781394175543.CH6;JOURNAL:JOURNAL:BOOKS;WGROUP:STRING:PUBLICATION.

Ferraz, C.A.A. *et al.* (2022) "Carotenoids from Marine Microalgae as Antimelanoma Agents," *Marine Drugs 2022, Vol. 20, Page 618*, 20(10), p. 618. Available at: https://doi.org/10.3390/MD20100618.

Fonseca, A.S. *et al.* (2021) "Occupational Exposure and Environmental Release: The Case Study of Pouring TiO2 and Filler Materials for Paint Production," *International Journal of Environmental Research and Public Health 2021, Vol. 18, Page 418*, 18(2), p. 418. Available at: https://doi.org/10.3390/IJERPH18020418.

Gitto, E. *et al.* (2001) "Individual and synergistic antioxidative actions of melatonin: studies with vitamin E, vitamin C, glutathione and desferrrioxamine (desferoxamine) in rat liver homogenates," *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 53(10), pp. 1393–1401. Available at: https://doi.org/10.1211/0022357011777747.

Gomez-Guillen, M.C. *et al.* (2011) "Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review," *Food Hydrocolloids*, 25(8), pp. 1813–1827. Available at: https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2011.02.007.

Goodpaster, B.H. *et al.* (2006) "The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study," *The Journals of Gerontology: Series A*, 61(10), pp. 1059–1064. Available at: https://doi.org/10.1093/GERONA/61.10.1059.

Hamed, I. *et al.* (2015) "Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), pp. 446–465. Available at: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12136;JOURNAL:JOURNAL:15414337;WGROUP:STRING:PUBLICATION.

Han, Y., Kim, D.H. and Pack, S.P. (2024) "Marine-Derived Bioactive Ingredients in Functional Foods for Aging: Nutritional and Therapeutic Perspectives," *Marine Drugs 2024, Vol. 22, Page 496*, 22(11), p. 496. Available at: https://doi.org/10.3390/MD22110496.

Han, Z.L. *et al.* (2021) "Potassium alginate oligosaccharides alter gut microbiota, and have potential to prevent the development of hypertension and heart failure in spontaneously hypertensive rats," *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), p. 9823. Available at: https://doi.org/10.3390/IJMS22189823/S1.

Heffernan, N. *et al.* (2015) "Profiling of the Molecular Weight and Structural Isomer Abundance of Macroalgae-Derived Phlorotannins," *Marine Drugs 2015, Vol. 13, Pages 509-528*, 13(1), pp. 509–528. Available at: https://doi.org/10.3390/MD13010509.

Higuera-Ciapara, I., Félix-Valenzuela, L. and Goycoolea, F.M. (2006) "Astaxanthin: A review of its chemistry and applications," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), pp. 185–196. Available at: https://doi.org/10.1080/10408690590957188;CTYPE:STRING:JOURNAL.

Hosseini, S.F., Rezaei, M. and McClements, D.J. (2022) "Bioactive functional ingredients from aquatic origin: a review of recent progress in marine-derived nutraceuticals," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(5), pp. 1242–1269. Available at: https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1839855;SUBPAGE:STRING:ACCESS.

Karthikeyan, A., Joseph, A. and Nair, B.G. (2022) "Promising bioactive compounds from the marine environment and their potential effects on various diseases," *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 20(1), p. 14. Available at: https://doi.org/10.1186/S43141-021-00290-4.

Kaźmierczak-Barańska, J. *et al.* (2020) "Two Faces of Vitamin C—Antioxidative and Pro-Oxidative Agent," *Nutrients 2020, Vol. 12, Page 1501*, 12(5), p. 1501. Available at: https://doi.org/10.3390/NU12051501.

Ki, M.R. *et al.* (2024) "Natural Compounds for Preventing Age-Related Diseases and Cancers," *International Journal of Molecular Sciences 2024, Vol. 25, Page 7530*, 25(14), p. 7530. Available at: https://doi.org/10.3390/IJMS25147530.

Kim, D.H., Min, K.H. and Pack, S.P. (2024) "Efficient Bioactive Surface Coatings with Calcium Minerals: Step-Wise Biomimetic Transformation of Vaterite to Carbonated Apatite," *Biomimetics 2024, Vol. 9, Page 402*, 9(7), p. 402. Available at: https://doi.org/10.3390/BIOMIMETICS9070402.

Kim, K.H. *et al.* (2023) "Advanced Delivery System of Polyphenols for Effective Cancer Prevention and Therapy," *Antioxidants 2023, Vol. 12, Page 1048*, 12(5), p. 1048. Available at: https://doi.org/10.3390/ANTIOX12051048.

Li, Z. *et al.* (2021) "Aging and age-related diseases: from mechanisms to therapeutic strategies," *Biogerontology 2021 22:2*, 22(2), pp. 165–187. Available at: https://doi.org/10.1007/S10522-021-09910-5.

Liu, J. *et al.* (2019) "Alginate Oligosaccharides: Production, Biological Activities, and Potential Applications," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), pp. 1859–1881. Available at: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12494.

Liu, Y. *et al.* (2021) "Recent advances in fishy odour in aquatic fish products, from formation to control," *International Journal of Food Science and Technology*, 56(10), pp. 4959–4969. Available at: https://doi.org/10.1111/IJFS.15269.

Loo, Y.C. *et al.* (2023) "Development on potential skin anti-aging agents of Cosmos caudatus Kunth via

inhibition of collagenase, MMP-1 and MMP-3 activities," *Phytomedicine*, 110, p. 154643. Available at: https://doi.org/10.1016/J.PHYMED.2023.154643.

Menon, G.K., Dryer, L. and Kalafsky, R. (2009) "Approaches to the Development of Cosmetic Products to Counter the Effects of Skin Aging," *Skin Aging Handbook: An Integrated Approach to Biochemistry and Product Development*, pp. 265–290. Available at: https://doi.org/10.1016/B978-0-8155-1584-5.50015-6.

Min, K.H. *et al.* (2024) "Biomimetic Scaffolds of Calcium-Based Materials for Bone Regeneration," *Biomimetics 2024, Vol. 9, Page 511*, 9(9), p. 511. Available at: https://doi.org/10.3390/BIOMIMETICS9090511.

Musa, M. *et al.* (2019) "Factors Affecting Microalgae Production for Biofuels and the Potentials of Chemometric Methods in Assessing and Optimizing Productivity," *Cells 2019, Vol. 8, Page 851*, 8(8), p. 851. Available at: https://doi.org/10.3390/CELLS8080851.

Ning, L., Zhu, B. and Yao, Z. (2024) "Separation, purification and structural characterization of marine oligosaccharides: A comprehensive and systematic review of chromatographic methods," *Journal of Chromatography A*, 1719, p. 464755. Available at: https://doi.org/10.1016/J.CHROMA.2024.464755.

O'Gorman, D.M. *et al.* (2012) "The marine-derived, multi-mineral formula, aquamin, enhances mineralisation of osteoblast cells in vitro," *Phytotherapy Research*, 26(3), pp. 375–380. Available at: https://doi.org/10.1002/PTR.3561;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:10991573;ISSUE:ISSUE:DOI.

Okeke, E.S. *et al.* (2022) "Microalgae biorefinery: An integrated route for the sustainable production of high-value-added products," *Energy Conversion and Management: X*, 16, p. 100323. Available at: https://doi.org/10.1016/J.ECMX.2022.100323.

Pangestuti, R. and Kim, S.K. (2011) "Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae," *Journal of Functional Foods*, 3(4), pp. 255–266. Available at: https://doi.org/10.1016/J.JFF.2011.07.001.

Pangestuti, R. and Kim, S.K. (2014) "Biological activities of carrageenan," *Advances in food and nutrition research*, 72, pp. 113–124. Available at: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800269-8.00007-5.

Perez-Palacios, T. *et al.* (2022) "Recent Developments in the Microencapsulation of Fish Oil and Natural Extracts: Procedure, Quality Evaluation and Food Enrichment," *Foods 2022, Vol. 11, Page 3291*, 11(20), p. 3291. Available at: https://doi.org/10.3390/FOODS11203291.

Prabhu, S. *et al.* (2013) "Zeaxanthin Production by Novel Marine Isolates from Coastal sand of India and its Antioxidant Properties," *Applied Biochemistry and Biotechnology 2013 171:4*, 171(4), pp. 817–831. Available at: https://doi.org/10.1007/S12010-013-0397-6.

Romano, G. *et al.* (2017) "Marine microorganisms as a promising and sustainable source of bioactive molecules," *Marine Environmental Research*, 128, pp. 58–69. Available at: https://doi.org/10.1016/J.MARENVRES.2016.05.002.

Roughley, P.J. and Mort, J.S. (2014) "The role of aggrecan in normal and osteoarthritic cartilage," *Journal of Experimental Orthopaedics*, 1(1), pp. 1–11. Available at: https://doi.org/10.1186/S40634-014-0008-7;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER.

Sato, K., Niki, E. and Shimasaki, H. (1990) "Free radical-mediated chain oxidation of low density lipoprotein and its synergistic inhibition by vitamin E and vitamin C," *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 279(2), pp. 402–405. Available at: https://doi.org/10.1016/0003-9861(90)90508-V.

Senni, K. *et al.* (2006) "Fucoidan a sulfated polysaccharide from brown algae is a potent modulator of connective tissue proteolysis," *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 445(1), pp. 56–64. Available at: https://doi.org/10.1016/J.ABB.2005.11.001.

Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. (2015) "Novel functional food ingredients from marine sources," *Current Opinion in Food Science*, 2, pp. 123–129. Available at: https://doi.org/10.1016/J.COFS.2014.12.009.

Sharma, P. *et al.* (2022) "Emerging microalgae-based technologies in biorefinery and risk assessment issues:

Bioeconomy for sustainable development," *Science of The Total Environment*, 813, p. 152417. Available at: https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.152417.

Takahashi, T. (2019) "Routine Management of Microalgae Using Autofluorescence from Chlorophyll," *Molecules 2019, Vol. 24, Page 4441*, 24(24), p. 4441. Available at: https://doi.org/10.3390/MOLECULES24244441.

Tenchov, R. *et al.* (2024) "Antiaging Strategies and Remedies: A Landscape of Research Progress and Promise," *ACS Chemical Neuroscience*, 15(3), pp. 408–446. Available at: https://doi.org/10.1021/ACSCHEMNEURO.3C00532.

Tjandrawinata, R.R. and Nurkolis, F. (2024) "A Comparative Analysis on Impact of Extraction Methods on Carotenoids Composition, Antioxidants, Antidiabetes, and Antiobesity Properties in Seagrass Enhalus acoroides: In Silico and In Vitro Study," *Marine Drugs*, 22(8), p. 365. Available at: https://doi.org/10.3390/MD22080365/S1.

Traber, M.G. and Atkinson, J. (2007) "Vitamin E, antioxidant and nothing more," *Free Radical Biology and Medicine*, 43(1), pp. 4–15. Available at: https://doi.org/10.1016/J.FREERADBIOMED.2007.03.024.

Wijesinghe, W.A.J.P. and Jeon, Y.J. (2012) "Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulfated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review," *Carbohydrate Polymers*, 88(1), pp. 13–20. Available at: https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2011.12.029.

Zazirna, M. *et al.* (2024) "Ultrasound-based strategies for the recovery of microalgal carotenoids: Insights from green extraction methods to UV/MS-based identification," *Food Research International*, 187, p. 114354. Available at: https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.114354.

Zhang, C. *et al.* (2023) "Process and applications of alginate oligosaccharides with emphasis on health beneficial perspectives," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(3), pp. 303–329. Available at: https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1946008;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:BFSN20.

Zhiyin, L. *et al.* (2021) "Fucoxanthin rescues dexamethasone induced C2C12 myotubes atrophy," *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 139, p. 111590. Available at: https://doi.org/10.1016/J.BIOPHA.2021.111590.

From Ocean to Longevity: The Role of Marine Bioactive Compounds in Nutrition and Healthy Aging

Fatemeh Tahmasvand [1*], Maedeh Mohammadi[2], Romina Zamani[3], Maryam Tajalae[4], Tabasom Pirsheykhani[5]

1- Department of Food science and Technology, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Food science and Technology, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Department of Food science and Technology, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
4- Department of Food science and Technology, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
5- Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

* Corresponding author email: **f.tahmasvand24@gmail.com**

Abstract

Aging is a multifactorial and progressive process closely associated with an increased risk of chronic disorders such as cardiovascular diseases, metabolic syndromes, and neurodegenerative conditions. In this context, bioactive compounds derived from marine sources have emerged as promising agents in promoting health and mitigating age-related physiological decline. These compounds—including natural antioxidants, omega-3 fatty acids, vitamins, minerals, and marine polysaccharides—function through mechanisms such as reducing oxidative stress, modulating inflammatory pathways, and improving metabolic homeostasis. The incorporation of these bioactives into functional food formulations not only provides essential nutrients but also exerts therapeutic effects that contribute to delaying or preventing age-associated diseases. With the expanding global anti-aging market, particularly in North America, Europe, and Asia, the importance of developing and utilizing marine-derived bioactives has become increasingly evident. This review systematically analyzes current research to identify key marine bioactive compounds, elucidate their mechanisms of action, and explore their potential applications in promoting healthy aging and enhancing the quality of life in elderly populations.

Keywords: Anti-aging, functional foods, marine-derived bioactive compounds

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

بررسی روند زراعت زیره سبز در استان خراسان رضوی در طی سال های اخیر

الهام عزیزی*[1]، شهین فارابی[2]

۱- دانشیار دانشگاه پیام نور، ۲-استادیار دانشگاه پیام نور

*azizi.e@pnu.ac.ir

چکیده

زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum* L.)، قدمت طولانی و کاربرد وسیعی در صنایع غذایی و دارویی اهمیت بسزایی دارد. به منظور بررسی روند سطح زیر کشت، تولید و عملکرد گیاه دارویی زیره سبز در شهرهای مختلف استان خراسان رضوی، مطالعه‌ای در بازه سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹ با استفاده از داده‌های دریافتی از سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی صورت گرفت. نتایج نشان داد که در بین شهرهای استان، سبزوار دارای بیشترین درصد سطح زیر کشت آبی، درصد تولید آبی و نسبت عملکرد آبی و دیم به میانگین استان بود. همچنین کمترین درصد سطح زیر کشت و تولید آبی این محصول در درگز مشاهده شد. بیشترین درصد کل سطح زیرکشت و تولید دیم زیره سبز نیز به تایباد اختصاص یافت. سطح زیر کشت، تولید و عملکرد زیره سبز آبی نیز در طی بازه مورد بررسی، روند افزایشی داشت.

کلمات کلیدی: تولید آبی، دیم، سطح زیر کشت، عملکرد.

مقدمه

زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum* L.)، قدمت طولانی و کاربرد وسیعی در صنایع غذایی و دارویی اهمیت بسزایی دارد. براساس اطلاعات موجود در سالنامه آماری جهاد کشاورزی خراسان رضوی (Khorasan Razavi Agricultural Jihad Organization, 2021)، سطح زیر کشت، تولید و عملکرد زیره سبز آبی در استان خراسان رضوی در سال ۱۴۰۰ به ترتیب، ۸۲۲۶/۵ هکتار، ۴۲۱۳/۱۴ تن و ۵۱۲ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم به ترتیب ۳۳۴۹/۵ هکتار، ۶۷۲/۸۹ تن و ۲۰۱ کیلوگرم در هکتار بود. اقلیم از مهمترین عوامل توزیع جغرافیایی گونه های گیاهی محسوب می‌شود و تولید محصولات کشاورزی وابسته به شرایط اقلیمی است. بذرافشان و ابراهیم زاده (Bazrafshan and Ebrahim Zadeh, 2006) نشان دادند که در بازه ۲۵ ساله، با کاهش نزولات جوی، سطح زیر کشت زعفران (Crocus sativus) در مناطق زعفران خیز استان خراسان افزایش یافت. کامکار و مقدادی (Kamkar and Meghdadi, 2015) با ترسیم نقشه تناسب اراضی به دست آمده برای استان خراسان رضوی نشان دادند که از لحاظ عوامل اقلیمی و توپوگرافی تقریباً تمامی اراضی سطح استان خراسان رضوی جهت کشت زیره سبز در طبقات کاملاً مناسب و مناسب قرار دارند. حدود ۵۶/۲ درصد از اراضی زراعی استان خراسان رضوی در طبقه کاملا مناسب و حدود ۴۳/۸ درصد در طبقه مناسب قرار گرفتند. این مطالعه باهدف بررسی روند سطح زیر کشت، تولید و عملکرد زیره سبز در شهرهای مختلف استان خراسان رضوی در طی سال های ۱۳۹۹-۱۳۷۴ انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی روند سطح زیر کشت، تولید و عملکرد گیاه دارویی زیره سبز در شهرهای مختلف استان خراسان رضوی، مطالعه‌ای در بازه سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹ با استفاده از داده‌های دریافتی از سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی صورت گرفت.

شهرهای مورد مطالعه شامل باخرز، بجستان، بردسکن، تایباد، تربت جام، تربت حیدریه، جغتای، جوین، چناران، خلیل آباد، خواف، خوشاب، داورزن، درگز، رشتخوار، زاوه، سبزوار، سرخس، صالح آباد، فریمان، فیروزه، قوچان، کاشمر، کلات، گناباد، مشهد، مه ولات و نیشابور بودند. در این تحقیق روند تغییرات سطح زیر کشت، تولید و عملکرد گیاه زیره سبز آبی و دیم به تفکیک شهر و سال در بازه زمانی مورد نظر، مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج و بحث

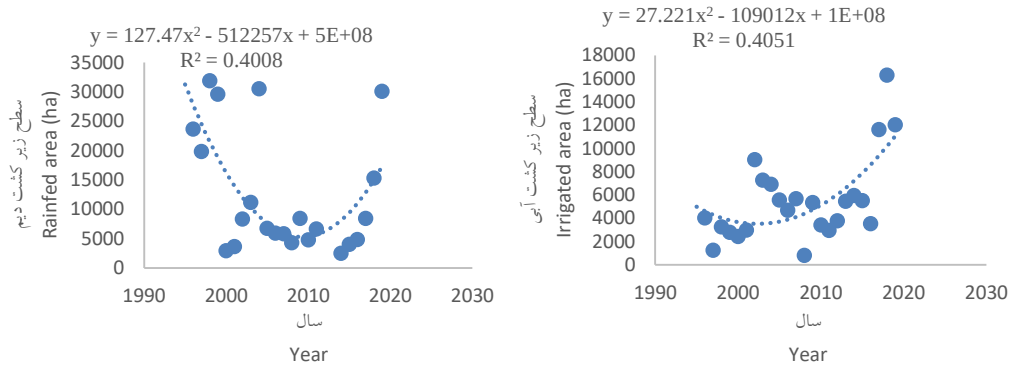
درصد سطح زیر کشت، تولید و عملکرد زیره سبز دیم و آبی در کل استان خراسان رضوی در جدول ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج حاصل از تحقیق، در بین شهرهای استان، سبزوار دارای بیشترین درصد سطح کشت آبی، درصد تولید آبی و نسبت عملکرد آبی و دیم به میانگین استان بود که این امر بر پتانسیل بالای این منطقه جهت تولید این محصول دلالت دارد. بیشترین درصد کل سطح زیرکشت و تولید دیم زیره سبز نیز به تایباد اختصاص یافت. کمترین درصد سطح زیر کشت و تولید آبی این محصول نیز در درگز مشاهده شد.

همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، روند رگرسیونی سطح زیر کشت آبی زیره سبز در استان در طی سال‌های مورد بررسی، روند افزایشی غیر خطی داشت ولی در مقابل آن از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹، تغییرات سطح زیر کشت دیم این محصول، ابتدا روند کاهشی نشان داد و سپس افزایش یافت. اینگونه استنباط می‌شود که با توجه به تغییر مقدار نزولات جوی و تغییرات اقلیمی که در گذر زمان رخ داده است، کشت دیم این محصول ریسک پذیری بالاتری داشته و تمایل به کشت آبی آن افزایش یافته است.

جدول ۱: بررسی درصد سطح زیر کشت، تولید و عملکرد زیره سبز در شهرهای مختلف استان خراسان رضوی

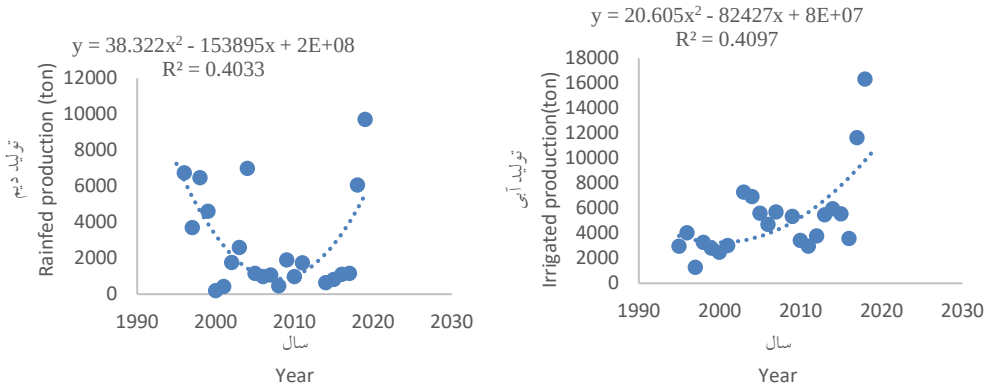
شهر City	درصد سطح زیرکشت آبی The percentage of irrigated area	درصد تولید آبی The percentage of irrigated production	درصد سطح زیر کشت دیم The percentage of rainfed area	درصد تولید دیم The percentage of rainfed production	نسبت عملکرد آبی به میانگین استان Irrigated yield to the average of the province ratio	نسبت عملکرد دیم به میانگین استان Rainfed yield to the average of the province ratio
باخرزBakharz	0.066	0.053	0.145	0.226	1.160	0.644
بجستان Bajestan	2.775	2.720	0.135	0.122	1.328	0.548
بردسکنBardaskan	9.807	9.659	11.247	10.623	1.184	1.020
تایباد Taibad	10.022	9.675	17.912	19.926	1.260	0.994
تربت جامTorbat jam	7.251	8.332	7.098	6.409	1.506	0.537
تربت حیدریهtorbat heydarieh	3.858	4.574	4.404	4.648	1.369	1.145
جغتایJoghataie	2.454	2.171	0.000	0.000	1.378	0.000
جوینJovein	2.268	1.765	0.232	0.337	0.000	0.547
چناران Chenaran	0.111	0.108	0.035	0.023	0.526	0.114
خلیل اباد Khalilabad	1.574	1.525	2.149	2.043	1.144	0.827
خوافKhaf	3.060	2.398	5.003	4.914	1.130	1.067
خوشابKhooshab	3.761	3.394	9.631	12.378	1.288	1.689
درگزDargaz	0.004	0.006	0.591	0.564	0.083	1.050
رشتخوارRoshtkhar	2.369	2.165	0.375	0.712	1.159	0.321

0.540	1.076	0.068	0.047	0.074	0.085	زاوه zaveh
2.892	2.857	7.566	7.088	34.386	32.161	سبزوار Sabzevar
1.196	0.038	1.758	2.188	0.026	0.050	سرخس Sarakhs
1.521	0.754	0.583	0.421	0.510	0.436	فریمان Fariman
1.363	1.009	2.003	2.058	1.271	1.506	فیروزه Firuzeh
1.898	0.494	2.688	2.351	0.114	0.111	قوچان Quchan
1.092	1.160	2.197	5.176	0.476	0.587	کاشمر Kashmar
1.298	0.386	1.914	1.840	0.031	0.043	کلات Kalat
0.554	1.017	2.254	2.103	3.610	4.593	گناباد Gonabad
1.539	1.286	1.943	2.155	0.357	0.343	مشهد Mashhad
0.854	1.362	2.049	2.226	7.333	6.590	مه ولات Mahvalat
1.293	0.995	6.504	7.942	2.730	3.597	نیشابور Neyshabour



شکل ۱: روند رگرسیونی میانگین سطح زیر کشت آبی و دیم زیره سبز در استان خراسان رضوی در طی بازه ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹

نتایج نشان داد که تغییرات میانگین تولید آبی و دیم زیره سبز نیز در طی بازه مورد بررسی از روندی مشابه با تغییرات سطح زیر کشت این محصول تبعیت کرد به طوری که تولید آبی زیره سبز در طی زمان روند افزایشی غیر خطی داشت و تولید دیم آن ابتدا روند کاهشی و سپس افزایشی نشان داد (شکل ۲). بدیهی است با تغییر سطح زیر کشت، تولید محصول نیز متاثر خواهد شد.

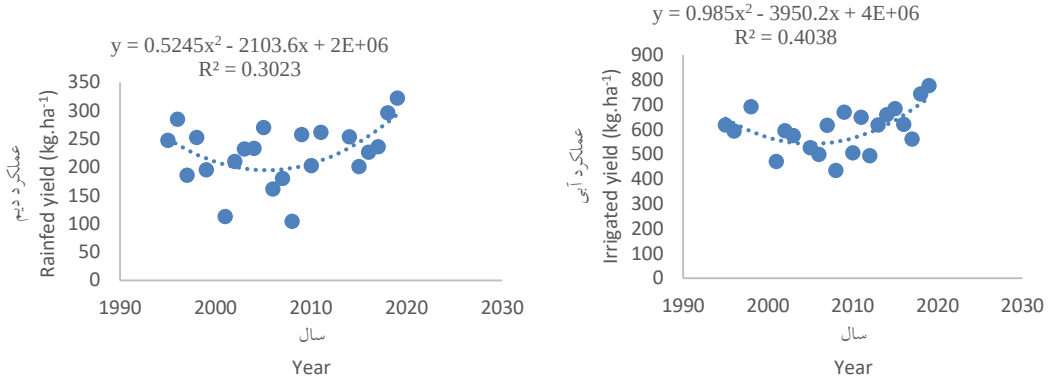


شکل ۲: روند رگرسیونی میانگین تولید آبی و دیم زیره سبز در استان خراسان رضوی در طی بازه ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹

بررسی روند رگرسیونی عملکرد زیره سبز آبی و دیم در طی زمان حاکی از آن بود که در طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹، عملکرد آبی و دیم این محصول روند افزایشی داشت. نتایج گویای این امر است که مقدار عملکرد این محصول در شرایط آبی

بیشتر از دیم بود ولی به طور کلی بهبود عملیات به‌زراعی و به‌نژادی در افزایش عملکرد زیره در شرایط دیم و آبی در طی زمان موثر بوده است.

نتایج تحقیق بهبودی (Behboodi, 2001) نشان داد که زیره سبز در صورت وقوع ۱۷۰ میلیمتر بارندگی در طی فصل زراعی، نیاز به آبیاری ندارد و رطوبت بالای نسبی هوا در نواحی با بارندگی زیاد میتواند باعث توسعه بیماریهای قارچی در گیاه گردد (Zeidali et al., 2011).



شکل ۳: روند رگرسیونی میانگین عملکرد آبی و دیم زیره سبز در استان خراسان رضوی در طی بازه ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹

کامکار و مقدادی (Kamkar and Meghdadi, 2015) در تحقیقی در زمینه بررسی پتانسیل تولید گیاه زیره سبز از طریق مدل سازی در کل سه استان خراسان که موطن اصلی زیره سبز هستند، نشان داده است که در مجموع این گیاه از شرایط متوسطی جهت توسعه در این سه استان برخوردار است. علت این امر آن است که اگرچه این مناطق در پهنه‌های کاملاً مناسب و مناسب قرار می‌گیرند، اما برخی عوامل نظیر عوامل اقلیمی و توپوگرافی در نهایت منجر به کاهش پتانسیل تولید این محصول می‌شوند.

نتیجه گیری

طبق نتایج حاصل از تحقیق، سطح زیر کشت و تولید این محصول در سبزوار بر دیگر مناطق استان برتری داشت. همچنین سطح زیر کشت، تولید و عملکرد زیره آبی در طی بازه مورد بررسی، روند افزایشی نشان داد. باید توجه داشت که انتخاب محصولاتی که از نظر اقلیمی با منطقه سازگاری داشته و از نظر اقتصادی نیز برتری داشته باشند می‌تواند به ثبات تولید کشاورز کمک کند. همچنین در اقلیم خشک و نیمه خشک ایران، جایگزین کردن گیاهان مقاوم به خشکی با نیاز آبی کم می‌تواند در استفاده کاراتر از منابع آبی موجود موثر باشد.

منابع

Behboodi, 2001. Cumin plant coefficient and its changes in the climatic conditions of Mashhad. Ms.c. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Ebrahim Zadeh, E. 2006. The Analysis of Saffron Spatial- Positional Extension in Iran with Emphasis on Khorasan. *Geography and development*. 4(8), pp. 61-84. (In Persian with English summary).

Kamkar, B., and Meghdadi, N. 2015. Land suitability assessment for cumin production using geographic information system and modeling approach. *Journal of Plant Production*. 22(1), pp. 1-21.

Khorasan Razavi Agricultural Jihad Organization. 2021. Statistical yearbook of 2021 of the agricultural department of Khorasan Razavi province. Available at www.Koaj.ir.

Zeidali, E., Ghorbani, A., Koocheki, A., and Jahanbakhsh, V., 2011. Effect of different growth stages and dew period length on disease development of Alternaria alternata as a biological control agent for Convolvulus arvensis. Iranianb Journal of field crops research. 9(1), 12-18. Doi: 10.22067/GSC.V9I1.10490.

Investigating the cultivation trend of cumin in Razavi Khorasan province during recent years

Elham Azizi[1*], Sahin Farabi[2]

1- Associate Professor, , Department of Agriculture , Payame Noor University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Payame Noor University, Tehran, Iran

* Corresponding author email: azizi.e@pnu.ac.ir

Abstract

Cumin (*Cuminum cyminum* L.), has a long history and wide use in the food and pharmaceutical industries. In order to investigate the trend of cultivated area, production and yield of cumin medicinal plant in different cities of Razavi Khorasan province, a study was conducted during 1995-2020 using the data received from the Organization of Agricultural Jihad of Razavi Khorasan. The results showed that among the cities of the province, Sabzevar had the highest percentage of irrigated area, percentage of irrigated production, and ratio of irrigated and rainfed yields to the average of the province. Also, the lowest percentage of cultivated area and water production of this product was observed in Darges. The highest percentage of the total rainfed cultivated area and production of cumin was also allocated to Taybad. Cultivated area, production and yield of irrigated cumin also had an increasing trend during the investigated period.

Keywords: irrigated production, rainfall, cultivated area, yield.

نقش زعفران در توسعه منطقه تربت حیدریه با تاکید بر شهر خلاق

محمدمهدی دلیرتربتی
عضو هیئت علمی گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی تربت حیدریه

چکیده :
رشد و توسعه مناطق در گرو بکارگیری نیروها و توان های انسانی و محیطی آنهاست. در این راستا مراکز منطقه ای به عنوان نقاط ثقل توسعه ای پیرامون خود باید نقش اصلی را ایفا نمایند. درکشورهای در حال توسعه، کیفیت زندگی مردم دستخوش نابرابری های عظیمی است که در بسیاری موارد به سرعت در حال افزایش است. منطقه تربت حیدریه به مرکزیت شهر تربت حیدریه که؛ می توان از آن به عنوان یک شهر میانی متوسط یادکرد، در صورت بکارگیری توان های داخلی خود می تواند به بسیاری از مشکلات فرا روی توسعه خود فائق آید. کشاورزی بویژه کشت زعفران یکی از بخش هایی است که می تواند به عنوان محرک توسعه در این منطقه بشمار آید. شهر تربت حیدریه می تواند از این محصول در راستای خلاقیت شهری بهره گیرد . از این رو، این پژوهش با هدف بررسی نقش زعفران در توسعه منطقه تربت حیدریه با تاکید بر شهر خلاق انجام می شود. روش تحقیق بصورت توصیفی- تحلیلی است و اطلاعات موردنیاز از منابع کتابخانه ای- اسنادی استفاده گردآوری شده است.

کلمات کلیدی: توسعه منطقه ای، شهرهای میانی، زعفران، شهر خلاق، تربت حیدریه.

مقدمه :
توسعه ی متعادل و هماهنگ مناطق، یک پیش نیاز بسیار مهم برای حصول پایداری اقتصادی و پیشرفت یکپارچۀ کشور به شمار می رود(Martic and Savic ,2001). درکشورهای در حال توسعه، کیفیت زندگی مردم دستخوش نابرابری های عظیمی است که در بسیاری موارد به سرعت در حال افزایش است (میسرا، ۱۳۶۸)؛ لذا توزیع متعادل امکانات و خدمات، گامی در جهت از بین بردن عدم تعادل های منطقه ای است. زیرا هر چه قدر تفاوت های منطقه ای از ابعاد مختلف بیش تر باشد، منجر به حرکت جمعیت و سرمایه به سمت قطب های پر جاذبه می گردد (خاکپور، ۱۳۸۵)از این رو، دولت های ملی توجه فزاینده ای به مشکلات توسعۀ منطقه ای معطوف داشته اند و ماهیت منحصربه فرد مسائل اقتصادی و محیطی و نتایج ناشی از آ نها را شناسایی می نمایند(Parham,1996). در کشور ایران نیز یکی از اهداف مهم در برنامه های اقتصادی اجتماعی پس از انقلاب، کاهش محرومیت و رفع نابرابری بین مناطق مختلف بوده است(فطرس و بهشتی فر، ۱۳۸۵). به منظور حل مسائل ناشی از عدم تعادل های منطقه ای، گام نخست شناخت و سطح بندی مناطق از نظر میزان برخورداری در زمینه های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و غیره می باشد (رضوانی و صحنه، ۱۳۸۴). سطح بندی توسعه، روشی برای سنجش توسعۀ مناطق است که اختلاف مکانی، فضایی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مناطق را نشان می دهد و وضعیت هر یک از مناطق را نسبت به یکدیگر از نظر سطح توسعه مشخص می کند . با این روش روند شکل گیری توسعۀ قطبی مناطق مشخص می گردد و در نهایت، در برنامه ریزی توسعۀ مناطق، مناطق نیازمند و کم تر توسعه یافته تعیین و از عدم تعادل مناطق جلوگیری می شود (جدیدی میا ندشتی، ۱۳۸۳). به هر حال، جهت تدوین یک زیربنای علمی و منطقی برای سیاست گذاری توسعه، لازم است ارزیابی جامعی پیرامون وضعیت موجود توسعۀ مناطق از نظر شاخص های مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیطی صورت پذیرد(Yu et al., 2010).

روش شناسی تحقیق

این تحقیق که با هدف بررسی نقش زعفران در توسعه منطقه تربت حیدریه با تاکید بر شهر خلاق صورت می پذیرد از روش شناسی توصیفی- تحلیلی بهره می جوید و داده ها و اطلاعات مورد نظر خود را از منابع کتابخانه ای- اسنادی جمع آوری می نماید..

اهداف تحقیق

هدف اصلی

بررسی نقش زعفران در توسعه منطقه تربت حیدریه با تاکید بر شهر خلاق

اهداف فرعی

۱- شناخت توان ها و پتانسیل های انسانی و طبیعی منطقه موردمطالعه؛

۲- بررسی و شناخت محصول گرانبهای زعفران در منطقه تربت حیدریه؛

۳- بررسی و شناخت شاخص های شهر خلاق در منطقه مورد مطالعه.

بیان مسئله تحقیق

تربت حیدریه قطب کشاورزی استان خراسان با وجود آب و هوای متنوع و منابع غنی آب که باعث رونق کشاورزی این شهرستان گردیده دارای محصولات عمده مانند گندم، جو، پسته، زعفران، بادام، زیره، پنبه، چغندر قند و صیفی جات می باشد .استفاده از مدل های انعطاف پذیر و روش های نوین و پیشرفته برای تعیین الگو کشت در مناطق مختلف از جمله مواردی است که مورد توجه محققین قرار دارد(رستگاری پور و علوی،۱۳۹۴). امروزه شهرها باید نقش فعالی در ایجاد اقتصاد محلی رقابت آمیز و بهبود کیفیت زندگی همه ساکنان داشته باشد. تجربه کشورهای توسعه یافته نشان می دهد که تلاش های اقتصادی و توسعه اجتماعی شهر، زمانی بیشتر موفق خواهد بود که بوسیله یک فرایند استراتژیک هداست شود(انصاری فیض آبادی،۱۳۹۴: ۱۲). محصول زعفران که خواستگاه اصلی آن تربت حیدریه است می تواند در گسترش توسعه زدگی افراد منطقه نقش اصلی ایفا نماید و در صورت استفاده درست از این محصول شهر تربت حیدریه می تواند در راستای خلاقیت شهری حرکت نماید تا از این طریق بتواند به بسیاری از این مشکلات پاسخ گوید. از این رو، این پژوهش به بررسی نقش زعفران در توسعه منطقه تربت حیدریه با در راستای خلاقیت شهری می پردازد

مبانی نظری تحقیق

توسعه منطقه ای [1]

توسعه منطقه ای عبارت است از ایجاد تغییر در توزیع فضایی پدیده های اقتصادی و اجتماعی از قبیل جمعیت، درآمد، درآمدهای دولت، تولید انواع کالا و خدمات، تسهیلات حمل و نقل و سایر زیرساخت های اجتماعی و حتی قدرت سیاسی(Management Planning,2006: 11). توسعه منطقه ای اغلب دربرگیرنده دو هدف متضاد رفاه مردم و رفاه مکان هاست. همواره از پیش معلوم است که ایجاد اشتغال در جاهایی که مردم زندگی می کنند، دلیل اجتناب از هزینه های روانی

[1] - Regional Development

و اقتصادی مهاجرت و منابع طبیعی و تجهیزات سرمایه ای و زیرساخت های اجتماعی بر تامین شغل و مکان های دیگر اولویت دارد(Management Planning,2006: 14). توسعه منطقه‌ای به برنامه‌ریزی نه به مفهوم توسعه ملی که در سطح ملی که شامل برنامه‌های توسعه پنج ساله و یا چند ساله برای تمام یک سرزمین و نه به مفهوم برنامه ریزی بخشی و محلی که فقط به مسایل و پتانسیل‌های یک روستا یا بخش و یا شهرستان و استان بدون توجه با سایر نواحی انجام می‌شود، نیست بلکه به این مفهوم است که چگونه می‌توان برای یک منطقه که ممکن است شامل چند شهر بزرگ در یک منطقه و یا چند استان و یا ایالت، برنامه ریزی داشت تا در سطح ملی و جهانی به برتری‌های نسبی مورد نظر مسئولین و سیاستمدارن آن منطقه نایل شد و در این میان از توازن در پیشرفت و رشد آن منطقه بصورت همگن بهره‌مند شد. تئوریهای توسعه منطقه‌ای عمدتاً ریشه در سه شاخه علمی علوم منطقه‌ای، اقتصاد منطقه‌ای و جغرافیای تئوریکی دارند (http://www.lansstyrelsen.se/lst/persiska/regional_utveckling.html).

نقش و اهمیت تولید کشاورزی[1]در توسعه منطقه ای

پیشرفت واژه ای است قدیمی، ولی در عصر روشنگری مد روز بوده است و به همین علت ردپای ایدئولوژیک آن محفوظ مانده است .پیشرفت واژه ای دیگر را مطرح می سازد که پس از جنگ جهانی عمومیت یافته است؛ این واژه که بار تاریخی ندارد و همان ایده پیشرفت را به طریق دیگری و شاید غنی تر القاء می کند، همانا واژه توسعه است(پاول، ۱۳۷۴ : ۲۴). توسعه به معنای عام آن عبارت از فرآیندی است که در آن رفاه جامعه به طور مداوم و پیوسته ادامه می یابد .این تعریف هیچگونه ارتباطی با سطح توسعه جامعه ندارد به بیان دیگر این تعریف تمام کشورها را در تمام اعصار در بر می گیرد(روزبهان،۱۳۷۴: ۲۳۵). تودارو توسعه را به عنوان یک پروسه همه جانبه مطرح نموده که شامل رشد اقتصادی و اجتماعی جامعه می باشد .او رشد را در تغییرات ساختار اجتماعی و اقتصادی و مدیریت جامعه و حتی تغییرات و اصلاح در آداب و رسوم و اعتقادات مردم می داند(ضرابی، ۱۳۷۳: ۳۲۰). و در جایی دیگر اهمیت توسعه روستایی را بدین صورت بیان می کند" :توسعه کشاورزی و توسعه روستایی محور اصلی توسعه ملی است"(آسایش، ۱۳۷۴: ۲۱).

نقش کشاورزی در توسعه شهری- منطقه ای

اولین پیوند تنگاتنگ شهر و ناحیه از طریق رابطه ای است که شهر با روستاهای ناحیه برقرار می کند. شهر چه کوچک و چه بزرگ اندام می تواند در پیرامون خود، بویژه روستاهای اطراف اثر بگذارد و هر قدر توان بیشتری در هدایت ناحیه داشته باشد، به همان اندازه منطقه نفوذ وسیعتری خواهد داشت و شعاع پرتوافشانی آن در زمینه های مالی، حمل و نقل و سایر خدمات بُرد بیشتری می یابد و در این راستا کلیه واحدهای جغرافیایی بویژه روستاهایی که در مسیر پرتوافشانی قرار می گیرند از شهر تأثیر می پذیرند دقیقاً همانند سایر ارتباطات و جریانات اجتماعی دیگر، جریانات اساسی و مهمی از رفت و آمد مردم، کالا وسرمایه بین شهر و روستا وجود دارد. بنابراین روابط شهری- روستایی در روند برنامه ریزی باید پذیرفته شوند. نقش شهرها در توسعه روستایی از طریق پیوندها و مناسبات روستایی- شهری تحقق می یابد. پارادایم های جدید توسعه، شبکه ها و جریانها را در نظر می گیرند، چرا که جریان ها و پیوندهای بین نواحی روستایی و شهری مهم است. برخی از جریان ها و پیوندهای روستایی- شهری می تواند برای هر یک از این نواحی مناسب باشد، ولی باید توجه داشت که منافع خالص می تواند به شیوه های مختلف جریان یابد، در نتیجه با گذشت زمان و از یک مکان به مکان دیگر تغییر می کند. در این بین

[1] - Agricultural production

کانونهای کوچک شهری اولین هسته های شهری و بلافاصل نقاط و نواحی روستایی و بعنوان حلقه اتصال نواحی روستایی با شهرهای بزرگتر قلمداد می شوند که هر گونه تحرک و فعالیتی در این کانونها، در وهله نخست و بی واسطه حوزه های روستایی را تحت تأثیر قرار می دهد.

شهر خلاق[1]

ایده شهر خلاق مبحثی جدید و مورد توجه مطالعات شهری، به ویژه مدیریت شهری بوده و بر مطلوبیت محیط زندگی وارتقای کیفیت زندگی به واسطه تفکرات نو شهروندان تاکید دارد(سلیمانی و جهانگیری،۱۳۹۴: ۱). خلاقیت در شهر باعث رهایی از بن بست های مدیریتی و کالبدی و پیاده سازی دو اصل مشارکت و کارآیی که از شاخص های اصلی در حوزه حکمروایی شهری می باشد،می گردد. همچنین، ایده شهر خلاق برای مدیران، برنامه ریزان و شهرسازان باعث گسترش افق دید و تحلیل راهکار در مواجهه با مسائل شهر می شود و به تنوع علائق و عقاید در پهنه شهر احترام می گذارد. در نهایت شهر خلاق باعث ساری و جاری شدن تفکرات شهروندان برای بهتر شدن محیط زندگی و ارتقای کیفیت زندگی آنان می گردد. برای شناخت شهر خلاق ابتدا باید مفاهیم، شاخص ها و رویکردهای آن مشخص گردد. در این پژوهش، سعی بر آن است که به این موضوعات پرداخته شود. در راستای تداوم و افزایش سرعت پیشرفت های علمی و تکنولوژیک شگرفی که کشور ما در سال های اخیر داشته است، لزوم توسعه شهرهای فعلی ایران با تأکید بر شهرهای خلاق امری ضروری و حیاتی است. اکنون این سوال مطرح است که چرا از خلاقیت در ارتباط با شهرها صحبت می شود؟ بخشی از دلایل این موضوع آشکار است. چون از لحاظ تاریخی، خلاقیت همواره نیروی حیاتی و محرک شهرها بوده است. شهرها همواره به خلاقیت تحت عنوان بازار کار، تجارت و مراکز تولیدی، هنرمندان، روشنفکران،دانشجویان، مدیران و کارگزاران قدرت، نیاز داشته اند به ویژه در مکان هایی که از نژادها و فرهنگ ها مخلوط شده اند و تعامل ایده های جدید، نهادها و موسسه های مربوطه وجود دارند، اما دلایل ویژه ای برای تفکر در مورد مشکلات شهرهای امروزی در شرایط خلاقیت یا عدم آن وجود دارد.(Landry and bianchini,1995:10).

زیرساخت ها و بسترهای شهر خلاق

زیرساخت های شهر خلاق متأثر از شبکه ای از تولیدکنندگان منطقه ای، بازار نیروی کار محلی یعنی کارگران ساده و کارگران خلاق که در یک منطقه استقرار دارند و می توانند در شکل گیری توسعه خلاقیت در شهر و منطقه اثر گذار باشند و رقابت و همکاری بین مجموعه ای از شهرها که بتوانند عنصرخلاقیت را به منطقه و شهر تزریق کنند، خواهد بود. مباحث مطرح در این زمینه بیش تر مربوط به مناطق کلانشهری و شهرهای بزرگ است و هرچه قدر که از شهرهای بزرگ تر دور می شویم بحث مربوط به خلاقیت، بیش تر به عناصر سنتی تا عناصر جدید ارتباط پیدا می کند. اما امروزه عناصر سنتی مانند جواهرآلات با وجود سنتی بودن می تواند به عنوان یک صنعت خلاق آفرین تأثیر خود را بر شکل گیری شهر خلاق بگذارد(مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران،۱۳۹۲).

[1] - Creative City

متغیرهای تأثیرگذار بر خلاقیت در یک شهر

متغیرها	شاخص‌ها
ثروت	سرانه تولید ناخالص شهری، برابری قدرت خرید
رشد اقتصادی	درصد افزایش تولید ناخالص شهری
نوآوری	هزینه تحقیق و توسعه به عنوان درصد (GRP) (داده) ثبت اختراعات بر حسب هر یک میلیون نفر
ذوب فرهنگی	درصد افراد خارجی در جمعیت
استعداد	درصد نیروی کار با تحصیلات عالی
خدمات متمرکز بر دانش	درصد مشاغل موجود در بخش خدمات دانش محور در کل نیروی کار
شهرنشینی	تراکم جمعیت

(Gossling&rutten,2007: 256)

معرفی عرصه پژوهش

شهرستان تربت حیدریه با وسعت ۹۵۷۰ کیلومتر مربع در مدارهای ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۳۳۳ متر می باشد(رشیدسرخ آبادی و سایر همکاران، ۱۳۹۴: ۲۷۲-۲۶۱). این شهرستان از شمال به شهرستان های فریمان و مشهد و از جنوب به شهرستان گناباد و از سمت شرق به شهرستان رشتخوار و از سمت غرب به شهرستان های نیشابور و کاشمر محدود میشود . ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۳۳۳ متر و بلند ترین نقطه آن ۳۰۱۳ متر بنام قله کوه مکلان می باشد (http://torbath.ac.ir). تربت حیدریه از نظر زمین‌شناسی حد فاصل بین توده لوت در جنوب و حوضه رسوبی البرز واقع شده‌است و بیشتر از سری سنگ‌های رسوبی پوشیده شده‌است وجود سنگ‌های اولترابازیک، گسل‌های زیاد نبود چینه‌شناسی و دیگر شیب‌ها دال بر وقوع رخدادهای کوه زایی شدید در این منطقه‌است. قدیمی‌ترین سازنده زمین‌شناسی حوضه، از آهک لوسیت تشکیل و در شمال شرق چخماق رخنمون دارد.

جمعیت شهرستان تربت حیدریه بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ به شرح جدول زیر می باشد:

جدول ۱: جمعیت شهرستان تربت حیدریه به تفکیک نقاط شهری و روستایی

شرح	جمعیت	مرد	زن	خانوار
تربت حیدریه	۲۲۴۶۲۶	۱۱۴۹۶۸	۱۰۹۶۵۸	۶۸۹۲۷
نقاط شهری	۱۴۸۸۳۴	۷۵۸۸۴	۷۲۹۵۰	۴۵۸۰۴
نقاط روستایی	۷۵۷۴۰	۳۹۰۵۷	۳۶۶۸۳	۲۳۱۰۷
غیرساکن	۵۲	۲۷	۲۵	۱۶

ماخذ: مرکز آمار ایران،(۱۳۹۵)

منطقه‌ی تربت حیدریه بزرگترین تولیدکننده زعفران در جهان محسوب می‌شود .بایگ، یکی از شهرهای تربت حیدریه مرکز ابریشم ایران نام گرفته و بالغ بر ۸۰٪ ابریشم کشور در این محل تولید می‌شود.خربزه، پسته و بادام نیز از دیگر محصولات کشاورزی این منطقه‌است. همچنین معادن طلای زرمهر تربت حیدریه که در روستای زرمهر واقع شده است، تولیدکننده اولین شمش‌های طلا در کشور است که در بازار بورس اوراق بهادار تهران معامله می‌شوند(https://fa.wikipedia.org).

تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش

. منطقه تربت حیدریه در استان خراسان رضوی از مناطق مستعد به لحاظ شرایط اقلیمی، توپوگرافی، کیفیت خاک و کیفیت آب جهت کشت و برداشت محصول زعفران است که رتبه اول در استان را به خود اختصاص داده است. در واقع وجود شرایط مناسب برای کشت زعفران در منطقه تربت حیدریه باعث گردیده است تا به عنوان قطب زعفران دنیا تبدیل شود. می توان گفت با توجه به رشد و توسعه شهرنشینی در جهان و علی الخصوص در کشورهای جهان سوم اصل رقابت، سبقت شهرها از یکدیگر در رشد و توسعه و تعامل سازنده در فضای پیرامون خود از اهمیت بالایی برخوردر است که شهرها می توانند از توان های و پتانسیل های خود در جهت حرکت به سمت رشد و توسعه حرکت کنند. هر شهر می تواند از ر قابلیت خود به عنوان یک شاخص و برند استفاده نماید؛ تربت حیدریه می تواند از تولید محصول زعفران در مطقه تحت نفوذ خود به عنوان برند خود استفاده نماید با این توضیح که؛ فرصت های بسیاری برای سودآوری این محصول در منطقه تربت حیدریه وجود داردکه این امر وجود و اجرای یک سیستم پژوهشی در این حوزه را می طلبد. همانطور که گفته شد تربت حیدریه به عنوان یک به عنوان یکی از شهرهای میانی کوچک در حوزه تحت نفوذ خود مطرح می باشد که می تواند با اتکا به تولید و فرآوری این محصول ثروت عظیمی را به خود شهر و منطقه تحت نفوذ خود سرازیر نماید که متاسفانه با مشکلاتی چون عدم هماهنگی بین اعضای اتحادیه زعفران در منطقه مواجه است که باعث گردیده تا بازار زعفران تحت نفوذ کلانشهر مشهد باقی بماند و به لحاظ نقدینگی و قیمت گذاری محصول به مشهد وابسته گردد. از معضلات دیگری که گریبانگیر این محصول شاخص در تربت حیدریه می باشد، عدم ساماندهی مناسب بازار تجارت این محصول و دست درازی بی اندازه واسطه ها و دلالان است که مانع سودرسانی به کشاورزهای بیچاره هستند. معضل بهداشتی و دستکاری کردن در کیفیت محصول زعفران از معضلات دیگر است؛ با این توضیح که افراد سودجو و متقلب خود اقدام به تولید محصولات تقلبی زعفران می نمایند که البته این اقدام کثیف با آزمایش محصول قبل از خرید و صادرات آن محدود شده است. همچنانکه در روند پژوهش بیان گردید؛ زیرساخت های شهر خلاق متأثر از شبکه ای از تولیدکنندگان منطقه ای، بازار نیروی کار محلی یعنی کارگران ساده و کارگران خلاق که در یک منطقه استقرار دارند و می توانند در شکل گیری توسعه خلاقیت در شهر و منطقه اثر گذار باشند و رقابت و همکاری بین مجموعه ای از شهرها که بتوانند عنصرخلاقیت را به منطقه و شهر تزریق کنند، خواهد بود. از این حیث تربت حیدریه می تواند با اتکا به تولید محصول بی نظیر خود یعنی زعفران با حرکت هرچه سریع تر در جهت خلاقیت حرکت نماید و گامی مهم در جهت توسعه پایدار شهری و منطقه ای بردارد. شهروندان خلاق تربت حیدریه می توانند با تولید و فرآوری محصول زعفران مثل تولید نوشیدنی ها و غذاهای بومی در منطقه زندگی خود در جهت برند سازی و خلاقیت شهر خود حرکت نمایند. ایجاد صنایع تولیدی و بسته بندی محصولات کشاورزی در منطقه تربت حیدریه می تواند گامی دیگر در جهت رشد اشتغال در منطقه باشد.

جمع بندی و ارائه راهکارها؛پیشنهادات:

یکی از اهداف مهم در برنامه های اقتصادی - اجتماعی پس از انقلاب، کاهش محرومیت و رفع نابرابری بین مناطق مختلف بوده است. منظور از توسعه یک کشور یا منطقه، افزایش تولید، دسترسی به تسهیلات زیربنای و خدماتی ، فرصتهای شغلی مناسب، به کارگیری تکنولوژی جدید و افزایش نرخ سرمایه گذاری و مصرف است. توسعه عبارت از ارتقای مستمر کل جامعه و نظام اجتماعی به سوی زندگی بهتر و انسانی تر و توسعه پایدار نیز برنامه ریزی در جهت گسترش همین هدف به صورت

مستمر و دائم است که ضمن بهره برداری در زمان حال توان مندی ها و قابلیت های یک محیط یا یک جامعه در راستای استفاده نسلهای بعدی نیز دچار ضرر و زیان نشود. توسعه منطقه ای اغلب دربرگیرنده دو هدف متضاد رفاه مردم و رفاه مکان هاست. همواره از پیش معلوم است که ایجاد اشتغال در جاهایی که مردم زندگی می کنند، دلیل اجتناب از هزینه های روانی و اقتصادی مهاجرت و منابع طبیعی و تجهیزات سرمایه ای و زیرساخت های اجتماعی بر تامین شغل و مکان های دیگر اولویت دارد. درکنار توسعه روستایی، توسعه کشاورزی و در نهایت رسیدن به کشاورزی پایدار نیز امری ضروری شناخته شده است. شهر های متوسط و میانی شهرهایی هستند که جمعیتی بین ۱۰۰تا ۲۵۰هزار نفر را دارا می باشند.ضمن توجه به تمام محدودیت های حاصل از تعریف جمعیتی شهر متوسط، لازم به توضیح است که این تعریف قراردادی برآمده از یک بررسی مقایسه ای است و بر اساس جمع بندی تعاریف مندرج در منابع مرتبط بدست آمده و لزوما اندازه متوسط به معنای عملکردی را در بر نمی گیرد.اغلب ساکنان روستاها به فروشگاه های خرده فروشی و بنگاه های خدماتی در مراکز شهری محلی اتکا دارند. خانوارهای شهری و روستایی بخاطر مسائل معیشتی شان، وابستگی های زیادی به ترکیب منابع شهری و روستایی دارند. این وابستگی ها و روابط متقابل معمولا در شهرهای کوچک و میانی هستند ولی از نظر ماهیت و مقیاس نیز پراکندگی محلی مهمی وجود دارد. مبحث «اقتصاد جدید»که به صورت بخشی مهم در مناطق و شهرهای خلاق نهایان می شود، در دهه های اخیر مطرح شده و تأثیراتی شگرف بر شهر خلاق می گذارد. از این رو، زمانی که صحبت از خلاقیت می شود نگرش نو و جدیدی است که به ابعاد ساختاری شهر و منطقه صورت می گیرد و عمدتاً به طور غالب به صورت اقتصادی و فرهنگی مطرح می گردد. جامعه ی بشری در مسیر تکامل خود در طی ده ها هزار سال به دفعات دچار تحولی محسوس و سریع به جلو شده است که هر کدام را می توان نوعی تحول انقلابی نامید. منطقهٔ تربت حیدریه بزرگترین تولیدکنندهٔ زعفران در جهان محسوب می‌شود. سبقت شهرها از یکدیگر در رشد و توسعه و تعامل سازنده در فضای پیرامون خود از اهمیت بالایی برخوردر است که شهرها می توانند از توان های و پتانسیل های خود در جهت حرکت به سمت رشد و توسعه حرکت کنند. هر شهر می تواند از ر قابلیت خود به عنوان یک شاخص و برند استفاده نماید؛ تربت حیدریه می تواند از تولید محصول زعفران در مطقه تحت نفوذ خود به عنوان برند خود استفاده نماید که اخیراً با مسائل و مشکلاتی چون نفوذ شدید دلالان و واسطه ها در بازار زعفران تربت حیدریه، عدم وجود یک اتحادیه تعاونی تولید و تجارت زعفران در منطقه تربت حیدریه و... اینک در جهت رسیدن به اهداف مورد نظر و کاستن از مشکلات فرآروی منطقه راهکارها و پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

۱- اینکه تمام اعضا اتحادیه و سرمایه داران منطقه تربت حیدریه یک شرکت تعاونی تشکیل دهند تا از این طریق کل زعفران تولیدی در تربت حیدریه خریداری شود تا بدینوسیله در خود شهرستان زعفران قیمت گذاری یا صادر شود، البته این یک مدیریت صحیح را می طلبد، تا زمانی که زعفران از تربت حیدریه خارج نشود و تمام امور به دست خود شهرستان انجام نشود، مشهد از گردونه تجارت حذف نمی شود.

۲- ایجاد صنایع تبدیلی و تکمیلی بخش کشاورزی با توجه به وجود بستر مناسب در منطقه (ایجاد واحد صنایع بسته‌بندی خوشه زعفران، خوشه پسته و ...).

۳- منطقه تربت حیدریه به لحاظ کشت و تولید زعفران در کشور و دنیا اول از جایگاه مهمی برخوردار است. در حالیکه با کیفیت ترین زعفران جهان را تولید می کند ولی برندی بنام این شهرستان وجود ندارد. حتی هنوز یک تندیس و یا نمادی در ورودی یا داخل شهر از زعفران وجود ندارد. در مجموع تبلیغات شهرستان در این زمینه ضعیف است. این امر باعث شده است تا نتواند بطور شایسته بزرگ ترین تولید کننده زعفران دنیا را به همه معرفی کند. برای رفع این مشکل همه دست اندر کاران از اتحادیه تا جهاد کشاورزی؛ اداره بازرگانی و تمام مسئولین باید فعال گردند و کارگروه زعفران شهرستان باید موضوع را به صورت جدی پیگری کند.

۴- بکارگیری نیروهای نخبه بومی جهت تحقیق و پژوهش در زمینه گیاهان دارویی منجمله زعفران.

۵- تقویت برندینگ بین‌المللی و بازاریابی متناسب با بازارهای هدف

۶- توسعه گردشگری مرتبط با زعفران و فرهنگ محلی به منظور ایجاد درآمدهای پایدار جانبی
۷- افزایش سرمایه‌گذاری در آموزش و پژوهش به منظور بهبود کیفیت محصول و کاهش ریسک‌های کشاورزی
۸- اجرای این رویکردها با بهره‌گیری از نتایج علمی و تجارب کنفرانس‌های معتبر می‌تواند سهم قابل توجهی در پایداری و رونق اقتصادی منطقه داشته باشد و الگوی موفقی برای سایر مناطق مشابه ارائه دهد.

منابع :

- آسایش، حسین، (۱۳۷۴)، اصول و روش های برنامه ریزی روستایی، تهران، انتشارات پیام نور.

- انصاری فیض آبادی، جواد،(۱۳۹۴)، چشم انداز سازی مشارکتی ، ارائه راهبردها و برنامه عمل در فرایند توسعه منطقه ی تربت حیدریه، دومین همایش چشم انداز توسعه ی منطقه تربت حیدریه در افق ۱۴۰۴، دانشگاه تربت حیدریه.

- پاول، مارک هنری(۱۳۷۴)، فقر، پیشرفت و توسعه .ترجمه مسعود محمدی .تهران :وزارت امور خارجه.

- جهانگیری، مصطفی و سلیمانی، علیرضا،(۱۳۹۴)، ارزیابی شاخص های خلاقیت در شهر تهران مورد شناسی : منطقه ۲۲ تهران، اولین همایش علمی پژوهشی افق های نوین در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی ایران.

- جدیدی میاندشتی، مهدی (۱۳۸۳)، توزیع متعادل منابع مالی به روش سطح بندی توسعه ی مناطق« فصلنامۀ پژوهش های اقتصادی»، ، شماره ۱۱ و ۱۲ ، .صص ۴۱-۱۷.

- خاکپور، براتعلی، (۱۳۸۵)، سنجش میزان توسعه یافتگی دهستان های شهرستان شیروان به منظور برنامه ریزی ناحیه ای شماره هفتم « مجلۀ جغرافیا و توسعه ناحیه ای» ، صص ۱۲۳ - ۱۴۵ .

- رستگاری پور، فاطمه، عزیززاده،فاطمه،(۱۳۹۴)، کاربرد روش مونت کارلو در شبیه سازی جریان رودخانه مطالعه موردی : سد شهید یعقوبی، دومین همایش چشم انداز توسعه ی منطقه تربت حیدریه در افق ۱۴۰۴، دانشگاه تربت حیدریه.

- رشید سرخ آبادی، مهدیه، شهیدی، علی، خاشعی سیوکی،(۱۳۹۴)، تعیین مکانهای مناسب کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، نشریه زراعت و فناوری زعفران، جلد۳ ، شماره۴ ، زمستان ۱۳۹۴، ۲۷۲- ۲۶۱.

- رضوانی، محمدرضا و صحنه، بهمن،(1384) ، سنجش سطوح توسعه یافتگی نواحی روستایی با استفاده از روش منطق فازی «فصلنامۀ روستا و توسعه »، شماره ۸، صص ۳۲-۱.

- فطرس، محمدحسن و بهشتی فر، محمود، (۱۳۸۵) تعیین سطح توسعه یافتگی، استان های کشور و نابرابری بین آنها طی سال های ۱۳۷۳ و ۱۳۸۳ ، «نامه اقتصادی» .شماره ۵۷ ، صص ۱۰۱-۱۲۲.

- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۰)، سرشماری نفوس و مسکن.

- مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران،(۱۳۹۲)، معاونت مطالعات و برنامه ریزی مدیریت، امور اجتماعی و اقتصادی، دانش شهر، شماره ۱۹۶- مرداد .

- میسرا، آر . پی.، (۱۳۶۸)، توسعۀ منطقه ای روش های نو ، عباس مخبر، چاپ اول، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، تهران.

-Martic´, M. and Savic´, G., (2001), An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social-economic development, **European Journal of Operational, Research**, No. 132, pp. 343-356.

-Landry, Charles(2008): The Crative City. A Toolkit for Urban Innovators. 2nd.Edition. Near Stroud:Comedia.

-Management Planning Khorasan Razavi (2006), Statistical Yearbook of Khorasan Razavi 2005: 118

-Parham S, Organization for Economic Co-operation and Development(1996), Innovative Policies for Sustainable Urban Development, **OECD Publishing**.

-Yu L., Hou X., Gao M. and Shi P., (2010), Assessment of coastal zone sustainable development: A case study of Yantai, China, **Ecological Indicators**, No. 10, pp. 1218–1225.

-https://fa.wikipedia.org

-http://torbath.ac.ir

The Role of Saffron in the Development of Torbat-e Heydariyeh Region with Emphasis on the Creative City

Mohammad Mehdi Delir Torbati

Faculty Member, Department of Geography, Islamic Azad University, Torbat-e Heydariyeh Branch

email: md.torbati211@gmail.com

Abstract

The growth and development of regions hinge on the utilization of their human and environmental capacities. In this regard, regional centers, as focal points for the development of their surrounding areas, must play a principal role. In developing countries, the quality of life for citizens is subject to immense inequalities, which in many cases are rapidly increasing. The Torbat-e Heydariyeh region, centered around the city of Torbat-e Heydariyeh—which can be described as a medium-sized intermediate city—can overcome many of the challenges impeding its development by leveraging its internal capacities. Agriculture, particularly saffron cultivation, is one sector that can serve as a catalyst for development in this region. The city of Torbat-e Heydariyeh can utilize this product to foster urban creativity. Therefore, this research aims to investigate the role of saffron in the development of the Torbat-e Heydariyeh region, with an emphasis on the creative city concept. The research method is descriptive-analytical, and the required data have been collected from library and documentary sources..

Keywords: Regional Development, Intermediate Cities, Saffron, Creative City, Torbat-e Heydariyeh

مروری بر کاربرد و تأثیر امواج فراصوت بر استخراج اسانس از گیاهان دارویی

شهرزاد هادی سیچانی[1]، اسماعیل مهریار[2*]، مرتضی صادقی[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳- استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

چکیده

استفاده از گیاهان دارویی در پیشگیری و درمان بیماری‌ها به دلیل عوارض جانبی کمتر و اثربخشی بالا، توجه علمی و صنعتی گسترده‌ای یافته است. ترکیبات فعال استخراج‌شده از این گیاهان، از جمله اسانس‌ها و عصاره‌ها، نه تنها جایگزینی مناسب برای داروهای شیمیایی به شمار می‌روند، بلکه در صنایع آرایشی، عطرسازی، و غذایی نیز کاربرد دارند. با افزایش تقاضا برای روش‌های استخراج سبز و کارآمد، فناوری‌های نوین مانند امواج فراصوت توسعه یافته‌اند. این روش، که بر اساس ایجاد کاویتاسیون در مایع عمل می‌کند، کارایی استخراج را افزایش داده و تخریب ترکیبات حساس را کاهش می‌دهد. تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که امواج فراصوت می‌توانند بازده و کیفیت ترکیبات فنولی، اسانس‌ها و روغن‌های گیاهی را بهبود بخشند. این روش، علاوه بر تسریع فرآیند، به دلیل کاهش دمای استخراج و استفاده از حلال‌های دوست‌دار محیط‌زیست، ایمنی بیشتری را فراهم می‌کند. در مقایسه با روش‌های سنتی مانند سوکسله و کلونجر، روش فراصوت بازده بیشتری از ترکیبات گیاهی نشان داده است. با این حال، بررسی اثر مستقیم فراصوت بر کیفیت اسانس، خواص آنتی‌اکسیدانی و پایداری آن هنوز محدود بوده و نیازمند تحقیقات بیشتری است. این مقاله با مروری بر کاربرد امواج فراصوت در فرآیند استخراج اسانس از گیاهان دارویی، بهره‌گیری از این فناوری در تولید محصولات طبیعی با کیفیت بالا برای صنایع غذایی و دارویی را بررسی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: عصاره‌گیری، گیاهان دارویی، امواج فراصوت، روغن‌های اسانسی، روش‌های نوین استخراج.

۱. مقدمه

امروزه استفاده از گیاهان دارویی برای پیشگیری، کنترل و درمان بسیاری از بیماری‌ها جایگاه ویژه‌ای در علوم زیستی و پزشکی پیدا کرده است (Anand et al., 2019). ترکیبات استخراج شده از این گیاهان، از جمله اسانس‌ها و عصاره‌های متنوع، دارای توان بالقوه‌ای برای جایگزینی داروهای شیمیایی می‌باشند. این موضوع به‌ویژه به دلیل عوارض جانبی بسیار کمتر ترکیبات گیاهی در مقایسه با داروهای شیمیایی بسیار مدنظر قرار گرفته است (Pawliszyn, 2012). استفاده از گیاهان دارویی در درمان بیماری‌ها دارای قدمتی به تاریخ بشر است و شواهد نشان می‌دهد که این گیاهان در تمام دوره‌های تاریخی نقش مهمی در تأمین سلامت انسان داشته‌اند. در عصر حاضر، علاقه به طب سنتی و استفاده از گیاهان دارویی در جوامع صنعتی و بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به طور چشم‌گیری افزایش یافته است. این اقبال به دلیل اعتماد روزافزون به کارایی و ایمنی درمان‌های طبیعی بوده است به طوری که بیش از ۳۰ درصد داروهای موجود در جهان، منشأ گیاهی دارند. این داروها یا مستقیماً از عصاره‌های گیاهی استخراج شده‌اند و یا بر اساس ترکیبات فعال گیاهی تهیه و سنتز شده‌اند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۱). علاوه بر نقش درمانی، محصولات طبیعی استخراج شده از گیاهان دارویی منابع ارزشمندی

برای صنایع کاربردی مختلف، نظیر تولید مواد آرایشی، عطرسازی، ترکیبات طعم‌دهنده و رنگ‌ها، به‌شمار می‌روند. تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که بسیاری از اسانس‌های استخراج‌شده از گیاهان خواصی همچون خاصیت حشره‌کشی، ضد قارچ، ضد انگل، ضد باکتری، ضد ویروس، آنتی‌اکسیدانی و همچنین عملکرد سیتوتوکسیک بر سلول‌های سرطانی دارا می‌باشند (Ghavam et al., 2020).نیاز مستمر جوامع بشری به ترکیبات مؤثر گیاهی، پژوهش‌های گسترده‌ای را در زمینه بهبود فرآیندهای استخراج با تأکید بر کارایی، پایداری و کاهش هزینه‌ها برانگیخته است. برای استخراج ترکیبات فعال موجود در گیاهان، از روش‌های متنوع عصاره‌گیری استفاده می‌شود. این روش‌ها عمدتاً بر اساس تماس گیاه با حلال مناسب عمل می‌کنند و اغلب با استفاده از تیمارهای مکانیکی (مانند هم‌زدن) یا حرارتی (مثل حرارت‌دهی) به منظور تسریع فرآیند همراه هستند. از جمله روش‌های متداول عصاره‌گیری می‌توان به روش سوکسله[1]، تقطیر، خیساندن[2] و پرکولاسیون[3] اشاره کرد (Guan et al., 2007).

روش‌های سنتی استخراج ترکیبات طبیعی از گیاهان، نظیر تقطیر آبی، تقطیر با بخار آب و استخراج با حلال‌های آلی، با چالش‌ها و محدودیت‌هایی همراه هستند. از جمله این معایب می‌توان به اتلاف ترکیبات فرار به دلیل دمای بالای فرآیند، بازده پایین به علت ناکارآمدی روش‌ها، طولانی بودن مدت زمان استخراج و تخریب ترکیبات حساس و غیراشباع تحت شرایط نامساعد مانند حرارت بالا اشاره کرد. علاوه بر این، باقی‌ماندن بقایای سمی حلال‌های آلی در عصاره‌های حاصل، تهدیدی جدی برای ایمنی و کاربری این ترکیبات در صنایع مختلف همچون غذایی و دارویی محسوب می‌شود.

با توجه به نیاز به افزایش کارایی و بهبود کیفیت استخراج، بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته و کاربردی‌تر، مخصوصاً برای تولید روغن‌های اسانسی با کیفیت و پایداری بالاتر، از اهمیتی ویژه برخوردار است. در روش‌های نوین استخراج روغن‌های فرار، تلاش‌ها به سمت افزایش پایداری اسانس‌ها، بالا بردن حلالیت آن‌ها در حلال‌هایی با درصد پایین الکل یا سایر حلال‌های دوست‌دار محیط‌زیست و همچنین کاهش هزینه‌های مربوط به نگهداری و انتقال روغن‌های اسانسی هدایت شده است. هدف این نوآوری‌ها، ارائه محصولاتی با کارایی بهتر در صنایع غذایی و دارویی و به حداقل رساندن آثار جانبی محیطی است.

در میان روش‌های نوین استخراج، فناوری امواج فراصوت یک روش استخراج سبز و کارآمد محسوب می‌شود. این روش، با افزایش کارایی استخراج و کاهش تخریب ترکیبات حساس از مقبولیت فراوانی برخوردار شده است. این مطالعه با هدف بررسی کاربرد و مکانیزم اثر امواج فراصوت بر فرآیند استخراج اسانس از گیاهان دارویی و مقایسه آن با روش‌های مرسوم استخراج ارائه شده است.

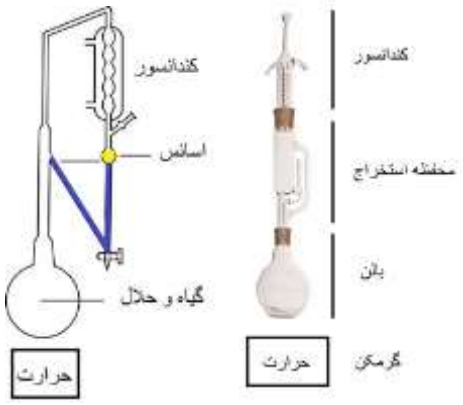
۲. روش‌های استخراج سوکسله و کلونجر

روش سوکسله به‌عنوان یک روش استاندارد و مرجع برای ارزیابی سایر روش‌های استخراج شناخته شده و عمدتاً برای استخراج ترکیباتی با فراریت کم یا متوسط که در برابر حرارت پایدار هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از عوامل کلیدی در این روش و سایر روش‌های عصاره‌گیری، انتخاب حلال مناسب است. نوع حلال تأثیر بسزایی بر کیفیت و تنوع ترکیبات موجود در عصاره نهایی دارد (Mamidipally et al., 2004). هگزان از جمله حلال‌های معمول در این روش است که به دلیل داشتن نقطه جوش در محدوده ۶۳ تا ۶۹ درجه سلسیوس، قدرت حلالیت مناسب برای مواد روغنی و قابلیت بازیافت، کاربرد گسترده‌ای دارد. با این حال، هگزان به‌عنوان یک ماده آلاینده محیط زیست شناخته می‌شود. به همین دلیل، در برخی موارد از حلال‌های کم‌خطرتر مانند اتانول، ایزوپروپانول و هیدروکربن‌ها استفاده می‌شود که می‌توانند جایگزین مناسبی باشند (ذوالفقاری و یکدانه، ۱۳۹۸). یکی دیگر از عوامل مهم در روش سوکسله و سایر روش‌های عصاره‌گیری، اندازه ذرات ماده گیاهی است. کاهش اندازه ذرات تأثیر مستقیمی بر افزایش نفوذپذیری حلال و در نتیجه بازده استخراج دارد. برای مثال، در

[1] Soxhlet extraction
[2] Maceration
[3] Percolation

استخراج روغن از دانه‌های روغنی، به منظور دستیابی به بازده ۹۹ درصد، اندازه ذرات ۰/۴ میلی‌متر به حدود ۲ ساعت زمان نیاز دارد، در حالی که افزایش اندازه ذرات به ۲ میلی‌متر این زمان را به ۱۲ ساعت افزایش می‌دهد (Luque-Garcia and De Castro, 2004). روش سوکسله دارای مزایایی است که شامل سادگی و دسترسی آسان، امکان تماس مداوم حلال با پودر گیاهی، استفاده از دمای بالا برای افزایش حلالیت ترکیبات کم‌محلول و عدم نیاز به فیلتراسیون می‌شود. اما این روش معایبی مانند طولانی بودن فرآیند، نیاز به مصرف زیاد حلال و احتمال آسیب به ترکیبات حساس در دماهای بالا نیز دارد (Tavakolpour et al., 2017).

به منظور استخراج اسانس، از دستگاه خاصی به نام کلونجر استفاده می‌شود که عملکرد آن شباهت‌هایی با دستگاه سوکسله دارد. در این فرآیند، حلال (آب) به طور مستقیم با گیاه در تماس قرار می‌گیرد. بخارات حاصل به قسمت کندانسور دستگاه انتقال یافته و پس از خنک شدن و میعان، به چرخه فرآیند بازمی‌گردند. با وجود شباهت در اصول کاری این دو دستگاه، کلونجر و سوکسله از لحاظ طراحی و کاربرد تفاوت‌های عمده‌ای دارند که شامل سه مورد می باشد. ۱) در دستگاه سوکسله طی فرآیند استخراج می‌توان از انواع مختلف حلال‌ها استفاده کرد، در حالی که در دستگاه کلونجر تنها از آب به عنوان حلال استفاده می‌شود. ۲) در سوکسله، ماده گیاهی پس از بسته‌بندی در کاغذ صافی یا کارتوش، در محفظه استخراج قرار می‌گیرد که به دور از بالن تحت حرارت مستقر است. اما در کلونجر، ماده گیاهی بدون نیاز به بسته‌بندی و به صورت آزاد، مستقیماً در داخل بالن تحت حرارت با حلال (آب) در تماس قرار می‌گیرد. ۳) در سوکسله، حلال و عصاره به طور همزمان به بالن حاوی حلال بازمی‌گردند، این در حالی است که در کلونجر تنها حلال (آب) به چرخه بازگشت می‌کند، در حالی که اسانس جدا شده و در بخش مخصوصی از دستگاه جمع‌آوری می‌شود (شکل ۱).



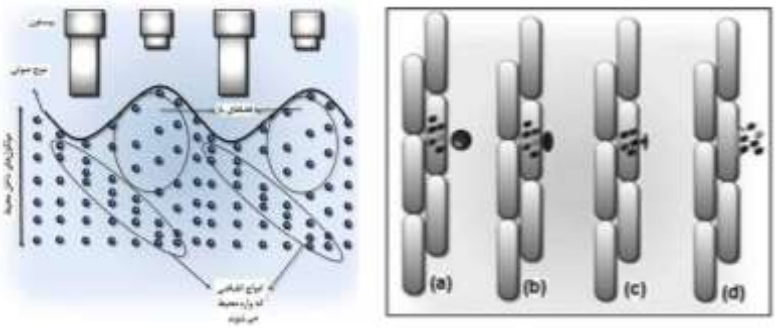
شکل ۱- مقایسه ساختار کلونجر (سمت راست) و سوکسله (سمت چپ)

۳. کاربرد امواج فراصوت در استخراج ترکیبات گیاهی

افزایش تقاضا برای جایگزینی مواد طبیعی و پایدار، با هدف کاهش خطرات زیست محیطی و ارتقای سلامت محصولات تولیدی و تمایل به کاهش استفاده از مواد سمی به منظور افزایش اعتماد مصرف‌کنندگان منجر به توسعه و پیشرفت روش‌های نوین استخراج ترکیبات گیاهی شده است. یکی از این روش‌های نوآورانه، به‌کارگیری امواج فراصوت در فرآیند استخراج ترکیبات گیاهی است (Azmir et al., 2013). امواج فراصوت شامل فرکانس‌هایی بالاتر از محدوده شنوایی انسان (۲۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز) می‌باشند. دسته‌ای از این امواج، با فرکانس کمتر از ۱۰۰ کیلوهرتز و شدت بالاتر از یک وات بر سانتی‌متر مربع، به عنوان امواج فراصوت قدرتی یا امواج با توان بالا شناخته می‌شوند (Awad et al., 2012). روش استخراج با استفاده از این امواج به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد، کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی و زیست‌محیطی دارد. کاربردهای فناوری فراصوت در صنایع غذایی بسیار متنوع است و شامل فرآیندهایی چون برش، گاززدایی، فیلتراسیون، خشک‌کردن،

هموژنیزاسیون، افزایش تردی گوشت، تعیین کیفیت تخم‌مرغ، تشکیل و پایداری امولسیون‌ها، تمیزکردن تجهیزات، استریلیزاسیون، کریستالیزاسیون چربی‌ها، تسریع واکنش‌های شیمیایی، مهار فعالیت آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها و استخراج ترکیبات مولد عطر و طعم می‌شود. علاوه بر این، فناوری فراصوت در ارزیابی خواص مکانیکی و فیزیکی مواد غذایی نیز به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کاربردها شامل ارزیابی ویژگی‌هایی نظیر تردی، سفتی و بافت مواد، اندازه‌گیری ویژگی‌هایی مانند اندازه، شکل، حجم و میزان رطوبت، درجه‌بندی کیفیت و جداسازی مواد غذایی است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۶).

مکانیسم اصلی استخراج با امواج فراصوت به پدیده‌ای به نام کاویتاسیون[1] مرتبط است. زمانی که یک موج صوتی از یک محیط الاستیک عبور می‌کند، سبب جابجایی طولی ذرات محیط می‌شود و به صورت یک پیستون عمل کرده و مراحل متوالی انقباض و انبساط را در مایع ایجاد می‌کند. در این فرآیند، مولکول‌های محیط به طور موقت از جایگاه اصلی خود جابجا شده و در اثر عبور موج صوتی با مولکول‌های اطراف برخورد می‌کنند. در مرحله انبساط موج، اولین گروه از مولکول‌ها به سمت موقعیت اولیه خود باز می‌گردند و انرژی جنبشی آن‌ها باعث کشش بیشتر به سمت عقب می‌شود (Pawliszyn, 2012). در نتیجه، مناطق انبساطی در مایع شکل می‌گیرند. از آنجا که هر محیط دارای فاصله مولکولی بحرانی خاصی است، هنگامی که این فاصله بیش از حد مجاز شود، پیوندهای بین مولکولی شکسته شده و حفره‌هایی در مایع ایجاد می‌شود. این حفره‌ها که به عنوان حباب‌های کاویتاسیون شناخته می‌شوند، در طول مراحل انبساط رشد کرده و طی فاز انقباض اندازه آن‌ها کاهش می‌یابد. هنگامی که این حباب‌ها به اندازه‌ای بحرانی برسند، طی چرخه انقباض منفجر شده و انرژی بسیار زیادی را آزاد می‌کنند. دمای تولیدی در لحظه انفجار به حدود ۵۰۰۰ کلوین و فشار به حدود ۵۰۰۰ اتمسفر در شرایط دمای اتاق می‌رسد. این پدیده به ایجاد نقاط داغ[2] منجر شده که می‌تواند واکنش‌های شیمیایی را در محیط به طور قابل‌توجهی تسریع کند. در صورتی که این حباب‌ها نزدیک به سطح یک ماده جامد منفجر شوند، فشار و دمای بالا حاصل از انفجار، میکروجت‌هایی قدرتمند و همچنین امواج شوک را ایجاد می‌کند. برخورد این میکروجت‌ها با سطح جامد، سبب بروز سایش، شکستگی و تخریب ماده می‌شود (خواجه نوری و حقیقی اصل، ۱۳۹۳) (شکل ۲).



شکل ۲- سیکل‌های فشرده و باز ایجاد شده توسط امواج فراصوت (سمت راست) و فروپاشی حباب کاویتاسیون و آزادسازی مواد گیاهی (سمت چپ)

برای دستیابی به یک فرآیند استخراج مؤثر و بهینه، فاکتورهایی نظیر دما، مدت استخراج، فشار، فرکانس امواج، اندازه ذرات، تراکم ماده، میزان رطوبت و انتخاب حلال مناسب باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند. کاهش اندازه ذرات یکی از عوامل مهمی است که منجر به افزایش بازده استخراج می‌شود (Adetunji et al., 2017). فرکانس امواج فراصوت نقش مهمی در بازده فرآیند دارد. به‌عنوان مثال، در استخراج ترکیبات پیرترین از گیاه پیرتروم، افزایش اندکی در فرکانس امواج باعث افزایش ۲۲ درصدی بازده گردید. اما در استخراج اسانس از گیاهان، تغییر فرکانس تأثیر قابل توجهی بر بازده نشان نداده است. علاوه

[1] Cavitation
[2] Hot Spots

بر این، میزان رطوبت ماده گیاهی اهمیت بالایی دارد. امواج فراصوت بیشترین قدرت را در مجاورت منبع تولید نشان می‌دهند و با افزایش فاصله، شدت آن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین، مواد جامد و متراکم‌تر در مسیر تابش می‌توانند موجب کاهش بیشتری در قدرت امواج شوند. بنابراین، استفاده از ماده گیاهی مرطوب می‌تواند این کاهش قدرت را تا حد زیادی جبران کند و کارایی فرآیند را بهبود بخشد. تنظیم دمای فرآیند نیز یکی از فاکتورهای حیاتی در این روش است. کنترل دقیق دما می‌تواند از افزایش بی‌مورد آن جلوگیری کرده و ترکیبات حساس به گرما را از آسیب محافظت کند.

مدت زمان فرآیند استخراج باید به‌درستی تنظیم شود، زیرا افزایش بیش از حد زمان می‌تواند کیفیت اسانس را تحت تأثیر قرار دهد. استفاده از امواج فراصوت به دلیل توانایی آن‌ها در شکستن دیواره‌ها و غشاهای سلولی، فرآیند نفوذ حلال به سلول‌ها را تسریع و انتقال جرم بین بافت و محیط را تسهیل می‌کند. این امر موجب می‌شود که فرآیند استخراج در مقایسه با روش‌های سنتی، در مدت زمان بسیار کوتاه‌تری انجام شود (ذوالفقاری و یکدانه، ۱۳۹۸). یکی از مهم‌ترین مزایای این روش، ارزان، ساده و کارآمد بودن آن است. در استخراج ساپونین‌ها از جینسینگ، این روش در مقایسه با روش‌های کلاسیک، توانست بازده را تا ۳۰ درصد و سرعت را تا سه برابر افزایش دهد (Belwal et al., 2018). همچنین، این روش به دلیل نیاز به دماهای پایین‌تر، موجب کاهش آسیب به ترکیبات حساس به حرارت می‌شود. در مقایسه با سایر روش‌های مدرن استخراج اسانس، استفاده از امواج فراصوت مزایای بیشتری را ارائه می‌دهد. به‌ویژه، این روش آسان‌تر، ارزان‌تر و انعطاف‌پذیرتر بوده و قابلیت استفاده با انواع مختلف حلال‌ها را داراست. پژوهش‌های متعددی افزایش راندمان استخراج با استفاده از امواج فراصوت در مقایسه با روش‌های متداول را گزارش کرده‌اند. در جدول (۱) خلاصه‌ای از چهار پژوهش انجام شده روی گیاهان دارویی مختلف و مقایسه روش‌های رایج و کاربرد امواج فراصوت به طور خلاصه بیان شده است.

جدول ۱- خلاصه‌ای از مهم‌ترین گزارش‌های مقایسه‌ای کاربرد امواج فراصوت و روش‌های مرسوم

گیاه	روش مقایسه	افزایش بازده UAE نسبت به کنترل	یادداشت مهم	منبع
رازیانه	سوکسله	9.3 درصد افزایش عصاره خشک	50 درصد افزایش ترکیبات فنولی	قربانی و همکاران، 1396
پونه‌گاوی	خیساندن	۴۲ درصد افزایش ترکیبات فنولی	بدون تخریب ترکیبات اصلی	Haydari Majd et al., 2012
نعناع فلفلی	تقطیر	1.46 درصد در برابر 1.32 درصد	بدون تغییر پروفایل GC-MS	Kowalski et al., 2015
زیره سیاه	تقطیر	۲۰ درصد کاهش زمان تقطیر	افزایش 10 تا ۱۵ درصدی اسانس	Assami et al., 2012

افزایش بازده استخراج از گیاه ولیک سیاه در روش فراصوت نسبت به روش استخراج با حلال (Tavakolpour et al., 2017)، علاوه بر این، افزایش ترکیبات فنولی با استفاده از امواج فراصوت در مقایسه با روش‌های سنتی در بسیاری از پژوهش‌ها تأیید شده است. در استخراج ترکیبات فنولی از نارنگی، استفاده از امواج فراصوت باعث افزایش چشمگیر میزان ترکیبات فنولی در مقایسه با روش غرقابی شد (Ma et al., 2009). همچنین، در گزارشی دیگر افزایش ترکیبات فنولی از گیاه پونه‌گاوی را با استفاده از امواج فراصوت در مقایسه با روش غرقابی گزارش کردند و این نتایج را به تأثیر تنش برشی حاصل از امواج فراصوت بر ساختار ترکیبات فنولی نسبت دادند (Haydari Majd et al., 2012).

قربانی و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر شرایط عصاره‌گیری با امواج فراصوت بر عملکرد و خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه رازیانه بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین بازده عصاره‌گیری در شرایط مدت ۴۵ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سلسیوس و توان ۳۰۰ وات برابر با ۸/۷۹ گرم عصاره خشک به ازای ۱۰۰ گرم دانه رازیانه بود. اگرچه تفاوت آماری قابل توجهی با روش سوکسله نداشت، اما توانست میزان ۳/۹ درصد عصاره خشک بیشتری نسبت به روش سوکسله استخراج کند. در بخش دیگری از این پژوهش، بیشترین مقدار ترکیبات فنولی در شرایط ۴۵ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سلسیوس و توان ۲۰۰ وات به میزان ۳/۱۵ میلی‌گرم در هر میلی‌لیتر عصاره به دست آمد، که تفاوت معناداری با روش سوکسله داشت و منجر به افزایش ۵۰/۸ درصدی

ترکیبات فنولی نسبت به این روش شد. همچنین، بیشترین درصد مهار رادیکال آزاد DPPH برابر با ۹۸/۸ درصد در شرایط ۱۵ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سلسیوس و توان ۳۰۰ وات مشاهده گردید. اگرچه این میزان اختلاف معناداری با روش سوکسله نداشت، اما روش سوکسله تنها توانست ۰/۱۸ درصد مهار رادیکال آزاد بیشتری ایجاد کند. با این حال، نتایج این اختلاف در مقایسه با زمان و دمای پایین‌تر مورد نیاز در روش فراصوت، بسیار ناچیز بود و برتری روش فراصوت را نشان داد.

مزدستان و همکاران (۱۳۹۴) اهمیت روش‌های مختلف استخراج شامل سوکسله، فراصوت و خیساندن را در فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ گیاه مورد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بالاترین راندمان عصاره‌گیری به روش سوکسله حاصل شد. عصاره حاصل از این روش دارای بیشترین میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی بود. همچنین، در آزمون به دام‌اندازی رادیکال آزاد DPPH ، عصاره سوکسله به طور معناداری عملکرد بهتری نسبت به عصاره‌های حاصل از دو روش دیگر نشان داد. در آزمون کلاته‌کنندگی آهن، عصاره سوکسله نیز دارای فعالیت بیشتری بود و توانایی آن در کلاته کردن آهن به طور معناداری بالاتر از عصاره‌های حاصل از روش فراصوت و خیساندن بود. با این حال، تمام عصاره‌ها فعالیت ضعیف‌تری نسبت به کنترل مثبت (EDTA) نشان دادند. در آزمون قدرت احیاکنندگی، عصاره حاصل از روش خیساندن بالاترین فعالیت را ثبت کرد. همچنین، در آزمون به دام‌اندازی رادیکال آزاد نیتریک اکساید، مقدار IC50 برای عصاره روش فراصوت ۳۵۵/۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر، برای سوکسله ۴۰۲/۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر و برای خیساندن ۱۷۳/۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر تعیین شد. در این آزمون، عصاره خیساندن بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشت.

در پژوهشی دیگر تأثیر امواج فراصوت بر استخراج اسید کلروژنیک از برگ‌های کنگر فرنگی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از پروب فراصوت با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز به مدت ۱۵ دقیقه یا پروب ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۶۰ دقیقه در آب، شرایط بهینه‌ای برای استخراج این ترکیب محسوب می‌شود (Saleh et al., 2016). علی‌رغم مطالعات گسترده‌ای که در زمینه به‌کارگیری امواج فراصوت در فرآیند عصاره‌گیری از گیاهان مختلف صورت گرفته است، بررسی تأثیر مستقیم امواج فراصوت بر مقدار و کیفیت اسانس همچنان محدود است. در یک مطالعه، کوالسکی و واورژیکوفسکی (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از حمام فراصوت در فرآیند تقطیر روغن از بخش‌های سبز تیموتی توانسته است راندمان فرآیند تقطیر را بهبود بخشد. در گزارشی نشان داده شد که اعمال امواج فراصوت پیش از فرآیند تقطیر بر روی گیاه زیره سیاه ، نه تنها عملکرد کمی اسانس را افزایش داده، بلکه باعث کوتاه شدن زمان تقطیر نیز شده است (Assami et al., 2012). در مطالعه دیگری، کوالسکی و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر امواج فراصوت (با فرکانس ۴۰ هرتز و مدت زمان ۵ تا ۳۰ دقیقه) بر کارایی استخراج اسانس از چند گیاه مختلف را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از حمام فراصوت موجب افزایش معنی‌دار استخراج ماده مؤثر از برگ‌های نعناع از ۱/۳۲درصد به ۱/۴۶درصد شد. با این حال، تأثیر قابل‌توجهی بر مقدار اسانس استخراج‌شده از گل‌های بابونه مشاهده نشد (از ۱/۱۳درصد به ۱/۲۷ درصد). همچنین، تجزیه و تحلیل ترکیبات اسانس این دو گیاه نشان داد که استفاده از امواج فراصوت موجب تخریب یا تغییر در محتوای اسانس نمی‌شود (Kowalski et al., 2015). یکی از مزیت‌های کلیدی روش فراصوت در اسانس‌گیری، امکان کنترل دقیق پارامترهایی مانند دما و مدت زمان اعمال امواج است. با این وجود، مطالعات انجام‌شده درباره تأثیر امواج فراصوت بر مقدار استخراج اسانس و نیز قابلیت آنتی‌اکسیدانی اسانس حاصل، از جمله توانایی آن در مهار رادیکال‌های فعال مانند هیدروژن پراکسید، همچنان محدود باقی مانده‌اند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

کاربرد امواج فراصوت به‌عنوان یک روش سبز، سریع و مقرون‌به‌صرفه در استخراج اسانس گیاهان دارویی موجب افزایش نفوذپذیری حلال، تسریع انتقال جرم، حفظ ترکیبات حساس از طریق پایین نگه داشتن دمای فرآیند، فراهم بودن امکان استفاده از حلال‌های سبز (آب، اتانول، اتانول–آب)، افزایش ۱۵ تا۴۰ درصدی بازده، کاهش تا ۶۵ درصدی زمان فرآیند و حفظ پروفایل اصلی ترکیبات فرّار شده است. با وجود این، اثر این روش بر شاخص‌های کیفیتی چون فعالیت آنتی‌اکسیدانی،

پایداری اکسایشی و میزان تخریب ترکیبات حساس در گونه‌های مختلف ناهمگون و گاه متناقض گزارش شده است. مطالعات سیستماتیک با طرح‌های آماری یکنواخت و آنالیزهای GC-MS قبل و بعد تیماردهی برای اثبات "عدم تغییر ترکیبات اصلی" ضروری است. پیشنهاد می‌شود برای تعیین دقیق شرایط بهینه (فرکانس ۲۰ تا۴۰ کیلوهرتز ، توان ۲۰۰ تا۳۰۰ وات، دمای ۴۰ تا۶۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۵ تا ۴۵ دقیقه) از طرح‌های آماری یکنواخت (RSM یا BBD) برای بهینه‌سازی چندمتغیره استفاده شود. همچنین طراحی رآکتورهای جریانی برای مقیاس تولید صنعتی اسانس‌ها و ارزیابی مصرف انرژی بهتر است مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، بهره‌گیری ترکیبی از UAE با تقطیر آبی و ارزیابی اثر طولانی‌مدت نگهداری بر کیفیت اسانس، افق پژوهشی روشنی را برای تولید محصولات طبیعی استاندارد شده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی فراهم نموده و استفاده صنعتی از این فناوری را توجیه‌پذیر می‌سازد.

منابع

خواجه نوری، م.، حقیقی اصل، علی. ۱۳۹۳. بررسی استخراج ترکیبات طبیعی گیاهان با کمک امواج میکروویو و فراصوت. فناوری‌های جدید در صنعت غذا ۱(۳): ۹۱-۸۱.

ذوالفقاری، ب.، یکدانه، ا. ۱۳۹۸. پیشرفت های اخیر در زمینه روش های استخراج ترکیب های گیاهی. داروهای گیاهی ۱: ۵۵-۵۱.

فیضی، پ.،کمالی، ح.، یزدانی، ا.، هاشمی مقدم. ح. ۱۳۹۱. مقایسه روش استخراج کلونجر (تقطیر با آب) و استخراج با حلال برای استخراج اسانس روغنی گیاه آدمک و آنالیز ترکیب مواد با گاز کروماتوگرافی اسپکتروسکوپی جرمی. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی ۴(۵): ۴۱-۳۵.

قربانی م.، ابونجمی م.، قربانی جاوید، م.، عرب حسینی، ا. ۱۳۹۶. تأثیر شرایط عصارهگیری با امواج فراصوت بر عملکرد و خواص آنتی اکسیدانی عصاره گیاه رازیانه. مجله علوم و صنایع غذایی، ۶۷(۱۴): ۷۳-۶۳.

مزدستان، ش.، ابراهیم زاده، م. ع.، خلیلی، م. ۱۳۹۴. مقایسه اهمیت روش‌های مختلف استخراج بر فعالیت Myrtus communisآنتی‌اکسیدانی برگ گیاه مورد. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران ۲۵(۱۲۷): ۲۴-۱۰.

Adetunji, L. R., Adekunle, A., Orsat, V., and Raghavan, V. (2017). Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocolloids*, 62: 239–250.

Anand, U., Jacobo-Herrera, N., Altemimi, A., and Lakhssassi, N. (2019). A comprehensive review on medicinal plants as antimicrobial therapeutics: Potential avenues of biocompatible drug discovery. *Metabolites*, 9(11): 258–263.

Assami, K., Pingret, D., Chemat, S., Meklati, B. Y., and Chemat, F. (2012). Ultrasound-induced intensification and selective extraction of essential oil from *Carum carvi* L. seeds. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 62: 99–105.

Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D. Y. M. M., and Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2): 410–427.

Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., and Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4): 426–436.

Belwal, T., Ezzat, S. M., Rastrelli, L., Bhatt, I. D., Daglia, M., Baldi, A., and Atanasov, A. G. (2018). A critical analysis of extraction techniques used for botanicals: Trends, priorities, industrial uses and optimization strategies. *Trends in Analytical Chemistry*, 100: 82–102.

Ghavam, M., Manca, M. L., Manconi, M., and Bacchetta, G. (2020). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils obtained from leaves and flowers of *Salvia hydrangea* DC. ex Benth. *Scientific Reports*, 10(1): 1–10.

Guan, W., Li, S., Yan, R., Tang, S., and Quan, C. (2007). Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry*, 101(4): 1558–1564.

Haydari Majd, M., Mortazavi, S. A., Asili, J., Bolorian, S., Armin, M., and Abdolshahi, A. (2012). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Flomidoschema parviflora*. *Journal of Herbal Drugs (An International Journal on Medicinal Herbs*, 3(1): 7–13.

Kowalski, R., Kowalska, G., Jamroz, J., Nawrocka, A., and Metyk, D. (2015). Effect of the ultrasound-assisted preliminary maceration on the efficiency of the essential oil distillation from selected herbal raw materials. *Ultrasonics Sonochemistry*, 24: 214–220.

Luque-Garcia, J. L., and De Castro, M. L. (2004). Ultrasound-assisted Soxhlet extraction: An expeditive approach for solid sample treatment: Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds. *Journal of Chromatography A*, 1034(1–2): 237–242.

Ma, Y. Q., Chen, J. C., Liu, D. H., and Ye, X. Q. (2009). Simultaneous extraction of phenolic compounds of citrus peel extracts: Effect of ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16: 57–62.

Mamidipally, P. K., and Liu, S. X. (2004). First approach on rice bran oil extraction using limonene. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106: 122–125.

Pawliszyn, J. (2012). Comprehensive Sampling and Sample Preparation, in: Pingret, D., Fabiano-Tixier, A. S., and Chemat, F. Accelerated Methods for Sample Preparation in Food. *Academic Press, University of Waterloo, Ontario*, 1: 441–455.

Saleh, I. A., Vinatoru, M., Mason, T. J., Abdel-Azim, N. S., Aboutabl, E. A., and Hammouda, F. M. (2016). A possible general mechanism for ultrasound-assisted extraction (UAE) suggested from the results of UAE of chlorogenic acid from *Cynara scolymus* L. (artichoke) leaves. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31: 330–336.

Tavakolpour, Y., Moosavi-Nasab, M., Niakousari, M., Haghighi-Manesh, S., Hashemi, S. M. B., and Mousavi Khaneghah, A. (2017). Comparison of four extraction methods for essential oil from *Thymus daenensis* Subsp. *Lancifolius* and chemical analysis of extracted essential oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4): e13046.

A Review on Application and Impact of Ultrasound Waves on Extraction of Essential Oils from Medicinal Plants

Shahrzad Hadi Sichani[1], Esmaeil Mehryar[2*], Morteza Sadeghi [3]

1. MSc. graduated, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2. Assist. Prof., Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Professor, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran .

* Corresponding author email: e.mehryar@iut.ac.ir

Abstract

The use of medicinal plants in the prevention and treatment of diseases has gained extensive scientific and commercial interest owing to their lower side effects and high efficacy. The active compounds recovered from these plants—essential oils and extracts—are regarded not only as suitable substitutes for synthetic drugs but also as valuable ingredients in cosmetics, perfumery, and the food industry. In response to the growing demand for green and efficient extraction technologies, ultrasound-assisted extraction has emerged as a promising alternative. By inducing cavitation within the solvent, this technique increases mass-transfer rates and improves yields while minimizing thermal degradation of sensitive metabolites. Studies have demonstrated that ultrasound can enhance both the yield and the quality of phenolic compounds, essential oils, and vegetable oils. Moreover, the lower operating temperatures and the use of environmentally benign solvents improve process safety and sustainability. Compared with conventional methods such as Soxhlet and Clevenger apparatus, ultrasound extraction consistently delivers higher yields of target analyses. Nevertheless, direct investigations into the impact of ultrasound on the chemical profile, antioxidant activity, and long-term stability of essential oils remain scarce, and further targeted research is therefore warranted. This article reviews the application of ultrasound waves in the process of extracting essential oils from medicinal plants, and examines the use of this technology in producing high-quality natural products for the food and pharmaceutical applications.

Keywords: Essential oil, Cavitation, Green extraction, Ultrasound-assisted extraction, Medicinal plants.

مروری بر کاربرد امواج فروسرخ در خشک کردن ترکیبی گیاهان با هدف بهبود کیفیت محصول خشک شده و کاهش انرژی مصرفی

بهنام صالحی[۱]، مرتضی صادقی*[۲]، اسماعیل مهریار[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

چکیده

در حوزه صنایع غذایی و فرآوری گیاهان دارویی، جلوگیری از تغییرات ناخواسته در کیفیت نهایی محصول، امری حیاتی به‌شمار می‌آید، چراکه خواص ارگانولپتیکی مانند رنگ، بو، طعم و بافت، تأثیر مستقیمی بر پذیرش بازار و مطلوبیت محصول دارند. خشک کردن به عنوان یکی از روش‌های موثر برای کاهش وزن و حجم مواد غذایی و گیاهان دارویی و افزایش ماندگاری آن¬ها از طریق کاهش فعالیت‌های آنزیمی و واکنش‌های شیمیایی، فرایندهایی نظیر بسته‌بندی، حمل‌ونقل و انبارداری را تسهیل می کند. خشک‌کردن شامل سه مرحله اصلی است: ثبات دما، خشک‌شدن با نرخ ثابت و خشک‌شدن با نرخ نزولی که در آن انتقال رطوبت به سطح کاهش یافته و انتقال حرارت با پدیده‌های هدایتی و نفوذی انجام می‌شود. انتخاب روش مناسب خشک‌کردن تأثیر مستقیمی بر کیفیت محصول نهایی، انرژی مصرفی و به تبع آن هزینه تمام شده فرآیند دارد. روش‌های مدرن مانند استفاده از امواج فروسرخ و سیستم‌های ترکیبی (مانند فروسرخ-هوای داغ) در سال‌های اخیر محبوب شده‌اند. امواج فروسرخ باعث کاهش زمان خشک‌کردن، توزیع یکنواخت‌تر حرارت و کاهش مصرف انرژی می‌شوند. در مقابل استفاده از آن‌ها به‌تنهایی می‌تواند مشکلاتی نظیر گرفتگی بخار در منافذ مواد ایجاد کند. ترکیب فناوری‌هایی مانند فروسرخ و جابه‌جایی هوا، نه‌تنها باعث کاهش زمان و انرژی مصرفی فرآیند می‌شود، بلکه کیفیت محصول (رنگ، بافت و ارزش غذایی) را نیز حفظ می‌کند. تحقیقات نشان داده‌اند که بازچرخانی هوای خروجی از سیستم‌های خشک‌کن، سبب افزایش راندمان حرارتی، کاهش اتلاف انرژی، و بهبود کیفیت محصول می‌شود. استفاده از این فناوری‌ها در ترکیب با روش‌های پیشرفته خشک‌کردن، روشی پایدار و کارآمد برای تولید محصولات با کیفیت و کاهش ضایعات انرژی در صنایع غذایی و گیاهان دارویی محسوب می‌شود. این مقاله به بررسی کاربرد امواج فروسرخ در فرآیند خشک کردن ترکیبی گیاهان با هدف بهبود کیفیت محصول خشک شده و کاهش انرژی مصرفی می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: خشک‌کردن مواد غذایی، امواج فروسرخ، بازچرخانی هوا، راندمان حرارتی.

۱. مقدمه

خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین روش‌ها برای حفظ مواد غذایی و جلوگیری از فساد آن‌ها است. در این روش با کاهش فعالیت آنزیم‌ها و کند شدن واکنش‌های شیمیایی، ماندگاری مواد غذایی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. علاوه بر این، خشک کردن باعث کاهش حجم و وزن مواد غذایی شده و موجب تسهیل فرایندهای بسته‌بندی،

حمل و نقل و انبارداری می شود. در طی این فرایند خشک کردن نه تنها مواد غذایی در مقابل فساد حفظ می شوند، بلکه به شـاخص‌های کیفی محصـول، مانند رنگ، طعم، عطر، ارزش غذایی و بافت این مواد کمترین خسـارت ممکن وارد شـود (شریفی، ۱۳۸۶).

سینتیک عملیات خشک کردن مواد غذایی معمولاً به سه مرحله تقسیم می‌شود. ۱) مرحله ثابت شدن دما: در ابتدای فرآیند، دمای محصول به سرعت به دمای حباب تر محیط خشک‌کن می‌رسد و تا زمانی که تمام آب سطحی تبخیر شود، ثابت می‌ماند. از آنجایی که مدت زمان این مرحله کوتاه است، معمولاً در تحلیل‌های خشک کردن در نظر گرفته نمی‌شود. ۲) مرحله خشک شدن با نرخ ثابت: در این مرحله رطوبت محصول از طریق منافذ موئینه به سطح منتقل می‌شود، دمای محصول در دمای حباب‌تر ثابت می‌ماند و تا زمانی که رطوبت محصول به رطوبت بحرانی اول برسد طول می‌کشد. در این دوره خشک کردن، یک فرآیند آدیاباتیک است و تمام گرمایی که توسط محصول دریافت می‌شود باعث تبخیر می‌شود. نرخ تبخیر از سطح محصول با نرخ انتقال حرارت به سطح برابر است. محتوای رطوبتی در این دوره تا محتوای رطوبتی بحرانی[1] پیش می‌رود. ۳) مرحله نهایی شامل خشک شدن با نرخ نزولی: این مرحله خود به دو بخش تقسیم می‌شود. الف) نرخ نزولی سریع:[2] در این مرحله، سرعت خشک شدن به دلیل کاهش سطح رطوبت در محصول، به سرعت کاهش می‌یابد. تبخیر عمدتاً در داخل محصول رخ می‌دهد و دو نوع انتقال حرارت شامل انتقال حرارت هدایتی در مرکز محصول و انتقال حرارت جابجایی در نزدیکی سطح در این مرحله نقش دارند (در مرکز محصول دما ثابت است و انتقال با انتشار موئینگی صورت می‌گیرد). در ناحیه‌ی دوم دما زیاد می‌شود و انتقال با پدیده نفوذ اتفاق می‌افتد. این مرحله تا زمانی ادامه می‌یابد که رطوبت محصول به نقطه بحرانی دوم برسد. ب) نرخ نزولی آهسته:[3] در این مرحله، آب باقیمانده به صورت بخار در داخل محصول محبوس شده است و خشک شدن با سرعت بسیار کمی ادامه می‌یابد تا محصول به رطوبت تعادلی[4] برسد. (Leie et al., 2007).

هدف اصلی در هر فرایند خشک‌کردن، دستیابی به محصولی با کیفیت بالا، حداقل هزینه‌های اقتصادی و حداکثر کارایی دستگاه می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که این عوامل به شکل پایدار و بهینه مدیریت شوند. کیفیت مواد بیولوژیکی در طی فرایند خشک‌کردن به طور قابل‌توجهی تحت تأثیر تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار می‌گیرد. یکی از چالش‌های اساسی در خشک‌کردن محصولات کشاورزی، پایین بودن ضریب انتقال حرارت هدایتی این محصولات است که منجر به افزایش زمان فرایند خشک‌کردن می‌شود. این مسئله نه تنها باعث افزایش مصرف انرژی می‌گردد، بلکه موجب کاهش بازدهی حرارتی دستگاه خشک‌کن نیز می‌گردد (Akpinar et al., 2006). علاوه بر آن، قرارگیری طولانی‌مدت مواد در معرض دماهای بالا، افت معنی‌دار کیفیت محصول را به همراه دارد و باعث آسیب به ویژگی‌های حسی و ارزش غذایی محصول می‌شود (Doymaz, 2012). ازاین‌رو، استفاده از تکنیک‌های پیشرفته و سریع خشک‌کردن نظیر امواج مایکروویو، تابش فروسرخ یا ترکیب این روش‌ها با خشک‌کردن توسط هوای داغ، می‌تواند به طور مؤثری زمان فرایند خشک‌کردن را کاهش دهد. این تکنیک‌ها نه تنها انرژی مصرفی را کاهش می‌دهند و اتلاف را به حداقل می‌رسانند، بلکه کیفیت نهایی محصول را نیز به طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهند (Khoshtaghaza et al., 2014). این رویکردها، به دلیل عملکرد بهتر در حفظ ساختار، رنگ، و ترکیبات فعال زیستی محصول، به‌ویژه در تولید مواد غذایی و دارویی، بسیار کارآمد و مورد توجه می‌باشند و گام مهمی در بهبود بهره‌وری فرایندهای صنعتی محسوب می‌شوند. روش‌های متعددی برای خشک‌کردن میوه‌ها و سبزیجات مورد استفاده قرار می‌گیرند که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های خورشیدی، امواج مایکروویو، جابه‌جایی با جریان هوای گرم، خلأ و پاششی اشاره کرد. در میان این روش‌ها، خشک‌کردن به روش جابه‌جایی با هوای گرم یکی از رایج‌ترین و پرکاربردترین تکنیک‌ها در صنایع غذایی محسوب می‌شود (Guine et al., 2011). با این حال، در سال‌های اخیر، استفاده از امواج فروسرخ به عنوان یک

[1]. Critical moisture content
[2]. Rapid falling rate
[3]. Slow falling rate
[4]. Equilibrium moisture content

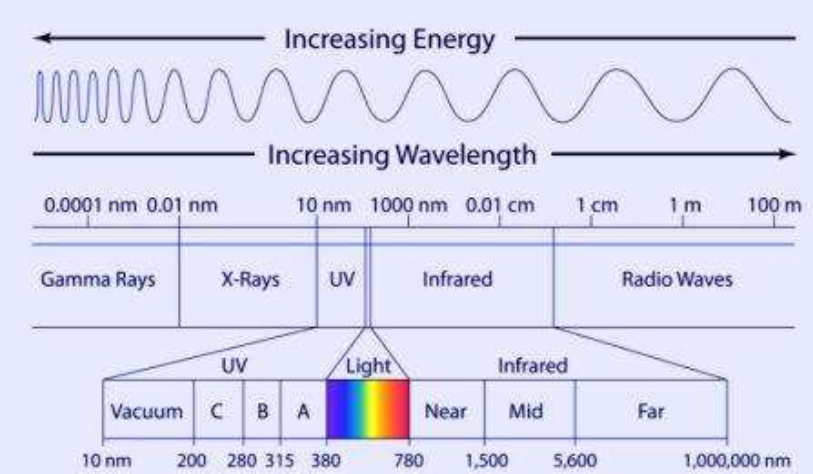
تکنولوژی نوین، محبوبیت ویژه‌ای در خشک‌کردن محصولات کشاورزی گوناگون پیدا کرده است. این روش مزایای قابل‌توجهی از جمله کاهش زمان خشک‌شدن، بازدهی انرژی بالا، بهبود کیفیت محصول نهایی و توزیع یکنواخت دما در داخل ماده خشک‌شده را ارائه می‌دهد (Kocabiyik and Tezer, 2009). یکی از رویکردهای پیشرفته در این حوزه، ترکیب دو روش خشک‌کردن با تابش امواج فروسرخ و جابه‌جایی است. این روش، که از انتقال حرارت همزمان تابشی و همرفتی بهره می‌برد، موجب کاهش افت کیفیت محصول فرآوری‌شده می‌شود. علاوه بر این، در مقایسه با استفاده جداگانه از هر یک از این فناوری‌ها، ترکیب آن‌ها به کاهش مصرف انرژی و زمان فرآیند خشک‌کردن منجر می‌گردد (Hebber et al., 2004). این ویژگی‌ها موجب شده‌اند که این شیوه به عنوان یک گزینه کارآمدتر و اقتصادی‌تر برای خشک‌کردن انواع محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گیرد و کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی و کشاورزی پیدا کند. در مجموع، ارتقای بهره‌وری انرژی، حفظ ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای محصول و کاهش زمان فرآیند، از دلایل عمده‌ی رویکرد به استفاده از روش‌های ترکیبی و فناوری‌های جدید در فرآیندهای خشک‌کردن به شمار می‌آیند.

هدف از مطالعه و تحقیق در مورد خشک‌کن‌ها را می‌توان در سه محور کلیدی زیر خلاصه کرد. ۱) ملاحظات اقتصادی: طراحی و بهبود خشک‌کن‌ها با هدف کاهش هزینه‌های عملیاتی و انرژی، افزایش ظرفیت تولید، و توسعه تجهیزاتی با قابلیت اطمینان بالا که نیازمند نیروی انسانی کمتر باشند. تحقق این اهداف موجب بهره‌وری بهتر در فرایند خشک‌کردن و صرفه‌جویی در منابع می‌شود. ۲) اثرات زیست‌محیطی: کاهش مصرف انرژی در فرایند خشک‌کردن از طریق بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، به‌منظور کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای. این امر برای توسعه سیستم‌های پایدار صنعتی بسیار حائز اهمیت است. ۳) جنبه‌های کیفی محصول: اطمینان از کنترل دقیق محتوای رطوبتی مواد در پایان فرایند خشک‌کردن، به‌منظور جلوگیری از واکنش‌های شیمیایی نامطلوب و حفظ خصوصیات ساختاری و بافت محصول. این جنبه شامل به حداقل رساندن تغییرات در رنگ، کاهش چروکیدگی، کنترل دقیق چگالی محصول و توسعه خشک‌کن‌های انعطاف‌پذیر است که بتوانند محصولات با خواص فیزیکی بهبودیافته و جذاب‌تر را به مصرف‌کننده ارائه دهند (Özdemir et al., 2017).

در حوزه صنایع غذایی، جلوگیری از تغییرات ناخواسته در کیفیت نهایی محصول، امری حیاتی به‌شمار می‌آید؛ چراکه خواص ارگانولپتیکی مانند رنگ، بو، طعم و بافت، تأثیر مستقیمی بر پذیرش بازار و مطلوبیت محصول دارند. به ویژه، تغییرات نامطلوب در رنگ و چروکیدگی محصول پس از فرایند خشک‌کردن از جمله عواملی هستند که جذابیت بصری و ارزش بازار محصول را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین، توسعه روش‌های خشک‌کردن پیشرفته و دقیق که بتوانند این جنبه‌ها را مدیریت کنند، بخش مهمی از تحقیقات در این حوزه را تشکیل می‌دهد. هدف از این مطالعه، بررسی کاربرد امواج فروسرخ در روش ترکیبی خشک کردن گیاهان، آشنایی با مکانیزم تأثیر این امواج و نقش آن‌ها در کیفیت محصول خشک شده و انرژی مصرفی فرآیند می‌باشد.

۲. امواج فروسرخ

تابش فروسرخ در علم فیزیک به بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی گفته می‌شود که طول موج آن طولانی‌تر از نور مرئی و کوتاه‌تر از امواج رادیویی است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، این امواج در بازه فرکانسی ۳۷۷ گیگاهرتز تا ۴۲۰ تراهرتز و طول موجی بین ۷۷۷ نانومتر تا ۱ میلی‌متر قرار می‌گیرند.



شکل ۱- موقعیت امواج فروسرخ در طیف الکترومغناطیس

تابش فروسرخ دارای طول موجی بلندتر و فرکانسی کمتر از نور مرئی است و به همین دلیل، در نمودار طیف الکترومغناطیسی در ناحیه‌ای پس از نور مرئی قرار می‌گیرد. این امواج در طیف الکترومغناطیس بلافاصله بعد از بخش قرمز نور مرئی، که کمترین انحراف یا شکست را در بین رنگ‌های طیف نور مرئی داراست، قرار دارند. به همین دلیل، این امواج فروسرخ نامیده می‌شوند. تابش فروسرخ به سه گروه اصلی بر اساس طول موج تقسیم می‌شود (Kocabiyik and Tezer, 2009):

۱) امواج فروسرخ با طول موج کوتاه[1]: این امواج در محدوده طول موج ۰,۷۵ میکرومتر تا ۳ میکرومتر (µm) قرار دارند.

۲) امواج فروسرخ با طول موج متوسط[2]: این امواج در بازه طول موج ۳ میکرومتر تا ۲۵ میکرومتر (µm) دسته‌بندی می‌شوند.

۳) امواج فروسرخ با طول موج بلند[3]: این امواج طول موجی بین ۲۵ میکرومتر تا ۱۰۰۰ میکرومتر (µm) دارند.

یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد روش حرارت‌دهی فروسرخ، ایجاد گرادیان دمایی غیرمعمول در مقایسه با روش‌های مرسوم انتقال حرارت است. در این روش، به دلیل شفاف بودن هوا نسبت به امواج الکترومغناطیسی در محدوده فروسرخ، هوای موجود در محفظه حرارت‌دهی به میزان قابل‌توجهی گرم نمی‌شود، مگر اینکه منبع گرمایی دیگری وجود داشته باشد. این امر موجب می‌شود که دمای سطح ماده نسبت به نواحی زیرسطحی کمتر باشد (امیرنجات و همکاران، ۱۳۹۷). به عبارت دیگر، در این حالت، گرمایش از لایه‌های درونی ماده به سمت سطح انجام می‌شود. در روش‌های متداول حرارت‌دهی، مانند استفاده از هوای گرم، جریان گرما به دلیل تفاوت دمایی بین سطح گرم و مرکز سرد ماده، از سطح خارجی به نواحی داخلی منتقل می‌شود. اما در روش حرارت‌دهی فروسرخ، یک مکانیزم متفاوت مسئول گرم کردن ماده است. در این روش، گرما مستقیماً در داخل ماده تولید می‌شود، به این صورت که مولکول‌های دوقطبی و یا ذرات باردار ماده که در تماس با امواج الکترومغناطیس قرار دارند، انرژی تابشی را جذب کرده و به ارتعاش در می‌آیند. این فرآیند موجب تولید گرما درون ماده می‌شود و در نتیجه، گرمای تولیدشده از داخل ماده به سطح آن هدایت می‌شود؛ بر خلاف گرادیان دمایی ایجادشده در روش‌های گرمایش با هوای گرم که از سطح به داخل ماده انتقال می‌یابد. این ویژگی منحصر به فرد گرمایش فروسرخ، آن را به روشی بسیار کارآمد برای گرم‌کردن مواد با ضخامت‌های مختلف، کاهش زمان حرارت‌دهی و حفظ یکنواختی حرارتی تبدیل کرده است. این تکنیک کاربردهای گسترده‌ای در صنایع مختلف، از جمله صنایع غذایی، دارویی، و فرآوری مواد پیشرفته، به‌دلیل توانایی کنترل دقیق و هدفمند گرما دارد.

[1]. Near Infrared
[2]. Mid Infrared
[3]. Far Infrared

۳. خشک‌کن‌های فروسرخ

خشک‌کردن با استفاده از تابش امواج فروسرخ به‌طور اساسی با روش‌های متداول خشک‌کردن همرفتی تفاوت دارد. در این روش، انرژی تابشی مستقیماً از منبع ساطع‌کننده جذب ماده شده و نیازی به انتقال حرارت از طریق هوای محیط وجود ندارد. فرآیند انتقال حرارت در این روش بدون گرم‌کردن هوای اطراف صورت می‌گیرد که موجب کاهش اتلاف انرژی و افزایش کارایی فرایند می‌شود (فرهودی و همکاران، ۱۳۹۶). از آنجا که تابش فروسرخ، شار حرارتی ثابتی را بدون وابستگی به دمای ماده ایجاد می‌کند، دمای محصول توسط دمای محیط محدود نمی‌شود، و به دلیل توانایی این امواج در انتقال سریع انرژی، مدت زمان لازم برای رسیدن به دمای مطلوب خشک‌کردن بسیار کوتاه‌تر است. تابش فروسرخ بر سطح مواد تابیده شده، انرژی آن‌ها را جذب می‌کند و این انرژی تبدیل به حرارت می‌شود. این ویژگی موجب می‌شود که در فرایند خشک‌کردن با امواج فروسرخ، گرمای تولیدشده به‌صورت یکنواخت‌تر در محصول پخش گردد. این توزیع یکنواخت حرارت همچنین می‌تواند گرادیان رطوبت را طی فرایند حرارت‌دهی و خشک‌کردن کاهش دهد که در نهایت، خشک‌کردن مؤثرتر و باکیفیت‌تری را ارائه می‌دهد (Özdemir et al., 2017). با وجود مزایای متعدد، استفاده از امواج فروسرخ به‌عنوان منبع حرارت با محدودیت‌هایی نیز همراه است. به‌ویژه هنگامی که تابش فروسرخ برای خشک‌کردن مواد توده‌ای به تنهایی استفاده شود، بخارات آب تولیدشده ممکن است در میان منافذ و مسیرهای داخلی ماده محبوس شده و پدیده میعان رخ دهد. علاوه بر این، میزان جذب امواج فروسرخ توسط محصول به میزان زیادی تحت تأثیر سطح رطوبت ماده قرار دارد. با کاهش رطوبت محصول طی فرآیند، قابلیت جذب تابش و شدت گرمای تولیدشده به طور تدریجی کاهش می‌یابد که می‌تواند بر کارایی و سرعت خشک‌کردن تأثیر منفی بگذارد (Sharma and Prasad, 2006).

به‌طور کلی، خشک‌کردن با امواج فروسرخ ابزاری کارآمد برای بهبود کارایی فرآیند خشک‌کردن و کاهش اتلاف انرژی است، اما برای فائق‌آمدن بر محدودیت‌های موجود، معمولاً توصیه می‌شود از این روش به‌صورت ترکیبی با سایر فناوری‌های خشک‌کردن استفاده شود. این ترکیب می‌تواند فرآیندی انعطاف‌پذیرتر همراه با حفظ کیفیت و یکنواختی محصول نهایی را تضمین کند.

۴. چرخه هوای بازگشتی

هوای خروجی از خشک‌کن یکی از منابع اصلی هدررفت انرژی در فرآیندهای خشک‌کردن است. این هوا با خود بخش قابل‌توجهی از انرژی حرارتی را از خشک‌کن به محیط اطراف انتقال داده و در نتیجه راندمان حرارتی دستگاه کاهش یافته و مصرف انرژی افزایش می‌یابد. بر اساس مطالعات، به ازای هر کیلوگرم آب تبخیر شده از محصولات کشاورزی در خشک‌کن‌های بستر ثابت، حدود ۶۲۸ تا ۷۲۸ کیلوژول از انرژی هوای ورودی به دستگاه از طریق هوای خروجی تلف می‌شود. چنانچه رطوبت هوای خروجی از خشک‌کن کمتر از میزان رطوبت تعادلی محصول باشد، این هوای خروجی می‌تواند به‌عنوان یک منبع حرارتی بالقوه مجدداً مورد استفاده قرار گیرد. بازچرخانی هوای خروجی با هدف جذب رطوبت بیشتر از محصول، کاهش اتلاف انرژی و افزایش راندمان فرآیند می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی داشته باشد (Özdemir et al., 2017). یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه، استفاده از چرخه هوای بازگشتی است که در آن بخشی از هوای گرم و مرطوب خروجی، پس از تصفیه و گرم شدن مجدد، به محفظه خشک‌کن بازگردانده می‌شود.

بازچرخانی هوای خروجی در فرآیند خشک‌کردن، مزایای متعددی را به همراه دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (Iguaz et al., 2002). افزایش راندمان حرارتی: با بازگرداندن انرژی هوای خروجی به سیستم، میزان استفاده از انرژی ورودی کاهش یافته و راندمان کلی سیستم بهبود می‌یابد. کاهش اتلاف انرژی تشعشعی: جلوگیری از خروج آزادانه هوای حرارتی موجب به حداقل رساندن تشعشعات حرارتی اضافی از خشک‌کن می‌شود. کاهش جریان جرمی در خشک‌کن‌های متوسط: هوای مرطوب

به دلیل ظرفیت گرمایی بالاتر نسبت به هوای گرم، می‌تواند به کاهش جریان جرمی مورد نیاز کمک کند. این امر باعث کاهش اندازه تجهیزات و هزینه‌های عملیاتی می‌شود. کاهش میزان اکسیژن داخل محفظه: بازچرخانی هوا موجب کاهش سطح اکسیژن در داخل گاز می‌شود که خطر آتش‌سوزی و انفجار را به شدت کاهش داده و همچنین احتمال زنگ‌زدگی مواد و تجهیزات را کمینه می‌کند. بهبود کیفیت محصول نهایی: بازچرخانی هوا به کاهش آسیب‌های حرارتی وارد بر محصول کمک کرده و در بسیاری موارد خواص فیزیکی و شیمیایی مواد خشک‌شده را بهتر حفظ می‌کند.
در نهایت، بازچرخانی هوای خروجی نه‌تنها به بهبود بهره‌وری انرژی فرآیندهای خشک‌کردن کمک می‌کند، بلکه از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی نیز می‌تواند راهکاری پایدار و بهینه به شمار رود. علاوه بر این، کاهش زمان فرآیند و بهینه‌سازی گرادیان حرارتی و رطوبتی منجر به افزایش کیفیت محصولات و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود. این رویکرد به ویژه در صنایع کشاورزی و غذایی اهمیتی دوچندان دارد.

۵. کاربرد خشک کن فروسرخ و ترکیبی برای گیاهان مختلف

یکی از چالش‌های پیش روی صنایع فرآوری مواد غذایی و به خصوص گیاهان دارویی، بهینه سازی فرآیند خشک کردن با هدف صرف کمترین انرژی مصرفی و هزینه تمام شده و به دست آوردن بالاترین کیفیت محصول خشک شده می باشد. کمانگر (۱۳۹۸) در یک پژوهشی جامع به بررسی انرژی مصرفی و سینتیک خشک‌شدن گیاه شوید پرداخت و با استفاده از یک دستگاه خشک‌کن پیوسته هوای داغ-فروسرخ سه سطح دمای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس، دو سطح سرعت جریان هوای عبوری از روی محصول (۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه)، و چهار سطح تابشی امواج فروسرخ (۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات) را مورد مطالعه قرار داد. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش دما تأثیر بسزایی در کاهش مدت زمان فرآیند خشک‌شدن دارد. به‌طوری‌که با افزایش دما از ۵۰ به ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس، مدت زمان فرآیند خشک شدن به ترتیب ۴۴ و ۶۶ درصد کاهش یافت. همچنین، تابش امواج فروسرخ در سطوح ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات موجب کاهش مدت فرآیند خشک شدن به میزان ۶۶، ۷۲ و ۷۴ درصد، نسبت به تیمار شاهد (بدون تابش فروسرخ) گردید. از سوی دیگر، انرژی مصرفی فرآیند با افزایش دما و تابش امواج فروسرخ کاهش یافت، اما با افزایش سرعت جریان هوا، انرژی مصرفی افزایش پیدا کرد. لمبرت و همکاران (۱۹۹۱) به مطالعه فرایند خشک‌شدن در خشک‌کن ترکیبی هوای داغ-فروسرخ همراه با بازچرخانی هوا پرداختند. نتایج این تحقیقات نشان داد که با افزایش میزان هوای بازگشتی از ۰ درصد به ۷۵ درصد، راندمان حرارتی خشک‌کن از ۴۷/۵ درصد (بدون بازچرخانی هوا) به ۶۲/۵ درصد افزایش یافت. علاوه بر این، در شرایط بازچرخانی ۷۵ درصد هوا، مدت زمان خشک‌شدن و میزان اتلاف انرژی به ترتیب ۲۰ درصد و ۶۷/۶ درصد کاهش یافت. با این حال، زمانی که نرخ بازچرخانی هوا از ۷۵ درصد فراتر رفت (به‌عنوان مثال در حالت ۱۰۰ درصد بازچرخانی)، راندمان حرارتی دستگاه به‌طور معناداری کاهش پیدا کرد؛ به‌گونه‌ای که راندمان حرارتی در این شرایط تنها ۵۴ درصد گزارش شد. این کاهش راندمان را می‌توان به محدودیت‌های انتقال حرارت و تغییرات گرادیان رطوبتی محصول نسبت داد (Lambert et al., 1991).
ناتاکاراناکول و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی جامع، به بررسی انرژی مصرفی در فرآیند خشک‌کردن میوه لیچی با رطوبت اولیه ۸۴–۸۶ درصد پرداختند. این تحقیق در پنج نوع خشک‌کن مختلف شامل مادون قرمز، هوای گرم، پمپ حرارتی، ترکیب مادون قرمز–پمپ حرارتی (دمای ۵۵ درجه سلسیوس) و ترکیب مادون قرمز–هوای گرم با ۸۰ درصد هوای بازچرخانی شده (دمای ۶۵ درجه سلسیوس) انجام شد. نتایج نشان داد که انرژی مصرفی ویژه در خشک‌کن‌های ترکیبی نسبت به خشک‌کن‌های منفرد به‌طور قابل‌توجهی کمتر بود. پژوهشگران علت این کاهش را به زمان طولانی‌تر فرآیند خشک‌کردن و نرخ تبخیر پایین در روش‌های جداگانه مادون قرمز، هوای گرم و پمپ حرارتی نسبت دادند (Nathakaranakule et al., 2010). در پژوهشی دیگر ازدمیر و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از یک خشک‌کن ترکیبی مادون قرمز–هوای داغ، ورقه‌های کیوی را خشک کردند و به بررسی راندمان مصرف انرژی و سینتیک خشک‌شدن محصول پرداختند. برای مدل‌سازی رفتار

خشک شدن، از الگوریتم لونبرگ-مارکوارت در شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. آن‌ها دریافتند که با افزایش دمای فرآیند از ۴۰ به ۵۵ درجه سلسیوس، مدت زمان خشک‌شدن به میزان ۵۱ درصد کاهش یافت و راندمان خشک‌کن در محدوده ۱۷,۳۲–۸۵,۲ درصد بود. نتایج این مطالعه نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی ابزار مؤثری برای پیش‌بینی مصرف انرژی و بهینه‌سازی شرایط فرآیند خشک‌شدن است (Özdemir et al., 2017).

ویشوانتان و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی روش‌های آنزیم‌بری و خشک‌کردن ورقه‌های هویج با استفاده از ترکیب امواج فروسرخ و هوای داغ، این روش‌ها را با روش‌های مرسوم آنزیم‌بری مقایسه کردند. نتایج نشان داد که استفاده از امواج فروسرخ در فرآیند آنزیم‌بری، حفظ ۶۲ درصدی ویتامین C (اسکوربیک اسید) محلول در آب را ممکن ساخت، درحالی‌که این مقدار در روش‌های آنزیم‌بری با آب داغ و بخار به ترتیب ۴۳ و ۴۹ درصد بود. همچنین، در نمونه‌هایی که با ترکیب هوای داغ و امواج فروسرخ خشک شدند، میزان حفظ ویتامین C حدود ۵۴ درصد و قابلیت بازجذب آب ۸۰ درصد بیشتر از سایر روش‌ها بود. هبر و همکاران (۲۰۰۴) عملکرد خشک‌کن مداوم ترکیبی هوای داغ–فروسرخ را برای ورقه‌های هویج و سیب‌زمینی مطالعه کردند. طراحی ویژه این خشک‌کن امکان استفاده جداگانه یا ترکیبی از امواج فروسرخ و هوای داغ را فراهم می‌کرد. نتایج نشان داد که بهترین شرایط برای خشک‌کردن این مواد در دمای ۸۰ درجه سلسیوس، سرعت جریان هوای ۱ متر بر ثانیه، و دمای محصول ۴۰ درجه سلسیوس حاصل شد. تحت این شرایط، مدت زمان خشک‌شدن ۴۸ درصد و انرژی مصرفی ۶۳ درصد نسبت به روش هوای داغ کاهش یافت. همچنین، نمونه‌های خشک‌شده در روش ترکیبی، کمترین میزان تغییر رنگ (۱۲/۷۵) و بهترین بافت نسبت به روش‌های مستقل هوای داغ (۱۶/۴۵) و مادون قرمز (۱۶/۷۵) داشتند. مصرف انرژی در روش ترکیبی نیز ۳۸ درصد کمتر از روش‌های مستقل برای خشک‌کردن ورقه‌های هویج و سیب‌زمینی گزارش شد (Hebber et al., 2004). کوکابیک و تزر (۲۰۰۹) تأثیر سرعت جریان هوا را بر مشخصات خشک‌شدن ورقه‌های هویج در یک خشک‌کن ترکیبی هوای داغ–مادون قرمز بررسی کردند. این پژوهش نشان داد که با افزایش سرعت جریان هوا، انرژی مصرفی ویژه افزایش یافت، اما تغییرات رنگ نمونه‌ها به‌طور چشمگیری کاهش یافت. به‌ویژه، افزایش سرعت جریان هوا از ۱/۵ به ۲ متر بر ثانیه باعث بهبود ویژگی‌های ظاهری محصول شد (Kocabiyik and Tezer, 2009). شارما و پراساد (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای به بررسی خشک‌کردن لایه‌های نازک از قطعات پیاز با استفاده از یک خشک‌کن ترکیبی مادون قرمز–هوای داغ پرداختند. آن‌ها نشان دادند که افزایش توان تابش مادون قرمز از ۳۰۰ به ۵۰۰ وات، افزایش دمای هوا از ۳۵ به ۴۵ درجه سلسیوس، و افزایش سرعت جریان هوا از ۱ به ۱/۵ متر بر ثانیه، مدت زمان خشک‌شدن را تا ۲/ برابر کاهش داد (Sharma and Prasad, 2006).

جمع‌بندی و نتیجه گیری

تحقیقات ارائه شده نشان می‌دهند که استفاده از خشک‌کن‌های ترکیبی، به‌خصوص ترکیب مادون قرمز و هوای داغ، می‌تواند تأثیر بسزایی در افزایش راندمان حرارتی، کاهش مصرف انرژی و حفظ کیفیت محصولات خشک‌شده داشته باشد. روش‌های ترکیبی در مقایسه با روش‌های منفرد نه‌تنها موجب کوتاه‌تر شدن مدت زمان فرآیند می‌شوند، بلکه حفظ مواد مغذی و ویژگی‌های کیفی محصول را نیز بهبود می‌بخشند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که ترکیب مناسب دما، سرعت جریان هوا، شدت تابش فروسرخ و بازچرخانی هوای خروجی می‌تواند تأثیر چشمگیری بر بهبود راندمان حرارتی، کاهش مدت زمان فرآیند، و صرفه‌جویی در مصرف انرژی داشته باشد. همچنین، توجه به نقطه بهینه برای بازچرخانی هوا (در حدود ۷۵ درصد) می‌تواند نقش کلیدی در دستیابی به حداکثر بهره‌وری سیستم خشک‌کن ایفا کند، زیرا بازچرخانی بیش از حد به افت راندمان حرارتی منجر می‌شود. این نتایج برای طراحی سیستم‌های خشک‌کن کاراتر، به‌ویژه در صنایع غذایی و فرآوری گیاهان دارویی، بسیار کاربردی و مهم هستند.

منابع

امیر نجات، ح. ، خوش تقاضا، م.ه. و پهلوان‌زاده، ح. ۱۳۹۷ . تعیین سینیتیک خشک شدن لایه نازک قارچ خوراکی به روش تابش فروسرخ. مهندسی بیوسیستم ایران. شماره ۱ (۴۲): ۵۳-۶۱.

شریفی، م. ۱۳۸۶. بررسی مدل‌های خشک کردن و مقایسه زمان و انرژی مصرفی در شرایط مختلف خشک کردن ورقه پرتقال رقم تامسون. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران.

کمانگر، ک. ۱۳۹۸. ساخت خشک‌کن ترکیبی پیوسته فروسرخ–هوای داغ به منظور ارزیابی فراسنجه‌های کیفی گیاه شوید. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

فرهودی، ز.، درویشی، ح. و بهروزی خزائی، ن۱۳۹۶. آنالیز انرژی واکسرژی خشک‌کن پیوسته مادون‌قرمز- هوای گرم جریان همسو با چرخه هوای بازگشتی. فصلنامه فناوری های نوین غذایی. ۵ (۲): ۲۷۰-۲۵۳.

Akpinar, E.K., Bercer, Y. and Cetinkaya, F. 2006. Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective drying and under open sun. J. Food Eng. 75: 308-315.

Doymaz, I. 2012. Drying of pomegranate seeds using infrared radiation. Food Science and Biotechnology. 21: 1269-1275.

Guine. R. P. F. pinho, S. and Barroca, M.J. 2011. Study of the convective drying of pumpkin (Cucurbita maxima). Food Bioprod. Process. 89: 422- 428.

Hebber, H. U., Vishwanathan, K.H. and Ramesh, M. N. 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vevegetables. J. Food Eng. 65: 557-563.

Iguaz, A., Lopez, A. and Virseda, P. 2002. Influence of air recycling on the performance of a continuous rotary dryer for wholesale by-products. J. Food Eng. 54: 289-297.

Kocabiyik, H. and Tezer. D.2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. Int. J. Food Sci Technol. 44: 953-959.

Khoshtaghaza, M.H., Darvishi, H. and Minaei, S. 2014. Effects of microwave - fluidized bed drying on quality, energy consumption and drying kinetics of soybean kernels. J. Sci Technol. 16: 1017-1031.

Lambert, A., Spruit, F. and Claus, J. 1991. Modelling as a tool for evaluating the effects of energy-saving measures. Case study. A tumbler drier. Applied Energy. 38: 33-47.

Leie, J. B., Mancini, M. C. and Borges, S. V.2007.Effect of drying temperature on the quality of dried bananas cv. Prata and dagua. LWT-Food Sci. Technol. 40: 319-323.

Nathakaranakule, A., Jaiboon, P. and Soponronnarit, S. 2010. Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit. J. Food Eng. 100: 662-668.

Özdemir, M. B., Actacs, M., Sevik, S. and Khanlari, A.2017. Modeling of a convective-infrared kiwifruit drying pross. Int. J. Hydrogen Energy. 42: 18005-18013.

Sharma, G.P. and Prasad, S. 2006. Specific energy consumption in microwave drying of garlic cloves. Energy. 31:1921-1926.

A Review on Application of Infrared Waves in Combined Drying of Plants with the aim of Improving the Quality of the Dried Product and Reducing Energy Consumption

Behnam Salehi[1], Morteza Sadeghi [2*], Esmaeil Mehryar [3]

1. MSc. graduated, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2. Professor, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Assist. Prof., Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran .

* Corresponding author email: sadeghimor@iut.ac.ir

Abstract

In the field of food industry and processing of medicinal plants, it is vital to prevent unwanted changes in the final quality of the product. Because organoleptic properties such as color, smell, taste, and texture have a direct effect on market acceptance and product desirability. As one of the effective methods to increase the shelf life of food and medicinal plants, drying reduces their weight and volume, facilitates processes such as packaging, transportation, and storage. In this process, the reduction in enzymatic activities and chemical reactions prevents the spoilage of materials. Drying involves three main stages: temperature stability, drying at a constant rate, and drying at a falling rate, during which moisture transfer to the surface decreases and heat transfer occurs through conduction and diffusion phenomena. The choice of an appropriate drying method has a direct impact on the quality of the final product. Modern methods, such as using infrared waves and combined systems (such as infrared-hot air), have gained popularity in recent years. Infrared waves reduce drying time, provide more uniform heat distribution, and lower energy consumption. However, their standalone use may lead to problems such as vapor clogging within the material pores. Combining technologies such as infrared and air convection not only reduces the time and energy consumed during the process but also preserves the quality of the product (color, texture, and nutritional value). Studies have shown that recirculating the exhaust air from drying systems increases thermal efficiency, reduces energy loss, and improves product quality. The use of these technologies in combination with advanced drying methods represents a sustainable and efficient approach for producing high-quality products and reducing energy waste in the medicinal plants and food industries.

Keywords: Food drying, Infrared waves, Air recirculation, Thermal efficiency.

درمان همزمان سنگ کیسه صفرا و سنگ کلیوی با طب ایرانی: گزارش موردی

فرهاد عباسعلی زاده*[1] ، ستوده فضیلت[1]

۱- گروه طب ایرانی، دانشکده طب سنتی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران

چکیده

مقدمه: سنگ کیسه صفرا می‌تواند علامت‌دار یا بدون علامت باشد. روش‌های درمانی زیادی برای این بیماری وجود دارد. این گزارش موردی به اثرات درمانی گیاهان دارویی و طب ایرانی می‌پردازد.

خلاصه مورد: بیمار زنی ۷۴ ساله بود که سابقه بیماری یا دارویی نداشت. او درد شکم در سمت راست و بی‌اشتهایی داشت. سونوگرافی شکم، سنگ کیسه صفرا و سنگ کلیه را نشان داد. بیمار تمایلی به جراحی نداشت و تحت نظر متخصص طب ایرانی دارو تجویز شد. علاوه بر داروهای خوراکی، بیمار تحت بادکش درمانی نیز قرار گرفت. نتایج نشان دهنده کاهش درد پس از دو هفته، کاهش اندازه سنگ کیسه صفرا و بهبود سنگ کلیه پس از ۱۲ هفته بود.

نتیجه‌گیری: طب ایرانی می‌تواند در درمان سنگ‌ها، از جمله سنگ کیسه صفرا و سنگ کلیه، مفید باشد و در کنار سایر روش‌های درمانی در درمان این بیماری مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سنگ کیسه صفرا، سنگ کلیه، طب ایرانی، گزارش موردی

۱. مقدمه

سنگ کیسه صفرا به صورت رسوبات سفت شده‌ای هستند که در کیسه صفرا تشکیل می‌شوند و تقریباً ۱۰ تا ۲۰ درصد از افراد در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند [1]. اگرچه سنگ کیسه صفرا در ایران در جمعیت میانسال شایع نیست، اما در افراد مسن به شدت افزایش می‌یابد [2]. عوامل خطر شامل چاقی، کاهش سریع وزن، جنس زن و افزایش سن می باشند[5]–[3].

در حالی که بسیاری از افراد مبتلا به سنگ کیسه صفرا بدون علامت باقی می‌مانند، تقریباً ۲۰٪ در نهایت علائمی را بروز می‌دهند که اغلب به آن *کولیک صفراوی* گفته می‌شود [7] ,[6]. در برخی موارد، سنگ کیسه صفرا می‌تواند منجر به عوارض شدیدی از جمله کوله سیستیت، پانکراتیت و انسداد روده شود[9] ,[8].

درمان سنگ‌های صفراوی به وجود و شدت علائم بستگی دارد. برای افراد بدون علامت، اغلب رویکرد «تحت نظر بودن و انتظار» به همراه نظارت منظم بر هرگونه پیشرفت علائم، توصیه می‌شود، برای موارد علامت‌دار، درمان اولیه کوله سیستکتومی، جراحی کیسه صفرا است. در شرایط خاص، ممکن است درمان‌های غیرجراحی در نظر گرفته شود. داروهایی مانند اسید اورسودئوکسی کولیک می‌توانند سنگ‌های کلسترولی کوچک را به مرور زمان حل کنند. علاوه بر این، می‌توان از روش‌های آندوسکوپی مانند کلانژیوپانکراتوگرافی رتروگراد آندوسکوپی (ERCP) برای برداشتن سنگ‌ها از مجرای صفراوی استفاده کرد [12]–[10].

درد پس از عمل و تغییرات خفیف گوارشی از عوارض جانبی شایع کوله سیستکتومی هستند [13]. برخی از بیماران ممکن است "سندرم پس از کوله سیستکتومی" را تجربه کنند که شامل ناراحتی مداوم شکم یا سوء هاضمه حتی پس از جراحی است [14]. درمان با اسید صفراوی خوراکی عموماً به خوبی تحمل می‌شود، اما می‌تواند در برخی افراد باعث اسهال، حالت

* نویسنده مسئول: Email:Dr_abasalizadeh@yahoo.com

تهوع یا واکنش‌های آلرژیک شود [15]. روش‌های آندوسکوپی (به عنوان مثال، کلانژیوپانکراتوگرافی رتروگراد آندوسکوپی [ERCP]) می‌توانند منجر به پانکراتیت (التهاب پانکراس)، خونریزی یا سوراخ شدن دستگاه گوارش شوند [16].
طب مکمل و جایگزین (CAM) توسط برخی افراد برای مدیریت سنگ کیسه صفرا مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات، داروهای گیاهی مورد استفاده برای درمان سنگ کیسه صفرا را ارزیابی کرده‌اند [18] ,[17]. در این مقاله، بیماری را معرفی کردیم که با استفاده از گیاهان دارویی و طب ایرانی به نتایج درمانی خوبی دست یافته است.

۲. اطلاعات بیمار و یافته های بالینی

بیمار خانمی ۷۴ ساله، متاهل و اهل تبریز، ایران بود. او هیچ بیماری داخلی نداشت و دارویی برای بیماری خاصی مصرف نمی‌کرد. او قبل از مراجعه به مرکز مراقبت‌های پزشکی، درد شکم همراه با بی‌اشتهایی را تجربه کرده بود.
بیمار کم‌خون به نظر می‌رسید و دمای بدن ۳۶,۶ درجه سانتیگراد بود. در معاینه شکم، حساسیت به لمس در سمت راست شکم وجود داشت. میزان درد بیمار با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری (VAS) اندازه‌گیری شد و نمره درد او ۸ بود.

۳. ارزیابی های تشخیصی و اقدامات انجام شده

نمونه خون برای آزمایش گرفته شد و سونوگرافی شکم درخواست شد. داده‌های آزمایشگاهی طبیعی بودند. سونوگرافی شکم، سنگی با قطر ۲۱ میلی‌متر را که در گردن کیسه صفرا گیر کرده بود و سنگی ۴۰ میلی‌متری با لجن داخل کیسه صفرا گزارش کرد. علاوه بر این، چندین سنگ سه و چهار میلی‌متری در کلیه‌های راست و چپ وجود داشت.

به دلیل اینکه بیمار تمایلی به انجام عمل جراحی نداشت، داروهای گیاهی تجویز شد. جزئیات داروهای تجویز شده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱.اسامی داروها و اجزای دارویی مورد استفاده

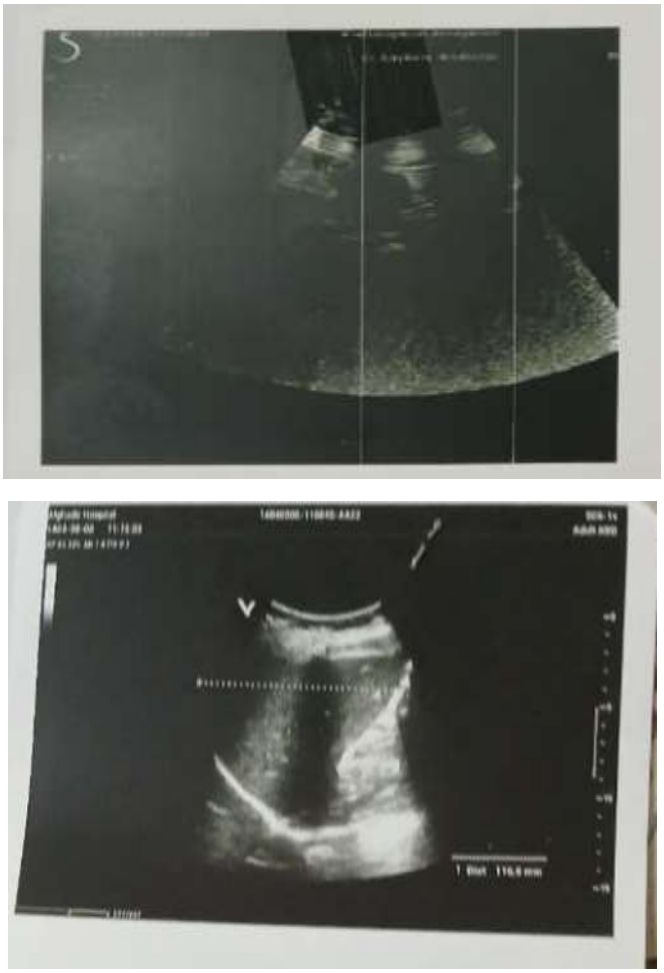
نام دارو	فرمت دارویی	اجزای دارویی	دوز دارو
مفتت	پودر گیاهی	تخم کدو ، تخم خیار و تخم خیارشنبر	روزانه دو بار
بابونه	روغن	بابونه	روزانه سه بار

علاوه بر داروهای تجویز شده، بادکش خشک نیز انجام شد. این روش یک درمان سنتی محسوب می‌شود که شامل قرار دادن فنجان‌های مکش روی پوست و ایجاد فشار منفی است.

۴.پیگیری و نتایج درمانی

دو هفته پس از مداخلات، بیمار کاهش درد به ۴ در مقیاس آنالوگ بصری (VAS) را گزارش کرد. ده هفته بعد، سونوگرافی شکم کاهش اندازه سنگ را نشان داد که ۳۰ میلی‌متر بود و سنگ در داخل کیسه صفرا قرار داشت. هیچ گزارشی از گیر کردن سنگ در گردن کیسه صفرا وجود نداشت. هر دو کلیه در سونوگرافی پیگیری طبیعی بودند. در اسکن سونوگرافی دو ماه بعد، کیسه صفرا گشاد نشده بود و سنگی با قطر بیست و دو میلی‌متر در داخل کیسه صفرا قرار داشت.

گزارش‌های سونوگرافی نشان دهنده کاهش اندازه سنگ و بهبود لجن صفراوی و سنگ کلیه بود. شواهد سونوگرافی در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: تصاویر سونوگرافی بیمار در اولین ویزیت، پنج ماه بعد (از بالا به پایین)

۵. بحث

این گزارش موردی، اثرات طب مکمل و داروهای گیاهی را در درمان سنگ کیسه صفرا و سنگ کلیه برجسته می‌کند. در طب ایرانی، تصور می‌شود که گیاهان مختلف اثرات مفیدی بر درمان و پیشگیری از سنگ کلیه دارند. برخی مطالعات حیوانی و بررسی‌های سیستماتیک وجود دارد که مزایای بالقوه درمان‌های گیاهی را در درمان سنگ کلیه نشان می‌دهد[21]–[19].

طبق نتایج مطالعات انجام شده ،اکثر خانواده‌های گیاهی مورد استفاده در طب ایرانی برای سنگ کلیه متعلق به Asteraceae، Fabaceae، Zygophyllaceae و Brassicaceae هستند [22]. مطالعات نشان می دهند که تخم کدو اثرات مختلفی بر میزان کلسترول، عملکرد کبد و کیسه صفرا دارد و علاوه بر اثرات ضد التهابی و نقش مهاری در تشکیل سنگ کلیوی در سلامت پروستات نیز موثر است[24] ,[23]. استفاده از اجزای تشکیل دهنده خیار در درمان سنگ های سیستم ادراری کمک کننده بوده و اثرات مشابه ادرار آوری خیار در مقایسه با داروی فورزماید در مطالعه حیوانی گزارش شده است[26][25].

بابونه با نام علمی (*Matricaria chamomilla*)گیاهی شناخته شده با سابقه طولانی در طب ایرانی است. یک مطالعه نشان داد که عصاره بابونه، به ویژه هنگامی که با سایر گیاهان ترکیب شود، می‌تواند عملکرد کبد و کیسه صفرا را بهبود بخشد، که ممکن است به طور غیرمستقیم به جلوگیری از تشکیل سنگ کیسه صفرا کمک کند[28] ,[27] . اعتقاد بر این است که بابونه

اثر صفراآور خفیفی دارد، به این معنی که می‌تواند تولید و جریان صفرا را تحریک کند. این امر به ویژه برای پیشگیری از سنگ کیسه صفرا مهم است زیرا افزایش جریان صفرا می‌تواند از تجمع کلسترول در کیسه صفرا جلوگیری کند، که عامل کلیدی در تشکیل سنگ‌های صفراوی مبتنی بر کلسترول است. علاوه بر این، بابونه حاوی فلاونوئیدهایی است که اثرات ضد التهابی دارند. این ترکیبات ممکن است به کاهش التهابی که می‌تواند در کیسه صفرا رخ دهد، به ویژه در شرایطی مانند کوله سیستیت که می‌تواند با سنگ کیسه صفرا رخ دهد، کمک کند[33]–[29]. مطالعات نشان می‌دهند که بابونه (*Matricaria chamomilla*) به طور سنتی به عنوان یک داروی ادرارآور در کنار سایر کاربردها مورد استفاده قرار گرفته است. اثر ضد التهابی بابونه همچنین ممکن است در کاهش التهاب ناشی از سنگ کلیه که می‌تواند به درد و ناراحتی منجر شود، نقش داشته باشد[35] ,[34].

بادکش خشک یک روش درمانی باستانی در طب ایرانی است که شامل ایجاد مکش روی پوست با استفاده از فنجان است. بادکش درمانی به طور قابل توجهی درد و التهاب را در بیماران مبتلا به اختلالات اسکلتی عضلانی کاهش می‌دهد، که ممکن است مزایای مشابهی را برای شرایطی مانند سنگ کیسه صفرا یا سنگ کلیه که باعث درد می‌شوند، نشان دهد [38]–[36]. مقالات مروری، پتانسیل بادکش درمانی را برای بهبود جریان خون، کاهش التهاب و تسکین درد برجسته کرده‌اند. اثرات بادکش درمانی بر گردش خون و سم‌زدایی خون، نشان می‌دهد که بادکش درمانی می‌تواند به بهبود عملکرد اندام‌ها کمک کند و ممکن است برای سلامت کبد و کلیه مفید باشد[41]–[39].

این گزارش موردی، بینش‌هایی در مورد اثرات درمانی گیاهان دارویی و بادکش خشک در حمایت از سنگ‌های کیسه صفرا و حل سنگ‌های کلیه ارائه می‌دهد. با توجه به نتایج درمانی، استفاده از روش‌های دارویی برای سنگ‌ها می‌تواند مفید باشد. مطالعات با تعداد بیشتری از افراد و آزمایش‌های بالینی برای بررسی اثربخشی داروهای گیاهی و روش‌های درمانی توصیه می‌شود.

۶. منابع

[1] M. Acalovschi and F. Lammert, “The growing global burden of gallstone disease,” *World Gastroenterol. News*, vol. 17, no. 4, pp. 6–9, 2012.

[2] S. Massarrat, “Prevalence of gallstone disease in Iran,” *J. Gastroenterol. Hepatol.*, vol. 16, no. 5, pp. 564–567, 2001.

[3] L. M. Stinton and E. A. Shaffer, “Epidemiology of gallbladder disease: cholelithiasis and cancer,” *Gut Liver*, vol. 6, no. 2, p. 172, 2012.

[4] K. D. HOPPER, J. R. LANDIS, J. O. N. W. MEILSTRUP, M. A. McCAUSLIN, and A. G. SECHTIN, “The prevalence of asymptomatic gallstones in the general population,” *Invest. Radiol.*, vol. 26, no. 11, pp. 939–945, 1991.

[5] H. Yang, G. M. Petersen, M.-P. Roth, L. J. Schoenfield, and J. W. Marks, “Risk factors for gallstone formation during rapid loss of weight,” *Dig. Dis. Sci.*, vol. 37, no. 6, pp. 912–918, 1992.

[6] E. A. Shaffer, “Epidemiology of gallbladder stone disease,” *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol.*, vol. 20, no. 6, pp. 981–996, 2006.

[7] D. M. Shabanzadeh, “Incidence of gallstone disease and complications,” *Curr. Opin. Gastroenterol.*, vol. 34, no. 2, pp. 81–89, 2018.

[8] J. Zaliekas and J. L. Munson, “Complications of gallstones: the Mirizzi syndrome, gallstone ileus, gallstone pancreatitis, complications of ‘lost’ gallstones,” *Surg. Clin. North Am.*, vol. 88, no. 6, pp. 1345–1368, 2008.

[9] A. Abou-Saif and F. H. Al-Kawas, "Complications of gallstone disease: Mirizzi syndrome, cholecystocholedochal fistula, and gallstone ileus," *Off. J. Am. Coll. Gastroenterol. ACG*, vol. 97, no. 2, pp. 249–254, 2002.

[10] P. Portincasa, A. Di Ciaula, L. Bonfrate, and D. Q. H. Wang, "Therapy of gallstone disease: What it was, what it is, what it will be," *World J. Gastrointest. Pharmacol. Ther.*, vol. 3, no. 2, p. 7, 2012.

[11] E. J. Williams, J. Green, I. Beckingham, R. Parks, D. Martin, and M. Lombard, "Guidelines on the management of common bile duct stones (CBDS)," *Gut*, vol. 57, no. 7, pp. 1004–1021, 2008.

[12] A. Lanzini and T. C. Northfield, "Pharmacological treatment of gallstones: Practical guidelines," *Drugs*, vol. 47, no. 3, pp. 458–470, 1994.

[13] D. M. Shabanzadeh, "The symptomatic outcomes of cholecystectomy for gallstones," *J. Clin. Med.*, vol. 12, no. 5, p. 1897, 2023.

[14] C. Nam, J. S. Lee, J. S. Kim, T. Y. Lee, and Y. C. Yoon, "Clinical perspectives on post-cholecystectomy syndrome: a narrative review," *Ann. Med.*, vol. 57, no. 1, p. 2496408, 2025.

[15] G. Paumgartner and U. Beuers, "Ursodeoxycholic acid in cholestatic liver disease: mechanisms of action and therapeutic use revisited," *Hepatology*, vol. 36, no. 3, pp. 525–531, 2002.

[16] H. Saito *et al.*, "Endoscopic retrograde cholangiopancreatography-related complications for bile duct stones in asymptomatic and symptomatic patients," *JGH Open*, vol. 5, no. 12, pp. 1382–1390, 2021.

[17] M. M. Moga, "Alternative treatment of gallbladder disease," *Med. Hypotheses*, vol. 60, no. 1, pp. 143–147, 2003.

[18] Q. Chen *et al.*, "Mechanisms underlying the prevention and treatment of cholelithiasis using traditional Chinese medicine," *Evidence-Based Complement. Altern. Med.*, vol. 2019, no. 1, p. 2536452, 2019.

[19] S. Shahsavari, "An overview of the most important medicinal plants used in iranian traditional medicine for the treatment of kidney stones: A mini-review article," *Plant Biotechnol. Persa*, vol. 3, no. 1, pp. 37–38, 2021.

[20] R. Tendulkar and M. Tendulkar, "Chemical and herbal treatment for gallstone treatment," in *Gallstone Formation, Diagnosis, Treatment and Prevention*, Elsevier, 2024, pp. 189–206.

[21] E. A. H. Allam and M. S. Sabra, "Plant-based therapies for urolithiasis: a systematic review of clinical and preclinical studies," *Int. Urol. Nephrol.*, vol. 56, no. 12, pp. 3687–3718, 2024.

[22] A. Mordi, M. Teimorian, B. Shakiba, and E. Moudi, "Traditional botanical flora of medicinal plants in the treatment of kidney stones in Iran.," *J. Biol. Res. della Soc. Ital. di Biol. Sper.*, vol. 94, no. 2, 2021.

[23] M. George, P. Das, S. Soji, and C. S. Anjali, "A review on pumpkin seeds in promoting prostate health," 2019.

[24] Q. A. Syed, M. Akram, and R. Shukat, "Nutritional and therapeutic importance of the pumpkin seeds," *Seed*, vol. 21, no. 2, pp. 15798–15803, 2019.

[25] E. Vincensa, B. W. Tjipto, and B. D. Novita, "The Potential Diuretic Comparison Between Parts Of Cucumber (Cucumis Sativus L.) In Male Mus Musculus," *Potential Diuret. Comp. Between Parts Cucumber (Cucumis Sativus L.) Male Mus Musculus*, vol. 3, no. 1, pp. 32–36, 2021.

[26] P. Akhtar, I. Ahmad, A. Jameela, M. Ashfaque, and Z. Begum, "Energizing effectiveness of cucumber (Khayarain) for health. A review article," *J. Emerg. Technol. Innov. Res.*, vol. 7, no. 11, pp. 906–917, 2020.

[27] S. Miraj and S. Alesaeidi, "A systematic review study of therapeutic effects of Matricaria recuitta chamomile (chamomile)," *Electron. physician*, vol. 8, no. 9, p. 3024, 2016.

[28] M. Gahramanova, I. Khalilova, A. Omarov, Y. Susak, M. Rudyk, and L. Skivka, "Anti-inflammatory and hepatoprotective effects of polyherbal composition in patients with chronic cholecystitis," 2020.

[29] X. Duan, J. Li, J. Cui, H. Li, B. Hasan, and X. Xin, "Chemical component and in vitro protective effects of Matricaria chamomilla (L.) against lipopolysaccharide insult," *J. Ethnopharmacol.*, vol. 296, p. 115471, 2022.

[30] Z. Asadi, T. Ghazanfari, and H. Hatami, "Anti-inflammatory effects of Matricaria chamomilla extracts on BALB/c mice macrophages and lymphocytes," *Iran. J. Allergy, Asthma Immunol.*, 2020.

[31] J. Valmy, S. Greenfield, S. Shindo, T. Kawai, J. Cervantes, and B.-Y. Hong, "Anti-inflammatory effect of chamomile from randomized clinical trials: a systematic review and meta-analyses," *Pharm. Biol.*, vol. 63, no. 1, pp. 490–502, 2025.

[32] B. Yurdakok-Dikmen, Y. Turgut, and A. Filazi, "Herbal bioenhancers in veterinary phytomedicine," *Front. Vet. Sci.*, vol. 5, p. 249, 2018.

[33] M. M. Shoja *et al.*, "Herbal diuretics in medieval Persian and Arabic medicine," *J. Altern. Complement. Med.*, vol. 21, no. 6, pp. 309–320, 2015.

[34] A. El Mihyaoui, J. C. G. Esteves da Silva, S. Charfi, M. E. Candela Castillo, A. Lamarti, and M. B. Arnao, "Chamomile (Matricaria chamomilla L.): a review of ethnomedicinal use, phytochemistry and pharmacological uses," *Life*, vol. 12, no. 4, p. 479, 2022.

[35] W. Akram *et al.*, "An updated comprehensive review of the therapeutic properties of Chamomile (Matricaria chamomilla L.)," *Int. J. Food Prop.*, vol. 27, no. 1, pp. 133–164, 2024.

[36] A. M. N. Al-Bedah *et al.*, "The medical perspective of cupping therapy: Effects and mechanisms of action," *J. Tradit. Complement. Med.*, vol. 9, no. 2, pp. 90–97, 2019.

[37] S. ŞENTÜRK, A. GÜZEL, and N. TERKEŞ, "The Use and Benefits of Wet Cupping Therapy for Patients with Musculoskeletal Disorders.," *J. Tradit. Med. Complement. Ther.*, vol. 4, no. 2, 2021.

[38] S. K. Al Jaouni *et al.*, "Wet cupping therapy in the modulation of inflammation in patients with pain," *RPS Pharm. Pharmacol. Reports*, vol. 2, no. 2, p. rqad004, 2023.

[39] H. Cao *et al.*, "Clinical research evidence of cupping therapy in China: a systematic literature review," *BMC Complement. Altern. Med.*, vol. 10, no. 1, p. 70, 2010.

[40] S. M. El Sayed, "Al-hijamah (prophetic wet cupping therapy) is a novel adjuvant treatment for viral hepatitis that excretes viral particles and excess ferritin percutaneously, synergizes pharmacotherapy, enhances antiviral immunity and helps better HCC prevention and treatment: a novel evidence-based combination with prophetic medicine remedies," *J. Hepatocell. Carcinoma*, pp. 1527–1546, 2023.

[41] W.-C. Shen *et al.*, "Effectiveness of self-management of dry and wet cupping therapy for low back pain: A systematic review and meta-analysis," *Medicine (Baltimore).*, vol. 101, no. 51, p. e32325, 2022.

Treating gallstone and kidney stone together using Persian Medicine; a case report

Farhad Abasalizadeh[1 *], Sutude Fazilat[1]
1 Department of Persian Medicine, Faculty of Traditional Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

* Corresponding author email: **Dr_abasalizadeh@yahoo.com**

Abstract

Background: Gallstones can be symptomatic or asymptomatic. There are many treatment methods for this disease. This case report discusses the therapeutic effects of medicinal plants and Persian medicine.

Case Summary: The patient was a 74-year-old woman with no history of illness or medication. She had right-sided abdominal pain and anorexia. Abdominal ultrasound revealed gallstones and kidney stones. The patient was reluctant to undergo surgery and was prescribed medication under the supervision of an Persian Medicine specialist. In addition to oral medication, the patient also underwent vacuum therapy. The results showed a reduction in pain after two weeks, a reduction in the size of the gallstones, and improvement in kidney stones after 12 weeks.

Conclusion: Persian medicine can be useful in treating stones, including gallstones and kidney stones, and can be considered alongside other treatment methods in treating the disease.

Keywords: Cholelithiasis, Nephrolithiasis, Persian Medicine, case report

نقش ژن‌های آنتی‌اکسیدانی در افزایش خواص دارویی گیاه گل گاوزبان

آرزو شریفی [۱]، فروغ محمدیان [۲]، ایمان یوسفی جوان [۳]

۱- آرزو شریفی، گروه مهندسی ژنتیک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه

۲- دانشجو فروغ محمدیان، گروه تولید و بهره‌برداری از گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه

۳- استادیار ایمان یوسفی جوان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه

چکیده

گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی بومی ایران بوده و به دلیل برخورداری از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ارزشمند مانند فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای فنلی دارای کاربرد گسترده در درمان اختلالات عصبی، التهابات و بیماری‌های قلبی–عروقی است. با وجود اهمیت دارویی قابل توجه این گونه، مطالعات ژنتیکی و مولکولی انجام‌شده بر روی آن نسبتاً محدود می‌باشد. در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی با هدف بررسی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های مختلف این گیاه با استفاده از نشانگرهای مولکولی و همچنین مطالعات سیتوژنتیکی به منظور شناخت بهتر ساختار کروموزومی آن گزارش شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که بین جمعیت‌های مختلف گل گاوزبان، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای وجود دارد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی جهت افزایش تولید ترکیبات دارویی به کار گرفته شود. با این حال، داده‌های موجود درباره ژن‌های کلیدی دخیل در مسیرهای بیوسنتزی ترکیبات فعال، به‌ویژه ژن‌های تنظیم‌کننده آنتی‌اکسیدان‌ها، ناکافی بوده و نیاز به مطالعات جامع‌تر در زمینه بیولوژی مولکولی، بیان ژنی و بیوتکنولوژی این گیاه احساس می‌شود. بر این اساس، پژوهش‌های آینده باید بر شناسایی و تقویت ژن‌های مؤثر در سنتز متابولیت‌های ثانویه تمرکز نماید تا زمینه بهره‌برداری دارویی و اقتصادی پایدار از این منبع گیاهی ارزشمند فراهم شود.

واژه‌های کلیدی: فلانوئید ها، آنتوسیانین‌ها، نشانگرهای مولکولی، بیان ژنی و بیوتکنولوژی

۱. مقدمه

گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) یکی از گیاهان دارویی بومی ایران است که در مناطق شمالی کشور رشد می‌کند و در طب سنتی ایران کاربردهایی مانند تسکین التهابات، آرام‌بخشی و درمان اختلالات عصبی دارد (Ranjbar et al., (2006).). مطالعات فیتوشیمیایی نشان داده‌اند که این گیاه حاوی ترکیبات فعال زیستی مانند فلاونوئیدها و اسید روزمارینیک بوده و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجه است (Jin et al., (2020)). با وجود اهمیت دارویی، پژوهش‌های ژنتیکی و مولکولی انجام‌شده بر روی این گونه نسبتاً محدود هستند. برای مثال، با استفاده از نشانگرهای RAPD، تنوع ژنتیکی چند اکوتیپ از گل گاوزبان ایرانی بررسی شده و نشان داده شده است که بین جمعیت‌ها تفاوت ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای وجود دارد (Hosseinpour Azad et al., (2011)). همچنین، مطالعاتی در زمینه القای پلی‌پلوئیدی با کلشی‌سین به منظور ارتقای صفات مورفولوژیک و ژنتیکی این گیاه انجام شده است (Azoush et al., (2014)). با این حال، اطلاعات موجود درباره ژن‌های کلیدی دخیل در مسیرهای بیوسنتزی ترکیبات فعال، به ویژه ژن‌های مسئول سنتز آنتی‌اکسیدان‌ها، ناکافی است. بنابراین، نیاز به مطالعات جامع‌تر در حوزه ژنتیک مولکولی و بیان ژنی گل گاوزبان احساس می‌شود. این مقاله مروری با هدف جمع‌بندی

[۱] . نویسنده مسئول: arezooshomd@gmail.com

پژوهش‌های انجام شده و شناسایی خلأهای علمی موجود، مسیرهای پژوهشی آینده در زمینه ژنتیک و ترکیبات فعال گل گاوزبان ایرانی را بررسی می‌کند ((Nouri et al., (2019).

۲. مواد وروش

در این مقاله مروری، مطالعات انجام شده بر روی تنوع ژنتیکی و ژنتیک مولکولی گل گاوزبان ایرانی (Echium amoenum) بررسی شد. مطالعات انتخاب شده شامل تحقیقاتی بود که از نشانگرهای مولکولی مانند RAPD، ISSR و AFLP برای ارزیابی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌ها استفاده کرده‌اند ((Hosseinpour Azad et al., (2011) .همچنین تحقیقات سیتوژنتیکی و کاریوتیپی اکوتیپ‌های مختلف گل گاوزبان مورد تحلیل قرار گرفتند تا اطلاعاتی درباره ساختار کروموزومی و تفاوت‌های ژنتیکی ارائه شود ((Azoush et al., (2014) .پژوهش‌هایی که القای پلی‌پلوئیدی با کلشی‌سین را بررسی کرده‌اند، جهت مطالعه تغییرات مورفولوژیک و ژنتیکی گیاه نیز مورد توجه قرار گرفتند ((Azoush et al., (2014) .علاوه بر آن، مقالاتی که مسیرهای بیوسنتزی فلاونوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌ها را بررسی کرده‌اند مورد تحلیل قرار گرفتند، با تاکید بر ژن‌های کلیدی مانند PAL، CHS و FLS ((Jin et al., (2020) .اطلاعات جمع‌آوری شده شامل نوع اکوتیپ، روش مولکولی استفاده شده، و نتایج تنوع ژنتیکی و بیان ژنی بود. داده‌ها به صورت توصیفی و مقایسه‌ای بین اکوتیپ‌ها تحلیل شد. تمرکز بر ارتباط بین ژنتیک گیاه و تولید ترکیبات دارویی بود ((Hosseinpour Azad et al., (2011); Ranjbar et al., (2006) .نتایج هر مطالعه با هدف شناسایی خلأهای موجود در دانش ژنتیکی گل گاوزبان و پیشنهاد مسیرهای پژوهشی آینده بررسی شد. علاوه بر این، مطالعات مرتبط با اثر شرایط محیطی بر بیان ژن‌ها نیز در تحلیل گنجانده شدند تا رابطه بین ژنتیک و پاسخ گیاه به محیط بررسی شود.

۳. نتیجه و بحث

مطالعات انجام شده بر روی گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) نشان داده‌اند که بین اکوتیپ‌های مختلف، تنوع ژنتیکی قابل توجهی وجود دارد و این تنوع می‌تواند بر میزان ترکیبات فعال دارویی مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها تأثیر بگذارد ((Hosseinpour Azad et al., (2011) .تحقیقات سیتوژنتیکی نیز تفاوت‌های کروموزومی میان اکوتیپ‌ها را نشان می‌دهند و این امر اهمیت انتخاب اکوتیپ مناسب برای اهداف دارویی و اصلاحی را تأکید می‌کند ((Azoush et al., (2014) .پژوهش‌ها نشان می‌دهند که القای پلی‌پلوئیدی با کلشی‌سین می‌تواند باعث افزایش صفات مورفولوژیک و محتوای متابولیت‌های ثانویه شود، که می‌تواند بهره‌وری دارویی گیاه را ارتقا دهد ((Azoush et al., (2014) .علاوه بر این، مسیرهای بیوسنتزی فلاونوئیدها در گل گاوزبان با بیان ژن‌های کلیدی مانند PAL، CHS و FLS مرتبط است و تفاوت بیان این ژن‌ها می‌تواند سبب تغییر میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاه شود ((Jin et al., (2020) .بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد که شرایط محیطی و استرس‌های مختلف ممکن است بیان ژن‌ها و در نتیجه تولید ترکیبات فعال را تغییر دهند ((Ranjbar et al., (2006) .با توجه به محدودیت تحقیقات ژنتیکی در گل گاوزبان، شناسایی و تقویت ژن‌های کلیدی مسیرهای بیوسنتزی می‌تواند فرصت مناسبی برای بهبود خواص دارویی و اقتصادی این گیاه فراهم کند. بنابراین، پژوهش‌های آینده باید بر بیوتکنولوژی مولکولی و مطالعات بیان ژنی تمرکز کنند تا بهره‌برداری از گل گاوزبان بهینه شود ((Nouri et al., (2019); Jin et al., (2020).

برای گل گاوزبان، می‌توان پرایمرهایی اختصاصی برای ژن‌های هدف (مانند آنزیم‌های سنتزGLA) طراحی کرد. در گل گاوزبان، SNP ها می‌توانند برای شناسایی دقیق ژن‌های مسئول تولید اسیدهای چرب خاص یا مقاومت به تنش‌های محیطی استفاده شوند.تجزیه و تحلیل داده‌های تنوع ژنتیکی پس از جمع‌آوری داده‌های مولکولی (مانند باندهای RAPD یا آلل‌های SSR)، از روش‌های آماری بیوانفورماتیک برای استنتاج ساختار ژنتیکی استفاده می‌شود. برای تعیین اینکه چه میزان از کل تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌ها و چه میزان درون جمعیت‌ها توزیع شده است، از تحلیل واریانس مولکولی استفاده می‌شود. مطالعات فرضی مبتنی بر استفاده از نشانگرهای مولکولی (مانند SSR وRAPD) در جمعیت‌های مختلف گل گاوزبان، می‌توانند

منجر به یافته‌های مهمی شوند که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند. توقعات بر اساس مطالعات گونه‌های مشابه، نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی گل گاوزبان احتمالاً در سطوح متوسط تا بالا قرار دارد، اما این سطح به شدت تحت تأثیر نوع جمعیت مورد مطالعه است. جمعیت‌های وحشی که در زیستگاه‌های بومی خود پراکنده شده‌اند و تحت فشار انتخاب طبیعی مداوم قرار دارند، معمولاً دارای سطح بالاتری از تنوع ژنتیکی هستند. جمعیت‌های وحشی ممکن است دارای هتروزیگوسیتی بالاتر و تعداد آلل‌های بیشتری در هر لوکوس باشند.

بحث: تنوع بالا در جمعیت‌های وحشی، به دلیل محدودیت‌های کمتر در اندازه مؤثر جمعیت و جریان ژن طبیعی (مانند گرده‌افشانی با حشرات یا پرندگان) است. تنگنای مقابل، جمعیت‌های اهلی که تحت برنامه‌های کشت متمرکز قرار گرفته‌اند، ممکن است دچار اثر بنیان‌گذار (Founder Effect) یا تنگنای جمعیتی (Bottleneck) شده باشند که منجر به کاهش شدید تنوع و افزایش تلاقی درونی شده است. تنوع در مناطق جغرافیایی متفاوت است. اگر گل گاوزبان در یک منطقه وسیع (مثلاً از مدیترانه تا خاورمیانه) مورد بررسی قرار گیرد، انتظار می‌رود که تنوع ژنتیکی بین این جمعیت‌ها به وضوح قابل تفکیک باشد و ساختار ژنتیکی مشخصی مشاهده شود. تحلیل AMOVA نشان خواهد داد که بخش عمده‌ای از تنوع ژنتیکی (مثلاً ۵۰ تا ۷۰ درصد) در درون جمعیت‌های مجزا قابل مشاهده است، اما تفاوت‌های معنی‌داری بین گروه‌های جغرافیایی وجود دارد که نشان‌دهنده جدایی ژنتیکی (Differentiation) است. جدایی ژنتیکی بالا نشان می‌دهد که جریان ژن بین این مناطق محدود است و این جمعیت‌ها در مسیرهای تکاملی متفاوتی قرار گرفته‌اند، احتمالاً به دلیل سازگاری با شرایط آب و هوایی محلی (انتخاب ناهمگن). چندین فرآیند بیولوژیکی و کشاورزی بر توزیع و سطح تنوع ژنتیکی گل گاوزبان تأثیر می‌گذارند: گل گاوزبان عمدتاً حشره‌گرا است، اما میزان گرده‌افشانی مؤثر (از نظر انتقال ژن) توسط حشرات و باد متفاوت است. در مقابل، کشت متمرکز و تبادل بذر توسط کشاورزان می‌تواند جریان ژن مصنوعی ایجاد کرده و تنوع را به طور مصنوعی در یک منطقه افزایش دهد، اما در عین حال، ژن‌های محلی را حذف کند.

نتیجه گیری کلی

گل گاوزبان ایرانی (Echium amoenum) به دلیل داشتن ترکیبات فعال و آنتی‌اکسیدانی مانند فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای فنلی، یک منبع گیاهی ارزشمند برای کاربردهای دارویی و اقتصادی است. مطالعات نشان می‌دهند که بین اکوتیپ‌های مختلف این گیاه، تنوع ژنتیکی قابل توجهی وجود دارد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش تولید ترکیبات دارویی به کار گرفته شود. پژوهش‌های سیتوژنتیکی و القای پلی‌پلوئیدی نیز اهمیت این گونه را در بهبود صفات مورفولوژیک و افزایش محتوای متابولیت‌ها نشان می‌دهد. با این حال، داده‌های موجود درباره ژن‌های کلیدی دخیل در مسیرهای بیوسنتزی و تنظیم ترکیبات فعال محدود است و این امر نشان‌دهنده نیاز به تحقیقات گسترده‌تر در زمینه بیولوژی مولکولی و بیوتکنولوژی این گیاه می‌باشد. ژوهش‌های آینده باید بر شناسایی و تقویت ژن‌های مسئول سنتز متابولیت‌های ثانویه تمرکز کنند تا بتوان از پتانسیل دارویی و اقتصادی گل گاوزبان به بهترین نحو بهره‌برداری کرد. برای نقشه‌برداری از تفاوت‌های ژنتیکی، از روش نشانگر RAPD استفاده گردید. این تحلیل منجر به شناسایی و ثبت ۳۸۵ لوکوس چندشکلی شد که قابلیت تمایز مناسبی بین اکوتیپ‌های مختلف داشتند. این مجموعه‌ی داده‌ها به عنوان ورودی برای نرم‌افزار تخصصی NTYSYS-pc(نسخه ۲/۰۲e) جهت محاسبات بعدی مورد استفاده قرار گرفت. محاسبه نزدیکی ژنتیکی بین نمونه‌ها بر اساس ضریب شباهت دایس صورت پذیرفت. با اعمال الگوریتم UPGMA بر ماتریس شباهت، یک ساختار درختی (دندروگرام) ترسیم شد. دامنه تشابه مشاهده شده در این نمودار بین ۰/۳۳و ۰/۷۷ متغیر بود. طبق نتایج تجزیه خوشه‌ای، اکوتیپ‌ها در سطح تشابه ۵۵ درصد (۰/۵۵)، در نه گروه مجزا طبقه‌بندی شدند. این خوشه‌بندی ژنتیکی توسط تحلیل مؤلفه‌های اصلی نیز تأیید شد، به طوری که همبستگی قوی بین این دو روش تحلیلی مشاهده گردید .این رویکرد نشان داد که تنوع مولکولی موجود در گل گاوزبان، ساختاری خوشه‌ای با حدود ۹ زیرگروه متمایز را تشکیل می‌دهد.

منابع

Azoush, Simin., Kazemitabar, Seyed. Kamal KAZEMITABAR. and Heidari, Parviz., 2014. Polyploidy induction in Iranian Borage (Echium amoenum L.) by colchicine treatment. Biharean Biologist, 8(2), pp.87–89. Available at: https://biozoojournals.ro/bihbiol/cont/v8n2/bb_141114_Heidari.pdf [Accessed 11 November 2025].

Hosseinpour Azad, Nooraldin, Nematzadeh, Ghorbanali, Azadbakht, Mohammad, Kazemi-Tabar, Seyed Kamal, Shokri, Ehsan (2011). Genetic diversity in several Echium amoenum Fisch. & Mey. ecotypes from western and northern regions of Iran via RAPD markers. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, Volume 19, Issue 1, pp. 1–12. Available at: https://ijrfpbgr.areeo.ac.ir/article_7426.html?lang=en [Accessed 11 November 2025].

Ju Jin, Mark Boersch, Akshaya Nagarajan, Andrew K. Davey and Matthew Zunk (2020). Antioxidant Properties and Reported Ethnomedicinal Use of Plants in the Genus Echium. Antioxidants, 9(8), 722. Available at: https://www.mdpi.com/2076-3921/9/8/722 [Accessed 11 November 2025].

Nouri, Mohammad, Fereshteh Farajdokht, Mohammadali Torbati, Fatemeh Ranjbar Kuchaksaray, Sanaz Hamedyazdan, Mostafa Araj-Khodaei, & Saeed Sadigh-Eteghad. (2019). A Close Look at Echium amoenum Processing, Neuroactive Components, and Effects on Neuropsychiatric Disorders. Galen Medical Journal, Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8343809/ [Accessed 11 November 2025].

Ranjbar, Akram; Khorami, Sara; Safarabadi, Mehdi; Shahmoradi, Amene; Malekirad, Ali Akbar; Vakilian, Katyon; Mandegary, Ali; Abdollahi, Mohammad. (2006). Antioxidant activity of Iranian Echium amoenum Fisch & C.A. Mey flower decoction in humans: A cross-sectional before/after clinical trial. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 3(4), pp.469–473. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1697746/ [Accessed 11 November 2025].

The role of antioxidant genes in enhancing the medicinal properties of borage

Arezo Sharifi[1*], Forough Mohammadian[2], Iman Yousefi jovan[3]

1- Arezoo Sharifi, Department of Genetic Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Torbat Heydariyeh University
2- Student Forough Mohammadian, Department of Production and Exploitation of Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Torbat Heydariyeh University
3- Assistant Professor Iman Yousefi Javan, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Torbat Heydariyeh University
* Corresponding author email: arezooshomd@gmail.com

Abstract

Echium amoenum, commonly known as Iranian borage, is one of the most important medicinal plants native to Iran. Due to its valuable antioxidant compounds, including flavonoids, anthocyanins, and phenolic acids, it has extensive applications in the treatment of neurological disorders, inflammation, and cardiovascular diseases. Despite its significant medicinal importance, genetic and molecular studies on this species remain relatively limited. In recent years, research has focused on assessing the genetic diversity of different ecotypes of this plant using molecular markers, as well as cytogenetic studies aimed at better understanding its chromosomal structure. The results of these investigations indicate considerable genetic variation among different populations of E. amoenum, which could be utilized in breeding programs to enhance the production of medicinal compounds. However, available data on key genes involved in the biosynthetic pathways of active compounds, particularly genes regulating antioxidant production, are insufficient, highlighting the need for more comprehensive studies in molecular biology, gene expression, and biotechnology of this plant. Accordingly, future research should focus on identifying and enhancing genes responsible for the synthesis of secondary metabolites to enable sustainable medicinal and economic utilization of this valuable plant resource.

Keywords: Flavonoids, anthocyanins, molecular markers, gene expression and biotechnology

تأثیر افشانه‌کردن اسیدآسکوربیک و اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه دارویی مرزنجوش(*Origanum vulgare* L.) تحت تنش آبی

مریم محمدزاده[1]، امین عباسی[2]*

۱- فارغ التحصیل دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

چکیده

کمبود آب، تولید محصولات کشاورزی را در سراسر جهان تهدید می‌کند. در مقابل، مواد محافظ اسمزی مختلفی مانند اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک پتانسیل کاهش اثرات مضر تنش آبی را دارند. از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی نقش احتمالی اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک به صورت جداگانه و ترکیبی در بهبود رشد گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) در شرایط تنش آبی در گلخانه پژوهشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده، در شرایط تنش آبی ما شاهد افزایش تجمع پراکسید هیدروژن به دنبال کاهش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شدت‌های بالا بودیم. علاوه بر این، نتایج این پژوهش حاکی از موثر بودن محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک به ویژه در شرایط تنش در بهبود فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بوده است. همچنین، طبق این نتایج، کاربرد تیمارهای پژوهشی بخصوص در شرایط تنش آبی در کاهش اثرات زیانبار کمبود آب کارساز بوده و ما شاهد کاهش معنی‌دار تجمع پراکسید هیدروژن در گیاهان تیمارشده در مقایسه با گیاهان تیمار نشده بودیم. به طور کلی، با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک به ویژه در شرایط نامساعد محیطی به دلیل تأثیر مثبت در بهبود فعالیت آنزیمی و همچنین کاهش پراکسید هیدروژن می‌تواند به عنوان بخشی از عوامل تأثیرگذار، در رشد گیاه دارویی مرزنجوش در شرایط تنش موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتی اکسیدان غیر آنزیمی، آسکوربات پراکسیداز، انواع اکسیژن فعال، سیستم دفاعی گیاه.

۱. مقدمه

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی و دارویی، تنش کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثرگذار می‌باشد (Golbashy et al. 2010). تنش کم‌آبی به دلیل اختلال در متابولیسم، تعادل یونی، تجمع املاح و فعالیت آنزیمی در گیاهان منجر به کاهش سطح برگ، تکثیر ریشه،کاهش گسترش ساقه، محتوای کلروفیل برگ و راندمان مصرف آب می‌شود (Guo-Hui, 2012).

در مقابل، استراتژی‌های مختلفی برای کاهش اثرات مضر کمبود آب از جمله شیوه‌های مدیریتی مختلف در حال رواج یافتن هستند که هم با محیط زیست سازگار بوده و هم از نظر اقتصادی برای کشاورزی پایدار بسیار مهم هستند (Aziz et al. 2018). اخیراً، استفاده خارجی از تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف مانند اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک به طور گسترده

برای افزایش رشد در برابر تنش‌های غیرزیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Akbari & Maleki, 2018). اسید آسکوربیک یک کوفاکتور برای آنزیم‌های متعدد است و فیتوهورمون‌ها را کنترل می‌کند که واسطه فرآیندهای سیگنالینگ در طول گذار از مرحله رویشی به زایشی، رشد سلولی، پیری، میتوز در گیاهان و مرحله نهایی رشد هستند (Barth et al., 2006). اسید سالیسیلیک نقش اساسی در متابولیسم‌های گیاهی مانند فتوسنتز، سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی، متابولیسم نیتروژن، پرولین و رابطه گیاه-آب به ویژه تحت تنش‌های غیرزیستی ایفا می‌کند (Khan et al. 2025). طبق مطالعات پیشین، کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک می‌تواند یک راه حل مناسب برای کاهش اثرات نامطلوب تنش غیرزیستی باشد. اسید سالیسیلیک نیز یک هورمون گیاهی هشدار دهنده با نقش‌های مختلف در کنترل متابولیسم گیاه و تحمل تنش غیرزیستی است (Khan et al., 2025). این اسید به کنترل مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی کمک می‌کند (Ahmad et al., 2013). طبق مطالعات انجام شده، تیمار با اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک آسیب فیزیولوژیکی ناشی از تنش آبی مانند تنش اکسیداتیو ناشیاز تجمع پرامسید هیدروژن را کاهش داده و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله آسکوربات پراکسیداز را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داده‌اند (Billah et al. 2017; Sheuli et al, 2025).

اگرچه اطلاعات زیادی در مورد اثربخشی اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک به صورت جداگانه در کاهش اثرات مخرب تنش کم‌آبی وجود دارد، اما گزارش‌های بسیار محدودی برای بررسی امکان کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک در مبارزه با اثرات مضر کمبود آب در گیاهان دارویی به ویژه مرزنجوش در دسترس است. بنابراین، مطالعه حاضر به منظور بررسی اثربخشی غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک در کاهش تنش آبی و اثر گذاری آن بر روی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و تجمع پراکسید هیدروژن در گیاه دارویی مرزنجوش انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

جهت بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف کاربرد اسید آسکوربیک و اسید سالسیلیک بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و همچنن میزان تجمع پراکسید هیدروژن در گیاه مرزنجوش در شرایط تنش آبی، آزمایشی در شرایط گلخانه پژوهشی گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزماشی شامل تنش آبی در سه سطح ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (به عنوان شرایط عدم تنش)، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و هر یک از فاکتورهای محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های صفر (عدم محلول پاشی)، ۱ و ۲ میلی‌مولار بودند. راهنمای کدبندی تیمارها در جدول ۱ ذکر شده است. جهت اعمال تیمارهای تنش آبی، گلدان‌ها به صورت روزانه وزن شد و آب از دست رفته با استفاده از ترازو با دقت جایگزین شد. محلول‌پاشی برگی نیز در اواسط دوره رویشی انجام شد. سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به روش Sairam et al. 1998 انجام شد. در این روش، کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات، آسکوربات، EDTA، آب دو بار تقطیر، پراکسید هیدروژن و محلول آنزیمی استخراجی می‌باشد. جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و با استفاده از اعمال ضریب خاموشی ۲/۸ $mmol^{-1}$ cm^{-1} میزان فعالیت آنزیم اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری پراکسیدهیدروژن نیز، ۰/۵ گرم نمونه برگی را در نیتروژن مایع هموژن گردید به آن ۵ میلی‌لیتر محلول تری کلرو استیک اسید اضافه نموده و سپس در ۱۲۰۰×g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریوفوژ شد. سپس کمپلکس

واکنش حاوی بافر فسفات و سدیم یدید به همراه سوپرناتانت تهیه شده در طول موج ۳۹۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Chen et al. 2000). تجزیه واریانس داده‌ها نیز به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کاملا تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام گرفت. برای مقایسات میانگین نیز از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱- راهنمای کدبندی تیمارهای آزمایشی

تیمار	تنش آبی	آسکوربیک اسید (میلی مولار)	سالیسیلیک اسید (میلی مولار)	تیمار	تنش آبی	آسکوربیک اسید (میلی مولار)	سالیسیلیک اسید (میلی مولار)
T1	90 % FC	۰	۰	T15	60 % FC	۱	۲
T2	90 % FC	۰	۱	T16	60 % FC	۲	۰
T3	90 % FC	۰	۲	T17	60 % FC	۲	۱
T4	90 % FC	۱	۰	T18	60 % FC	۲	۲
T5	90 % FC	۱	۱	T19	30 % FC	۰	۰
T6	90 % FC	۱	۲	T20	30 % FC	۰	۱
T7	90 % FC	۲	۰	T21	30 % FC	۰	۲
T8	90 % FC	۲	۱	T22	30 % FC	۱	۰
T9	90 % FC	۲	۲	T23	30 % FC	۱	۱
T10	60 % FC	۰	۰	T24	30 % FC	۱	۲
T11	60 % FC	۰	۱	T25	30 % FC	۲	۰
T12	60 % FC	۰	۲	T26	30 % FC	۲	۱
T13	60 % FC	۱	۰	T27	30 % FC	۲	۲
T14	60 % FC	۱	۱				

FC % 90: ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، FC % 60: ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، FC % 30: ۳۰ درصد ظرفیت زراعی

۳. نتایج و بحث

۳،۱. میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش تنش در اسید آسکوربیک در اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۱ درصد بر روی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). آنزیم آسکوربات پراکسیداز از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشد که به عنوان یکی از مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر تنش، فعالیت کلیدی داشته و میزان فعالیت آن نیز همانند سایر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش آبی افزایش می‌یابد (Imran et al. 2021). همانطور که نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد، با وقوع تنش آبی ابتدا میزان فعالیت آنزیم افزایشی بوده ولی در شدت‌های بالای تنش آبی میزان فعالیت آنزیم به‌طور چشمگیری کاهش یافته است (شکل ۱). کاهش در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در شدت‌های بالای تنش در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. در همین خصوص، Abedi & Pakniyat, 2010 بیان کرده‌اند که در شدت‌های بالای تنش آبی به دلیل تغییر در زیرواحدهای آنزیمی و یا مهار سنتز آنزیم، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاهش می‌یابد. از طرفی کاربرد اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش، موجب بهبود فعالیت این آنزیم شده است (شکل ۱). اسید آسکوربیک به‌عنوان سوبسترای بسیاری از پراکسیدازها، از اجزای اصلی چرخه آسکوربات-گلوتاتیون و چرخه مهلر بوده که در جمع‌آوری انواع اکسیژن فعال بسیار مؤثر می‌باشد (Abdul

Jaleel et al. 2009; Jithesh et al. 2006). علاوه بر این، آسکوربات پراکسیداز مستقیماً در چرخه آسکوربات-گلوتاتیون شرکت کرده و بوسیله آسکوربات، میزان تجمع پراکسیدهیدروژن تشکیل شده توسط آنزیم سوپراکسیددیسموتاز را کاهش می‌دهد (Alves et al. 2018; El-Beltagi et al. 2020). همچنین، عنوان شده است که کاربرد بیرونی اسید سالیسیلیک نقش بالقوه‌ای در مسیرهای انتقال سیگنال درگیر در سیستم دفاعی دارد. این نقش را به دخالت اسیدسالسیلیک در بیان ژن‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مرتبط دانسته‌اند (Csiszár et al. 2014). افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند پراکسیداز با کاربرد اسید سالسیلیک توسط Ghamari et al. 2020 نیز گزارش شده است. تاثیر مثبت کاربرد اسیدآسکوربیک در افزایش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. به‌طوریکه در گیاه گوجه فرنگی کاربرد اسید آسکوربیک در شرایط تنش موجب افزایش این آنزیم گردید و این افزایش را با تاثیر مستقیمی که اسیدآسکوربیک بر فعال‌سازی سیستم آنتی‌اکسیدان آنزیمی دارد، مرتبط دانسته‌اند (Alves et al. 2021; Hasanuzzaman et al. 2023).

۳,۲. پراکسید هیدروژن

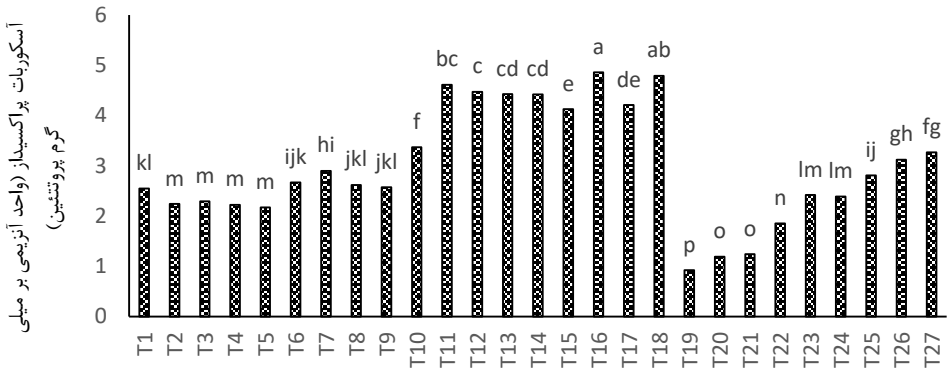
براساس نتایج جدول ۲، میزان پراکسید هیدروژن در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر برهمکنش تنش در اسید آسکوربیک در اسید سالیسیلیک قرار گرفت. علاوه بر این، طبق نتایج شکل ۲، با بروز تنش آبی میزان تجمع هیدروژن پراکسید افزایش چشمگیری داشته و کاربرد ترکیباتی مانند اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک موجب تعدیل اثرات مضر تنش و کاهش پراکسید هیدروژن شده است. به گونه ای که بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب از عدم کاربرد اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ترکیبات تیماری در شرایط عدم تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. در گیاهان در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، از جمله تنش آبی، میزان بالایی از انواع اکسیژن فعال از جمله پراکسید هیدروژن تولید می‌شود که منجر به وقوع تنش ثانویه‌ای به نام تنش اکسیداتیو و در نهایت پراکسیداسیون لیپیدی می‌شود (Qian et al. 2014). افزایش در میزان تولید پراکسیدهیدروژن در پی بروز تنش در مطالعات بسیاری گزارش شده است. به‌گونه‌ای که Ahmad et al. 2023 در بررسی‌های خود بر روی گیاه گندم گزارش کردند که وقوع تنش منجر به افزایش قابل توجهی در میزان پراکسید هیدروژن گردید. دلیل افزایش انواع اکسیژن فعال در شرایط تنش به ویژه در کلروپلاست سلول‌های گیاهی، تغییر در ردوکس انتقال الکترون عنوان شده است (Aghaie et al. 2018). همچنین، نقش اسید آسکوربیک در کاهش تنش اکسیداتیو به دلیل ویژگی نوکلئوفیلی و جمع‌آوری کنندگی این مولکول می‌باشد (Foyer and Noctor, 2011). همسو با نتایج این پژوهش، Salemi et al. 2019 اذعان داشتند که با افزایش شدت تنش آبی میزان پراکسید هیدروژن در گیاه یونجه افزایش معنی‌داری داشت، کاربرد اسید آسکوربیک در شرایط تنش موجب کاهش تجمع انواع اکسیژن فعال از جمله پراکسید هیدروژن گردید. کاهش در میزان پراکسید هیدروژن با کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش توسط Urmi et al. 2023 نیز گزارش شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر مورفولوژیکی وفیزیولوژیکی گیاه مرزنجوش تحت تنش آبی

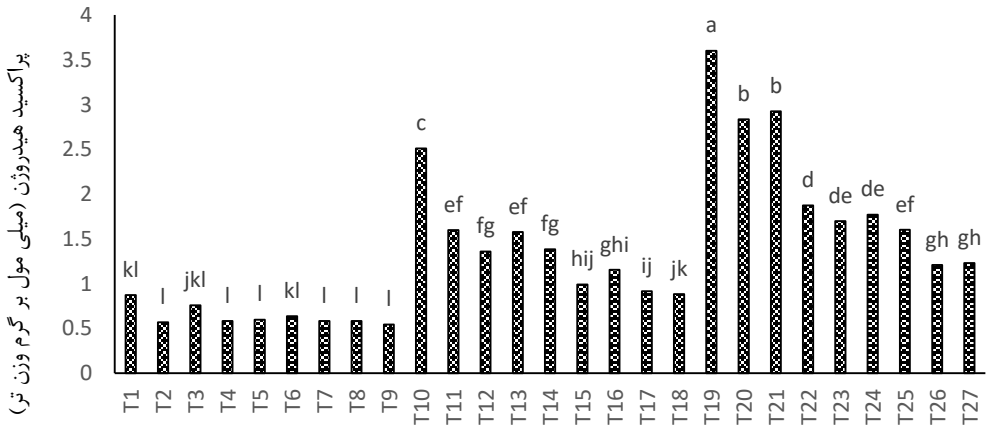
منابع تغییر	درجه آزادی	آسکوربات پراکسیداز	پراکسید هیدروژن
بلوک	۲	۰/۰۱۳	۰/۰۳۴
تنش آبی	۲	۳۹/۰۴۲**	۱۴/۱۱۶**
اسید آسکوربیک	۲	۵/۶۹۰**	۶/۱۰۰**
اسید سالیسیلیک	۲	۰/۳۱۰**	۱/۰۸۹**
تنش× اسید آسکوربیک	۴	۱/۸۷۸**	۱/۶۲۸**
تنش× اسید سالیسیلیک	۴	۰/۲۳۶**	۰./۲۵۲**

اسید آسکوربیک × اسید سالیسیلیک	۴	۰/ ۲۱۴**	۰/۲۲۳**
تنش × اسید آسکوربیک × اسید سالیسیلیک	۸	۰/ ۴۰۶**	۰/۰۴۳*
خطا	۵۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳
ضریب تغییرات	-	۵/۰۷	۱۱/۰۴

ns، ** و *: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد



شکل ۲: تأثیر کاربرد اسیدآسکوربیک و اسید سالیسیلیک بر روی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت تنش آبی



شکل ۲: تأثیر کاربرد اسیدآسکوربیک و اسید سالیسیلیک بر روی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت تنش آبی

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش آبی در ابتدا موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی می‌شود، اما در شدت‌های بالای تنش این فعالیت به‌طور محسوسی کاهش می‌یابد. کاربرد اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش توانست فعالیت آنزیم را بهبود بخشد. همچنین با افزایش تنش خشکی، میزان تجمع هیدروژن پراکسید به شکل قابل توجهی بیشتر شد. با این حال، استفاده از ترکیبات یادشده باعث کاهش اثرات زیان‌بار تنش و تعدیل سطح پراکسید هیدروژن گردید.

منابع

Abdul Jaleel, C., Riadh, K., Gopi, R., Manivannan, P., Ines, J., Al-Juburi, H. J., Chang-Xing, Z., Hong-Bo, S., & Panneerselvam, R. 2009 Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constrains. Acta Physiol Plant 31: 427-436

Abedi, T., & Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzymes changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 46: 27-34.

Aghaie, P., Tafreshi, S. A. H., Ebrahimi, M. A., & Haerinasab, M. 2018. Tolerance evaluation and clustering of fourteen tomato cultivars grown under mild and severe drought conditions. Scientia Horticulturae 232: 1-12.

Ahmad, I., Basra, S. M., Afzal, I., Farooq, M., & Wahid, A. 2013. Growth improvement in spring maize through exogenous application of ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide. Int. J. Agric. Biol 15: 95-100.

Ahmad, M., Waraich, E. A., Shahid, H., Ahmad, Z., Zulfiqar, U., Mahmood, N., & El Sabagh, A. 2023. Exogenously Applied Potassium Enhanced Morpho-Physiological Growth and Drought Tolerance of Wheat by Alleviating Osmotic Imbalance and Oxidative Damage. Polish Journal of Environmental Studies 32: 4447-4459.

Akbari, J., & Maleki, A. 2018. The effect of ascorbic acid and salicylic acid foliar on vegetative properties and yield and yield components of *Vigna unguiculata* L. under drought stress. Applied Research of Plant Ecophysiology 4: 159-180.

Alves, R., de Medeiros, A. S., Nicolau, M. C. M., Neto, A. P., Lima, L. W., Tezotto, T., & Gratão, P. L. 2018. The partial root-zone saline irrigation system and antioxidant responses in tomato plants. Plant Physiology and Biochemistry 127: 366-379.

Alves, R., de Medeiros, A. S., Nicolau, M. C. M., Neto, A. P., Lima, L. W., Tezotto, T., & Gratão, P. L. 2018. The partial root-zone saline irrigation system and antioxidant responses in tomato plants. Plant Physiology and Biochemistry 127: 366-379.

Aziz, M., Abbas, M. T., Ali, A., & Hameed, R. A. 2018. Food quality attributes of *Triticum aestivum* L. as influenced by schedules of organic and inorganic sources of nutrients. ARPN J. Agric. Biol. Sci, 13: 98-105.

Barth, C., De Tullio, M., & Conklin, P. L. 2006. The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. Journal of experimental botany 57: 1657-1665.

Billah, M., Rohman, M. M., Hossain, N., & Uddin, M. S. 2017. Exogenous ascorbic acid improved tolerance in maize (*Zea mays* L.) by increasing antioxidant activity under salinity stress. African Journal of Agricultural Research 12: 1437-1446.

Chen, L. M., Lin, C. C., & Kao, C. H. 2000. Copper toxicity in rice seedlings: changes in antioxidative enzyme: activities, H2O2 level, and cell wall peroxidase activity in roots. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 4 99-103.

Csiszár. J., Horváth, E., Váry, Z., Gallé, Á., Bela, K., Brunner, S., & Tari, I. 2014. Glutathione transferase supergene family in tomato: salt stress-regulated expression of representative genes from distinct GST classes in plants primed with salicylic acid. Plant Physiology and Biochemistry 78: 15-26

El-Beltagi, H. S., Shah, S., Ullah, S., Sulaiman, Mansour, A. T., & Shalaby, T. A. 2022. Impacts of ascorbic acid and alpha-tocopherol on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown in water deficit regimes for sustainable production. Sustainability 14: 8861.

Foyer, C. H., & Noctor, G. 2011. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. *Plant physiology 155*1: 2-18.

Ghamari, M., Hosseininaveh, V., Talebi, K., Nozari. J., & Allahyari. H .2020. Biochemical characterization of the induced immune system of pistachio (*Pistacia vera*) by salicylic acid. International Journal of Fruit Science 20: 117-132.

Golbashy, M., Ebrahimi, M., Khorasani, S. K., & Choukan, R. (2010). Evaluation of drought tolerance of some corn (*Zea mays* L.) hybrids in Iran. African Journal of Agricultural Research 5: 2714-2719.

Guo-Hui, Y. 2012. Alkali stress induced the accumulationand secretion of organic acids in wheat. *African* Journal of Agricultural Research 7: 2844-2852.

Hasanuzzaman, M., Raihan, M. R. H., Alharby, H. F., Al-Zahrani, H. S., Alsamadany, H., Alghamdi, K. M., & Nahar, K. 2023. Foliar application of ascorbic acid and tocopherol in conferring salt tolerance in rapeseed by enhancing K+/Na+ homeostasis, osmoregulation, antioxidant defense, and glyoxalase system. Agronomy 13: 361.

Imran, M., Latif Khan, A., Shahzad, R., Aaqil Khan, M., Bilal, S., Khan, A., & Lee, I. J. 2021. Exogenous melatonin induces drought stress tolerance by promoting plant growth and antioxidant defence system of soybean plants. AoB Plants 13: plab026.

Jithesh, M. N., Prashanth, S. R., Sivaprakash, K. R., & Parida, A. K. 2006. Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defense. J Genetics 85: 237-254.

Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., & Khan, N. A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Front. Plant Sci. 6: 462.

Sheuli, S. A., Arafin, M. S., Sultana, S., Rabbi, M. A., & Ghosh, A. 2025. Exogenous salicylic acid, abscisic acid, and shikimic acid enhance drought tolerance in tea by modulating antioxidant defense and osmotic regulation. PLoS One 20: e0331456.

Qian, H. F., Peng, X. F., Han, X., Ren, J., Zhan, K. Y., & Zhu, M. 2014. The stress factor, exogenous ascorbic acid, affects plant growth and the antioxidant system in *Arabidopsis thaliana*. Russian journal of plant physiology 61: 467-475.

Salemi, F., Esfahani, M. N., & Tran, L. S. P. 2019. Mechanistic insights into enhanced tolerance of early growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under low water potential by seed-priming with ascorbic acid or polyethylene glycol solution. Industrial Crops and Products 137: 436-445.

Sairam, R. K., Deshmukh, P. S., & Saxena, D. C. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. Biologia plantarum 41: 387-394.

Urmi, T. A., Islam, M. M., Zumur, K. N., Abedin, M. A., Haque, M. M., Siddiqui, M. H., & Hoque, M. A. 2023. Combined effect of salicylic acid and proline mitigates drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) through the modulation of physiological attributes and antioxidant enzymes. Antioxidants 12: 1438.

Effect of foliar application of ascorbic acid and salicylic acid on the antioxidant activity of *Origanum vulgare* L. under water deficit stress

Maryam Mohammadzadeh[1], Amin Abbasi*[2]

[1] Ph.D. Graduate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
[2] Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

* Corresponding author email: a.abbasi@maragheh.ac.ir

Abstract

Water scarcity poses a major threat to agricultural productivity worldwide. Various osmoprotective compounds, such as salicylic acid and ascorbic acid, have shown potential in alleviating the adverse effects of water deficit. Therefore, the present study was conducted to evaluate the possible roles of salicylic acid and ascorbic acid, individually and in combination, in improving the growth performance of the medicinal plant *Origanum vulgare* L. under water stress conditions. The experiment was carried out in the research greenhouse of the Department of Plant Production and Genetics Engineering, University of Maragheh, Iran. According to the obtained results, water deficit stress led to an accumulation of hydrogen peroxide (H_2O_2) accompanied by a decline in ascorbate peroxidase (APX) activity, particularly under severe stress conditions. Moreover, foliar application of ascorbic acid and salicylic acid, especially under stress, significantly enhanced APX activity. Furthermore, according to these results, the application of the experimental treatments, particularly under water stress conditions, proved effective in mitigating the adverse effects of drought, as evidenced by a significant reduction in H_2O_2 accumulation in treated plants compared to untreated ones. Overall, based on the obtained findings, it appears that foliar application of ascorbic acid and salicylic acid, especially under unfavorable environmental conditions, can positively influence enzymatic activity and reduce H_2O_2 levels. Therefore, these treatments may serve as contributing factors in promoting the growth of the marjoram under stress conditions.

Keywords: Ascorbate peroxidase, Non-enzymatic antioxidants, plant defense system, Reactive oxygen species (ROS).

بررسی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر تجمع پراکسید هیدروژن و میزان تولید زیست توده گیاهان بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)

امین عباسی[۱*]، فریبرز شکاری[۲]، مریم محمدزاده[۳]، سید پویا سیف الاسلامی[۴]

۱- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۳- فارغ التحصیل دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۴- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

چکیده

بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) یک گیاه دارویی حساس به تنش گرما است که بهره‌وری آن ممکن است تحت تأثیر این عوامل مختلفی کاهش یابد. این مطالعه با هدف ارزیابی چگونگی تأثیر دماهای مختلف رشد (۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد) و غلظت‌های دی اکسید کربن (۳۵۰-۴۵۰ و ۸۵۰-۷۵۰ پی‌پی‌ام) بر وزن خشک بوته و میزان تجمع پراکسید هیدروژن بر توده های مراغه، تبریز و تهران در سال ۱۴۰۲ در گلخانه پژوهشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج به دست آمده، در شرایط دی اکسید کربن افزایش یافته با شرایط نرمال از نظر دمایی، ما شاهد افزایش تولید زیست توده در توده‌های مورد آزمایش به غیر از توده تهران بودیم. علاوه بر این، نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده میزان تولید زیست توده افزایشی بوده است. به گونه‌ای که در سه توده مراغه، تبریز و تهران افزودن دی اکسید کربن موجب کاهش اثرات نامطلوب دماهای بالا بر روی این صفت گردید. همچنین، طبق این نتایج، افزودن دی اکسید کربن در شرایط تنش دمایی، توانست میزان پراکسید هیدروژن را به عنوان یکی از انواع اکسیژن فعال کاهش دهد. به طور کلی، با توجه به نتایج به دست آمده میتوان چنین اذعان نمود که افزودن دی اکسید کربن در غلظت‌های بالا به ویژه در شرایط اقلیمی پیش رو از نظر دمایی می‌تواند در بهبود رشد و تولید زیست توده بیشتر گیاه دارویی بادرشبو موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: انواع اکسیژن فعال، دما، دی اکسید کربن، گرمایش جهانی

۱. مقدمه

تغییرات اقلیمی به یک مسئله جهانی تبدیل شده است. زیرا می‌تواند بر سیستم‌ها و بخش‌های مختلف تأثیر منفی بگذارد (Somboonsuke et al. 2018). با توجه به اینکه تولید محصولات کشاورزی ذاتاً به تغییرات اقلیمی حساس است، بنابراین نگرانی‌های فزاینده‌ای در مورد این تغییرات احتمالی و تأثیر بیشتر آن بر کشاورزی وجود دارد. از این رو، تجزیه و تحلیل تغییرات فنولوژیکی در پوشش گیاهی برای ارزیابی واکنش و سازگاری اکوسیستم‌های کشاورزی به تغییرات آب و هوایی ضروری است (Bandoc et al. 2017). یکی از پیامدهای پیش‌بینی‌شده‌ی افزایش غلظت دی اکسید کربن اتمسفر، گرمایش جهانی است. ترکیب تنش گرمایی و افزایش دی اکسید کربن ممکن است اثرات متقابلی بر فتوسنتز و بیوشیمی گیاه داشته باشد. لذا دما به عنوان یک عامل تعیین‌کننده مهمی در میزان رشد گیاهان محسوب می‌شود و تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (Shanmugam et al. 2013). تنش گرمایی با افزایش دمای روزانه از سطوح آستانه برای گیاهان (Mishra et

al. 2023)، در میزان تولید محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارد (Asseng et al. 2015; Raza et al. 2019; Salim and Raza, 2020). تنش ناشی از دماهای بالا از طریق تغییر فرآیندهای فیزیولوژیکی-بیوشیمیایی (Yildirim et al. 2018; EL. Sabagh et al. 2019) و با کاهش میزان فتوسنتز، رشد و نمو گیاهان را محدود می‌کند (Barutcular et al. 2017).

علاوه بر این طبق مطالعات پیشین، بروز هر تنشی موجب افزایش تولید انواع اکسیژن فعال می‌شود. بسته به شدت تنش، تولید و تجمع انواع اکسیژن فعال افزایش می‌یابد و باعث آسیب اکسیداتیو می‌شود. افزایش انواع اکسیژن فعال باعث پراکسیداسیون لیپید، اختلال در غشا و دناتوراسیون مولکول‌های زیستی مانند DNA، پروتئین‌ها و لیپیدها می‌شود (Arif et al. 2020). علاوه بر این، در یک مطالعه‌ای بر روی گوجه فرنگی، نتایج نشان داد که وزن تر و خشک ساقه و همچنین، سطح برگ همه ارقام تحت شرایط تنش (تنش دمایی و تنش کم‌آبی) در مقایسه با شاهد به طور قابل توجهی کاهش یافته است (Zhou et al. 2017). در بررسی دیگری نیز در اثر تنش گرما مساحت تاج پوشش گیاه در اثر تولید انواع اکسیژن فعال کاهش معنی‌داری نشان داده است (Zhou et al. 2019). علاوه بر این، کاهش زیست توده در اثر تنش در گیاهان ذرت و سورگوم دانه‌ای در غلظت دی اکسید کربن معمولی به ترتیب ۴۲ و ۳۶ درصد بود، در حالی که در غلظت دی اکسید کربن بالا، این میزان به ۱۸ و ۱۴ درصد رسید ().

گیاه بادرشبی نیز همانند سایر گیاهان، از این شرایط مستثنی نیست و در مواجهه با این تغییرات اقلیمی قرار دارد. این گیاه به دلیل خواص بیولوژیکی و بیوشیمیایی منحصر به فرد، یکی از رایج‌ترین گونه‌ها در بین گیاهان خانواده Lamiaceae است که به عنوان یک گیاه دارای اسانس کشت می‌شود (Aćimović et al., 2019). اسانس این گیاه حاوی اجزایی است که به عنوان داروهای ضد التهاب و آرام بخش برای مقابله با سرماخوردگی، سردرد، نورالژی، روماتیسم و درد مفاصل، فشار خون بالا و بی خوابی استفاده می‌شود (Shahrajabian et al. 2020; Carović-Stanko et al. 2016).

شرایط آب و هوایی مرتبط با دما بر زمان کاشت، اندازه و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد. بنابراین، بهبود درک تغییرات در شاخص‌های مهم از جمله دما و کربن دی اکسید از اهمیت اجتماعی و اقتصادی بالایی برخوردار است. با توجه به اطلاعات محدود در مورد خواص سازگاری گیاهان بادرشبو به ویژه در شرایط اقلیمی آینده، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر این عوامل بر روی رشد و تجمع زیست توده و همچنین میزان پراکسید هیدروژن به عنوان یکی از مهم‌ترین انواع اکسیژن فعال بر روی چند توده از گیاه بادرشبو انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۴۰۲ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار با سه فاکتور: توده‌ی گیاهی (مراغه، تهران و تبریز)، غلظت دی‌اکسید کربن (۴۵۰-۳۵۰ و ۸۵۰-۷۵۰ پی‌پی‌ام) و دما (۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد) بر روی گیاه بادرشبو صورت گرفت. ابتدا، جهت آماده سازی بستر مناسب کشت، از سینی‌های مناسب کشت ۴۰ خانه‌ای، به عنوان بستر اولیه کاشت استفاده شد. از کوکوپیت و پرلیت به نسبت دو به یک به عنوان بستر کاشت استفاده گردید، که ۲۴ ساعت قبل از کشت بذور، بستر کشت را چندین بار آبیاری و سپس اقدام به کاشت بذور کردیم. با توجه به این که بذور بادرشبو ریز می‌باشد کشت باید به صورت دستی و سطحی انجام شود به همین دلیل یک روز قبل از کشت بذور بستر کشت‌ها را آبیاری کردیم. همچنین جهت اطمینان از سبز شدن بذور، داخل هر خانه سینی کشت، ۲ عدد بذر در عمق ۱ سانتی متری کشت و سپس اقدام به آبیاری اولیه کردیم. گیاهچه‌ها تا مرحله ۴ - ۵ برگی در داخل سینی‌های کشت نگهداری و سپس به گلدان‌های پلاستیکی ۱ لیتری انتقال داده شد. لازم به ذکر است زمان اعمال تیمارها در شروع مرحله گل‌دهی می‌باشد. جهت اعمال دی‌اکسیدکربن و دما نیز از باکس‌های پلاستیکی استفاده شد. وزن خشک بوته‌ها توسط ترازوی دیجیتالی ۰/۰۰۱ توزین گردید. به این منظور، برای خشک کردن نمونه‌ها، آن‌ها به مدت ۲۴ ساعت در درون آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. همچنین، جهت اندازه‌گیری میزان پراکسیدهیدروژن از روش Sinha et al. 2005 استفاده شد. در

این روش، ۰/۲گرم نمونه برگی با ازت مایع در هاون چینی هضم و سپس ۲ میلی‌لیتر محلول ۱ درصد تری‌کلرواستیک اسید همگن گردید و با دور rpm ۱۱۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. سپس نمونه حاصل با ترکیب ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با PH برابر۷ (محیط خنثی)، یک میلی‌لیتر پتاسیم یدید یک مولار و ۰/۵میلی‌لیتر سوپرناتانت آماده گردید. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV-1800 در طول موج ۳۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌های حاصل از این آزمایش توسط نرم افزار SAS نسخه ۹,۳، تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

وزن خشک بوته

باتوجه به جدول ۱، نتایج نشان داد که اثر متقابل سه عامل تغییرات دمایی و دی‌اکسیدکربن، بر وزن‌خشک، ژنوتیپ‌های مختلف گیاه بادرشبو در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسات میانگین داده‌ها حاکی از آن است که بیشترین تغییرات وزن‌خشک مربوط به تیمار ژنوتیپ تهران در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، با غلظت دی‌اکسیدکربن ۷۵۰ پی‌پی‌ام به میزان ۸/۱۵ گرم می‌باشد و کمترین میزان تغییرات وزن خشک مربوط به تیمار ژنوتیپ مراغه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، با غلظت دی‌اکسیدکربن ۳۵۰ پی‌پی‌ام به میزان ۴/۳۵ گرم می‌باشد (شکل ۱). طبق نتایج به دست آمده، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تجمع ماده‌خشک اندام هوایی به طور معنی‌داری افزایش یافت. به احتمال زیاد، جذب بیش‌تر دی‌اکسیدکربن توسط گیاه گندم از طریق افزایش میزان فتوسنتز منجر به تولید بیش‌تر ترکیبات فتوسنتزی و در نتیجه تجمع ماده‌خشک می‌گردد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به تولید بیشتر مواد فتوسنتزی و افزایش تجمع ماده‌خشک می‌شود. شاخص سبزینگی نشان دهنده سبزی برگ است که هر چه این عدد بیشتر باشد رنگ برگ به علت محتوای کلروفیل بیشتر، تیره‌تر شده و جذب نور نیز می تواند بالاتر رود. از آنجایی که یک رابطه مثبت بین محتوای کلروفیل و جذب نور و میزان فتوسنتز در گیاهان وجود دارد، بنابراین در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن گیاه برای این که بتواند دی‌اکسیدکربن جذب شده را به ماده‌خشک تبدیل کند به انرژی نورانی (ATP و NADPH) بالاتری نیازمند است. پس، افزایش غلظت کلروفیل منجر به جذب نور بیشتر و تولیده ماده‌خشک بالاتری می‌شود (Croonenborghs et al. 2009). میزان تجمع زیست توده گیاهی برآیند سه عامل طول دوره رشد، شاخص سطح برگ و کارایی فتوسنتزی گیاه است. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر کارایی فتوسنتزی و سطح برگ گیاه اثرات مثبت‌تری دارد (Schahczenski and Hill, 2009).

پراکسید هیدروژن

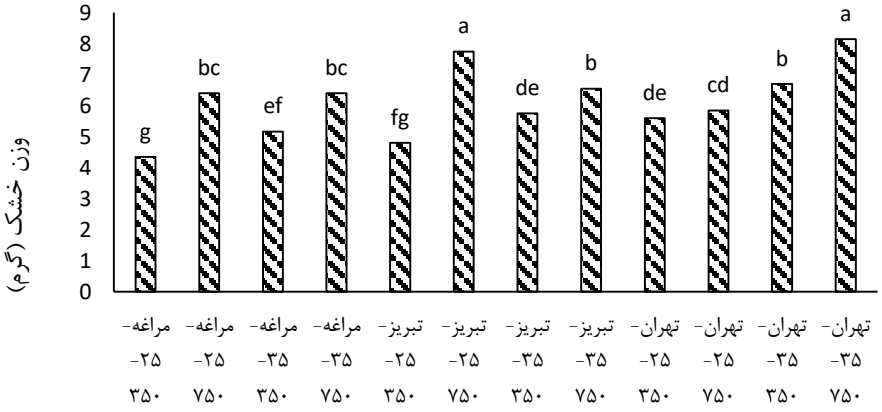
نتایج مربوط به جدول ۱ نشان داد که اثر متقابل سه عامل تغییرات دمایی و دی‌اکسیدکربن، بر میران پراکسید هیدروژن ژنوتیپ‌های مختلف گیاه بادرشبو در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نیز، حاکی از آن است که بیشترین میزان تغییرات پراکسید هیدروژن مربوط به تیمار ژنوتیپ تبریز در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، با غلظت دی‌اکسیدکربن ۷۵۰ پی‌پی‌ام، به مقدار ۱۲/۶۰ میلی‌مول بر گرم بوده و کمترین میزان تغییرات پراکسید هیدروژن نیز مربوط به تیمار ژنوتیپ تبریز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با غلظت دی‌اکسیدکربن ۳۵۰ پی‌پی‌ام، به مقدار ۱/۲۳ میلی‌مول بر گرم می‌باشد (شکل ۲). پراکسید هیدروژن در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند: کنترل فعالیت باز و بسته شدن روزنه‌ها، پیری، فتوسنتز و تنفس نوری، فرآیندهای چرخه سلولی و توسعه گیاهی نقش دارد. پراکسید هیدروژن، برای سیگنالینگ از بقیه فرم‌های فعال اکسیژن مناسب‌تر می‌باشد، زیرا پایداری و نیمه عمر بالاتری دارد (نوبخت و همکاران، ۱۳۹۵). در رابطه

با نتایج به دست آمده از این پژوهش میتوان چنین بیان داشت که افزایش میزان غلظت دی اکسید کربن در شرایط دمایی بالا در دو توده مراغه و تهران کاهش قابل توجهی داشته است و دی اکسید کربن در غلظت بالا توانسته است اثرات منفی تأثیر دماهای بالا را بر میزان پراکسید هیدروژن در این دو توده را کاهش دهد که نتایج به دست آمده از پژوهش‌های Zinta et al. 2014 و Zhang et al. 2019 هم راستا با این نتایج بوده و حاکی از بهبود اثرات مضر تنش با استفاده از غلظت های بالای دی اکسید کربن می‌باشد. به نظر می‌رسد در این دو توده با کاربرد دی اکسید کربن در غلظت های بالا میزان فعالیت سازگان‌های جمع‌آوری کننده پراکسید هیدروژن افزایش یافته است و از این رو از میزان تجمع آن کاسته شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی وفیزیولوژیکی گیاه بادرشبو تحت تاثیر تغییرات دمایی و دی‌اکسیدکربن

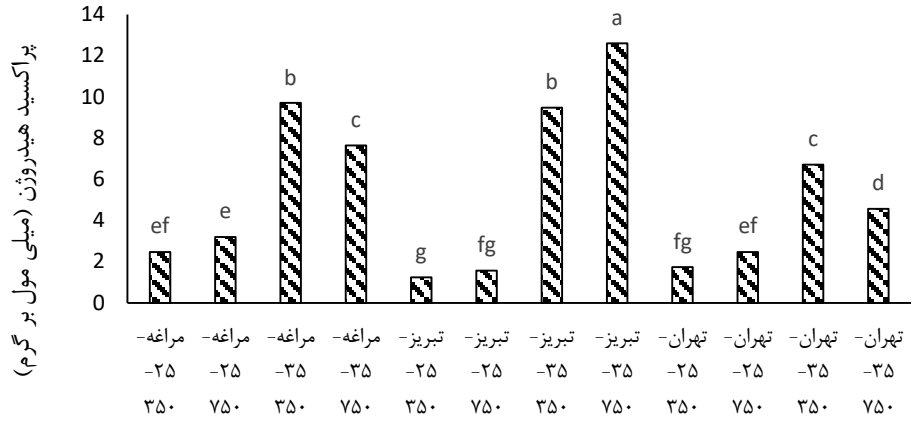
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	پراکسید هیدروژن
ژنوتیپ	۲	۰/۱۹۴۴۴۴۴۴	۰/۶۰۵۲۷۷۸
دما	۱	۳/۰۴۸۴۰۲۷۸**	۱۸/۵۷۴۴۴۴**
دی اکسید کربن	۱	۳/۹۳۳۶۱۱۱۱**	۳۶۱/۰۰۰۰۰۰**
ژنوتیپ × دما	۲	۱۹/۰۶۷۷۷۷۷۸**	۰/۱۳۴۴۴۴ns
ژنوتیپ × دی اکسید کربن	۲	۲/۶۴۱۷۳۶۱۱**	۲۸/۴۷۰۰۰۰**
دما × دی اکسید کربن	۱	۰/۸۶۵۹۰۲۷۸**	۵/۸۴۱۱۱۱**
ژنوتیپ × دما × دی اکسید کربن	۲	۰/۷۸۰۲۷۷۷۸*	۲/۰۵۴۴۴۴ns
		۲/۱۳۳۴۰۲۷۸**	۷/۹۳۴۴۴۴**

ns، ** و *: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد



شکل ۱- تأثیر عوامل اقلیمی بر روی وزن خشک توده های مختلف بادرشبو

مراغه- ۲۵- ۳۵۰: مراغه، دمای۲۵درجه، دی‌اکسیدکربن۳۵۰پی‌پی‌ام، مراغه- ۲۵- ۷۵۰: مراغه، دمای۲۵درجه،دی‌اکسیدکربن۷۵۰پی‌پی‌ام، مراغه- ۳۵- ۳۵۰: مراغه، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن۳۵۰پی‌پی‌ام، مراغه- ۳۵- ۷۵۰: مراغه،دمای۳۵درجه،دی‌اکسیدکربن۷۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۲۵- ۳۵۰: تبریز،دمای۲۵درجه،دی‌اکسیدکربن۳۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۲۵- ۷۵۰: تبریز،دمای۲۵درجه،دی‌اکسیدکربن۷۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۳۵- ۳۵۰: تبریز، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن۳۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۳۵- ۷۵۰: تبریز، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن۷۵۰پی‌پی‌ام، تهران- ۲۵- ۳۵۰: تهران، دمای۲۵درجه، دی‌اکسیدکربن۳۵۰پی‌پی‌ام، تهران- ۲۵- ۷۵۰: تهران، دمای۲۵درجه، دی‌اکسیدکربن۷۵۰پی‌پی‌ام، تهران- ۳۵- ۳۵۰: تهران، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن۳۵۰پی‌پی‌ام، تهران، ۳۵- ۷۵۰: تهران، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن۷۵۰پی‌پی‌ام



شکل ۲- تأثیر عوامل اقلیمی بر روی میزان تجمع پراکسید هیدروژن توده های مختلف بادرشبو

مراغه- ۲۵- ۳۵۰: مراغه، دمای۲۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۳۵۰پی‌پی‌ام، مراغه- ۲۵- ۷۵۰: مراغه، دمای۲۵درجه،دی‌اکسیدکربن ۷۵۰پی‌پی‌ام، مراغه- ۳۵- ۳۵۰: مراغه، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۳۵۰پی‌پی‌ام، مراغه- ۳۵- ۷۵۰: مراغه،دمای۳۵درجه،دی‌اکسیدکربن ۷۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۲۵- ۳۵۰: تبریز،دمای۲۵درجه،دی‌اکسیدکربن ۳۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۲۵- ۷۵۰: تبریز،دمای۲۵درجه،دی‌اکسیدکربن ۷۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۳۵- ۳۵۰: تبریز، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۳۵۰پی‌پی‌ام، تبریز- ۳۵- ۷۵۰: تبریز، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۷۵۰پی‌پی‌ام، تهران- ۲۵- ۳۵۰: تهران، دمای۲۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۳۵۰پی‌پی‌ام، تهران- ۲۵- ۷۵۰: تهران، دمای۲۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۷۵۰پی‌پی‌ام، تهران- ۳۵- ۳۵۰: تهران، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۳۵۰پی‌پی‌ام، تهران، ۳۵- ۷۵۰: تهران، دمای۳۵درجه، دی‌اکسیدکربن ۷۵۰پی‌پی‌ام

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن منجر به بهبود معنی‌دار تولید زیست‌توده در گیاه دارویی بادرشبو در شرایط دمای نرمال و تنش گرمایی گردید. همچنین، افزایش دی‌اکسید کربن با کاهش تجمع پراکسید هیدروژن در دو توده مراغه و تهران، از شدت اثرات نامطلوب دماهای بالا بر گیاه کاست و موجب بهبود وضعیت فیزیولوژیکی آن شد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که در سناریوهای اقلیمی آینده، افزایش دی‌اکسید کربن می‌تواند به عنوان عاملی مؤثر در افزایش تحمل حرارتی و حفظ عملکرد گیاهان دارویی نظیر بادرشبو نقش‌آفرینی کند.

منابع

نوبخت، پ.، عبادی، ع.، پرمون، ق. و نیک خواه بهرامی، ر. ۱۳۹۷. اثر محلول پاشی پراکسید هیدروژن بر رنگدانه های فتوسنتزی نعناع فلفلی در شرایط محدودیت آبی. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۲۷: ۲۹-۱۹.

Aćimović, M., Stanković, J., Cvetković, M., Todosijević, M., & Rat, M. 2019. The chemical composition of the essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. from Vojvodina Province (Serbia). Biologica nyssana 10: 23-28.

Allen Jr, L. H., Kakani, V. G., Vu, J. C., & Boote, K. J. 2011. Elevated CO2 increases water use efficiency by sustaining photosynthesis of water-limited maize and sorghum. Journal of Plant physiology 168: 1909-1918.

Arif Y, Singh P, Siddiqui H, Bajguz A, Hayat S. 2020. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. Plant Physiology and Biochemistry 156: 64-77

Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., & Zhu, Y. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature climate change 5*: 143-147.

Bandoc, G., Prăvălie, R., Patriche, C., Dragomir, E., Tomescu, M. 2017. Response of phenological events to climate warming in the southern and south-eastern regions of Romania. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 32: 1113-1129.

Barutcular, C., Sabagh, A. E., Koc, M., & Ratnasekera, D. 2017. Relationships between grain yield and physiological traits of durum wheat varieties under drought and high temperature stress in Mediterranean environments.Fres Environ Bull 26: 4282–4291.

Carović-Stanko, K., Petek, M., Grdiša, M., Pintar, J., Bedeković, D., Herak Ćustić, M., Satovic, Z. 2016. Medicinal plants of the family Lamiaceae as functional foods-a review. Czech Journal Food Science 34: 377-390.

Croonenborghs, S., Ceusters, J., Londers, E., & De Proft, M. P. 2009. Effects of elevated CO2 on growth and morphological characteristics of ornamental bromeliads. Scientia horticulturae 121: 192-198.

El Sabagh, A., Hossain, A., Barutçular, C. E. L. A. L. E. D. D. İ. N., Islam, M. S., Awan, S. I., Galal, A., & Saneoka, H. 2019. Wheat (*Triticum aestivum* l.) production under drought and heat stress–adverse effects, mechanisms and mitigation: A review. Appl Ecol Environ Res 17:8307–8332.

Mishra, S., Spaccarotella, K., Gido, J., Samanta, I., & Chowdhary, G. 2023. Effects of heat stress on plant-nutrient relations: An update on nutrient uptake, transport, and assimilation. International Journal of Molecular Sciences 24: 15670.

Raza, A., Mehmood, S. S., Tabassum, J., Batool, R. 2019. Targeting plant hormones to develop abiotic stress resistance in wheat. In: Wheat production in changing environments. Springer, Singapore. p. 557–577.

Salim, N., & Raza, A. 2020. Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. J Plant Nutri 43: 297–315.

Schahczenski, J., & Hill, H. 2009. Agriculture, climate change and carbon sequestration . Melbourne: ATTRA. p. 14-18.

Shahrajabian, M.H, Sun, W, Soleymani, A, Cheng, Q. 2020. Traditional herbal medicines to overcome stress, anxiety and improve mental health in outbreaks of human coronaviruses. Phytotherapy Research 35: 1-11.

Shanmugam, S., Kjær, K. H., Ottosen, C. O., Rosenqvist, E., Kumari Sharma, D., & Wollenweber, B. 2013. The Alleviating Effect of Elevated CO 2 on Heat Stress Susceptibility of Two Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science 199: 340-350.

Sinha, S., Saxena, R., & Singh, S. 2005. Chromium induced lipid peroxidation in the plants of *Pistia stratiotes* L.: role of antioxidants and antioxidant enzymes. *Chemosphere* 58: 595-604.

Somboonsuke, B., Phitthayaphinant, P., Sdoodee, S., Kongmanee, C. 2018. Farmers perceptions of impacts of climate variability on agriculture and adaptation strategies in Songkhla Lake basin. Kasetsart Journal of Social Sciences 39: 277-283.

Yildirim, M., Barutcular, C., Koc, M., Dizlek, H., EL Sabagh, A., Hossain, A., Islam, M. S., Toptas, I., Basdemir, F., Albayrak, O., & Akinci, C. 2018. Assessment of the grain quality of wheat genotypes grown under multiple environments using GGE biplot analysis. Fres Environ Bull 27: 4830–4837.

Zhang, H., Pan, C., Gu, S., Ma, Q., Zhang, Y., Li, X., & Shi, K. 2019. Stomatal movements are involved in elevated CO2-mitigated high temperature stress in tomato. Physiologia plantarum 165: 569-583.

Zhou, R., Kong, L., Yu, X., Ottosen, C. O., Zhao, T., Jiang, F., & Wu, Z. 2019. Oxidative damage and antioxidant mechanism in tomatoes responding to drought and heat stress. Acta Physiologiae Plantarum 41: 20.

Zhou, R., Yu, X., Ottosen, C. O., Rosenqvist, E., Zhao, L., Wang, Y., & Wu, Z. 2017. Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. BMC plant biology 17: 24.

Zinta, G., AbdElgawad, H., Domagalska, M. A., Vergauwen, L., Knapen, D., Nijs, I., & Asard, H. 2014. Physiological, biochemical, and genome-wide transcriptional analysis reveals that elevated CO 2 mitigates the impact of combined heat wave and drought stress in Arabidopsis thaliana at multiple organizational levels. Global Change Biology 20: 3670-3685.

Climate change effects on hydrogen peroxide accumulation and biomass production in dragon's-head (*Dracocephalum moldavica* L.)

Amin Abbasi*[1], Fariborz Shekari[2], Maryam Mohammadzadeh[3], Seyyed Pooya Seif Ol Islami[4]

[1] Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

[2] Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

[3] Ph.D. Graduate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

[4] M.Sc. Graduate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

* Corresponding author email: a.abbasi@maragheh.ac.ir

Abstract

Dragon's-head (*Dracocephalum moldavica* L.) is a medicinal plant that is highly sensitive to heat stress, which may negatively affect its productivity. This study aimed to evaluate the effects of different growth temperatures (25 °C and 35 °C) and CO_2 concentrations (450–350 and 850–750 ppm) on plant dry weight and hydrogen peroxide (H_2O_2) accumulation in three populations (Maragheh, Tabriz, and Tehran). The experiment was conducted in 2023 in the research greenhouse of the Department of Plant Production and Genetics, University of Maragheh, Iran. The results revealed that under elevated CO_2 conditions combined with normal temperature, biomass production increased in all tested populations except the Tehran population. Furthermore, under simulated future climate conditions, total biomass production showed an increasing trend. In all three populations, supplemental CO_2 mitigated the adverse effects of high temperatures on biomass production , and led to increan biomas production. Moreover, elevated CO_2 reduced hydrogen peroxide accumulation, indicating a decrease in reactive oxygen species (ROS) levels under heat stress conditions. Overall, these findings suggest that increasing atmospheric CO_2 concentrations, particularly under projected future temperature scenarios, can enhance growth and biomass production in dragon's-head, thereby improving its physiological performance under climate change-induced stress.

Keywords: Carbon dioxide, Global warming, Reactive oxygen species (ROS), Temperature

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

محلول‌پاشی برخی مواد ضد تنش در گیاه ماریتیغال (*Silybum Marianum* L.) در شرایط متفاوت رطوبتی

پریسا طهباز[۱]، امین عباسی[۲] و فریبرز شکاری[۳]

۱-دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۲-دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۳-استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

چکیده

خار مریم یا ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) از جمله گیاهان دارویی مقاوم به شرایط خشک و نیمه خشک می‌باشد، با این حال تنش خشکی در این گیاه قادر است که برخی از ویژگی‌ها و تولید مواد موثره در آن را تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به احتمال تاثیر سه ترکیب ضدتنش پرولین، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاه ماریتیغال تحت سطوح مختلف تنش خشکی، مطالعه حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه انجام گرفت. سطوح مختلف آبیاری (آبیاری در ۹۰، ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب برای شرایط بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) و محلول‌پاشی مواد ضد تنش در چهار سطح شاهد (آب مقطر)، اسید آسکوربیک ۲۰۰ پی پی ام، اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و پرولین ۲۰۰ پی پی ام در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس حاصل از این پژوهش نشان داد که اثر متقابل کاربرد مواد ضد تنش و اعمال تنش خشکی بر روی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، مقدار پراکسید هیدروژن، مقدار مالون دی آلدئید و وزن تر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. براساس مقایسات میانگین انجام شده کاربرد ترکیبات ضد تنش به خصوص اسید سالیسیلیک در شرایط بروز تنش خشکی شدید (آبیاری در ۳۰ درصد ظرفیت زراعی)، میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز را به طور قابل توجهی افزایش داد. همین امر سبب کاهش معنی‌دار مقدار پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدئید نسبت به تیمار شاهد در این شرایط شد. برآیند این نتایج را می‌توان در بهبود معنی‌دار میزان وزن تر گیاه مشاهده کرد. به عنوان نتیجه نهایی محلول‌پاشی مواد ضد تنش به خصوص اسید سالیسیلیک می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی مؤثر و برتر برای کشت گیاه ماریتیغال در شرایط مواجهه با خشکی شدید توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: آسکوربات پراکسیداز، اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک، پرولین و مالون دی آلدئید.

۱. مقدمه

گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) که با نام خارمریم نیز شناخته می‌شود، گیاهی علفی، یک‌ساله یا دوساله از تیره‌ی Asteraceae است. این گیاه به‌خاطر سازگاری بالا با محیط‌های خشک و نیمه‌خشک پراکنش وسیعی در مناطق مختلف دنیا دارد (Akkaya and Yilmaz, 2012). اهمیت اصلی این گیاه به دلیل وجود ترکیبات فلاونولیگنان با ارزش در میوه‌های آن است که مجموعه‌ای از ایزومرها شامل سیلی‌کریستین، سیلی‌دیانین و سیلی‌بین را در بر می‌گیرد و تحت نام کلی سیلی‌مارین شناخته می‌شوند (De Marco, 2020). به‌گزارش Vaknin و همکاران (۲۰۰۸)، سیلی‌مارین نه تنها به عنوان یک آنتی‌اکسیدان و محافظ کبدی قوی (Hepatoprotective) عمل می‌کند، بلکه دارای خواص ضدالتهابی، ضدسرطانی و

[۱] نویسنده مسئول: a.abbasi25@yahoo.com

حتی پتانسیل کمک به تنظیم قند خون است. اگرچه میوه‌ها غلیظ‌ترین منبع سیلی‌مارین هستند، اما سایر بخش‌های گیاه نیز حاوی ترکیبات ارزشمندی می‌باشند. بخش‌های جوان گیاه مانند ساقه‌های گوشتی و جوانه‌ها، به دلیل دارا بودن مقادیر فراوانی از آنتی‌اکسیدان‌های پلی‌فنلی و فلاونوئیدی، در طب سنتی برای درمان بیماری‌های کبدی و صفراوی استفاده می‌شده‌اند (Vaknin et al, 2008).

از جمله مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی کشت این گیاه با ارزش، تنش‌های محیطی، به‌ویژه تنش خشکی، است که می‌تواند بر عملکرد کمی و کیفی آن تأثیر منفی بگذارد (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۱). تنش خشکی، به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین تنش‌های غیرزیستی، می‌تواند با کاهش بهره‌وری محصول، افزایش سرعت تنفس و به‌ویژه القای استرس اکسیداتیو، خسارات قابل‌توجهی را به گیاه وارد کند (Mehmood, 2021; Sabagh, 2018). در شرایط تنش، تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن[1] موجب بروز آسیب‌های اکسیداتیو می‌شود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی و آسیب به ماکرومولکول‌ها اشاره کرد (Li et al., 2015). یکی از محصولات نهایی و شاخص پراکسیداسیون لیپیدها، مالون‌دی‌آلدئید[2] است که تجمع آن نشان‌دهنده‌ی میزان تخریب سلولی تحت تنش محسوب می‌شود (Bhattacharjee and Mukherjee, 2002). برای مقابله با این آسیب‌ها، گیاهان سامانه‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی پیچیده‌ای را فعال می‌کنند که شامل آنزیم‌هایی نظیر آسکوربات پراکسیداز،[3] کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز است (Gill and Tuteja, 2010; Anjum et al., 2016). آسکوربات پراکسیداز نقش محوری در تنظیم سطح گونه‌های فعال اکسیژن و به‌ویژه حذف پراکسید هیدروژن ایفا می‌کند و افزایش فعالیت آن در پاسخ به تنش خشکی در مطالعات متعدد به اثبات رسیده است (Manivannan et al., 2008). با این حال، پراکسید هیدروژن[4] خود، نقش دوگانه‌ای دارد؛ در کنار نقش مخربش در غلظت‌های بالا، در غلظت‌های پایین به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان کلیدی در پاسخ به محرک‌های محیطی و حفظ هموستازی سلولی عمل می‌کند (Qiao et al., 2014). مطالعات نشان می‌دهد که در ارقام حساس، تنش خشکی منجر به افزایش همزمان پراکسید هیدروژن و مالون‌دی‌آلدئید می‌شود (Meloni et al., 2003).

به‌منظور تعدیل اثرات منفی تنش، استفاده از ترکیبات محرک یا ضدتنش نظیر پرولین، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک مورد توجه قرار گرفته است. پرولین، علاوه بر نقش کلیدی در تنظیم اسمزی، می‌تواند با خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن، از آسیب‌های اکسیداتیو بکاهد (Zali et al., 2016). اسید سالیسیلیک نیز به‌عنوان یک رگولاتور رشد شبه‌هورمونی، در کنترل فرآیندهای فیزیولوژیک متعددی دخیل بوده و با کاهش حساسیت گیاه به کم‌آبی، نقش حیاتی در تحمل به تنش‌های غیرزیستی ایفا می‌کند (Kovacik et al., 2009; Khoshbakht et al., 2011; Hafez et al., 2019). اسید آسکوربیک نیز یکی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی است که هم به‌عنوان سوبسترای آنزیم آسکوربات پراکسیداز عمل می‌کند و هم مستقیماً در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نقش دارد. گزارش‌ها حاکی از آن است که در گیاه ماریتیغال تحت تنش خشکی، اگرچه میزان اسید آسکوربیک و کلروفیل کاهش می‌یابد، اما تجمع پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند آسکوربات پراکسیداز افزایش می‌یابد (Elsayed et al., 2019).

با توجه به اهمیت اقتصادی گیاه دارویی ماریتیغال و تهدید ناشی از تنش خشکی، هدف از این پژوهش، بررسی اثر محلول‌پاشی سه ترکیب ضدتنش پرولین، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی شامل فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، میزان پراکسید هیدروژن، محتوای مالون‌دی‌آلدئید و وزن تر در گیاه ماریتیغال تحت سطوح مختلف تنش خشکی (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) می‌باشد.

۲.مواد و روش‌ها

[1] ROS
[2] MDA
[3] APX
[4] H_2O_2

محل و شرایط اجرای آزمایش

این پژوهش در سال ۱۴۰۰ در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه واقع در شهر مراغه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح آبیاری بر اساس ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و محلول‌پاشی مواد ضد تنش در چهار سطح شاهد (آب مقطر)، اسید آسکوربیک (Ascorbic Acid) ۲۰۰ پی پی ام، اسید سالیسیلیک (Salicylic Acid) ۱ میلی‌مولار و پرولین (Proline) ۲۰۰ پی پی ام بودند.

کشت گیاه و اعمال تیمارها

بذرهای گیاه ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) پس از ضدعفونی سطحی، در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۳۰ سانتیمتر حاوی بستر کشت مناسب کشت شدند. تیمارهای تنش خشکی از مرحله ۸-۶ برگی آغاز شد و سطوح مختلف رطوبتی با استفاده از روش توزین و بر اساس درصد مجاز تخلیه رطوبتی (FC%) اعمال گردید. همزمان با اعمال تنش، تیمارهای محلول‌پاشی در دو نوبت (با فاصله ۱۰ روز) و تا حد آغشته شدن کامل سطح برگ‌ها، در ساعات خنک روز (صبح زود) انجام شد.

اندازه‌گیری صفات

پس از تثبیت تنش و اتمام دوره محلول‌پاشی، نمونه‌برداری از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته (برگ‌های جوان) برای انجام اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی انجام گرفت.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بر اساس روشSairam و همکاران (۱۹۹۸) و با اندازه‌گیری کاهش جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر بر اثر اکسیداسیون آسکوربات در واحد زمان سنجیده شد. فعالیت آنزیم بر اساس میکرومول آسکوربات اکسید شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین ($\mu mol\ ascorbate\ min^{-1}\ mg^{-1}\ protein$) بیان گردید.

محتوای پراکسید هیدروژن برگ بر اساس روش Chen و همکاران (۲۰۰۰) با تشکیل کمپلکس رنگی با یدید پتاسیم در ۳۹۰ نانومتر اندازه‌گیری و بر اساس میکرومول در گرم وزن تر ($\mu mol\ g^{-1}\ FW$) بیان شد.

میزان مالون‌دی‌آلدئید به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، بر اساس روش Stewart و Bewley (۱۹۸۰) و با تشکیل کمپلکس تیوباربیتوریک اسید (MDA-TBA) انجام شد. اندازه‌گیری جذب اختصاصی این کمپلکس در ۵۳۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. مقدار آن بر اساس نانومول در گرم وزن تر ($nmol\ g^{-1}\ FW$) گزارش گردید.

وزن تر نمونه‌های برگ بلافاصله پس از برداشت با ترازوی دقیق توزین شدند و بر حسب گرم در هر گیاه ($g\ plant^{-1}$) ثبت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹.۴) مورد تجزیه واریانس (ANOVA) قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۳.نتایج

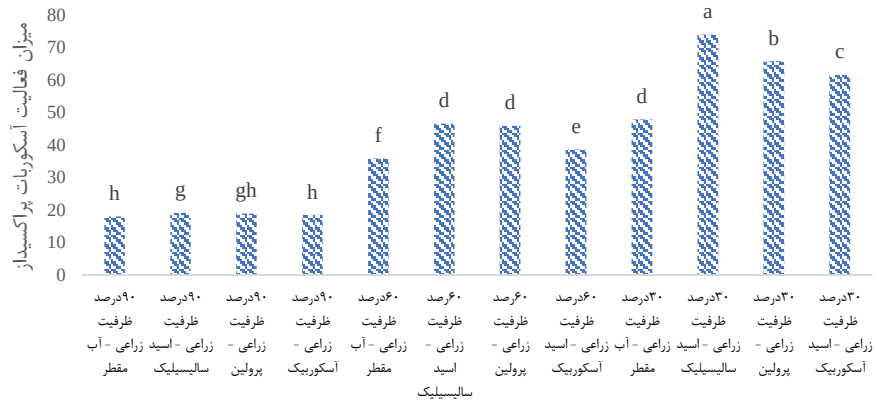
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل کاربرد مواد ضد تنش و اعمال تنش خشکی بر روی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، مقدار پراکسید هیدروژن، مقدار مالون دی آلدئید و وزن تر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول۱- تجزیه‌ی واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر کاربرد مواد ضد تنش و اعمال تنش خشکی در ماریتیغال

منبع تغییر	درجه آزادی	آسکوربات پراکسیداز	پراکسید هیدروژن	مالون دی آلدئید	وزن تر
تکرار	2	0.615	214.35	0.340	1.560
تنش خشکی(S)	2	8784.05**	292391.15**	864.45**	1622.90**
مواد ضد تنش(M)	3	341.53**	19589.50**	72.83**	144.23**
S×M	6	263.07**	7615.47**	31.53**	47.65**
خطا	22	5.13	561.60	2.28	6.80

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

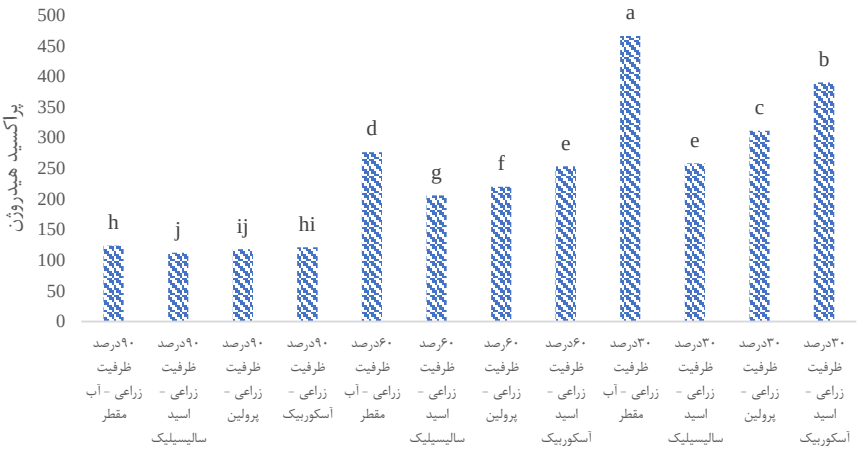
براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در ماریتیغال تحت تاثیر معنی‌دار کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطوح مختلف تنش قرار گرفت. بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسیداز مربوط به کاربرد پرولین در سطح آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و کمترین مقدار فعالیت آن مربوط به کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطح آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (بدون تنش) بود. با توجه به شکل (۱) در شرایط تنش متوسط، تیمارهای اسید سالیسیلیک و پرولین به طور مشترک و معنی‌داری باعث افزایش فعالیت آنزیم شدند، به طوری که فعالیت این آنزیم در این دو تیمار به ترتیب ۴۶/۵ و ۴۵/۸ ثبت گردید که نسبت به تیمار شاهد در همین سطح تنش افزایش ۲۳ و ۲۱/۸۹ درصدی را نشان می‌دهد. با این حال، در شرایط تنش شدید، تیمار اسید سالیسیلیک به وضوح برتر بود و با رساندن فعالیت آنزیم به ۷۳/۸ واحد، برتری ۱۱ درصدی نسبت به تیمار پرولین در همین شرایط داشت. این نتایج حاکی از آن است که اگرچه هر دو تیمار در شرایط تنش متوسط مؤثر بودند، اما در تنش شدید، اسید سالیسیلیک کارایی بسیار بالاتری در فعال‌سازی سیستم آنزیمی دفاعی گیاه نشان داد.



شکل۱- اثر کاربرد ترکیبات ضد تنش در شرایط مختلف رطوبتی بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

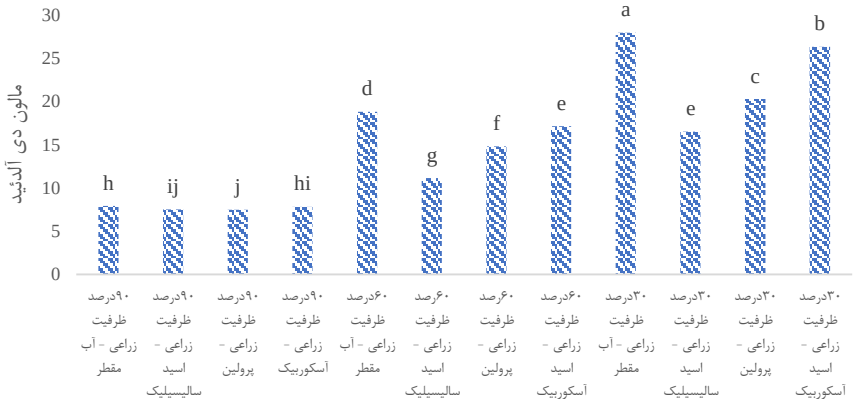
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مقدار پراکسید هیدروژن در ماریتیغال تحت تاثیر معنی‌دار کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطوح تنش قرار گرفت. میزان تجمع پراکسید هیدروژن در برگ‌ها با افزایش شدت تنش خشکی، افزایش یافت. کاربرد تمامی تیمارهای محلول‌پاشی منجر به کاهش معنی‌دار تجمع پراکسید هیدروژن شد. بیشترین مقدار پراکسید هیدروژن مربوط به عدم کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطح آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) بود که بیانگر افزایش تنش اکسیداتیو در اثر تنش خشکی است. پس از آن به ترتیب کاربرد اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک در سطح آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین مقادیر پراکسید هیدروژن بودند. با توجه به شکل (۲) کمترین مقدار پراکسید هیدروژن نیز در تیمار کاربرد پرولین در سطح آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (بدون تنش) ثبت شد. نتایج نشان می‌دهد

که کاربرد ترکیبات ضد تنش در شرایط تنش خشکی شدیدتر سبب کاهش مقدار پراکسید هیدروژن در گیاه می‌شود. شایان ذکر است در شرایط تنش متوسط، هر دو تیمار پرولین و اسیدسالیسیلیک تجمع این ماده را تا مقدار ۷۰/۶۶ و ۵۶/۳۳ واحد نسبت به تیمار شاهد در این شرایط کاهش دادند. اما تحت تنش شدید، تیمار اسید سالیسیلیک برتری خود را نشان داد و توانست تجمع پراکسید هیدروژن را به حدود ۲۰۸/۳۳ واحد کاهش دهد، که کمترین مقدار در بین تمام تیمارهای تحت این سطح تنش بود.

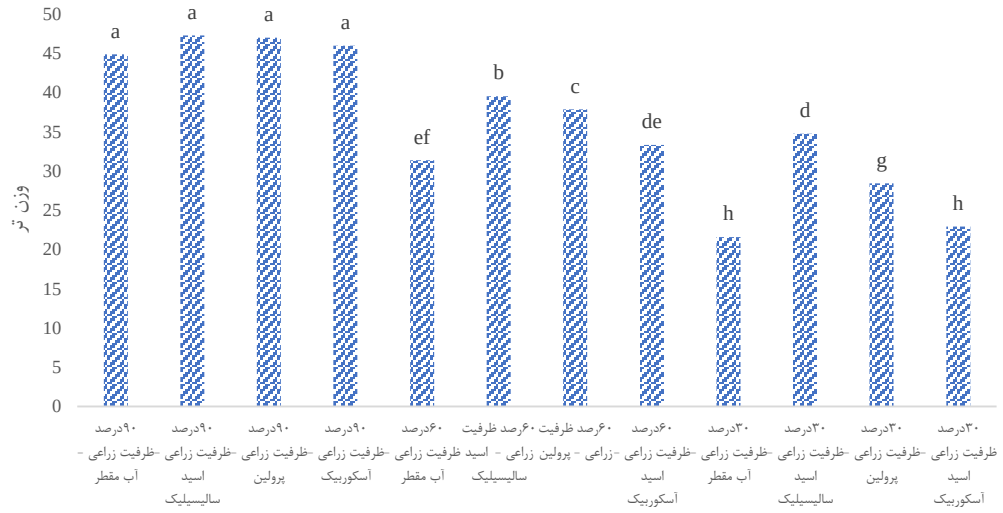


شکل۲- اثر کاربرد ترکیبات ضد تنش در شرایط مختلف رطوبتی بر مقدار پراکسید هیدروژن

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها اثر کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطوح مختلف تنش بر میزان مالون دی آلدئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. سطح مالون‌دی‌آلدئید، به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدها، با افزایش شدت تنش خشکی افزایش یافت. بیشترین مقدار آن مربوط به عدم کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطح آبیاری۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و پس از آن کاربرد اسید آسکوربیک در سطح آبیاری ۳۰ درصد بود و این افزایش نشان‌دهنده‌ی افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و آسیب غشایی تحت تشدید تنش خشکی است. کمترین مقدار مالون دی آلدئید نیز مربوط به کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطح آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (بدون تنش) بود. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد ترکیبات ضد تنش در شرایط تنش خشکی شدیدتر سبب افزایش مقدار مالون دی آلدئید در گیاه شد. طبق بررسی اثر کاربرد ترکیبات ضد تنش در شرایط مختلف رطوبتی بر وزن تر گیاه ماریتیغال، بالاترین میزان وزن تر گیاه در کاربرد اسید سالیسیلیک و پرولین در سطح آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (بدون تنش) و پایین ترین میزان آن در عدم کاربرد ترکیبات ضد تنش در سطح آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) مشاهده گردید. بنابراین با افزایش شدت تنش، میزان وزن تر گیاه کاهش یافته است.



شکل ۳- اثر کاربرد ترکیبات ضد تنش در شرایط مختلف رطوبتی بر مقدار مالون دی آلدئید



شکل ۴- اثر کاربرد ترکیبات ضد تنش در شرایط مختلف رطوبتی بر وزن تر گیاه ماریتیغال

۴.بحث

نتایج این پژوهش به وضوح نشان می‌دهد که تنش خشکی با القای تنش اکسیداتیو سبب افزایش پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدئید و کاهش رشد (کاهش وزن تر)، گردیده است. پاسخ افزایشی فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به تنش، یک مکانیسم دفاعی کلیدی گیاه برای تجزیه پراکسید هیدروژن و کاهش سمیت آن می‌باشد (Elsayed et al., 2019). در این میان، تیمارهای محلول‌پاشی، به ویژه اسیدسالیسیلیک و پرولین، با تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و در نتیجه کاهش تجمع انواع اکسیژن فعال (پراکسید هیدروژن) و جلوگیری از آسیب به غشاهای سلولی (کاهش تجمع مالون دی آلدئید)، توانستند اثرات مخرب تنش را تعدیل کنند. مشاهده جالب توجه این پژوهش، عملکرد متفاوت پرولین و اسیدسالیسیلیک تحت سطوح مختلف تنش بود. در شرایط بروز تنش متوسط، هر دو ماده به یک اندازه مؤثر بودند، که احتمالاً نشان‌دهنده فعال‌سازی مسیرهای همپوشان یا مکانیسم‌های مشابه در سطحی است که گیاه هنوز ظرفیت پاسخ به هر دو را دارد. پرولین در این شرایط احتمالا از طریق دو مکانیسم اصلی عمل می‌کند: اول، به عنوان یک اسمولیت مؤثر در تنظیم فشار اسمزی و حفظ آب درون سلولی، و دوم، به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی که مستقیما با رادیکال‌های آزاد واکنش دارد (Ashraf & Foolad, 2007). از طرفی، اسید سالیسیلیک در این سطح از تنش، احتمالاً با القای بیان ژن‌های مربوط به آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان همانند آنزیم آسکوربات پراکسیداز و سایر پروتئین‌های مرتبط با پاسخ به تنش، سیستم دفاعی گیاه را تقویت می‌کند (Ahmad et al,2019; Sheteiwy et al, 2019; Bukhat et al, 2020). اما در تنش شدید، برتری واضح اسید سالیسیلیک را می‌توان به نقش بنیادین آن به عنوان یک هورمون سیگنال‌ده درون سلولی کلیدی نسبت داد (Ahmad et al,2019). تحت شرایط تنش بسیار شدید، که احتمالاً ظرفیت سیستم برای سنتز پرولین درون‌زا به اشباع می‌رسد یا کارایی آن کاهش می‌یابد، اسیدسالیسیلیک قادر است یک پاسخ سیستمیک و قوی‌تر را به اجرا درمی‌آورد. این هورمون می‌تواند شبکه‌ای وسیع‌تر از ژن‌های دفاعی را فعال کند، که نه تنها شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود، بلکه ممکن است مسیرهای سنتز سایر متابولیت‌های ثانویه محافظ (مانند سیلیمارین در گیاه ماریتیغال)، پروتئین‌های شوک حرارتی و فاکتورهای رونویسی خاص پاسخ به خشکی را نیز در برگیرد. این پاسخ یکپارچه، چندجانبه و قدرتمند، در نهایت منجر به محافظت کارآمدتر غشاها و کاهش بیشتر تجمع مالون دی آلدئید، کنترل برتر تنش اکسیداتیو و در نتیجه حفظ بهتر وضعیت آبی و رشد (وزن تر بالاتر) در مقایسه با پرولین، که نقش آن بیشتر در تعدیل

اسمزی و آنتی‌اکسیدانی مستقیم متمرکز است، می‌شود (Herrera-Vasquez et al,2015). علاوه بر این، اسید سالیسیلیک ممکن است در بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبخیر و تعرق نیز نقش داشته باشد که این خود به حفظ آب درون بافتی در شرایط خشکی شدید کمک می‌کند (Sierla et al,2016).

۵.نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر با کاربرد ترکیبات ضد تنش شامل پرولین، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک در شرایط تنش خشکی، میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسیداز به طور قابل توجهی افزایش یافته از طرفی بروز تنش خشکی سبب افزایش مقدار تجمع پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدئید در گیاه و کاهش وزن تر گیاه شد. در شرایط بروز تنش متوسط هر دو تیمار اسید سالیسیلیک و پرولین مؤثر بودند، اما در شرایط تنش خشکی شدید، افشانه کردن اسید سالیسیلیک به دلیل ایفای نقش کلیدی در سیگنال‌دهی و فعال کردن مکانیسم‌های دفاعی چندلایه گیاه، کارایی برتری در تعدیل اثرات مخرب تنش و حفظ سلامت و رشد گیاه ماریتیغال داشت. بنابراین، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی مؤثر و برتر برای کشت گیاه ماریتیغال در شرایط مواجهه با خشکی شدید توصیه شود.

منابع

اشرافی، م.، قاسمی پیر بلوطی، ع.، رحیم ملک، م.، حامدی، ب.،(۱۳۹۱). اثر محلول پاشی اسید جاسمونیک بر درصد و ترکیبات اسانس (*Thymus daenensis* celak)، مجله داروهای گیاهی ۳(۲): ۸۰-۷۵.

مهری، ح. ر.، قبادی، س.، بانی نسب، ب.، احسان زاده، پ. و غلامی، م. (۱۳۹۳) بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهاررقم انگور ایرانی به تنش خشکی در شرایط درون شیشه‌ای ۱۰.

Ahmad, F., Singh, A., & Kamal, A. (2019). Salicylic acid–mediated defense mechanisms to abiotic stress tolerance. In Plant signaling molecules (pp. 355–369).

Akkaya, H. and Yilmaz, O. 2012. Antioxidant Capacity and Radical Scavenging Activity of Silybum marianum and Ceratonia siliqua. Ekoloji Dergisi. 21(82).

Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59(2), 206–216.

Anjum, S.A., Tanveer, M., Ashraf, U., Hussain, S., Shahzad, B., Khan, I. and Wang, L. (2016). Effect of progressive drought stress on growth, leaf gas exchange, and antioxidant production in two maize cultivars. Environmental Science and Pollution Research. 23:17132–17141.

Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A. K. (2002) Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology 30: 279-287.

Bukhat, S., Manzoor, H., Athar, H.-u.-R., Zafar, Z. U., Azeem, F., & Rasul, S. (2020). Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of Raphanus sativus to salt stress is associated with antioxidant capacity. Journal of Plant Growth Regulation, 39(3), 809–822.

Chen Li-Men, Lin CC, Kao CH. 2000. Copper toxicity in rice seedlings: changes in antioxidative enzyme activities, H2O2 level, and cell wall peroxidase activity in roots. Botanical Bulletin- Academia Sinica. 41: 99-103.

De Marco A, Luongo G, Di Marino C, De Tommaso G, Di Fabio G and Zarrelli A. 2020. Silymarin from Silybum marianum by Naviglios extractor: a new and very efficient approach. Natural product research, pp.1-7. DOI: 10.1080/14786419.2019.1687474.

Elsayed A.I., Elhamahmy, M.A.M., Rafudeen, M., Mohamed, A.H. and Omar, A.A. 2019. The impact of drought stress on antioxidant responses and accumulation of flavonolignans in milk thistle (Silybum marianum L Gaertn). Plants, 8(12): 611-625.

Gill, S.S. and Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48(12):909–930.

Hafez E, Omara A E D and Ahmed A. 2019. The Coupling Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Salicylic Acid on Physiological Modifications, Yield Traits, and Productivity of Wheat under Water Deficient Conditions. Agronomy, 9(9): 524. DOI: 10.3390/agronomy9090524.

Herrera-Vásquez, A., Salinas, P., and Holuigue, L. (2015). Salicylic acid and reactive oxygen species interplay in the transcriptional control of defense genes expression. Front. Plant Sci. 6:171.

Kovacik, J.E., I. Jir, Z. Gru, M. Backor, M. Miroslav Strnad, and M. Repcak. (2009). Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in Matricaria chamomilla plants. Plant Cell Rep. 28:135-143.

Khoshbakht, D., A.A. Ramin, and M.R. Baghbanha. (2011). Possible to reduce the effect of salinity on bean plant using acetyl salicylic acid. Journal of processing of crops and gardens. 2(5):16-28.

Li, J., Yu, G., Sun, X., Liu, Y., Liu, J., Zhang, X. and Pan, H. (2015) AcPIP2, a plasma membrane intrinsic protein from halophyte Atriplex canescens, enhances plant growth rate and abiotic stress tolerance when overexpressed in Arabidopsis thaliana. Plant Cell Reports 1-15.

Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2008. Osmoregulation and Antioxidant Metabolism in Drought stressed Helianthus annuus under Triadimefon Drenching. C R Biol. 331: 418-425.

Meloni, D. A., Oliva, M. A., Martinez, C. A. and Cambraia, J. (2003) Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Brazilian Journal of Plant Physiology 15: 12-21.

Mehmood, M., Khan, I., Chattha, M.U., Hussain, S., Ahmad, N., Aslam, M.T. and Hafeez, M.B. (2021). Thiourea application protects maize from drought stress by regulating growth and physiological traits. Pakistan Journal of Science. 73:355–363.

Qiao, W., C. Li, and L.M. Fan, 2014.Cross-talk between nitric oxide and hydrogen peroxide in plant responses to abiotic stresses. Environ. Exper. Bot. 100: 84-93

Sabagh, I.E., Abdelaal, K., Omra, R., Hafez, Y.M. and Esmail, S. (2018). Anatomical, biochemical and physiological changes in some Egyptian wheat cultivars inoculated with Puccinia graminis f.Sp. Tritici. Fresenius Environmental Bulletin Fresenius. 27:296–305.

Sairam RK, Desmukh PS, Saxena DC. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerant to water stress, Biologia Plantarum. 41 (1998) 387-394.

Sierla, M., Waszczak, C., Vahisalu, T., & Kangasjärvi, J. (2016). Reactive oxygen species in the regulation of stomatal movements. Plant Physiology, 171(3), 1569–1580.

Song X, Guo H, Liu Y, Wan F, Zhang J and Chang X. 2020. Effects of salicylic acid and sucrose on pigment content in Pistacia chinensis leaves. Scientia Horticulturae, 259, 108783. DOI:10.1016/j.scienta.2019.108783

Stewart RRC, Bewley JD. 1980. Lipid peroxidation associated aging of soybean axes. Plant Physiology, 65: 245-248.

Sheteiwy, M. S., An, J., Yin, M., Jia, X., Guan, Y., He, F., & Hu, J. (2019). Cold plasma treatment and exogenous salicylic acid priming enhances salinity tolerance of Oryza sativa seedlings. Protoplasma, 256(1), 79–99.

Ullah,A.,Mushtaq, H.,Fahad,S., A.and Chaudhary, H.J. (2017). Plant growth promoting potential of bacterial endophytes in novel association with olea ferruginea and withania coagulans. Microbiology.86:119-127.

Vaknin, Y., Hadas, R., Schafferman, D., Murkhovsky, L., & Bashan, N. (2008). The potential of milk thistle (Silybum marianum L.), an Israeli native, as a source of edible sprouts rich in antioxidants. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 59(4), 339-346.

Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asghari, A. and Zeinalabedini, M. (2016). Drought stress effect on physiological parameter and amino acids accumulations in canola. Journal of Crop Breeding. 8(18): 191-203.

The foliar application of some anti-stress materials in milk thistle (*Silybum marianum* L.) under different moisture conditions

Parisa Tahbaz[1*], Amin Abbasi[2] and Fariborz Shekari[3]

1- PhD student in Crop Plant Physiology, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran

2- Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran

3- Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran

*Corresponding author email: a.abbasi@maragheh.ac.ir

Abstract

Milk thistle (*Silybum marianum* L.) is one of the medicinal plants that is resistant to dry and semi-dry conditions, however, drought stress in this plant can affect some of its characteristics and production of active ingredients. Considering the possible effect of three anti-stress compounds proline, salicylic acid and ascorbic acid on physiological and biochemical indices in the Milk thistle plant under different levels of drought stress, the present study was conducted as a factorial in a completely randomized design with three replications in the research greenhouse of the Department of Plant Production Engineering and Genetics, Maragheh University. Different irrigation levels (irrigation at 90, 60 and 30% of field capacity for non-stress, moderate stress and severe stress conditions, respectively) and foliar application of anti-stress agents were considered at four levels: control (distilled water), 200 ppm ascorbic acid, 1 mM salicylic acid and 200 ppm proline.The results of the analysis of variance from this study showed that the interaction effect of the application of anti-stress materials and the application of drought stress on the activity of the ascorbate peroxidase enzyme, the amount of hydrogen peroxide, the amount of malondialdehyde and the fresh weight was significant at the 1% probability level. Based on the comparisons of the means, the application of anti-stress compounds, especially salicylic acid, in conditions of severe drought stress (irrigation at 30% of the field capacity) significantly increased the activity of the ascorbate peroxidase enzyme. This caused a significant decrease in the amount of hydrogen peroxide and malondialdehyde compared to the control treatment in these conditions. The results can be seen in a significant improvement in the amount of fresh weight of the plant. As a final result, foliar spraying of anti-stress substances, especially salicylic acid, can be recommended as an effective and superior management strategy for the cultivation of Milk thistle in conditions of severe drought.

Keywords: Ascorbate peroxidase, ascorbic acid, salicylic acid, proline, and malondialdehyde

کنترل قارچ *Penicillium* sp. عامل پوسیدگی فلفل قلمی با اسانس‌های گیاهان دارویی

علی امجدی فرد[۱،۱]، مهدی جهانی[۲]، محمد حسین امینی فرد[۳] و سیده عاطفه حسینی [۲].

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی (گروه باغبانی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند ، ایران)

۲-دانشیار (گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه بیرجند ، ایران)

۳-دانشیار (گروه باغبانی ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه بیرجند ، ایران)

چکیده

استفاده از اسانس‌های گیاهی به‌عنوان ایده‌ای جدید در کاهش ضایعات پس از برداشت و افزایش عمر انبارمانی محصولات باغبانی و کنترل آلودگی قارچی در کشاورزی توسعه یافته مطرح می‌باشد. در همین راستا، آزمایشی به‌منظور بررسی تأثیر اسانس‌های ترخون، اکالیپتوس، کندر و باریجه در کنترل قارچ *Penicillium* sp. عامل پوسیدگی فلفل قلمی در شرایط In vitro انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند صورت گرفت. فاکتور اول شامل نوع اسانس: اسانس‌های ترخون، اکالیپتوس، کندر و باریجه و فاکتور دوم غلظت اسانس در پنج سطح (۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ میکرو لیتر بر لیتر) بود. نتایج In vitro نشان داد که با افزایش غلظت اسانس‌های گیاهی، فعالیت ضد قارچی آن‌ها افزایش یافت. اسانس اکالیپتوس عملکرد ضد قارچی ضعیف‌تری داشت. نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که کم‌ترین قطر کلونی قارچ در روز سوم از غلظت ۳۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس ترخون حاصل شد. در روز دوازدهم نمونه‌برداری کم‌ترین قطر کلونی قارچ از غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس باریجه حاصل شد. نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس باریجه می‌تواند به‌عنوان کننده قارچ *Penicillium* sp. عامل پوسیدگی فلفل قلمی توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی، قارچ‌های بیمارگر، ماندگاری.

۱. مقدمه

فلفل قلمی (*Capsicum longum* L.) از خانواده سیب‌زمینی است که در بسیاری از مناطق جهان از جمله ایران کشت می‌شود (قهرمان، ۱۳۷۳). این گیاه یک‌ساله با ترکیبات فعال بیولوژیکی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها و ویتامین‌ها (کیانمهر، ۱۳۸۹) و منبعی غنی از رنگ‌های طبیعی به‌ویژه کاروتنوئیدهاست (Smith et al., 2006). کیفیت سبزیجات تحت تأثیر شرایط قبل و پس از برداشت قرار دارد و مدیریت نامناسب پس از برداشت موجب کاهش کیفیت، تغییر رنگ، از دست دادن آب و افزایش حساسیت به بیماری‌ها می‌شود (Tzortzakis et al., 2016; Xylia et al., 2019a,b). آلودگی‌های قارچی از مهم‌ترین عوامل پوسیدگی میوه‌ها و سبزیجات تازه هستند که بیش از یک‌سوم محصولات برداشت‌شده را از بین برده و زیان اقتصادی قابل توجهی ایجاد می‌کنند (Romanazzi et al., 2016; Tripathi et al., 2008). اگرچه قارچ‌کش‌های شیمیایی برای کنترل این بیماری‌ها به‌کار رفته‌اند (Gullino et al., 2000)، نگرانی‌های ایمنی و زیست‌محیطی توجه پژوهشگران را به جایگزین‌های طبیعی جلب کرده

[۱] **نویسنده مسئول:** Email: amjadifard.ali @gmail.com

است (Rajestary et al., 2021). امروزه اسانس‌های گیاهی به دلیل کیفیت بالا، زیست‌تخریب‌پذیری و خواص ضد میکروبی و ضد قارچی، گزینه‌ای امیدبخش برای کاهش ضایعات پس از برداشت محسوب می‌شوند (Sivakumar and Bautista-Baños, 2014; Znini et al., 2011).

اخیراً، بسیاری از مطالعات استفاده از اسانس‌ها را برای کنترل ضایعات پس از برداشت مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال و برای ذکر برخی از این مطالعات اخیر، بدویا-سرنا و همکاران اثرات ضد قارچی پونه کوهی (*Origanum vulgare*) در شرایط In vitro و In vivo را بر روی سه قارچ *Cladosporium* sp.، *Fusarium* sp. و *Penicillium* sp. را تأیید کردند (Bedoya-Serna et al., 2018). مطالعه دیگری نشان داد که ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم در لیتر اسانس ریحان و ۱۵۰۰ میکروگرم در لیتر اسانس نعناع باعث کاهش قطر ضایعه در میوه‌های سیب آلوده به *Penicillium expancum* شد (Al-Hassanavi et al., 2023). اسانس *Allium sativum* فعالیت ضد قارچی قابل توجهی در برابر قارچ‌های عامل فساد میوه مانند *Penicillium notatum*، *Aspergillus niger*، *A. flavus* و *Rhizopus microsporus* نشان داده است (Arasu et al., 2019).

بر این اساس، پژوهش حاضر اثر اسانس‌های ترخون، اکالیپتوس، کندر و باریجه را در مهار قارچ *Penicillium sp.* بر روی فلفل قلمی در شرایط In vitro و In vivo بررسی کرده و هدف آن ارزیابی کارایی این اسانس‌ها به‌عنوان جایگزین‌های طبیعی و ایمن برای قارچ‌کش‌های شیمیایی در کاهش ضایعات پس از برداشت است.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند در سال ۱۴۰۳ انجام شد. طرح آماری آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورهای این آزمایش شامل (فاکتور اول) نوع اسانس: اسانس‌های ترخون، اکالیپتوس، کندر و باریجه و فاکتور دوم غلظت اسانس در پنج سطح (۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰) میکرولیتر در لیتر بود. اسانس‌های گیاهان دارویی از شرکت طبیب دارو تهیه شد. همچنین از فلفل قلمی‌های که دارای علائم پوسیدگی بودند، عامل قارچی جدا شد، که این جداسازی روی محیط کشت سیب زمینی دکستروز آگار انجام شد. خالص سازی نمونه‌ها روی محیط کشت آگار به روش تک اسپور و نوک ریسه و شناسایی با استفاده از منابع و کلیدهای معتبر صورت گرفت. اسانس‌ها در غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر به صورت جداگانه در هر ارلن حاوی یک لیتر محیط کشت Potato Dextrose Agar در دمای ۴۰ تا ۴۵ درجه سلسیوس اضافه و هم زده شد تا امولسیون یکنواخت بدست آمد. سپس محیط‌های به‌دست آمده درون پتری‌هایی به قطر ۸ سانتی‌متر ریخته شد و پس از منجمد شدن محیط با استفاده از لوپ استریل، قطعه ۵×۵ میلی‌متر از قارچ را برداشته و به وسط پتری‌های حاوی محیط کشت انتقال داده و یک تیمار بدون اضافه کردن اسانس (آب مقطر استریل) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از رشد قارچ، هر سه روز قطر کلنی قارچ اندازه‌گیری شد. داده‌های مربوطه از راه جدول تجزیه واریانس (ANOVA) مورد تجزیه قرار گرفتند و نتایج آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.1 مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

۳. نتایج

نتایج نشان داد که اثرات ساده اسانس، غلظت و اثر متقابل آن‌ها بر قطر کلونی قارچ در روز سوم اندازه‌گیری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در روز ششم و نهم نمونه‌برداری تنها اثرات ساده اسانس و غلظت بر قطر کلونی قارچ پنی‌سیلیوم

معنی‌دار بود. در روز دوازدهم نمونه‌گیری اثرات ساده اسانس، غلظت و اثرات متقابل آن‌ها بر قطر کلونی قارچ پنی‌سیلیوم معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده غلظت بر قطر کلونی قارچ پنی‌سیلیوم اندازه‌گیری شده در تمام مدت نمونه‌برداری نشان داد که با افزایش غلظت اسانس قطر کلونی قارچ کاهش یافت و کم‌ترین قطر کلونی قارچ در تمام مدت نمونه برداری از غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر به‌دست آمد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده اسانس نشان داد که در روز سوم و ششم نمونه‌برداری کم‌ترین قطر کلونی قارچ پنی‌سیلیوم از اسانس ترخون حاصل شد. در روز نهم و دوازدهم نمونه برداری کم‌ترین قطر کلونی ثبت شده مربوط به اسانس باریجه بود. در بین اسانس‌های مورد استفاده در این آزمایش اسانس اکالیپتوس ضعیف‌ترین اسانس در کنترل قارچ پنی‌سیلیوم بود (جدول ۱). نتایج اثر متقابل اسانس و غلظت در روز سوم اندازه‌گیری نشان داد که کم‌ترین قطر کلونی قارچ پنی‌سیلیوم از غلظت ۳۰۰ و ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس ترخون حاصل شد. در روز دوازدهم نمونه‌گیری کم‌ترین قطر کلونی اندازه‌گیری شده از غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس باریجه حاصل شد (جدول ۲).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسانس روی رشد قطری قارچ *Penicillium* sp. در شرایط In vitro

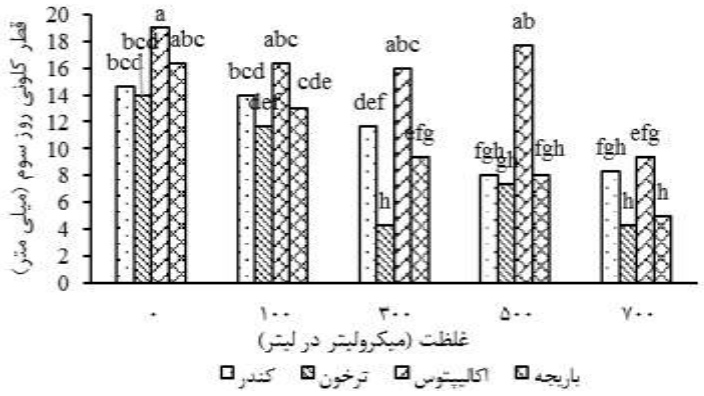
غلظت (میکرولیتر در لیتر)	قطر کلونی روز سوم (میلی‌متر)	قطر کلونی روز ششم (میلی‌متر)	قطر کلونی روز نهم (میلی‌متر)	قطر کلونی روز دوازدهم (میلی‌متر)
0	16.00 a	28.50 a	38.16 a	43.83 a
100	13.75 b	21.75 b	29.66 b	43.33 a
300	10.33 c	15.25 c	23.08 c	37.08 b
500	0.25 c	15.00 c	22.58 c	30.50 c
700	6.75 d	11.16 d	16.91 d	24.91 d

حرف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطوح ۵ درصد است.

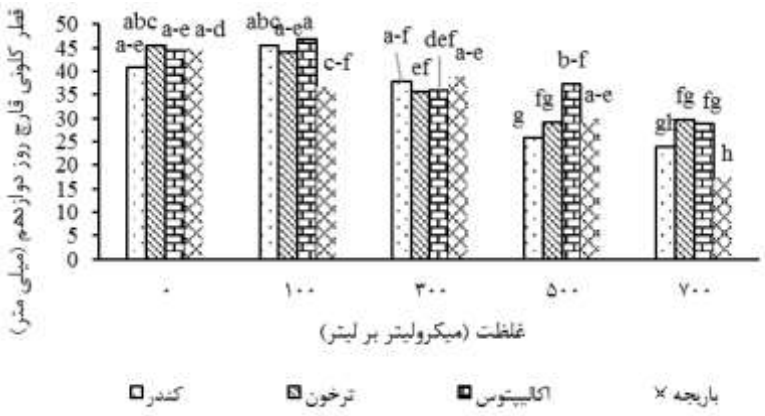
جدول ۲- مقایسه میانگین اثراسانس‌های مختلف روی رشد قطری قارچ *Penicillium* sp. در شرایط In vitro

اسانس	قطر کلونی روز سوم (میلی‌متر)	قطر کلونی روز ششم (میلی‌متر)	قطر کلونی روز نهم (میلی‌متر)	قطر کلونی روز دوازدهم (میلی‌متر)
کندر	11.33 b	17.06 b	25.26 b	34.80 b
ترخون	8.33 c	15.73 b	24.66 b	36.73 ab
اکالیپتوس	15.66 a	23.20 a	30.40 a	38.60 a
باریجه	10.33 b	17.33 b	24.00 b	33.60 b

حرف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطوح ۵ درصد است..



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرهای مختلف اسانس و غلظت آن‌ها بر قطر کلونی قارچ *Penicillium* sp. در روز سوم



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرهای مختلف اسانس و غلظت آن‌ها بر قطر کلونی قارچ *Penicillium* sp. در روزدوازدهم

۴. بحث

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اسانس‌های ترخون، باریجه و کندر دارای بیش‌ترین اثر قارچ‌کشی بودند و اسانس اکالیپتوس اثر قارچ‌کشی کم‌تری داشت. در نتایجی مشابه ایلماز و همکاران نشان دادند که اسانس اکالیپتوس عملکرد ضد قارچی ضعیف‌تری در کنترل قارچ پنی‌سیلیوم داشت (Yılmaz et al., 2016). جهانی و همکاران نشان دادند که غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آنیسون در محیط PDA به طور کامل رشد قارچ *Penicillium* sp. را مهار کرد (Jahani et al., 2020). هم‌چنین نتایج امینی‌فرد و بیات نشان داد که غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آنیسون و ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس زیره سیاه به‌طور کامل مانع رشد قطری قارچ پنی سیلیوم شدند (Aminifard & Bayat, 2017). ترکیبات کندر به دو بخش محلول و غیر محلول در الکل تقسیم می شوند. عمده ترین محتویات کندر، مشتقات بوسولیک اسید می باشند که بتا - بوسولیک اسید، ۳-استیل - ۱۱-کتو بتا بوسولیک اسید و ۱۱-کتو بوسولیک اسید از آن جمله‌اند و مهارکننده آنزیم‌ها و ایکوزانوئیدها می‌باشند (Bhaskara Reddy et al., 2015). ۳-استیل -۱۱-کتو بتا بوسولیک اسید در مهار DNA، RNA و سنتز پروتئین‌ها مؤثر است و احتمالاً در مهار پاتوژن‌ها نیز نقش دارد (Rall et al., 1996).

طبق گفته آدامز و همکاران، اجزای فنل ممکن است فعالیت آنزیم‌های دیواره سلولی مانند کیتین سنتاز، کیتیناز و گلوکانازهای قارچ را مختل کنند (Adams et al., 1996). بنابراین، محتوای بالای مواد فنلی ممکن است مسئول فعالیت ضد قارچی اسانس‌ها باشد (Adam et al., 1998). برخی از اجزای اسانس هم‌چنین ممکن است به مولکول‌های روغن کمک کنند تا به غشای پلاسما نفوذ کنند، زیرا ساختار چربی دوست دارند (Knobloch et al., 1989). فعالیت ضدمیکروبی اسانس گیاهی ممکن است ناشی از حضور هسته آروماتیک و گروه هیدروکسیل فنولی واکنشگر در ساختار ترکیبات تشکیل دهنده اسانس باشد که قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با گروه‌های- SH مکان فعال آنزیم‌های هدف و در نتیجه غیرفعال کردن آنزیم‌های قارچی می‌باشند. هم‌چنین، اسانس گیاهی دارای ماهیت آب‌گریز بوده و در نتیجه جذب میسلیوم آبگریز قارچ شده و از رشد میسلیوم آن جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، با توجه به حضور ترکیبات متعدد در اسانس گیاهان دارویی، مکانیسم‌های متعددی از قبیل افزایش نفوذپذیری غشاء، تخریب غشای خارجی، کاهش اندازه قارچ و اصلاح مورفولوژی سلول در فعالیت ضدقارچی آن‌ها نقش دارند (رحمتی جنید آباد و علیزاده بهبهانی، ۱۳۹۹).

۵. نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، کاربرد اسانس باریجه در غلظت ۷۰۰ میکرولیتر در لیتر توانست قارچ *Penicillium sp.* عامل پوسیدگی فلفل قلمی را به‌طور مؤثر کنترل کند. بنابراین، استفاده از اسانس‌های گیاهی می‌تواند به‌عنوان جایگزینی ایمن و کارآمد برای قارچ‌کش‌های شیمیایی مطرح شود. با توجه به روند روبه‌گسترش تولید محصولات ارگانیک و اهمیت آن‌ها در ارتقای سلامت انسان، حذف مواد شیمیایی از مراحل تولید و فرآیندهای پس از برداشت ضروری به نظر می‌رسد.

۶. منابع

رحمتی جنیدآباد، م.، و علیزاده بهبهانی، ب. ۱۳۹۹. بررسی اثر ضدقارچی اسانس مورت بر *پنیسیلیوم دیجیتاتوم* و *پنیسیلیوم ایتالیکوم* (کپک‌های سبز و آبی میوه پرتقال). علوم و صنایع غذایی. ۱۷(۱۰۹): ۸-۱.

قهرمان، ا. ۱۳۷۳. *کورموفیت‌های ایران*. جلد سوم، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

کیانمهر، ه. ۱۳۸۹. *گل‌های آپارتمانی و سبزیکاری*. انتشارات آبیژ. ۱۸۲ صفحه.

Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., and Arsenakis, M., 1998. Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. hirtum, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia* and *Salvia fruticose* essential oils against human pathogenic fungi. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46: 1738–1745.

Adams, S., Kunz, B., and Weidenbörner, M. 1996. Mycelial defor -mations of *Cladosporium herbarum* due to the application of Eugenol and Carvacrol. Journal of Essential Oil Research. 8: 535–540.

Al-Hassanavi, H. R., Tobnag, G. R., and Shokri, R. 2023. Application of essential oils and optimizing storage conditions for control of postharvest diseases in apple. Advances in Horticultural Science. 37(2).

Aminifard, M.H., and Bayat, H., 2017. Antifungal activity of black caraway and anise essential oils against *Penicillium digitatum* on blood orange fruits. International Journal of Fruit Science. 18(3): 307–319.

Arasu, M.V., Viayaraghavan, P., Ilavenil, S., Al-Dhabi, N.A., and Choi, K.C., 2019. Essential oil of four medicinal plants and protective properties in plum fruits against the spoilage bacteria and fungi. Industrial Crops and Products. 133: 54-62.

Bedoya-Serna, C.M., Dacanal, G.C., Fernandes, A.M., and Pinho, S.C., 2018. Antifungal activity of nanoemulsions encapsulating oregano (*Origanum vulgare*) essential oil: in vitro study and application in Minas Padrao cheese. Brazilian Journal of Microbiology. 49: 929-935.

Bhaskara Reddy, M.V., Peddanna, D.K., and Ramesh, C., 2015. Synthesis and antioxidant activity of new thiazole analogues possessing urea, thiourea, and selenourea functionality. Synthetic Communications. (22)45: 2592-2600.

Gullino, M.L., Leroux, P., and Smith, C.M., 2000. Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. Crop Protection. 19: 1–11.

Jahani, M., Pira, M., and Aminifard, M. H., 2020. Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus nigerin* in vitro and in vivo on pomegranate (*Punica granatum*) fruits. Scientia Horticulturae. 264: 109188.

Knobloch, K., Pauli, P., Iberl, B., Weigand, H., & Weiss, N. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research*, 1, 119–128.

Rajestary, R., Landi, L., and Romanazzi, G., 2021. Chitosan and postharvest decay of fresh fruit: Meta-analysis of disease control and antimicrobial and eliciting activi- ties. *Comprehensive Reviews Food Science and Food Safety*. 20(1): 563582.

Rall, B., Ammon, H.P., & Safayhi, H. (1996). Boswellic acids and protease activities. *Phytomedicine*, 3, 75 - 76.

Romanazzi, G., Sanzani, S.M., Bi, Y., Tian, S., Martinez, P.G., and Alkan, N., 2016. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology. 122: 8294.

Sivakumar, D., and Bautista-Baños, S., 2014. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. Crop Protection. 64: 27–37.

Smith, D., Stommel, J.R., Fung, R.W.M., Wang, C.Y., and Whitaker, B.D., 2006. Influence of cultivar and harvest method on postharvest storage quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 42: 243-247.

Tripathi, P., Dubey, N.K., and Shukla, A.K. 2008. Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by *Botrytis cinerea*. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 24: 39-46.

Turkmen, N., Sari, F., and Veliglu, Y.S., 2005. The effect of cooking methods on total phenolies and antioxidant activity of selected green vegtables. Food Chemistry. 93: 713-718.

Tzortzakis, N., Chrysargyris, A., Sivakumar, D., and Loulakakis, K., 2016. Vapour or dipping applications of methyl jasmonate, vinegar and sage oil for pepper fruit sanitation towards grey mould. Postharvest Biology & Technology. 118: 120–127.

Xylia, P., Botsaris, G., Chrysargyris, A., Skandamis, P., and Tzortzakis, N., 2019a. Variation of microbial load and biochemical activity of ready-to-eat salads in Cyprus as affected by vegetable type, season, and producer. Food Microbiology. 83: 200–210.

Xylia, P., Clark, A., Chrysargyris, A., Romanazzi, G., and Tzortzakis, N., 2019b. Quality and safety attributes on shredded carrots by using *Origanum majorana* and ascorbic acid. Postharvest Biology & Technology. 155: 120–129.

Yılmaz, A., Ermiş, E., and Boyraz, N. 2016. Investigation of in vitro and in vivo anti-fungal activities of different plant essential oils against postharvest apple rot diseases-*Colletotrichum gloeosporioides*, *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. Journal of Food Safety and Food Quality-Archiv Fur Lebenmittelhygiene.

Znini, M., Cristofari, G., Majidi, L., Mazouz, H., Tomi, P., Paolini, J., and Costa, J., 2011. Antifungal activity of essential oil from *Asteriscus graveolens* against postharvest phytopatogenic fungi in apples. Natural Product Communications. 6: 1763-1768.

Control of *Penicillium* sp. causal agent of *Capsicum* rot with essential oils of medicinal plants

Ali Amjadifard [1*], Mehdi Jahani[2], Mohammad Hossein Aminifard[3] and Seyyede Atefeh Hosseini[2]

1- Master's student (Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran)
2- Associate Professor (Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran)
3- Associate Professor (Department of Horticultural Sciences and Regional Plant Research Center, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran)

* Corresponding author email: amjadifard.ali @gmail.com

Abstract

The use of essential oils is considered as a new idea in reducing post-harvest losses and increasing the shelf life of horticultural products and controlling fungal contamination in developed agriculture. In this regard, an experiment was conducted to investigate the effect of essential oils of Tarragon, Eucalyptus, Frankincense and Galbanum on controlling *Penicillium* sp., the causative agent of pepper rot, in vitro conditions. This experiment was carried out as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications at the Faculty of Agriculture, University of Birjand. The first factor included the type of essential oil: Tarragon, Eucalyptus, Frankincense and Galbanum essential oils and the second factor was the concentration of essential oil at five levels (0, 100, 300, 500 and 700 µl/l). In vitro results showed that with increasing the concentration of plant essential oils, their antifungal activity increased. Eucalyptus essential oil had a weaker antifungal performance. The results of the interaction of treatments showed that the smallest fungal colony diameter on the third day was obtained from a concentration of 300 µl/l of Tarragon essential oil. On the 12th day of sampling, the smallest fungal colony diameter was obtained from a concentration of 700 µl/l of Galbanum essential oil. The results of this study showed that the use of a concentration of 700 µl/l of Galbanum essential oil can be recommended as a fungicide for *Penicillium* sp., the cause of penile rot of pepper.

Keywords: Decay, pathogenic fungi, shelf life.

تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی و کوددهی پتاسیمی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های دارویی روغن گیاه کاملینا

مهران نادمی*[۱]، رضا مشتاقی[۲]، محمدحسن دوستی‌گازار[۳]، مهدی ضیا[۴].

۱- کارشناس گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

۲- دانشجو دکتری بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، ایران

۳- دانشجو کارشناسی ارشد ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند. ایران

۴- کارشناس گروه علوم دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی و کوددهی پتاسیمی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های دارویی روغن گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی کشت و صنعت فجر در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح نانوذرات اکسید روی (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سه سطح کود سولفات پتاسیم (۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد نانوذرات اکسید روی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، درصد روغن، ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشت. بیشترین عملکرد دانه (۱۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) و درصد روغن (۳۶٫۲٪) از تیمار محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات ZnO و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم حاصل شد. همچنین، هم‌افزایی بین روی و پتاسیم موجب افزایش محتوای ترکیبات فنولی (تا ۱۲٫۴ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم عصاره) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (تا ۷۸٪) گردید. نتایج نشان داد که کاربرد همزمان نانوذرات روی و کود پتاسیمی می‌تواند با افزایش متابولیت‌های ثانویه، کیفیت دارویی روغن کاملینا را بهبود دهد.

واژه‌های کلیدی: سولفات پتاسیم، ترکیبات فنولی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، عملکرد روغن.

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، افزایش تقاضا برای منابع گیاهی دارای ترکیبات دارویی و آنتی‌اکسیدانی سبب شده است که پژوهشگران توجه ویژه‌ای به گیاهان روغنی دارویی داشته باشند. یکی از گیاهان امیدبخش در این زمینه کاملینا (*Camelina sativa* L.) است که به دلیل محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در صنایع دارویی و آرایشی جایگاه ویژه‌ای یافته است (Zubr, 2010). روغن کاملینا سرشار از اسید آلفا-لینولنیک (C18:3, n-3) بوده و نسبت بالای ω-3 به ω-6 آن، این گیاه را به منبعی ارزشمند برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی و التهابی تبدیل کرده است (Budin et al., 1995; Abramovic & Abram, 2005).

کیفیت و کمیت ترکیبات دارویی در گیاهان روغنی نه‌تنها تحت تأثیر عوامل ژنتیکی بلکه به‌شدت وابسته به شرایط تغذیه‌ای و عناصر معدنی خاک است. از میان عناصر ضروری، روی[۲](Zn) و پتاسیم[۳](K) نقش اساسی در تنظیم فرآیندهای

* Correpsonding Autors, Email: Mehran.nademi72@gmail.com

[2] Zinc
[3] Potassium

متابولیکی مرتبط با سنتز ترکیبات فعال زیستی دارند. روی با شرکت در ساختار بیش از ۳۰۰ نوع آنزیم، در مسیرهای بیوشیمیایی سنتز پروتئین‌ها، فیتوهورمون‌ها و ترکیبات فنولی نقش کلیدی دارد (Alloway, 2008). علاوه بر این، گزارش‌ها نشان داده‌اند که کاربرد نانوذرات اکسید روی می‌تواند با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بهبود محتوای ترکیبات ثانویه، کیفیت محصولات دارویی را ارتقا دهد (Raliya et al., 2015; Dimkpa & Bindraban, 2018).

از سوی دیگر، پتاسیم یکی از عناصر ماکروضروری است که در تنظیم تعادل آبی، فعال‌سازی آنزیم‌ها، انتقال مواد فتوسنتزی و سنتز روغن نقش دارد. کمبود پتاسیم با کاهش کارایی فتوسنتز، تجمع قندها و کاهش سنتز ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی همراه است (Hasanuzzaman et al., 2018; Marschner, 2012). در گیاهان روغنی مانند کلزا، کنجد و آفتابگردان نیز گزارش شده است که تغذیه کافی پتاسیم موجب افزایش عملکرد و درصد روغن می‌گردد (Ali et al., 2021; Khan et al., 2020).

به کارگیری نانوکودها در سال‌های اخیر به عنوان رویکردی نوین برای افزایش بهره‌وری عناصر غذایی مطرح شده است. نانوذرات اکسید روی به‌دلیل سطح ویژه بالا و قابلیت جذب سریع‌تر در بافت گیاه، اثربخشی بیشتری نسبت به منابع معمول روی نشان داده‌اند (Rameshraddy et al., 2017). با این حال، مطالعات اندکی اثر همزمان کاربرد نانوذرات ZnO و کود پتاسیمی بر عملکرد و کیفیت ترکیبات دارویی روغن کاملینا را بررسی کرده‌اند.

بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی و کاربرد خاکی کود سولفات پتاسیم بر عملکرد دانه، درصد روغن، ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی روغن گیاه کاملینا است تا بتوان ارتباط بین تغذیه معدنی و ارزش دارویی این گیاه را تبیین نمود.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی و کوددهی پتاسیمی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های دارویی روغن گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه کشت و صنعت فجر انجام شد. این منطقه از نظر اقلیمی در ناحیه گرم و خشک قرار دارد. خاک مزرعه پیش از انجام آزمایش نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی شد که نتایج نشان‌دهنده بافت لوم‌رسی، pH برابر ۷٫۶ و مقدار پتاسیم قابل جذب ۲۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل نانوذرات اکسید روی در سه سطح ۰ (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کود سولفات پتاسیم در سه سطح ۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بودند. محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی در دو مرحله؛ در آغاز تشکیل ساقه و در مرحله ظهور گل‌ها، با استفاده از محلول تازه تهیه‌شده در آب مقطر انجام گرفت. کود سولفات پتاسیم نیز به‌صورت خاکی و در دو نوبت (پیش از کاشت و در مرحله ۶ برگی) به خاک اضافه شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول ۳ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود.

بذر کاملینا رقم محلی پس از ضدعفونی با کاربوکسین–تیرام (به نسبت ۲ در هزار) در اواخر اسفندماه در عمق ۲ سانتی‌متری خاک کاشته شد. عملیات داشت شامل آبیاری منظم، وجین علف‌های هرز و کنترل آفات به‌صورت تلفیقی انجام گرفت. در طول فصل رشد، هیچ‌گونه کود شیمیایی دیگری به جز تیمارهای آزمایشی به کار نرفت تا اثر واقعی تیمارها مشخص گردد.

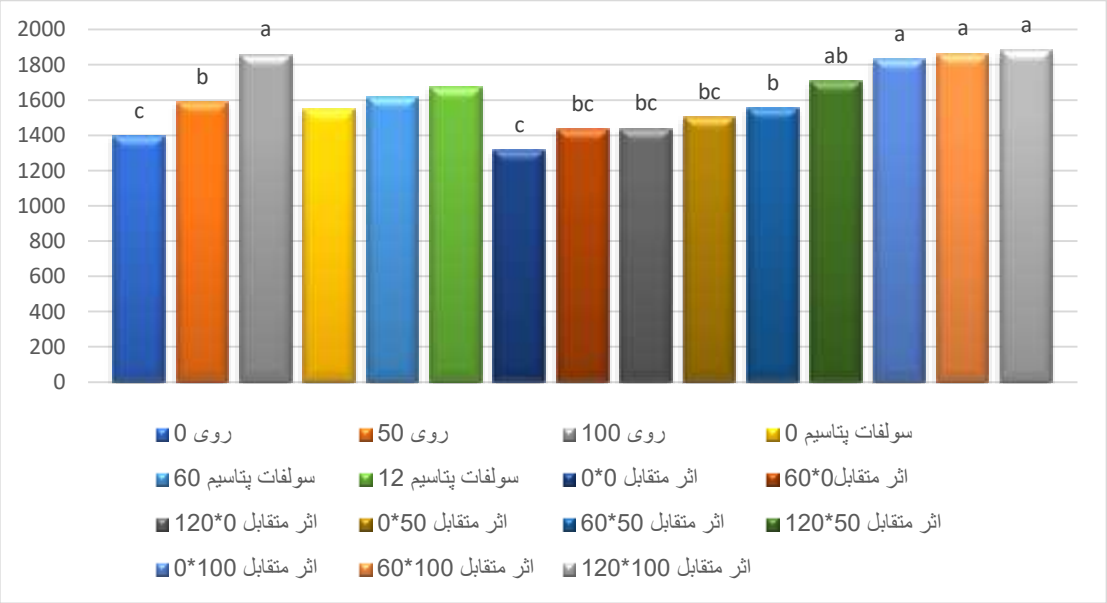
در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت دانه از دو ردیف میانی هر کرت انجام شد و پس از خشک‌کردن در دمای محیط، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. برای تعیین درصد روغن، نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله و حلال نرمال‌هگزان استخراج شدند. محتوای ترکیبات فنولی کل بر اساس روش فولین-شیکالتیو با استفاده از اسید گالیک به‌عنوان استاندارد و جذب‌خوانی در طول‌موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز با روش DPPH و بر اساس درصد خنثی‌سازی رادیکال آزاد سنجیده شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۴ انجام گرفت و میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای Tukey در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

۳. نتایج و بحث

۳,۱ تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی و کوددهی پتاسیمی بر عملکرد دانه

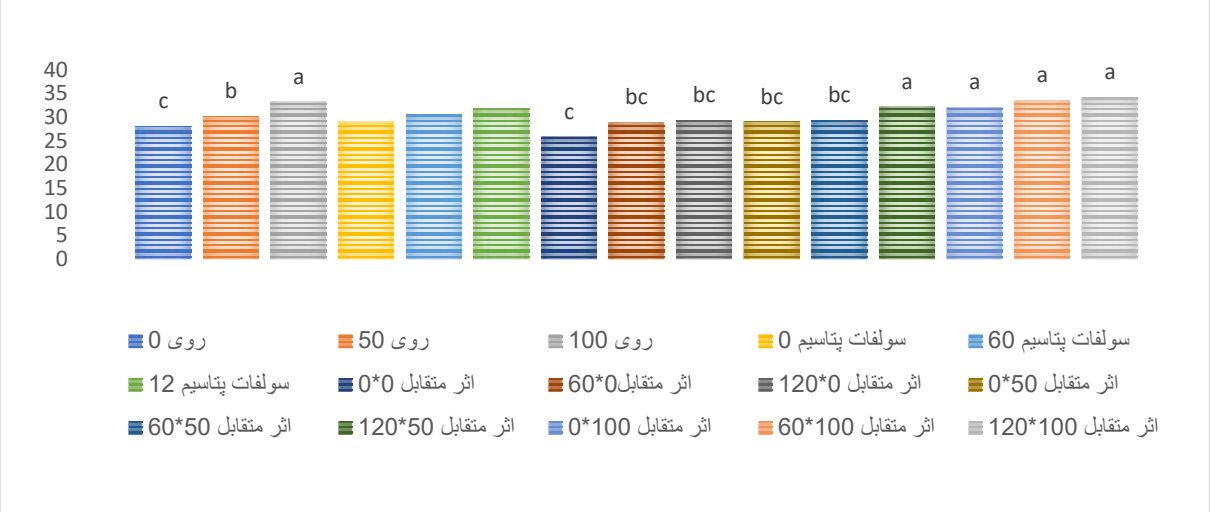
تحلیل واریانس نشان داد که اثر عامل نانوذرات اکسید روی بر عملکرد دانه معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود، و اثر تعامل $Zn \times K_2SO_4$ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. این نتایج حاکی از آن است که افزایش سطح روی به‌طور مستقل می‌تواند بهبود معنی‌داری در عملکرد بذر کاملینا ایجاد کند. یافته‌ها با مطالعات پیشین هم‌خوانی دارند که نشان داده‌اند تأمین روی می‌تواند نرخ فتوسنتز، انتقال قندها و پرشدن دانه را بهبود بخشد (Cakmak, 2008). همچنین پتاسیم نقش کلیدی در فرآیند انتقال محصولات فتوسنتزی و پرشدن دانه دارد (Marschner, 2012). از آنجا که تعامل Zn×K معنی‌دار بود، به نظر می‌رسد که در شرایط آزمایش، اثر این دو عامل به‌صورت مستقل عمل کرده‌اند و هم‌افزایی قوی بین آن‌ها مشاهده گردیده است.



نمودار۱: تاثیر نانو ذره روی و پتاسیم بر عملکرد دانه

۳,۲ تأثیر بر درصد روغن

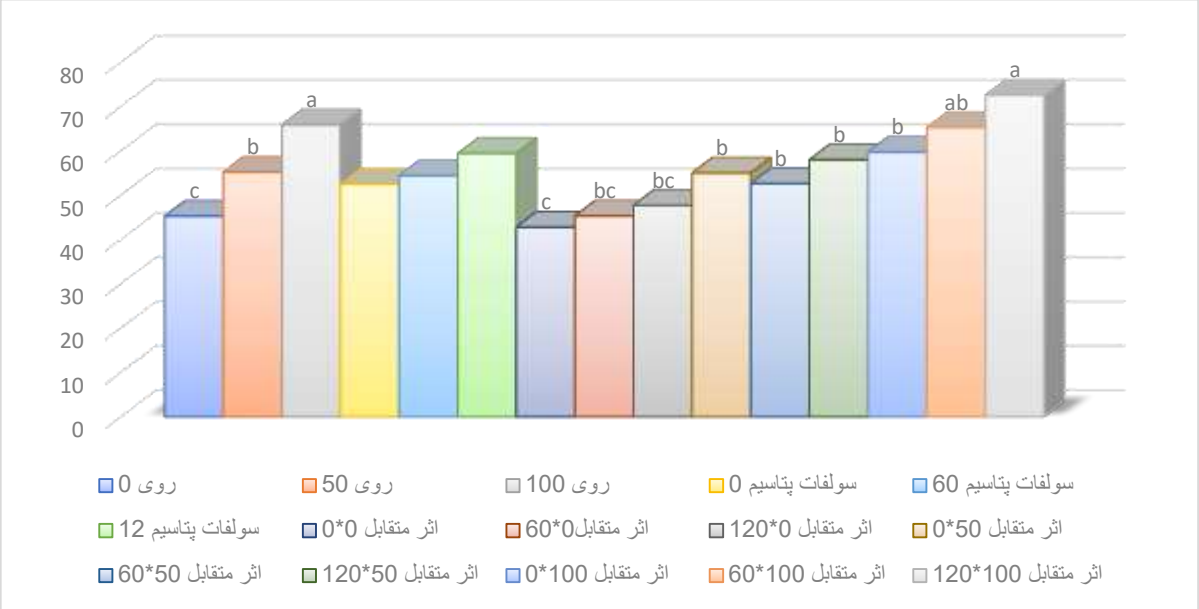
برای درصد روغن نیز اثر Zn در سطح معنی‌داری ۵ درصد بود. این نتیجه نشان می‌دهد که علاوه بر نقش Zn در فعال‌سازی سیستم‌های بیوشیمیایی سنتز لیپیدها، کود پتاسیمی نیز می‌تواند به افزایش محتوای روغن کمک کند. یافته‌های مشابه در گیاهان روغنی مانند کلزا گزارش شده‌اند که نشان می‌دهند پتاسیم با بهبود وضعیت هیدراتاسیون و انتقال آسان‌تر پیش‌سازهای لیپیدی به دانه، درصد روغن را افزایش می‌دهد (Ali, et al., 2021). بنابراین، ترکیب Zn و K می‌تواند استراتژی مؤثری برای افزایش تولید روغن دارویی در کاملینا باشد.



نمودار۲: تاثیر نانو ذره روی و پتاسیم بر درصد چربی

۳,۳ تأثیر بر ترکیبات فنولی کل

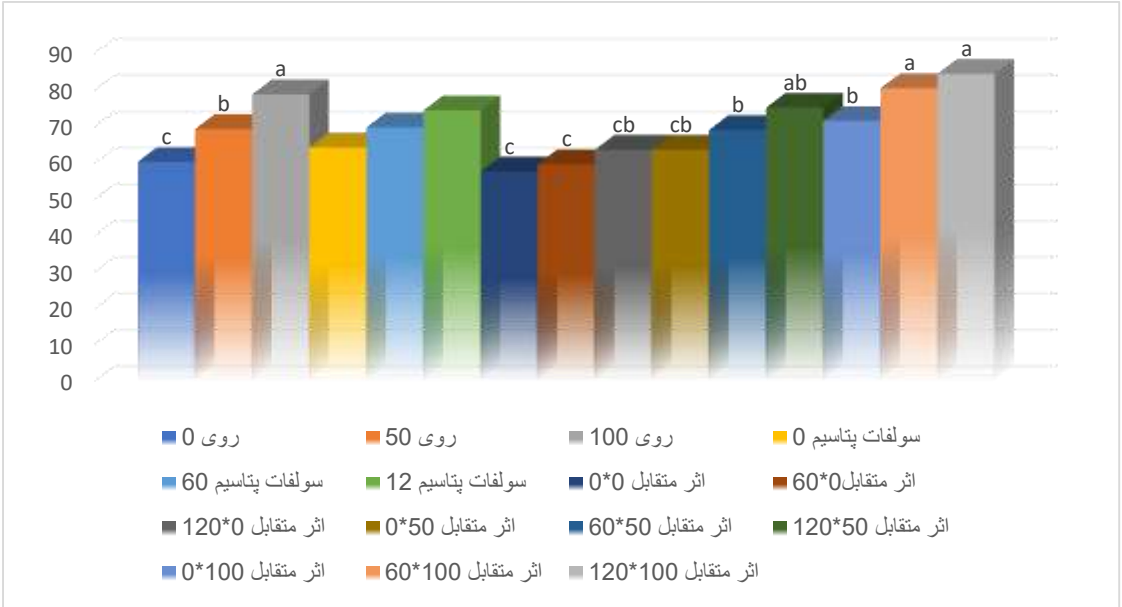
جدول تجزیه واریانس نشان داد که عامل Zn اثر معنی‌داری بر فنول کل داشته و اثر تعامل نیز معنی‌دار بود، که نشان‌دهنده وجود هم‌افزایی بین روی و پتاسیم در تحریک مسیرهای بیوشیمیایی تولید ترکیبات ثانویه است. این نتایج با گزارش‌هایی که نانوذرات ZnO را عامل افزایش ترکیبات فنولی در گیاهان دارویی شناخته‌اند، هم‌راستا است (Raliya et al., 2015). همچنین پتاسیم با کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، به حفظ و افزایش فنول‌ها کمک می‌کند (Hasanuzzaman et al., 2018). بنابراین، مشاهده اثر تعامل $Zn \times K_2SO_4$ بر فنول کل، نشان می‌دهد که این ترکیب می‌تواند جهت تولید روغن با ارزش دارویی بالا در کاملینا مورد توجه قرار گیرد.



نمودار۳: تاثیر نانو ذره روی و پتاسیم بر ترکیبات فنولی

۳,۴ تأثیر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی

در این صفت نیز اثر Zn بسیار معنی‌دار بود و اثر K غیر معنی‌دار گزارش شده است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش سطح Zn و پتاسیم ارتقاء یافت، که این روند با افزایش فنول کل همراه بوده است؛ همبستگی بین فنول‌ها و ظرفیت مهار رادیکال‌ها در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Rice-Evans, Miller, & Paganga, 1997). این امر نشان می‌دهد که بهبود تغذیه با Zn و K می‌تواند علاوه بر کمیت، کیفیت روغن تولیدشده (از نظر دارویی) را نیز بهبود دهد.



نمودار۴: تاثیر نانو ذره روی و پتاسیم بر فعالیت آنتی اکسیدانی

بررسی اثرات سطوح مختلف نانو ذره روی و سولفات پتاسیم بر عملکرد، چربی، فنول کل و آنتی اکسیدان گیاه کملینا

اثرات اصلی و متقابل	عملکرد (تن در هکتار)	چربی (درصد)	فنول کل (mg gae/g oil)	آنتی اکسیدان (درصد)
نانو ذره روی (میلی‌گرم/لیتر)				
۰	۱۳۹۴,۹۹	۲۷,۹۸	۴۵,۲۷	۶۰,۲۶
۵۰	۱۵۸۸,۲۵	۳۰,۱۱	۵۵,۲۱	۶۹,۲۶
۱۰۰	۱۸۵۶,۸۴	۳۳,۲۰	۶۵,۸۷	۷۸,۸۳
SEM	۳۲,۱۸	۰,۵۹	۱,۱۴	۱,۳۸
سطح معنی داری	<۰,۰۰۰۱	<۰,۰۰۰۱	<۰,۰۰۰۱	<۰,۰۰۰۱
سولفات پتاسیم (کیلوگرم/هکتار)				
۰	۱۵۴۸,۳۲	۲۸,۹۶	۵۲,۵۲	۶۴,۲۲
۶۰	۱۶۱۷,۳۰	۳۰,۵۲	۵۴,۴۱	۶۹,۷۲
۱۲۰	۱۶۷۴,۹۰	۳۱,۸۲	۵۹,۴۳	۷۴,۴۲
SEM	۳۲,۱۸	۰,۵۹	۱,۱۴	۱,۳۸
سطح معنی داری	۰,۰۴۱	۰,۰۱۰	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰۳
اثر متقابل نانو ذره روی بر سولفات پتاسیم				
۰×۰	۱۳۱۲,۹۱	۲۵,۸۱	۴۲,۸۰	۵۷,۵۹
۶۰×۰	۱۴۳۴,۹۵	۲۸,۸۳	۴۵,۳۱	۵۹,۶۱
۱۲۰×۰	۱۴۳۷,۱۰	۲۹,۲۹	۴۷,۷۱	۶۳,۵۹
۰×۵۰	۱۵۰۳,۹۰	۲۸,۹۹	۵۵,۰۲	۶۳,۵۹
۶۰×۵۰	۱۵۵۴,۷۶	۲۹,۲۷	۵۲,۶۴	۶۹,۰۴
۱۲۰×۵۰	۱۷۰۶,۰۹	۳۲,۰۹	۵۷,۹۹	۷۵,۱۷
۰×۱۰۰	۱۸۲۸,۱۶	۳۲,۰۷	۵۹,۷۲	۷۱,۴۹
۶۰×۱۰۰	۱۸۶۲,۲۱	۳۳,۴۶	۶۵,۲۸	۸۰,۵۰
۱۲۰×۱۰۰	۱۸۷۹,۰۶	۳۴,۰۸	۷۲,۶۰	۸۴,۴۹
SEM	۵۵,۷۴	۱,۰۲	۱,۹۷	۲,۴۰
سطح معنی داری	۰,۵۵	۰,۶۱	۰,۱۲	۰,۵۴

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مصرف نانوذرات اکسید روی به‌ویژه در غلظت‌های بالا و همراه با کود پتاسیمی می‌تواند تولید دانه و کیفیت روغن دارویی کاملینا را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. پیشنهاد می‌شود در تولید صنعتی روغن گیاهان دارویی، این ترکیب تغذیه‌ای به‌عنوان راهکار نوین مورد بررسی قرار گیرد.

۵. منابع

Abramovic, H., & Abram, V. (2005). Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of Camelina sativa oil. *Food Chemistry*, 93(3), 417-424.

Ali, Q., Mahmood, T., & Malik, A. (2021). Response of Brassica napus to foliar application of zinc nanoparticles and potassium on oil content and quality. *Journal of Plant Nutrition*, 44(12), 1761-1773.

Alloway, B. J. (2008). *Zinc in soils and crop nutrition* (2nd ed.). International Zinc Association and IFA.

AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis* (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT–Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.

Budin, J. T., Breene, W. M., & Putnam, D. H. (1995). Some compositional properties of camelina (Camelina sativa L. Crantz) seeds and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72(3), 309-315.

Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*, 302(1-2), 1-17.

Dimkpa, C. O., & Bindraban, P. S. (2018). Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(1), 9.

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Nahar, K., Hossain, M. S., Mahmud, J. A., & Fujita, M. (2018). Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, 8(3), 31.

Khan, N., Naeem, M., & Aftab, T. (2020). Influence of potassium fertilization on growth, yield, oil content and quality of sunflower (Helianthus annuus L.). *Journal of Plant Nutrition*, 43(12), 1821-1833.

Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.

Raliya, R., Nair, R., Chavalmane, S., Wang, W.-N., & Biswas, P. (2015). Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato plant. *Scientific Reports*, 5, 13885.

Rameshraddy, P., Shivakumar, R., Ashok, M. P., & Vasanth Kumar, K. (2017). Effect of nano zinc oxide on growth, yield and quality of groundnut (Arachis hypogaea L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,* 6(9), 1545-1554.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152-159.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.

Zubr, J. (2010). Dietary fatty acids and amino acids of Camelina sativa seed. *Journal of Food Quality*, 33(5), 452-462.

Effect of foliar application of zinc oxide nanoparticles and potassium fertilization on yield and some medicinal oil traits of *Camelina sativa* L

Mehran Nademi [1*], Reza Moshtaghi [2], Mohammad hasan Dosti gazar [3], Mahdi Zia [4]

1- Expert, Department of Plant Production Engineering and Genetics, University of Birjand, Birjand, Iran
2- PhD student in agricultural biotechnology, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
3- Master's degree student in genetics and plant breeding, University of Birjand, Birjand, Iran
4- Expert, Department of Animal science, University of Birjand, Birjand, Iran

* Corresponding author email: Mehran.nademi72@gmail.com

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of foliar application of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) and soil application of potassium sulfate (K_2SO_4) on the yield and some medicinal oil traits of *Camelina sativa* L. The experiment was arranged as a factorial based on a randomized complete block design with three replications during the 2023–2024 growing season. Treatments consisted of three concentrations of ZnO-NPs (0, 50, and 100 mg L^{-1}) and three levels of potassium sulfate (0, 60, and 120 kg ha^{-1}). The results showed that ZnO-NPs significantly affected seed yield, oil percentage, total phenolic content, and antioxidant activity. The highest seed yield (1750 kg ha^{-1}) and oil percentage (36.2%) were obtained from the combined treatment of 100 mg L^{-1} ZnO-NPs and 120 kg ha^{-1} potassium sulfate. Moreover, a synergistic interaction between Zn and K was observed in enhancing total phenolic content (up to 12.4 mg GAE g^{-1} extract) and antioxidant activity (up to 78%). These findings suggest that the combined use of ZnO nanoparticles and potassium fertilizer can improve both the yield and medicinal quality of *Camelina* oil by stimulating secondary metabolite synthesis.

Keywords: potassium sulfate, phenolic compounds, antioxidant activity, oil yield.

کارکردهای اقتصادی طب سنتی در پایداری جوامع روستایی

سمانه حسین نژاد [۱]، علی اصغر میرک زاده[۲]،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- دانشیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

چکیده

امروزه به دلیل کاهش منابع پایه توسعه روستایی و اقتصاد خانوارهای روستایی با چالشهای اساسی روبه رو است. بنابر این میبایست به اقداماتی توسعه ای روی آورد که کمتر به منابع پایه دسترسی داشته باشد. این در حالی است که روستاها با توجه به تفاوتهای محیطی و فرهنگی پتانسیلهای متنوعی دارند و تنوع بخشی به درآمد روستاییان امکانپذیر و راهکار اساسی کاهش فشار بر منابع است. در این بین طب سنتی به واسطه طبیعت محور بودن میتواند جریان اقتصاد روستایی را به سمت رشد مثبت پایدار هدایت کند. این نوشتار برای اولین بار پتانسیل طب سنتی را در توسعه پایدار اقتصاد روستایی مطرح و به بحث گذاشته است. مقاله به شیوه کتابخانه ای و مرور منابع انجام شده است. مجموع بررسی های انجام شده در این مقاله نشان میدهد که طب سنتی کارکرد های اقتصادی قابل توجهی از جمله رونق تولید، افزایش بهره‌وری منابع، افزایش ارزش افزوده، کاهش هزینه ها، افزایش درآمد، افزایش سرمایه اجتماعی دارد. این کارکردها در کنار کارکردهای غیر مستقیم که به بعد اجتماعی و زیست محیطی اکوسیستمهای روستایی کمک میکند بسترهای پایداری را برای محیطهای روستایی فراهم میکند. لذا لازم است تا با برنامه ای جامع و بین بخشی از این پتانسیل برای توسعه روستایی کشور استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: روستا، طب سنتی، توسعه ، گیاهان دارویی، پایداری.

۱. مقدمه

روستاهای کشور به علت اتکای شدید به کشاورزی و درامدهای حاصل از آن و نداشتن منابع اشتغالی و درآمدی غیر از کشاورزی،دارای اقتصاد ضعیف و آسیب پذیری هستند. کمبود درآمد روستاییان ناشی از افزایش جمعیت روستاییان، بیکاری (کامل، فصلی)، بهره‌وری پایین افراد و منابع، عدم جذابیت روستاها برای سرمایه‌گذاری، سطح پایین تحصیلات، نامناسب بودن فضای کسب وکار در روستاها است. در حال حاضر وضعیت اقتصاد روستاها به خصوص در کشورهای در حال توسعه روند نزولی به خود گرفته است، به طوری که جابه جایی و مهاجرت های گستردهٔ روستاییان به شهرها، گسترش فقر و بیکاری، عدم امنیت غذایی، قرار گرفتن عمده جمعیت روستایی در حاشیه و مواردی از این دست نشان میدهد که در عمل، اهداف حیاتی توسعه مبنی بر افزایش پایدار درآمد، گسترش اشتغالهای تولیدی و برقراری متعادلتر منافع ناشی از رشد در مناطق روستایی با شکست مواجه شده است.در این میان کشاورزی و به خصوص گیاهان دارویی نقش مستقیم و غیر مستقیم مهمی در اقتصاد جوامع روستایی ایفا کرده است. به گیاهانی که به طور مستقیم یا غیر مستقیم تمام یا اجزایی از آن به صورت تازه یا خشک شده و یا مواد موثره استخراجی از آن به منظور اثرات بهداشتی،پیشگیری و درمانی در بدن انسان ،حیوانات و دیگر گیاهان به کار میرود،گیاه دارویی گفته میشود(واینس،۲۰۰۴).و هرگونه فراورده دارویی که منحصرا از نظر اجزا متشکله فعال شامل یک یا چند ماده گیاهی فراوری نشده یا یک یا چند ترکیب گیاهی فراوری شده و یا ترکیبی از هردو فرمولاسیون گوناگون برای عرضه در بازار دارویی جهت تشخیص،پیشگیری،کمک به اعمال فیزیولوژیک،درمان و حفظ بهداشت بدن انسان،حیوانات و سایر گیاهان به کار میرود..کشت گیاهان دارویی در قطعات کوچک زمین و یا کشت بعنوان

[۱] **نویسنده مسئول: علی اصغر میرک زاده** Email:Mirakzadeh@razi.ac.ir

محصول فرعی در باغات و مزارع و همچنین جمع اوری گیاهان دارویی خودرو از دشت ها،مراتع و جنگل ها از انجا که نیاز چندانی به داشتن سرمایه و عوامل تولید ندارد ومتناسب با توانایی زنان روستایی نیز هست. صنعت گیاهان دارویی به منبع عظیم اقتصادی و با ارزش افزوده بسیار بالا در ایران محسوب میشود.

سرزمین ایران کشوری ممتاز و با رتبه بالا از نظر غنای گیاهی و تنوع زیستی و دارای ۱۱اقلیم از ۱۳ اقلیم شناخته شده جهانی است.بر اساس نظر گیاه شناسان و پژوهشگران تعداد گونه های گیاهی ایران در حدود ۸۰۰۰ گونه است که از نظر تنوع گونه ای حداقل دو برابر قاره اروپاست.تحقیقات نشان داده است که بیش از ۲۳۰۰ گونه از گیاهان کشور دارای خواص دارویی،عطری،ادویه ای و ارایشی-بهداشتی هستند.به علاوه ۱۷۲۸ گونه از این گیاهان یه عنوان گیاهان بومی ایران میباشند،منحصرا در سرزمین ایران رویش کرده و به عنوان یک ظرفیت انحصاری در کشور محسوب میشوند. گیاهان دارویی به خاطر تشکیل بنیانهای طب سنتی نقش مهمی ر پیشبرد این طب و از آن طریق پیشرفت جوامع روستایی به خصوص در بعد اقتصادی ایفا کرده است. لذا این نوشتار که با روش کتابخانه ای انجام شده است ه دنبال جایگاه طب سنتی و گیاهان دارویی در پیشبرد اقتصاد پایدار روستایی است. از این رو از رهگذار تنوع بخشی به اقتصاد روستایی مبحث آغاز شده است.

۲. تنوع بخشی به درآمد روستاییان راهبرد توسعه روستایی

در عصر کنونی وضعیت اقتصادی روستاها به خصوص در کشورهای در حال توسعه روند نزولی دارد، به طوری که جابجایی و مهاجرت های گسترده روستائیان به شهرها، گسترش فقر و بیکاری، عدم امنیت غذایی، قرار گرفتن عمده جمعیت روستایی در حاشیه و مواردی از این دست نشان میدهد که در عمل اهداف حیاتی توسعه بر افزایش پایدار درآمد، گسترش اشتغال های تولیدی و برقراری متعادلتر منافع ناشی از رشد در مناطق روستایی نتیجه مثبتی نداشته است. یکی از راههای ناگریز پیشرفت و جلوگیری از افزایش فقر روستاییان، توجه به وضع معیشتی خانوار روستایی است. فقر روستایی یکی از مشکلات دوره کنونی به شمار میرود بنابراین کمک واقعی برای قشر آسیب پذیر روستایی، دستگیری حمایتی از آنها نیست؛ بلکه تحول در شیوه معیشت آنهاست.(ازکیا و غفاری، ۱۳۸۳؛ تاجبخش ۱۳۷۲؛ رضوانی، ۱۳۸۱) در این زمینه گرایش به فعالیتهای خارج مزرعه که وابسته با منابع اصلی آب و خلک نباشد در دستور کار سازمانهای توسعه روستایی و کشاورزی جهان از جمله سازمان خوار و بار و کشاورزی قرا رگرفته است. در این راستا فعالیتهایی که سر منشاء و آغازگر زنجیره های اقتصادی و فعالیتهای مولد مبنتی بر پتانسیلهای منطقه باشد در اولویت است. از جمله این فعالیتها فعالیتهایی چون انواع گردشگری و خدمات روستایی است که طب سنتی را میتوان از آن جمله برشمرد. این فعالیتها با توجه به تعریف توسعه پایدار روستایی بیشتر منطبق بر اصول پایداری میباشند و علی رغم فعالیتهای مزرعه ای جوامع روستای را کمتر با چالش ناپایداری مواجه می سازند. از انجا که پاداری اقتصادی جوامع روستایی بر پایداری سایر ابعاد زندگی تاثیر مستقیمی دارد در ادامه به شرح بیشتر آن پرداخته شده است.

۳.پایداری اقتصاد روستا

روستاها بخش وسیعی از عرصه کشور را تشکیل می دهند و توجه به جایگاه برجسته روستاها در عرصه اقتصادی، تولیدی، محیطی و اجتماعی موجب افزایش کارایی فعالیت های تولیدی و زراعی این مناطق می شود. در کشور ایران به علت تنوع محیط های روستایی و تفاوت در توان های محیطی، فعالیت های اقتصادی روستاها یکسان نمی باشد و از روستایی به روستای دیگر تفاوت می پذیرد(قدیری معصوم،۱۳۸۹). هرفعالیتی که در محیط روستا به منظور تامین رفاه و گذراندن زندگی روستاییان رخ دهد، تمام و یا قسمتی از اقتصاد روستا را تشکیل می دهد. کیزنتس معتقد بود که همگرایی بین بخشهای کشاورزی و صنعت به رشد اقتصادی مداوم منجر میشود.برخی کمکهای بخش کشاورزی به روند توسعه اقتصادی عبارتند از: تامین مواد غذایی الزم برای جمعیت روز افزون، افزایش تقاضا برای محصولات صنعتی به منظور فراهم ساختن شرایط توسعه بخشهای صنعت وخدمات، ایجاد منابع اضافی درآمدهای ارزی از طریق صادرات مازاد تولید کشاورزی به منظور تامین وجوه کالاهای سرمایه ای مورد نیاز در روند توسعه اقتصادی، افزایش درآمدها در بخش روستایی و کمک به دولت،ایجاد اشتغال نیروهای مولد و بهبود نسبی رفاه اجتماعی و اقتصادی در مناطق روستایی میباشد(موسسسه پژوهشهای برنامه ریزی و اقتصاد

کشاورزی و توسعه، ۱۳۹۹). بررسی تجربه توسعه در کشورهای در حال توسعه در طی چند دهۀ اخیر و مطالعات متعدد در این زمینه نشان میدهد که تلاشهایی که در اکثر کشورهای جهان سوم برای دستیابی به توسعه صورت گرفته نه تنها تاکنون قادر نشده‌اند، جلوی فقر همه جانبه را بگیرندو زمینه‌های اشتغال کامل را فراهم سازند، بلکه تسریع روند مهاجرت از روستاها به شهرها، حاشیه-نشینی و محرومیتِ کامل بخشهایی از جمعیت، تنزل کیفیت زندگی، تبدیل حومۀ شهرهای بزرگ به محله‌های مسکونی اقشار فقیر جامعه و گسترش فقر و پدید آمدن و تداوم چنین مسائلی از دو نوع کمبود ناشی میشود؛ یکی کمبود امکانات اجتماعی (ضعف زیر ساختها) و دیگری ضعف اقتصادی است. کمبود درآمد روستاییان ناشی از افزایش جمعیت روستاییان، بیکاری (کامل، فصلی)، بهره وری پایین افراد و منابع، عدم جذابیت روستاها برای سرمایه‌گذاری، سطح پایین تحصیلات، نامناسب بودن فضای کسب وکار در روستاها و... است.(فراهانی وحاج حسینی،۵: ۱۳۹۰).

در این زمینه پایداری اقتصاد جوامع روستایی با اتخاذ راهبردهای تجربه شده محلی، ملی و بین المللی امکانپذیر و شدنی است و پیش زمینه آن شناسایی پتانسیلها و توانمندی های فیزیکی و غیر فیزیکی جوامع روستایی است. از آنجا که جوامع روستایی ایران از تنوع پتانسیلها در حوزه منابع طبیعی و فرهند و آداب و رسوم برخورداند و بنیان طب سنتی بر این سه عنصر قرار داده شده است. یکی از راهبردهای متنوع سازی و پایدار سازی اقتصاد جوامع روستایی تقویت این نوع از طب میباشد که میتواند نقش پیشران توسعه اقتصاد در چند زمینه از جریانهای اقتصاد روستایی را فراهم سازد. در ادامه به نقش چند کارکردی ب سنتی پرداخته شده است.

۴.کارکردهای اقتصادی طب سنتی در اکوسیستمهای روستایی

به مجموعه تمامی علوم و تجربیات نظری و عملی شامل کلیه اقدامات بهداشتی،رویکردها،اطلاعات و باورهایی که به اشکال مختلف دارویی،برای حفظ سلامتی و همچنین پیشگیری ،تشخیص و درمان بیماری ها به کار می‌روند و به صورت گفتاری یا نوشتاری از نسلی به نسل دیگر در یک منطقه جغرافیایی انتقال میابند و همچنین قابلیت رورامد شدن با حفظ چارچوب های اساسی را دارا می باشند،طب سنتی گفته میشود. امروزه طب سنتی علیرغم نفوذ وسیع پزشکی مدرن در عرصه های درمانی، هنوز در خیلی از کشورها هویت خود را حفظ کرده و در سالیان اخیر رشد قابل مالاحظه ای هم داشته است. بعضی از کشورها مثل چین، کره جنوبی و ویتنام، طب سنتی را کاملا وارد نظام سلامت خود کرده اند(تاج بخش،۱۳۷۲).

طب سنتی شامل جنبه‌های پزشکی در دانش سنتی است که در جوامع گوناگون و در نسل‌های مختلف پیش از دوران پزشکی مدرن شکل گرفته‌است. طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی(WHO) ، طب سنتی « مجموعه‌ای است از دانسته‌ها، مهارت‌ها و اعمال که بر پایه نظریه‌ها، باورها و تجربه‌های بومی فرهنگ‌های مختلف خواه قابل شرح باشد یا نباشد که در بهداشت و نیز پیشگیری، تشخیص، بهبود و مداوای بیماری‌های جسمی و ذهنی مورد استفاده قرار می‌گرفتند(زریاب۱۳۹۹). امروزه طب سنتی علیرغم نفوذ وسیع پزشکی مدرن در عرصه های درمانی، هنوز در خیلی از کشورها هویت خود را حفظ کرده و در سالیان اخیر رشد قابل مالاحظه ای هم داشته است(الگود، ۱۳۷۲). بعضی از کشورها مثل چین، کره جنوبی و ویتنام، طب سنتی را کاملا وارد نظام سلامت خود کرده اند(عصاره۱۳۹۴،؛طاهرخانی،۲۰۰۲). بدیهی است بنیان طب سنتی در اکوسیستمهای روستایی شکل گرفته و به جوامع شهری و مدرن انتشار یافته است. این دانش بر پایه تجربه های متمادی فزاینده در موقعیتهای خطرزای متعدد شکل گرفته و از دل جوامع برخاسته و با خلق دانش و تبادل تعامل انسانی فراگیر شده است. این دانش بومی بر پایه کاربرد عناصر طبیعی اکوسیستمهای روستایی ایتوار است و به طور مستقیم و غیر مستقیم بر اقتصاد جوامع روستایی تاثیر گذاشته است. از این رو کارکردهای اقتصادی این شاخه از طب را میتوان به صورت زیر بر شمرد :

کارکرد رونق تولید: در این راستا جهت تامین ملزومات طب سنتی روستاییان به تولید گیاهان و مواد مورد نیاز پرداخته و زنجیره تولید و ارزش شکل خواهد گرفت.

کارکرد افزایش بهره‌وری منابع: از آنجا که منابع پایه طب سنتی عمدتا قابلیت استحصال از محصولات فرعی و غیر ضروری جوامع روستایی را دارد از یان رو در بکارگیی منابع مختلف در چرخه اقتصادی و بهره وری بیشتر منابع نقش دارد

کارکرد افزایش ارزش افزوده: فرایند تولید و بکارگیری مواد اولیه در طب سنتی از خام فروشی و انتقال ارزش مواد به خارج از اکوسیستم جلوگیری کرده و بر رونق اقتصاد روستایی خواهد افزود.

کارکرد کاهش هزینه ها: به طور کلی درمان در تمام مراحل هزینه قالب توجهی بر بیماران وارد میسازد. در طب سنتی به دلیل در دسترس بودن تمام امکانات و حذف واسطه ها و باندهای رانت و ... هزینه های درمانی به طور قابل توجهی کاهش خواهد یافت.

کارکرد افزایش درآمد: در کنار درآمد مستقیم حاصل از ارایه خدمات به بیماران، درآدهایی همچون خدمات به گردشگران درمانی، فروش محصولات و ... به واسطه ارایه خدمات طب سنتی افزایش خواهد یافت.

کارکرد افزایش سرمایه اجتماعی: سرمایه اجتماعی عامل اساسی اقتصادی بودن سایر انواع سرمایه است. طب سنتی به واسطه ماهیت منعطفی که در بعد زمان، مکان، و مورد تحت درمان دارد و از سویی اثرات سوء کمتری که به جا میگذارد به افزایش حس اعتماد به عنوان عنصر اساسی تشکیل دهنده سرمایه اجتماعی منجر خواهد شد .

کارکردهای فوق به طور مستقیم اقتصاد روستایی را تحت تاثیر قرار داده و به طور مستقیم در ارتباط با سایر ایعاد اجتماعی و ریست محیطی شرایط توسعه پایدار رو ستایی را تسهیل میکند.

۵.نتیجه گیری

توسعه روستایی به عنوان راهبردی برای بهبود زندگی اجتماعی -اقتصادی مردم فقیر روستایی در نظر گرفته شده است (رضوانی،۱۳۸۱). در این زمینه اقدامات تک بعدی مبتنی بر منابع پایه منجر به ناپایداری اقتصاد روستای و شکنندگی اقتصاد خانوارهای روستایی شده است. (یاسوری و همکاران،۱۳۹۴:۲۰) لذا ناگزیر به روی آوردن به فعالیتهایی هستیم که بتوان ضمن نگهداشت مردم در اکوسیستمهای روستایی شرایط استاندارد زندگی روستایی را فراهم نمود. در این خصوص طب سنتی به عنوان یک رویکرد توسعه پایدار روستایی میتواند کارکردهای اقتصادی قابل توجهی ارایه و فراهم کننده اقتصاد پایدار روستایی غیر وابسته به منابع پایه آب و زمین باشد. از این رو میتوان با مطالعات پتانسیل سنجی و اقدامات هم زمان در زمینه بازاریابی و مدیریت بخش گردشگری درمان و همچنین مدیریت زنجیره تامین و ارزش دارو به اهداف چندگانه رسید که هم پایداری اقتصادی روستا و رونق تولید و اشتغال روستای را فراهم نمود و هم از وابستگی نهادهای درمان و پیشگیری به ارز خارجی جلوگیری نمود. در زمینه طب سنتی و پتانسیلهای توسعه ای آن در عرصه های روستایی مطالعات اندکی صورت گرفته است و جایگاه کسب و کارهای روستایی مبتنی بر طب سنتی در اکوسیستمهای روستایی خالی و این ظرفیت همچنان مغفول مانده است و فرصت گرایش و اقبال عموم به درمانهای کم ریسک را از دست رفته است. از این رو نهادهای ذیربط درچارچوب برنامه ای منسجم میتوانند با توسعه طب سنتی روستایی ضمن توسعه اقتصاد روستایی پایدار از هزینه‌های درمان جامعه کاست.

۶. منابع

ازکیا، مصطفی، غفاری، غلامرضا (۱۳۸۳). توسعه روستایی با تاکید بر جامعه روستایی ایران،چاپ اول نشر نی.

تاج بخش، حسن (۱۳۷۲). تاریخ دامپزشکی و پزشکی ایران: دوران اسلامی تهران: دانشگاه تهران.

رضوانی، محمدرضا (۱۳۸۱). مقدمه ای بر برنامه ریزی توسعه روستایی در ایران، نشر قومس.

فرهادی مرتضی (۱۳۸۵) .گیاه مردم نگاری با چکیده و نمونه هایی از گیاه مردم نگاری گیاهان خودرو کمره .علوم اجتماعی ۳۴ و ۳۵ ۹۶-۴۱.

قدیری معصوم، مجتبی، (۱۳۸۹). پایداری اقتصادی و رابطهٔ آن با ویژگیهای مکانی - فضایی: مطالعهٔ موردی روستاهای دهستان کوهین، کبودر اهنگ، فصلنامه روستا و توسعه، سال ۱۳، شماره ۲، صفحات۲۹- ۱.

الگود، سیریل (۱۳۷۱). تاریخ پزشکی ایران ترجمه محسن جاویدان تهران: اقبال.

مطیعی لنگرودی، سید حسن، فرجی سبکبار، حسنعلی، حجت شمامی، سیروس، ۱۳۹۸،تحلیل موانع و قابلیت های تنوع بخشی فعالیت ها در اقتصاد روستایی مورد:بخش رحمت اباد و بلوکات شهرستان رودبار،نشریه اقتصاد فضا و توسعه روستایی.

مقصودی منیژه، پارساپژوه سپیده (۱۳۹۰). گیاه قاوم شناسای منطقاه پال قلعاه در شامال تهاران پژوهش‌های انسان شناسی ۱(۲) ۱۶۱- ۱۳.

موسسه پژوهش های برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی و توسعه، (۱۳۳۱)، راهبرد توسعه روستایی.

نوری، مرضیه و داریوش حیاتی (۱۳۸۵). سازه‌های مؤثر بر معیشت پایدار روستایی از دیدگاه کشاورزان استان کرمانشاه، فصلنامه علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۱۱(۱): -۱۵۵ .۱۰.

Economic functions of traditional medicine in the sustainability of rural communities

Samaneh Hosseinnezhad[1], Ali A. Mirakzadeh [2*]
1- MSc. Student, Department of Agricultural extension and education, faculty of agriculture, Razi Unversity, Kermanshah , Iran.
2- Associate Professor, Department of Agricultural extension and education, faculty of agriculture, Razi Unversity, Kermanshah , Iran.

* Corresponding author email: Mirakzadeh@razi.ac.ir

Abstract

Today, due to the reduction of basic resources, rural development and the economy of rural households are facing fundamental challenges. Therefore, it is necessary to resort to development measures that have less access to basic resources. This is while villages have diverse potentials due to environmental and cultural differences, and diversifying the income of villagers is possible and the main solution is to reduce pressure on resources. In the meantime, traditional medicine, due to its nature-oriented nature, can guide the flow of the rural economy towards positive sustainable growth. This article has raised and discussed the potential of traditional medicine in the sustainable development of the rural economy for the first time. The article was conducted in a library and resource review method. The totality of the studies conducted in this article shows that traditional medicine has significant economic functions, including production boom, increasing resource efficiency, increasing added value, reducing costs, increasing income, and increasing social capital. These functions, along with indirect functions that contribute to the social and environmental dimensions of rural ecosystems, provide sustainable platforms for rural environments. Therefore, it is necessary to use this potential for the rural development of the country with a comprehensive and interdisciplinary program.

Keywords: Rural, traditional medicine, development, medicinal plants, sustainability.

تاثیر تغییر اقلیم بر گیاهان دارویی

فرخدین قزلی*
بخش تحقیقات گیاهپزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

چکیده

گیاهان دارویی با قدمتی چندهزار ساله و اثرات درمانی اثبات‌شده، نقش مهمی در ارتقاء سلامت عمومی جامعه دارند. استفاده از این منابع طبیعی به کاهش وابستگی به داروهای شیمیایی، پیشگیری از بیماری‌ها و بهبود کیفیت زندگی افراد کمک می‌کند. ایران به دلیل شرایط اقلیمی و جغرافیایی، رویشگاه گستره وسیعی از گیاهان داروئی است و در گذشته نیز منبع تولید و مصرف گیاهان داروئی بوده است لذا علاوه بر اهمیت روز افزون گیاهان داروئی در سطح جهان ، صادرات این گیاهان نیز میتواند منبع بزرگی از درآمد ارزی برای کشور باشد مطالعه در مورد واکنش گیاهان دارویی نسبت به تغییر اقلیم از نظر جنبه های دارویی و اقتصادی آنها اهمیت زیادی دارد. شواهد گوناگون حاکی از تاثیر تغییر اقلیم بر چرخه زندگی گیاهان و پراکنش انها در سطح زمین است. هرچند که هنوز تاثیر این پدیده بر مواد شیمیایی (متابولیتهای) ثانویه گیاهان دارویی به تازگی مورد توجه قرار گرفته است وهنوز به طور کامل شناخته شده نیست. این مقاله ، به طور خلاصه نگاهی بر اثر تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی دارد

واژگان کلیدی: حفاظت، متابولیتهای ثانویه، اقلیم، گیاهان دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی در زمینه‌های های مختلف پزشکی، صنعت، کشاورزی، غذا و... کاربردهای بسیاری دارند. در پزشکی (بهداشت و درمان) امید بسیاری از محققان برای درمان انواع سرطانها به گیاهان دارویی است. در صنعت نیز انواع مختلف گیاهان دارویی به کار گرفته می شوند. مثلاً امروزه ساخت انواع آفت کشهای گیاهی در دستور کار مبارزه با آفات قرار دارد و یا انواع اسانس های گیاهی که در صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی و... به کار می روند. حتی در بخش تغذیه دام و طیور نیز گیاهان دارویی کاربرد دارند. کاربرد گیاهان دارویی در صنایع داروسازی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این صنایع گیاهان دارویی به صورت تازه یا خشک مورد استفاده قرار می گیرند.

وضعیت گیاهان دارویی در ایران :

اسناد و شواهد تاریخی بسیاری گواه این واقعیت است که ایران از جمله کهن ترین تمدن های بشری است که با گیاهان دارویی آشنایی داشته و ایرانیان از جمله مردمانی هستند که سرشار از تجربه های ارزشمند در زمینه استفاده از گیاهان دارویی می باشند. ابو علی سینا طبیب مشهور ایرانی نیز با بسیاری از گیاهان دارویی آشنایی داشته و با بهره مندی از خواص درمانی آنها بسیاری از بیماران خود را مداوا نموده است. کتب پزشکی این دانشمند برجسته هنوز یکی از مهمترین مÂخذ و مراجع معتبر پزشکی در جهان به شمار می آید. در بررسی گونه های گیاهی، واژه " persica" در کنار نام علمی بسیاری از گونه ها دیده می شود که معرف ایرانی بودن آن گیاه است .گفته می شود که حدود۷۵۰۰-۸۰۰۰ گونه گیاهی در ایران

[1] Email= fghezeli@yahoo.com

وجود دارد که از این تعداد بیش از ۲۰۰ گونه دارای ارزش دارویی و اقتصادی هستند. در عین حال تعداد گیاهانی که در طب سنتی استفاده می شود بیش از صدها مورد است(فروتن، ۱۳۹۰).

واکنش گیاهان به تغییر اقلیم :

جنبه های مختلف تغییر اقلیم مانند افزایش دی‌اکسید کربن، افزایش دما و تغییر مقدار بارش، اثرات متفاوتی بر تولیدات گیاهی دارند (طباطبایی، ۱۴۰۰).

غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر:

افزایش سریعتر غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر یکی از جنبه‌های قطعی تغییر اقلیم در دهه‌های پیشروی بوده و آنچنانکه از گزارشهای اخیر میتوان دریافت، تجمع دیاکسید کربن در اتمسفر نسبت به آنچه انتظار میرفت سریعتر بوده است . Jentsch) (2007 نسبت به این افزایش غلظت، گونه های ۳ Cمثل گندم، سویا، سیبزمینی و آفتابگردانو ۴ Cمانند ذرت و سورگوم واکنش متفاوتی نشان میدهند. در حقیقت، دو برابر شدن غلظت دی اکسید کربن اتمسفر باعث افزایش فتوسنتز به میزان ۳۰ تا ۵۰ درصد در گونه های 3Cو۱۰ تا ۲۵ درصد در گونه های ۴ Cمیشود (Lobell et al., 2007).

درجه حرارت:

اثر افزایش درجه حرارت بین گونه های مختلف گیاهی، متفاوت است. درجه حرارت بهینه برای فتوسنتز برگها و رشد گیاه در گونه های ۴ Cبیشتر از گونه های ۳ Cاست. گونه های ۴ Cدر مقایسه با گونه های ۳ Cدارای کارایی بیشتر، سرعت فتوسنتز بیشتر و سرعت رشد بالاتری هستند. گونه هایی با دمای پایه بالا برای جوانه زنی، مانند ذرت، ارزن، آفتابگردان و برخی از بقولات مانند لوبیای هندی میتوانند از اثرات مثبت افزایش درجه حرارت در مناطق خنکتر بهره مند شوند. اغلب غلات ریزدانه، برخی بقولات مانند نخودفرنگی و عدس که دارای دمای پایه پایینتری هستند شاهد افزایش سرعت فنولوژی خواهند بود(Belanger ., et al., 2002) .

بارندگی

گرمایش زمین به احتمال زیاد مقدار و الگوی بارش را در سطح کره تغییر میدهد. مجموعه بارندگی سالانه در عرضهای باالای و در نزدیکی استوا افزایش مییابد، در حالیکه در مناطق نیمه حاره ای، مقدار بارش کاهش یافته و تغییرات آن بیشتر میشود. در مناطق خشک و نیمه خشک، افزایش بارندگی باعث افزایش رشد محصول شده، حال آنکه کاهش بارش میتواند تولید محصول را با محدودیت مواجه سازد. در مقابل، در مناطق مرطوب، افزایش بارندگی میتواند باعث آبگرفتگی خاک شده و رشد محصول را با مشکل مواجه سازد و یا باعث آبشویی مواد مغذی از خاکهای شنی شود. توزیع بارش نیز نقش مهمی در تعیین مقدار محصول نهایی دارد. بارندگی در زمان جوانه زنی و اطمینان از وجود منابع آب در طول دورههای شکلگیری و پر شدن دانهها، را افزایش میدهد و این مسئله بهویژه برای محصوالت یکساله اهمیت زیادی دارد

تابش خورشیدی :

کاهش تابش خورشیدی میتواند تأثیر منفی شدیدی بر تولیدات کشاورزی داشته باشد، که البته میتواند به صورت کامل یا جزئی توسط افزایش درصد پراکنش نور جبران شود کاهش تابش خورشیدی همچنین باعث کاهش پتانسیل تبخیر میشود. در مناطق دچار کمبود آب، این مسئله میتواند افزایش رطوبت موجود برای گیاه و افزایش تولید محصول را درپی داشته باشد. همچنین، کاهش تبخیر و تعرق میتواند مقدار زهکشی و آبشویی مواد مغذی را کاهش دهد)Klaring, 2013

گیاهان دارویی در معرض خطر: الگوها و مطالعات موردی

۱ .گونه‌های کوهستانی با ارتفاع بالا

مناطق آلپی و نیمه‌آلپی به‌شدت نسبت به تغییرات اقلیمی حساس هستند. افزایش حتی اندک دما می‌تواند موجب تغییرات عمده در این زیست‌بوم‌ها شود.

- **اردین**(*Nardostachys jatamansi*) ، گیاهی دیگر از منطقه هیمالیا با خواص آرام‌بخش و ضدالتهابی، در دسته گونه‌های در خطر انقراض قرار دارد و تغییرات اقلیمی فشار مضاعفی بر آن وارد کرده است.

۲ .گونه‌های سواحل و جزایر

اکوسیستم‌های جزیره‌ای معمولاً میزبان گونه‌های بومی منحصربه‌فردی هستند، اما در برابر بالا آمدن سطح دریا و شوری خاک آسیب‌پذیرند.

- گونه‌های جنگل‌های مانگرو نظیر **درخت حرا** (**Avicennia officinalis**) که در درمان بیماری‌های پوستی و تنفسی کاربرد دارند، در اثر بالا آمدن سطح دریا و تغییر الگوهای آب‌شناختی در معرض تهدید هستند .

۳ .گیاهان زیر اشکوب جنگلی

بسیاری از گیاهان دارویی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در شرایط سایه‌پسند زیر اشکوب جنگل‌ها رشد می‌کنند. جنگل‌زدایی، که با افزایش آتش‌سوزی و شدت طوفان تحت تأثیر تغییرات اقلیمی تشدید می‌شود، این زیستگاه‌ها را تهدید می‌کند.

جینسِنگ ویتنامی (*Panax vietnamensis*)، گونه‌ای نادر از جینسِنگ بومی ارتفاعات ویتنام، با تخریب زیستگاه و تغییرات اقلیمی مواجه است.

چالش‌های ناشی از تغییر اقلیم در حفاظت از گیاهان دارویی

۱- تاثیرافزایش دی اکسیدکربن بر عملکرد کمی گیاهان دارویی

آزمایشهای انجام شده در محیط های کنترل شده در مجموع یه سود عملکرد گیاهان دارویی بوده اند. مثلا افزایش بیش از حد غلظت دی اکسیدکربن سبب افرایش ورن تر برگ، ریشه و ساقه نوعی نعنا[1] و آویشن[2] شده است (Tisserat, 2002).

۲- تاثیر گرم شدن جهانی بر میزان متابولیت‌های ثانویه:

در این مورد نتایج یکسان نبوده است. افزایش درجه حرارت از یک سو سبب افرایش ترکیبات آلی فرار (Loreto et al., 2006) و از سوی دیگر باعث کاهش منتول[3] در نعنا[4] شده است (Cavaliere, 2009).

۳- تاثیرافزایش دی اکسیدکربن بر کیفیت گیاهان دارویی

[1] *Mentha spicata* L.
[2] *Thymus vulgaris* L.
[3] menthol
[4] *Mentha arvensis*

افزایش غلظت دی اکسیدکربن سبب افرایش، کاهش و یا بدون تغییر در میزان پروتئین مواد غذایی (Idso and Idso, 2001) و باعث بالارفتن میزان ویتامین C در نارنج شده است (Idso et al., 2001).

۴-تغییر دامنه پراکنش و عدم تطابق فنولوژیکی

تغییر اقلیم باعث می‌شود گونه‌ها دامنه پراکنش خود را به عرض‌های جغرافیایی بالاتر یا ارتفاعات بیشتر منتقل کنند. اما این تغییرات اغلب سریع‌تر از توانایی مهاجرت گیاهان صورت می‌گیرند. همچنین، تغییر در زمان گل‌دهی و میوه‌دهی ممکن است با حضور گرده‌افشان‌ها هماهنگ نباشد که این امر بر موفقیت تولیدمثل تأثیر منفی می‌گذارد (Selas, 2002) .

۵- فرسایش ژنتیکی

استرس‌های اقلیمی می‌توانند منجر به از بین رفتن جمعیت‌های ژنتیکی متمایز شوند. این مسئله به‌ویژه برای گیاهان دارویی خطرناک است، چرا که ترکیبات شیمیایی آن‌ها ممکن است در جمعیت‌های مختلف متفاوت باشد. از بین رفتن تنوع ژنتیکی، توانایی تولید داروهای مؤثر در آینده را محدود می‌کند (Cavaliere, 2009).

راهبردها و پاسخ‌های حفاظتی

۱ .حفاظت در زیستگاه طبیعی(In Situ Conservation)

حفاظت از گیاهان دارویی در زیستگاه‌های طبیعی مؤثرترین روش حفاظتی است. ایجاد مناطق حفاظت‌شده، جنگل‌های تحت مدیریت جوامع محلی و ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره می‌تواند گونه‌ها را در کنار روابط بوم‌شناختی‌شان حفظ کند. با این حال، تغییرات اقلیمی ممکن است شرایط این مناطق را در آینده نامناسب سازد، لذا راهبردهای حفاظتی پویا مانند گسترش یا جابجایی مناطق حفاظت‌شده ضروری است.

۲ .حفاظت خارج از زیستگاه(Ex Situ Conservation)

باغ‌های گیاه‌شناسی، بانک‌های بذر، و ذخیره‌گاه‌های کشت بافت نقشی حیاتی در حفظ منابع ژنتیکی دارند. این ذخایر، پشتیبان‌هایی در برابر انقراض هستند و امکان پژوهش درباره سازگاری با تغییرات اقلیمی و احیای گونه‌ها را فراهم می‌کنند. برنامه‌هایی مانند «بانک بذر جهانی هزاره (Millennium Seed Bank Partnership) به‌طور ویژه به جمع‌آوری گونه‌های دارویی حساس به اقلیم پرداخته‌اند.

۳ .کشت مقاوم به اقلیم

توسعه کشت تجاری یا نیمه‌طبیعی گیاهان دارویی، فشار بر جمعیت‌های طبیعی را کاهش می‌دهد. بهره‌گیری از شیوه‌هایی مانند جنگل‌زراعی (Agroforestry) و کشت در محیط های کنترل شده به افزایش مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی کمک می‌کند. اصلاح نژادی برای صفاتی مانند تحمل خشکی یا زودگل‌دهی نیز می‌تواند رویکردی بلندمدت برای مقابله با تغییرات اقلیمی باشد .

۴ .سیاست‌گذاری و مشارکت جوامع محلی

نتیجه

مطالعات نشان داده اند که تغییر اقلیم تاثیر قابل توجهی بر چرخه زندگی و پراکنش گیاهان (دارویی) دارد. بنابراین شناخت عوامل مسئول این تغییرات نیازمند انجام پژوهشهای گسترده و مستمر است. زیرا تغییر در میزان مواد شیمیایی در گیاهان دارویی، بیانگر پیامدهای بوم شناختی و تکاملی گیاهان دارویی و برهمکنش آنها با حشرات دارد.

منابع

طباطبایی، ف. ۱۴۰۰. بررسی تغییرات اقلیم و تأثیرات آن بر روی گیاهان. زیست سپهر، ۳۰-۳۸

فروتن، ل. ۱۳۹۰. دلایل رویکرد به گیاهان دارویی و ضرورت پرداختن به اقدامات، چالشها و راهکارهای مرتبط در این زمینه. همایش منطقه ای جهاد اقتصادی: رهیافتها و راهبردها.

Belanger, G., Rochette, P., Castonguay, Y., Bootsma, A., Mongrain, D., Ryan, D.A.J., 2002. Climate change and winter survival of perennial forage crops in eastern Canada. Agronomy Journal. 94, 1120-1130

Cavaliere, C., The effects of climate change on medicinal and aromatic plants. Herbal Gram, 2009. 81: p. 44-57

Idso, S. B. and Idso, K. E. 2001. Effects of atmospheric CO2 enrichment on plant constituents related to animal and human health. *Environmental and Experimental Botany* **45**: 179-199.

Idso, S. B., Kimball, B. A., Petit III G. R. Graner, L. C and Backhaus, R. A. 2000. Effects of atmospheric CO_2 enrichment on the growth and development of *Hymnocallis littoralis* and the concentrations of several antineoplastic and antiviral constituents of its bulbs. *American Journal of Botany* **87**: 769-773.

Jentsch, Anke, Jürgen Kreyling, and Carl Beierkuhnlein. "A new generation of climate-change experiments: events, not trends. Frontiers in Ecology and the Environment 5.7 (2007): 365-374

Kläring, H-P., and A. Krumbein. "The effect of constraining the intensity of solar radiation on the photosynthesis, growth, yield and product quality of tomato." Journal of Agronomy and Crop Science199.5 (2013): 351-359

Lobell, D.B., 2007. Changes in diurnal temperature range and national cereal yields. Agricultural and Forest Meteorology.145, 229- 238.

Loreto F, Barta C, Brilli F, Nogues I (2006). On the induction of volatile organic compound emissions by plants as consequence of wounding or fluctuations of light and temperature. Plant Cell Environ., 29: 1820–1828.

Selas, V., Climatic factors controlling reproduction and growth of Norway spruce in southern Norway. Canadian Journal of Forest Research, 2002. 32: p. 217-225

Tisserat, B. 2002. Influence of Ultra-High carbon dioxide levels on growth and morphogenesis of Lamiaceae species in soil. Journal of Herbs, Spices & Medicinal plants 9: 81-89

Effect of climate change on medicinal plants

Farrokhdin ghezeli
Fars agricultural research and education and natural resources center

Abstract

Medicinal plants, dating back to thousands of years , have proven therapeutic effects, play an important role in promoting the general health of society. Using these natural resources helps reduce dependence on chemical drugs, prevent diseases, and improve the quality of life of individuals. Due to its climatic and geographical conditions, iran is home to a wide range of medicinal plants and has been a source of production and consumption of medicinal plants in the past. Therefore, in addition to the increasing importance of medicinal plants worldwide, exporting these plants can also be a major source of foreign exchange income for the country. Studying the response of medicinal plants to climate change is of great importance in terms of their medicinal and economic aspects. Various evidences indicate the impact of climate change on the life cycle of plants and their distribution on the earth's surface. However, the impact of this phenomenon on secondary chemicals (metabolites) of medicinal plants has only recently been considered and is not yet fully known. This article briefly looks at the impact of climate change on the growth and performance of medicinal plants.

Keywords: conservation, secondary metabolites, climate, medicinal plants

بررسی خواص دارویی گیاه آنغوزه (*Ferula assa-foetida*) و اهمیت آن در ایران

علیرضا یوسفی[1] حسین صحابی[2]

۱ -دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی دانشگاه تربت حیدریه

۲-استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشگاه تربت حیدریه

چکیده

گیاه آنغوزه با نام‌های محلی مانند کما یکی از گیاهان دارویی شناخته شده در طب سنتی ایران و کشورهای آسیای میانه است. این گیاه به دلیل خواص دارویی منحصر به فرد خود از دیرباز در درمان بیماری‌های مختلف از جمله التهاب‌های مفصلی، مشکلات گوارشی، اضطراب، بی خوابی و عفونت‌های تنفسی مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق به بررسی دقیق خواص دارویی، ترکیبات فعال، کاربردهای پزشکی و اهمیت اقتصادی آنغوزه در ایران و جهان پرداخته می شود. نتایج تحقیقات علمی اخیر نشان داده است که ترکیبات گوگردی موجود در صمغ این گیاه نقش اصلی را در اثرات التهابی ضد باکتریایی و آرام‌بخش آن دارند. علاوه بر این، آنغوزه در صنایع دارویی، بهداشتی و آرایشی به عنوان یک ماده موثر برای تولید داروها، کرم‌ها ومکمل های غذایی استفاده می شوند. آنغوزه مهار کننده ملایم تیروزیناز است که در روشن کننده های پوست از آن استفاده می شود. و بخاطر خواص ضدمیکروبی در محصولات آکنه مفید است همچنین وجود ترکیبات گوگردی و آنتی اکسیدان ها باعثتحریک کلاژن سازی می شود.

کلمات کلیدی: صمغ، خواص دارویی، ماده موثره، ترکیبات گوگردی

مقدمه

آنغوزه گیاهی بومی از خانواده چتریان است که در مناطق خشک و نیمه خشک ایران و آسیای میانه به ویژه در استان های کرمانشاه، کردستان، یزد و خوزستان رشد می‌کند و یکی از گیاهان دارویی، مرتعی و صنعتی مهم استپ های ایران و افغانستان می‌باشد(گل محمدی،۱۳۹۲). در بررسی مزیت نسبی بهره‌برداری و صدور گیاه دارویی آنغوزه مشخص شده که استان یزد در رتبه اول قرار دارد(باقرزاده و دیگران،۱۳۸۶) طبق گزارشات در ایران حدود ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هکتار زمین به کشت آنغوزه اختصاص دارد سطح زیر کشت این گیاه در جهان، با توجه به گزارش منابع عمومی به طور کامل مشخص نیست اما به طور کلی، سطح زیرکشت جهانی آنغوزه تخمین زده می شود که در حدود ۱۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ هکتار باشد. ایران بزرگترین تولید کننده آنغوزه در جهان است که حدود ۸۰٪ از تولید جهانی آنغوزه را به خود اختصاص داده است. افغانستان و پاکستان به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. کشورهای دیگر مانند ترکمنستان، ازبکستان، تاجیکستان، هند و برخی کشور های آسیای میانه نیز به طور محدود کشت آنغوزه دارند. این گیاه به طور سنتی در طب ایرانی و همچنین طب سنتی کشور های هند و چین برای درمان بیماری های مختلف مورد استفاده قرار میگیرد. مهم ترین قسمت مورد استفاده گیاه آنغوزه، صمغ آن است که از ساقه و ریشه گیاه استخراج می شود. شیرابه آنغوزه دارای ترکیبات اسانسی و رزینی فراوان بوده و منبع درآمدی برای بهره برداران کشورمان می‌باشد(خدره زاده و دیگران،۱۳۸۶)

صمغ آنغوزه که به طور عمده از ترکیبات گوگردی، اسیدهای آمینه و مواد آنتی اکسیدان تشکیل شده است. دارای خواص درمانی و دارویی فراوانی است. این گیاه به ویژه در درمان بیماری های التهابی، عفونت های باکتریایی و ویروسی، اختلالات گوارشی و اضطراب مورد توجه قرار دارد. مهم‌ترین اثر فارماکولوژیکی صمغ آنغوزه درمان بیماری های گوارشی، خاصیت آنتی اکسیدانی و ضد سرطانی آن است (کاووسی و روشن،۱۳۹۲) که علاوه بر کاربردهای پزشکی، در صنایع مختلف مانند تولید داروهای گیاهی، مکمل های غذایی و محصولات آرایشی نیز نقش مهمی ایفا میکند.

هدف این مقاله بررسی خواص درمانی و دارویی آنغوزه و کاربرد های آن در طب سنتی و مدرن، و نقش این گیاه در صنایع دارویی و بهداشتی است. از نظر اهمیت اقتصادی کشت گیاه آنغوزه می توان به مواردی چون ارزش افزوده بالا، ظرفیت صادرات قوی، اشتغال زایی در مناطق کم‌برخوردار، کاربرد در صنایع مختلف اشاره کرد.

مواد و روش‌ها

این مقاله برای جمع آوری اطلاعات از مقالات علمی و منابع معتبر در زمینه گیاه شناسی، داروشناسی و طب سنتی استفاده شده است. علاوه بر این، مقالات پژوهشی و مطالعات تجربی جدید نیز در این تحقیق مدنظر قرار گرفته اند تا نقش آنغوزه در درمان بیماری‌ها و کاربردهای آن در صنعت دارویی مورد بررسی قرار گیرد. استخراج اسانس آنغوزه فرایند پیچیده ای است که از صمغ یا لاتکس گیاه محصول شده و از ساقه و ریشه این گیاه به دست می آید به منظور این کار کشاورزان معمولا پوست و ساقه گیاه را می خراشند، صمغ آنغوزه که مایعی چسبناک است پس از ترشح در هوای آزاد خشک و به صورت جامد و سخت در می آید. این صمغ معمولا به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای است و بوی بسیار خاصی دارد که شبیه به گوگرد یا ترکیبات بدبو است. از انجا که اسانس آنغوزه یک ترکیب پیچیده از مواد مختلف است نمی توان برای آن یک فرمول شیمیایی واحد نوشت اما ترکیبات اصلی موجود در اسانس، آسافواتیدین،آلدئیدهای گوگردی وکاروفسین می باشد.

نتایج

به طور کلی عوامل محیطی به ویژه شرایط تنش زا نقش عمده‌ای در میزان تولید گیاهان دارویی دارند. در یک منطقه با خصوصیات اقلیمی و فیزیوگرافی یکسان، تولیدات یک گونه گیاهی تحت تاثیر خصوصیات خاک قرار می گیرد (ارزانی. ۱۳۹۱). بافت خاک یکی از عواملی است که علاوه بر تاثیر در جذب مواد غذایی و میزان نفوذ پذیری و تهیه بر میزان رطوبت قابل دسترسی گیاهان موثر بوده و در پراکنش گونه‌های مختلف نقش مهمی دارد (sperty & Hacke(2002)).

یکی از مهم‌ترین خواص درمانی آنغوزه، اثرات ضد التهابی آن است. تحقیقات علمی و تجربی نشان می دهند که ترکیبات فعال موجود در صمغ آنغوزه، به ویژه ترکیبات گوگردی، می‌توانند به طور موثری التهاب های مزمن را کاهش دهند. این ویژگی باعث شده است که آنغوزه در درمان بیماری‌های التهابی مانند آرتریت روماتوئید، التهاب های مفصلی و ورم مفاصل مفید باشد. در طب سنتی ایران آنغوزه برای تسکین دردهای مفصلی و عضلانی به ویژه در بیماران مبتلا به روماتیسم و آرتریت استفاده می شود. یک مطالعه انجام شده توسط Jun et al (2014)نشان داد که عصاره آنغوزه با کاهش پروستاگلاندین ها، که عامل اصلی التهاب در بدن هستند، می تواند به طور چشمگیری درد التهاب را کاهش دهد.
آنغوزه در درمان مشکلات گوارشی نیز کاربرد فراوان دارد. صمغ این گیاه به عنوان یک محرک گوارش عمل کرده و به هضم بهتر غذا کمک می‌کند. همچنین خاصیت ضدنفخ و ضداسپاسم آنغوزه به تسکین مشکلات معده‌ای و روده ای کمک میکند. این گیاه می‌تواند در درمان سوءهاضمه، یبوست، نفخ و گاز معده موثر باشد.تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که آنغوزه می‌تواند به عنوان یک ضداسپاسم طبیعی برای کاهش گرفتگی‌های شکمی و تسکین دردهای معده عمل کند. از سوی دیگر، آنغوزه می تواند به کاهش التهاب‌های دستگاه گوارش، به ویژه در بیماران مبتلا به سندروم روده تحریک پذیر (IBS) کمک کند.
آنغوزه دارای خواص ضد باکتریایی و ضد ویروسی قوی است. ترکیبات موجود در این گیاه، به ویژه ترکیبات گوگردی، می تواند با باکتری‌های مختلف مقابله کرده و از رشد آن‌ها جلوگیری کنند. Zhou et (2016) . مطالعه‌ای نشان داد که عصاره آنغوزه قادر است با باکتری‌هایی مانند *E.coli* و Staphylococu مقابله کند. این ویژگی آنغوزه آن را به یک درمان طبیعی برای عفونت‌های تنفسی و گوارشی تبدیل کرده است. در طب سنتی، آنغوزه به عنوان یک ضدعفونی کننده طبیعی برای درمان زخم‌ها و بیماری‌های پوستی استفاده می شود. یکی از ویژگی‌های برجسته آنغوزه، خواص آرام بخش آن است. این

گیاه می تواند به کاهش اضطراب و استرس کمک کند و به ویژه در درمان بی خوابی موثر باشد. پژوهش‌ها نشان داده اند که آنغوزه می تواند سطح هورمون‌های استرس مانند کورتیزول را کاهش دهد و اثرات آرام بخشی بر سیستم عصبی مرکزی داشته باشد. در طب سنتی ایران، آنغوزه یک درمان طبیعی برای اضطراب، استرس و بی خوابی استفاده می شود. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که آنغوزه با تحریک ترشح دوپامین و سرتونین در مغز می‌تواند به بهبود خلق وخو وکاهش اضطراب کمک کند.

ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود درآنغوزه می توانند با رادیکال‌های آزاد مبارزه کند. و از آسیب های اکسیداتیو به سلول ها جلوگیری کند. این ویژگی آنغوزه به ویژه در پیشگیری از بیماری‌های قلبی، سرطان و پیری زودرس مفید است. همچنین مطالعات اخیر نشان داده اند که آنغوزه خواص ضد سرطانی دارد و می تواند در کاهش رشد سلول‌های سرطانی موثر باشد. تحقیقات جدید به ویژه در زمینه سرطان‌های کولورکتال و پستان نشان داده اند که آنغوزه می تواند با مهار رشد تومورها و تسریع مرگ سلولی برنامه ریزی شده (آپوپتوز) به عنوان یک درمان کمکی در درمان سرطان استفاده شود.

خواص درمانی آنغوزه به خاطر ترکیبات گوگردی موجود در این گیاه به ویژه آسافوتیدین به عنوان مولفه اصلی اثرات ضد التهابی، ضد باکتریایی و آرام‌بخش شناخته می شوند. این ویژگی‌ها باعث می شود که آنغوزه نه تنها در طب سنتی، بلکه در پزشکی مدرن نیز کاربرد داشته باشد.

علی رغم خواص متعدد این گیاه، هنوز تحقیقات بالینی گسترده تری نیاز است تا اثرات دقیق و به ویژه دوزهای موثر آن در درمان بیماری‌ها مشخص شود. برای مثال، در برخی از تحقیقات مشخص شده است که مصرف بالای آنغوزه ممکن است با برخی عوارض جانبی همراه باشد. بنابراین، دوز مصرفی باید با دقت تعیین شود و تحت نظارت پزشک قرارگیرد.

نتیجه‌گیری

آنغوزه یکی از گیاهان دارویی با خواص متعدد ا ست که در بسیاری از فرهنگ‌ها به ویژه در طب سنتی از آن ا ستفاده می شود. در برخی مطالعات نشان داده است که آنغوزه می‌تواند به بهبود عملکرد گوارش و کاهش دردهای مفصلی کمک کند. با این حال، نیاز است تا تحقیقات بیشتری در زمینه تاثیرات بلند مدت مصرف آنغوزه، عوارض جانبی و دوز موثر مصرف آن در موارد مختلف صورت گیرد. با توجه به فواید مختلف این گیاه، توصیه می شود که مصرف آن تحت نظر پزشک و در دوز مناسب انجام شود تا از هرگونه عوارض جانبی احتمالی جلوگیری گردد. همچنین در زمینه مواد آرایشی بهداشتی ماده موثره محصولاتی ست که برای روشن کردن پوست و کاهش لک و نقاط تیره استفاده می‌شود.

منابع

حسین جعفری،س و سپهری، ع و سلطانلو، ح و کریمیان، ع(۱۳۹۷) بررسی دفعات تیغ زنی و عوامل ادافیکی بر میزان شیره‌دهی گیاه *Ferula Pseudalliacea* در مراتع بیابانی استان یزد

- Jun. J . Lee. C. H . & Lee. J . S . (2014) "Antibacterial activity of Ferula assa-foetida extract against Gram-positive and Gram-negativ bacteria ."Journal of Etgnophrmacology . 151(2) . 594-600 [DOI: 10.1016/j.jep.2013.10.022]
-Khdemi. S. A & Ghaffari. S. m. (2020) "The effect of Ferula assa-foetida extract digestive health: Asystematic reviw." Phytotherapy .34(5) . 1049-1058[DOI: 10.1002/Ptr.6594]
- Prakash.s.&Gupta. S .(2015). *" Traditional uses and pharmacological properties*
of Ferula assa-foetida: A reviw . "International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences . 6(1). 15-19
[DOL:10.1016/j.phytochem.2015.08.009]
-Zhou.J . Shi. D. &Zhang.y . (2016) "Pharmacological propertis and potential medicinal applicationz if Ferula assa -foetide. " Pyytochemical Analysis. 27(6). 495-507

Study of the medicinal properties of Asafoetida (*Ferula assa-foetida*) and its significance in Iran

Alireza Yousefi[1] , Hossein Sahabi[2]

1 _M.Sc. Student of Agroecology, Department of Plant Production university of Torbat Heydarieh

2 _Assistant Professor, Department of Plant Production university of Torbat Heydarieh

Abstract:

The Angozah plant, known by local names such as koma is one of the well-known medicinal plants in traditional medicine in Iran and Central Asian countries. Due to its unique medicinal properties, this plant has long been used in the treatment of various ailments, including joint inflammations, digestive problems, anxiety, insomnia, and respiratory infections. This article provides a detailed review of the medicinal properties, active compounds, medical applications, and the economic importance of Angozah in Iran and the world. Recent scientific research has shown that the sulfur compounds present in the gum of this plant play a key role in its anti-inflammatory, antibacterial, and sedative effects. In addition, Angozah is used in the pharmaceutical, health, and cosmetic industries as an active ingredient in the production of medicines, creams, and dietary supplements. “Asafoetida is a mild tyrosinase inhibitor used in skin-lightening products. Its antimicrobial properties make it beneficial in acne treatments, and the presence of sulfur compounds and antioxidants helps stimulate collagen production.

Keywords: gum, medicinal properties, active ingredient, sulfur compounds

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

بررسی نظام‌مند اثرات فارماکولوژیک گیاهان دارویی بومی در مدیریت آسم

مناسادات حسینی‌آریا[۱،۱]، جلیل فرزادمهر [۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع- گیاهان دارویی و صنعتی ، دانشگاه تربت‌حیدریه.

۲- دانشیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه.

چکیده

آسم یک بیماری مزمن التهابی که سیستم تنفسی را درگیر می‌کند و نیازمند استراتژی‌های درمانی چندوجهی می‌باشد. طب سنتی منابع غنی از فرمولاسیون‌های گیاهی را ارائه می‌دهد که مکانیسم‌های آن‌ها با اهداف درمان‌های نوین (ضدالتهاب و برونکودیلاتور) هم‌پوشانی دارد. این مقاله بررسی نظام‌مند شواهد فارماکولوژیک و بالینی(RCTs) گیاهان دارویی بومی نظیر: شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra*)، زوفا (*Hyssopus officinalis*)، زعفران (*Crocus sativus*)، بنفشه‌معطر (*Viola odorata*)، تربد (*Convolvulus turpethum*)، سرخارگل (*Echinacea purpurea*) و سیاهدانه (*Nigella Sativa*) در مدیریت آسم و تنگی‌نفس مزمن می‌باشد. این مطالعه براساس جستجوی مقالات علمی در پایگاه‌های داده معتبر PubMed، Scopus، Google Scholar و متون طب‌سنتی انجام شده است. داده‌های مربوط به ترکیبات فعال گیاهی، مکانیسم‌های فارماکولوژیک و نتایج بالینی (نمرات FEV1،ACT و دوزهای مؤثر) هفت گیاه بومی در بیماران تنفسی استخراج، تجزیه و تحلیل شدند. یافته‌های قوی برای اثربخشی این گیاهان با فرمولاسیون‌های ترکیبی آن‌ها به‌عنوان درمان کمکی مشاهده شد که شامل اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی قوی ترکیباتی مانند گلیسیریزین از شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*) با خواص شبه کورتیکواستروئیدی و کروسین از زعفران (*Crocus sativus*) با خواص آنتی‌اکسیدانی، به‌طور معنی‌داری نمره کنترل آسم (ACT) و پارامترهای ریوی (FEV1) را بهبود بخشیدند. اثرات برونکودیلاتوری و خلط‌آوری زوفا (*Hyssopus officinalis*) و بنفشه معطر(*Viola odorata*)، به‌دلیل خواص ضداسپاسم و تسهیل دفع خلط، در بهبود پارامترهای ریوی (FEV1)، کاهش سرفه و خس‌خس سینه به‌ویژه در آسم خلط‌آور مؤثر بودند. تاثیر حمایت سیستمیک و ایمنی سیاهدانه (*Nigella Sativa*) منجر به بهبود قابل توجهی در نمرات کنترل‌آسم (ACT) و عملکرد ریوی (FEV1) شد. سرخارگل (*Echinacea purpurea*) با تعدیل ایمنی، ریسک تشدید آسم ناشی از عفونت‌های تنفسی فوقانی (URTIs) را کاهش داد. تربد (*Convolvulus turpethum*) نیز به‌عنوان منقی اخلاط در طب سنتی نقش حمایتی دارد. گیاهان دارویی بومی دارای مکانیسم‌های چندوجهی و هم‌افزا هستند که به‌طور همزمان التهاب، اسپاسم و تعدیل پاسخ ایمنی مجاری هوایی را هدف قرار می‌دهند. تلفیق دانش بومی با شواهد مدرن تأیید می‌کند که این گیاهان به‌ویژه (شیرین بیان، زعفران و زوفا) رویکرد درمان چندهدفی دارند و اهمیت تفاوت‌گذاری سندرمی مانند انتخاب زوفا برای آسم خلط‌آور را برجسته می‌سازد. در نتیجه، استفاده از این گیاهان به‌عنوان یک درمان کمکی ایمن و مؤثر برای بهبود کنترل آسم و عملکرد ریه (افزایش FEV1) در بیماران مبتلا به آسم مزمن کاملاً توجیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تنگی نفس، گیاهان دارویی، طب سنتی، شیرین بیان، زوفا

[۱] نویسنده مسئول: **Email: *mona.hosseini.arya @gmail.com***

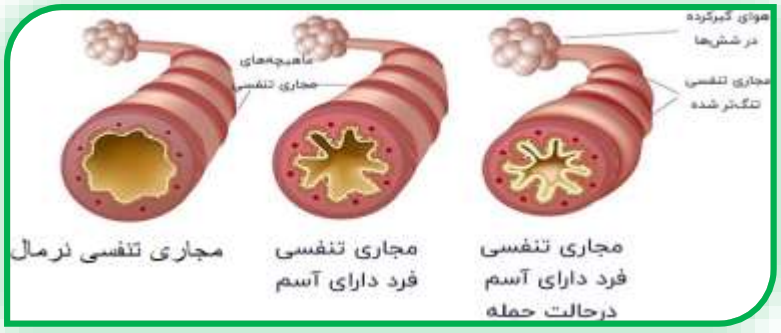
۱- مقدمه

آسم، بیماری شایع و مزمن التهابی راه‌های هوایی می‌باشد که شامل سه جزء اصلی: التهاب مزمن، برونکواسپاسم (اسپاسم عضلات صاف) و حساسیت مفرط مجاری تنفسی است؛ این عوامل منجر به تنگی نفس متناوب، خس‌خس سینه و سرفه می‌شوند که به شدت بر کیفیت زندگی بیماران تأثیر منفی می‌گذارند. فرگوسن و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که در صورت عدم درمان، حملات حاد آسم می‌تواند به دلیل ناراحتی تنفسی منجر به مرگ شود. مدیریت مؤثر آسم برای کاهش این خطرات و بهبود کیفیت زندگی بیماران ضروری است.

۱-۱- شیوع و محدودیت‌های درمانی مدرن

آسم به عنوان یک معضل سلامت عمومی در سراسر جهان شناخته می‌شود که شیوع آن در کودکان به طور فزاینده‌ای بالاتر است. شایع‌ترین فنوتایپ این بیماری، آسم آلرژیک است. چی و همکاران (۲۰۲۳) گزارش نمودند این نوع آسم، که با التهاب ائوزینوفیلی راه‌های هوایی به عنوان یکی از ویژگی‌های بارز و اصلی آن مشخص می‌شود، به طور فزاینده‌ای در سراسر جهان شیوع پیدا کرده است.

پاتوفیزیولوژی دینامیک مجاری تنفسی در آسم در (شکل ۱) به صورت مقایسه‌ای ارائه شده است. این تصویر به وضوح نشان می‌دهد که مجاری تنفسی در سه وضعیت کلیدی قرار دارند: الف) وضعیت نرمال با عضلات صاف آرام، ب) وضعیت آسم مزمن که با التهاب و ضخیم‌شدگی دیواره مشخص می‌شود؛ ج) وضعیت حمله حاد آسم که در آن انقباض شدید عضلات صاف رخ داده و منجر به تنگی شدید و انسداد مجرا و به دام افتادن هوا در آلوئول‌ها می‌شود. در واقع، بسیاری از گیاهان دارویی مورد بررسی در این مقاله، مکانیسم‌های ضدالتهابی و ضداسپاسم خود را بر روی این تغییرات پاتوفیزیولوژیک اعمال می‌کنند.



شکل ۱– مقایسه پاتوفیزیولوژی مجاری تنفسی در وضعیت نرمال، آسم مزمن (التهاب و ضخیم‌شدگی دیواره) و حمله آسم (انقباض عضلات صاف و تنگی شدید)

۱-۲- چالش‌های درمان رایج آسم و گرایش به درمان‌های مکمل و جایگزین (CAM)

در حال حاضر، کورتیکواستروئیدها و آگونیست‌های بتا-۲ معمولاً برای درمان آسم استفاده می‌شوند، با این حال، اثربخشی این داروها در بین افراد به‌طور قابل توجهی متفاوت است و استفاده طولانی مدت می‌تواند منجر به عوارض جانبی شود که محدودیت‌هایی در رعایت پروتکل‌های درمانی ایجاد می‌کند. میلر و همکاران (۲۰۲۱) گزارش نمودند که این محدودیت‌ها، نیاز به توسعه درمان هدفمند را افزایش داده است تا بخش‌های بیماری‌زای شناسایی شده را در سطح مولکولی هدف قرار دهد. استفاده از درمان‌های طبیعی مشتق شده برای آسم، قدمتی طولانی دارد؛ برای مثال، استفاده از متیل‌زانتین‌ها (کافئین)، در اوایل قرن بیستم آغاز شد. تلاش‌های تحقیقاتی کنونی بر روی درمان‌های مکمل و جایگزین (CAM) برای آسم، نشان

داده است که مداخله دارویی گیاهی ضدآسم می‌تواند التهاب ریه، بازسازی مجاری هوایی و افزایش واکنش‌پذیری عضلات صاف مجاری هوایی را کاهش دهد. این مطالعات از تلاش‌ها برای شناسایی برونکودیلاتورهای جدید و عوامل ضدالتهابی مشتق شده از منابع طبیعی حمایت می‌کنند. امالا و همکاران (۲۰۲۴) گزارش نمودند که ۷۰٪ از مبتلایان به آسم شدید، استفاده از درمان‌های مکمل و جایگزین (CAM) را برای خوددرمانی علائم آسم و تا ۴۰٪ این بیماران، از درمان‌های گیاهی برای خوددرمانی استفاده می‌کنند. تلاش‌های تحقیقاتی نیز نشان داده است که ترکیبات گیاهی ضدآسم می‌توانند التهاب ریه و حساسیت مجاری هوایی را کاهش دهند. این آمار بالا و گرایش عمومی، نیاز مبرم به استانداردسازی این منابع طبیعی را تأیید می‌کند.

۱-۳- هدف‌گیری چندوجهی با گیاهان دارویی بومی

طب سنتی ایران (TIM) و دانش بومی، رویکردی جامع مبتنی بر مزاج‌شناسی و استفاده از داروهای گیاهی چندگانه را برای مدیریت آسم دنبال می‌کنند. مکانیسم‌های عمل این گیاهان شامل اثرات ضدالتهابی، برونکودیلاتوری (گشادکنندگی برونش) و تعدیل سیستم ایمنی با نیاز روزافزون به درمان‌های هدفمند مدرن، هم‌پوشانی بالایی دارند. هدف این مقاله، تلفیق شواهد علمی نوین و دانش بومی در خصوص اثربخشی گیاهان دارویی بومی در مدیریت آسم و تنگی نفس مزمن می‌باشد.

۲- مواد و روش ها

این مطالعه بر اساس یک مرور نظام‌مند مقالات منتشرشده در پایگاه‌های داده علمی مانند PubMed، Scopus، Google Scholar و متون کهن طب سنتی انجام گرفته است. جستجوها بر روی مقالات شامل تمرکز بر استخراج داده‌های مربوط به ترکیبات فعال، مکانیسم‌های فارماکولوژیک و نتایج بالینی از جمله دوزهای مؤثر گیاهان دارویی شیرین بیان، زوفا، زعفران، بنفشه معطر، تربد، سرخارگل و سیاهدانه در زمینه آسم، تنگی نفس، برونشیت و سرفه مزمن تجزیه و تحلیل شدند.

۳- نتایج و بحث

بهترین و کامل‌ترین شواهد موجود در زمینه اثربخشی گیاهان دارویی در درمان آسم، از مرورهای نظام‌مند و متاآنالیزهای اخیر به‌دست می‌آید. این بررسی‌های سطح بالا، اثربخشی داروهای گیاهی خوراکی را به عنوان یک درمان کمکی در بیماران مبتلا به آسم ارزیابی کرده‌اند. متاآنالیزهای جامع نشان می‌دهد که استفاده مکمل از داروهای گیاهی خوراکی، در مقایسه با درمان استاندارد به‌تنهایی، منجر به بهبود قابل توجهی در عملکرد ریه می‌شود. این بهبود به‌طور خاص در شاخص FEV1 (حجم بازدم اجباری در یک ثانیه) مشاهده شده است و مهم‌تر آن‌که، این ترکیبات گیاهی عوارض جانبی قابل ملاحظه‌ای نداشته‌اند. این یافته‌ها، پتانسیل بالای داروهای گیاهی را به‌عنوان یک گزینه درمانی ایمن و مؤثر در کنار پروتکل‌های استاندارد آسم تأیید می‌کند.

۱-۳- شواهد فارماکولوژیک و کاربرد گیاهان دارویی بومی

۱-۱-۳- شواهد علمی برای مدیریت التهاب و عملکرد ریه

سیاهدانه (*Nigella sativa*)، به ویژه به‌صورت روغن یا پودر بذر، یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که کارآزمایی‌های بالینی و متاآنالیزهای اخیر، اثربخشی قوی آن را در مدیریت آسم نشان داده‌اند. هان و شی (۲۰۲۱) در یک متاآنالیز متمرکز، گزارش نمودند که استفاده مکمل از سیاهدانه تأثیرات بالینی معنی‌داری دارد؛ به‌طوری که مصرف آن با افزایش معنی‌دار نمرات کنترل آسم (ACT) همراه بوده است (SMD=0.50; p=0.01). علاوه بر این، سیاهدانه به‌طور معنی‌داری حجم بازدم

اجباری در یک ثانیه (FEV1) را افزایش داده است (SMD=1.84; p=0.04) که این یافته‌ها نقش آن را به عنوان یک برونکودیلاتور (گشادکننده برونش) و ضدالتهاب عامل بهبود کنترل بیماری تأیید می‌کند. این نتایج با مطالعات خزدیر و امیرآبادی زاده (۲۰۲۲) همسو است؛ آن‌ها گزارش نمودند که اثربخشی سیاهدانه (*Nigella sativa*) در مدیریت آسم، به‌ویژه از طریق ترکیب فعال اصلی آن، تیموکینون، به اثبات رسیده است. تیموکینون دارای خواص ضدالتهابی قوی (تعدیل ایمنی و کاهش ائوزینوفیل‌ها که عامل اصلی التهاب آلرژیک) می‌باشد. علاوه براین، تیموکینون به عنوان یک عامل برونکودیلاتوری عمل کرده و با کاهش اسپاسم عضلات صاف مجاری هوایی، در کاهش علائم و بهبود عملکرد ریه (FEV1) در بیماران آسمی مؤثر است. این شواهد، پتانسیل بالای سیاهدانه را به‌عنوان یک درمان کمکی در کنار پروتکل‌های استاندارد آسم برجسته می‌سازد. این نتایج با مطالعات فارماکولوژیک متعدد همسو است؛ در این راستا، یوکام و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند که تحقیقات فارماکولوژیک بر روی گیاهانی مانند زنجبیل (*Zingiber officinale*) نشان داده است که ترکیبات فعال آن (جینجرول‌ها و شوگائول‌ها) نیز به‌واسطه اثرات دوگانه شامل شل‌کنندگی مستقیم عضلات صاف مجاری هوایی (برونکودیلاتاسیون) و مهار مزمن التهاب از طریق تعدیل سیتوکین‌ها، پتانسیل درمانی دارند؛ در نتیجه، ترکیبات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی موجود در زنجبیل می‌توانند در بهبود آسم شدید و کاهش التهاب راه‌های هوایی مؤثر باشند.

شواهد بالینی قوی به‌ویژه برای زعفران (*Crocus sativus*) و شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)، نقش حیاتی آن‌ها را در تعدیل مکانیسم‌های التهابی آسم تأیید می‌کند. زیلایی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند که تحقیقات بالینی نشان داد مکمل‌سازی با زعفران (100 میلی‌گرم درروز به مدت هشت هفته) در بیماران مبتلا به آسم آلرژیک خفیف تا متوسط، منجر به بهبود معنی‌دار فراوانی علائم بالینی (p<0.001) و کاهش مصرف اسپری شد. این اثربخشی، که با کاهش تقریباً معنی‌دار در شدت آسم (p=0.07) همراه بود، نشان می‌دهد که زعفران یک درمان کمکی مؤثر و ایمن برای بهبود کنترل آسم است. مکانیسم این اثربخشی به ترکیبات فعال اصلی زعفران، کروسین و سافرانال نسبت داده می‌شود که دارای اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی قوی هستند و منجر به بهبود معنی‌داری در نمره آزمون کنترل آسم (ACT) و پارامترهای ریوی (FEV1 و FVC) می‌شوند. مهم‌ترین یافته بالینی آنکه، زعفران منجر به کاهش غلظت سلول‌های التهابی شامل ائوزینوفیل‌ها (p=0.06) و بازوفیل‌ها (p=0.05) شد که مستقیماً به کاهش بار التهاب آلرژیک (التهاب ائوزینوفیلی) در آسم اشاره دارد. تفسیر مکانیسمی (رویکرد چندهدفی) این اثرات نشان می‌دهد که کروسین دارای توانایی تعدیل سیتوکین‌های Th2 (IL-5 که برای بقای ائوزینوفیل‌ها حیاتی است) و تثبیت سلول‌های ماست و در مجموع یک رویکرد چندهدفی را ارائه می‌دهد. این نتایج با مطالعات مربوط به شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*) نیز همسو است؛ امین و همکاران (۲۰۲۵) گزارش نمودند که ترکیبات فلاونوئیدی آن می‌توانند باعث مهار ترشح ائوتاکسین شوند که از تجمع ائوزینوفیل‌ها در مجاری هوایی و التهاب جلوگیری می‌کند. علاوه براین، عمرو و همکاران (۲۰۲۵) گزارش نمودند که گلیسیریزین ترکیب اصلی، موجود در شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)، اثراتی شبیه به کورتیکواستروئیدها دارد و توانایی آن در مهار التهاب، همراه با خاصیت ضداسپاسم و خلط‌آوری، به بهبود معنی‌دار در نمره کنترل آسم (ACT) و کاهش سرفه کمک می‌کند.

۳-۱-۲- اهمیت تشخیص سندرم و مکانیسم‌های برونکودیلاتوری

برخی گیاهان مانند زوفا (*Hyssopus officinalis*) و بنفشه معطر(*Viola odorata*)، عملکردی برونکودیلاتوری و خلط‌آور دارند، اما اثربخشی آن‌ها به شدت به فنوتایپ بالینی آسم (سندرم) وابسته است. دانش فرد و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که شربت زوفا (5 میلی‌لیتر دو بار در روز) تنها در بیماران آسمی دارای سرفه خلط‌آور (علائم مرطوب) منجر به بهبود معنی‌دار درFEV1 و ACT شد؛ این نتیجه بر اهمیت تشخیص سندرم در طب سنتی تأکید می‌کند؛ به‌طوری که اثربخشی زوفا در سرفه خلط‌آور و تشدید علائم در سرفه خشک، لزوم انتخاب درمان بر اساس فنوتایپ بالینی بیمار را تأیید می‌کند. از سوی دیگر، بنفشه معطر (*Viola odorata*) با موسیلاژها و ساپونین‌ها، به‌عنوان نرم‌کننده سینه و خلط‌آور عمل کرده و زمان لازم

برای تسکین سرفه و خس‌خس سینه را در کودکان آسمی کاهش داده است. نتایج نیزخاصیت شل‌کنندگی عضلات صاف مجاری هوایی از طریق مهار کانال‌های کلسیمی را برای آن تأیید کرده‌اند که این یافته‌ها به اثبات رسید (قاسم زاده و همکاران، ۲۰۱۵).

۳-۱-۳- نقش حمایتی در پیشگیری و پاکسازی

برخی گیاهان دیگر، نقش حمایتی ایفا می‌کنند که به‌طورغیرمستقیم کنترل آسم را بهبود می‌بخشند. حملات آسمی غالباً توسط عفونت‌های دستگاه تنفسی فوقانی (URTIs) تحریک می‌شوند؛ در این زمینه، سرخارگل (*Echinacea purpurea*) با خواص تعدیل‌کننده ایمنی و ضدویروسی در مدیریت آسم مرتبط با عفونت‌های دستگاه تنفسی فوقانی (URTIs) در کودکان مؤثر می‌باشد. مازی و القحطانی (۲۰۲۵) گزارش نمودند که سرخارگل (*Echinacea purpurea*) کاهش چشمگیری در مدت زمان درمان، میزان بروز حملات و میزان استفاده از آنتی‌بیوتیک (RR = 0.18) برای عفونت‌های دستگاه تنفسی فوقانی (URTIs)را به همراه داشته که این امر، به‌طورغیرمستقیم، ریسک تشدید آسم را کاهش می‌دهد. در نهایت، گیاهی مانند تربد (*Operculina turpethum*) در طب سنتی عمدتاً به عنوان مسهل و منقی اخلاط غلیظ کاربرد دارد. استفاده از آن در فرمولاسیون‌های ترکیبی، در راستای پاکسازی سیستمیک است که به طور غیرمستقیم به باز شدن مجاری هوایی و کاهش تجمع خلط کمک می‌کند. شواهد بالینی مستقل برای کاربرد صرفاً ریوی تربد محدود است و اغلب در فرمولاسیون‌های ترکیبی استفاده می‌شود که این یافته‌ها به اثبات رسید (احمد و همکاران، ۲۰۲۲).

۳-۱-۴- فارماکولوژی چندهدفی و هم‌افزایی

نتایج این بررسی نظام‌مند، یک حقیقت محوری را تأیید می‌کند: گیاهان دارویی مورد استفاده در طب سنتی ایران، مدیریت آسم را از طریق یک رویکرد چندمکانیسمی و چندهدفی پشتیبانی می‌کنند که کاملاً با اهداف درمان‌های مدرن همسو می‌باشند. این رویکرد را می‌توان در سه محور مشاهده کرد: الف) ضدالتهاب و آنتی‌اکسیدان: شیرین بیان با گلیسیریزین شبه کورتیکواستروئیدی و زعفران با کروسین آنتی‌اکسیدانی که التهاب مزمن و آسیب اکسیداتیو را مهار می‌کنند. ب) برونکودیلاتور و خلط‌آور: زوفا و بنفشه معطر که با کاهش اسپاسم عضلات صاف مجاری هوایی و کمک به رقیق شدن و دفع خلط (خلط‌آور)، تنگی نفس را تسکین می‌دهند. ج) حمایت سیستمیک و ایمنی: سرخارگل با تعدیل سیستم ایمنی و کاهش عفونت‌های ویروسی (URTIs) از حملات آسمی پیشگیری می‌کند و تربد با خاصیت منقی اخلاط، پاکسازی سیستمیک را در طب سنتی هدف قرار می‌دهد. این هم‌افزایی، که در طب سنتی بر اساس ترکیب گیاهان با مکانیسم‌ها و طبع‌های متفاوت (مانند سرد و تر بنفشه در کنار گرم و خشک زوفا) در طب سنتی بنا شده است، مزیت فرمولاسیون‌های چندگیاهی را برای دستیابی به تعادل درمانی در بیماران مزمن برجسته می‌سازد. در نهایت، یافته‌های بالینی به‌ویژه در مورد زوفا ضرورت تشخیص دقیق سندرم در طب سنتی ایران را تأیید می‌کند. اثربخشی زوفا تنها در بیماران با سرفه خلط‌آور و تشدید احتمالی علائم در سرفه خشک، نشان می‌دهد که انتخاب درمان گیاهی باید دقیقاً بر اساس فنوتایپ بالینی (علائم مرطوب یا خشک) بیمار تعیین شود، که این تأکید بر تمایز سندرمی، بهینه‌سازی اثربخشی درمان‌های گیاهی را تضمین می‌کند.

۴- نتیجه گیری کلی

گیاهان دارویی بومی که در طب سنتی ایران استفاده می‌شوند، دارای مکانیسم‌های چندوجهی و هم‌افزا هستند که به‌طور همزمان التهاب، اسپاسم و تعدیل پاسخ ایمنی مجاری هوایی را هدف قرار می‌دهند. تلفیق دانش بومی با شواهد مدرن تأیید می‌کند که این گیاهان رویکرد درمان چندهدفی را به نمایش می‌گذارند و اهمیت تفاوت‌گذاری سندرمی را برجسته می‌سازند.

شواهد بالینی قوی، نقش شیرین بیان، زعفران، زوفا و بنفشه معطر را به‌عنوان درمان‌های کمکی مؤثر برای بهبود کنترل آسم، عملکرد ریه (افزایش FEV1) و کاهش علائم تنگی نفس تأیید می‌کنند؛ این یافته‌ها، پتانسیل بالای گیاهان دارویی بومی را برای تلفیق در پروتکل‌های درمانی استاندارد مدرن، به‌ویژه برای بیماران مبتلا به آسم مزمن، برجسته می‌سازند و تأکید نهایی بر این است که تحقیقات آینده باید براساس استانداردسازی دوزها و تعیین مناسب‌ترین فنوتایپ‌های بالینی برای هر گیاه (بر اساس تفاوت‌گذاری سندرمی) متمرکز شوند تا کاربرد بالینی این ترکیبات به حداکثر برسند.

۵- منابع

Ahmad, I., Siddiqui, J. I., Alam, A., Kazmi, M. H., & Zahid, U. (2022). Therapeutic Values of Frequently Used Unani Drug Turbud (Operculina turpethum (L.) Silva Manso: A Comprehensive Review. *Hippocratic Journal of Unani Medicine, 17*(1), 1-5.

Amin, A. H., Shirode, U. R., Sherov, A. G., Abo-Zaid, M. A., Ismail, A. H., & Tilwani, S. A. (2025). Ameliorative effects of Glycyrrhiza glabra L.(licorice) on animal and human pulmonary fibrosis: A review of current knowledge. *Caspian Journal of Environmental Sciences, 23*(2), 533-545.

Daneshfard, B., Amini, F., Jaladat, A. M., Momeni, B., Abdolahinia, A., Hosseinkhani, A., & Hosseini, L. (2024). Effect of Hyssop (Hyssopus officinalis) Syrup on Mild to Moderate Asthma: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial. *Tanaffos, 23*(2), 146.

Emala, C. W., Saroya, T. K., Miao, Y., Wang, S., Sang, S., & DiMango, E. A. (2024). Low-dose oral ginger improves daily symptom scores in asthma. *Pharmaceuticals, 17*(12), 1651.

Fergeson, J. E., Patel, S. S., & Lockey, R. F. (2017). Acute asthma, prognosis, and treatment. *Journal of Allergy and Clinical immunology, 139*(2), 438-447.

Han, A., & Shi, D. (2021). The efficacy of Nigella sativa supplementation for asthma control: a meta-analysis of randomized controlled studies. Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii, 38(4), 561-565.

Khazdair, M. R., & Amirabadizadeh, A. (2022). Therapeutic effects of Nigella sativa on asthma: a systematic review of clinical trial. *Physiology and Pharmacology, 26*(2), 119-126.

Mazi, A., & Alqahtani, R. M. (2025). Role of Echinacea in the management and prevention of acute respiratory tract infections in children: A systematic review of the evidence. *Journal of Family and Community Medicine, 32*(4), 273-

Miller, R. L., Grayson, M. H., & Strothman, K. (2021). Advances in asthma: new understandings of asthma's natural history, risk factors, underlying mechanisms, and clinical management. *Journal of Allergy and Clinical Immunology, 148*(6), 1430-1441.

Qasemzadeh, M. J., Sharifi, H., Hamedanian, M., Gharehbeglou, M., Heydari, M., Sardari, M., ... & Minae, M. B. (2015). The effect of Viola odorata flower syrup on the cough of children with asthma: a double-blind, randomized controlled trial. *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine, 20*(4), 287-291.

Qi, J. H., Xu, D. C., Wang, X. L., Cai, D. Y., Wang, Y., & Zhou, W. (2023). Micro-simulation insights into the functional and mechanistic understanding of glycyrrhizin against asthma. *Frontiers in Pharmacology, 14*, 1220368.

Umarov, A., Djabborov, B. I., Rakhmatova, M. R., Durdiev, N. K., Yuldashev, J. I., Suyunov, A., ... & Suyunova, Z. B. (2025). A systematic review of antioxidant and antimicrobial activities in the different extracts of Licorice as a valuable plant for ameliorating respiratory infectious disorders. *Caspian Journal of Environmental Sciences, 23*(1), 269-280.

Yocum, G. T., Hwang, J. J., Mikami, M., Danielsson, J., Kuforiji, A. S., & Emala, C. W. (2020). Ginger and its bioactive component 6-shogaol mitigate lung inflammation in a murine asthma model. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology, 318*(2), L296-L303.

Zilaee, M., Hosseini, S. A., Jafarirad, S., Abolnezhadian, F., Cheraghian, B., Namjoyan, F., & Ghadiri, A. (2019). An evaluation of the effects of saffron supplementation on the asthma clinical symptoms and asthma severity in patients

with mild and moderate persistent allergic asthma: a double-blind, randomized placebo-controlled trial. *Respiratory research, 20*(1), 39.

A Systematic Review of the Pharmacological Effects of Native Medicinal Plants in Asthma Management

Mona Sadat Hosseini-Arya[1*], Jalil Farzadmehr [2]
1- M.Sc. Graduate, Range Science and Engineering - Medicinal and Industrial Plants, Torbat Heydarieh University , Iran.
2- Associate Professor, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Torbat Heydarieh University, Iran.
* Corresponding author email: mona.hosseini.arya@gmail.com

Abstract

Asthma is a chronic inflammatory disease affecting the respiratory system, necessitating multifaceted therapeutic strategies. Traditional medicine offers rich sources of herbal formulations whose mechanisms overlap with the goals of modern treatments (anti-inflammatory and bronchodilatory effects). This article presents a systematic review of the pharmacological and clinical evidence (RCTs) of pivotal native medicinal plants, including: Licorice (*Glycyrrhiza glabra*), Hyssop (*Hyssopus officinalis*), Saffron (*Crocus sativus*), Sweet Violet (*Viola odorata*), Turpeth (*Convolvulus turpethum*), Echinacea (*Echinacea purpurea*), and Black Seed (*Nigella Sativa*), in the management of asthma and chronic dyspnea .This study was conducted through a systematic search of scientific literature in reputable databases (PubMed, Scopus, Google Scholar) and traditional medicine texts. Data pertaining to the active plant compounds, pharmacological mechanisms, and clinical outcomes (ACT scores, FEV1, and effective dosages) of the seven key native herbs in respiratory patients were extracted, analyzed, and synthesized. Strong evidence for the efficacy of these herbs, either alone or in combined formulations, as adjunctive therapy was observed. This included potent anti-inflammatory and antioxidant effects from compounds like Glycyrrhizin (from *Glycyrrhiza glabra*) with its corticosteroid-like properties, and Crocin (from *Crocus sativus*) with its antioxidant properties, which significantly improved the Asthma Control Test (ACT) score and pulmonary parameters (FEV1). The bronchodilatory and expectorant effects of Hyssop (*Hyssopus officinalis*) and Sweet Violet (*Viola odorata*) were effective in improving pulmonary parameters (FEV1), and reducing cough and wheezing, particularly in phlegmatic asthma, due to their antispasmodic properties and ability to facilitate phlegm expulsion. The supportive systemic and immune impact of Black Seed *(Nigella Sativa*) led to a significant improvement in ACT scores and lung function (FEV1). Echinacea (*Echinacea purpurea*), through immune modulation, reduced the risk of asthma exacerbation caused by Upper Respiratory Tract Infections (URTIs). Turpeth (*Convolvulus turpethum*) also holds a supportive role in traditional medicine as an eliminator of humors (phlegm). Native medicinal plants possess multifaceted and synergistic mechanisms that simultaneously target airway inflammation, spasm, and immune response modulation. The integration of indigenous knowledge with modern evidence confirms that these herbs (especially Licorice, Saffron, and Hyssop) exhibit a multi-target treatment approach, highlighting the importance of syndromic differentiation (such as selecting Hyssop for phlegmatic asthma). Consequently, the use of these herbs as a safe and effective adjunctive therapy is entirely justified for improving asthma control and lung function (FEV1 increase) in patients with chronic asthma.

Keywords: Chronic Dyspnea, Traditional Medicine, *Glycyrrhiza glabra*, *Hyssopus officinalis*.

مروری بر پتانسیل برخی از گیاهان مرتعی در درمان سرفه و هم‌سویی با دانش بومی

جلیل فرزادمهر[۱،۱]، مناسادات حسینی‌آریا [۲]

۱- دانشیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی مرتع- گیاهان دارویی و صنعتی ، دانشگاه تربت‌حیدریه.

چکیده

سرفه علامتی رایج از سیستم تنفسی که مدیریت آن اغلب نیازمند رویکرد چندوجهی است. با توجه به عوارض جانبی داروهای سنتتیک ضدسرفه، نیاز به شناسایی منابع طبیعی ایمن و مؤثر ضروری می‌باشد. این مقاله مروری با هدف بررسی پتانسیل گیاهان مرتعی بومی ایران در مدیریت سرفه و مقایسه کاربردهای سنتی آن‌ها با مکانیسم‌های فارماکولوژیک نوین انجام شده است. روش کار شامل تحلیل شواهد دانش بومی، طب سنتی ایران و مقایسه آن با مکانیسم‌های فیتوفارماکولوژیک نوین شامل تسکین‌دهنده، موکولیتیک و ضداسپاسم می‌باشد. نتایج نشان داد که مفاهیم اصلی طب سنتی نظیر نرم‌کنندگی توسط گیاهانی چون سپستان (*Cordia myxa*) و ختمی (*Althaea officinalis*) با اثرات تسکین‌دهنده سرفه و مفهوم نضج بلغم توسط گیاهانی نظیر زوفا (*Hyssopus officinalis*) و شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra*) با مکانیسم‌های موکولیتیک و خلط‌آوری مدرن مطابقت علمی دقیق دارد. گیاهانی چون فراسیون (*Marrubium vulgare*) و پرسیاوشان (*Adiantum capillus-veneris*) نیزعلاوه بر اثرات خلط‌آوری، خواص ضدعفونی‌کنندگی مجاری تنفسی و تصفیه اخلاط را ارائه می‌دهند. این هم‌سویی قوی، نشان‌دهنده رویکرد چندهدفی این گیاهان در مدیریت همزمان علائم و علل زمینه‌ای سرفه مانند ضدالتهاب، ضد ویروس و خلط‌آور توسط ترکیباتی نظیر عناب (*Ziziphus jujaba*)، فراسیون (*Marrubium vulgare*) و تخم شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) نیاز مبرم به استانداردسازی، توسعه داروهای گیاهی ایمن و مقرون‌به‌صرفه بر اساس دانش بومی را تأیید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: طب سنتی، خلط‌آور، ضدالتهاب، زوفا، شیرین بیان.

۱- مقدمه

سرفه، یک بازدم انفجاری قوی است که ترشحات و اجسام خارجی را از دستگاه تراکئوبرونشیال (نای ونایژه‌ها) خارج می‌کند و یک مکانیسم دفاعی بسیار مهم در دستگاه تنفسی فوقانی محسوب می‌شود. سرفه، شایع‌ترین علامتی است که افراد به دلیل آن به مراکز درمانی مراجعه می‌کنند. اگرچه سرفه حاد معمولاً کمتر از سه هفته طول می‌کشد و خود محدود شونده است، اما سرفه شدید و مداوم می‌تواند باعث ناراحتی شده و منجر به اختلالات خواب، درد عضلانی-اسکلتی و بی‌اختیاری ادرار شود. همچنین سرفه مداوم و مزمن (بیش از هشت هفته)، یک علامت بسیار شایع بیماری‌های ریوی است که در صورت نادیده گرفته شدن، می‌تواند احتمال بروز مشکلات جدی‌تر مانند سرطان را افزایش دهد. سرفه حاد معمولاً ناشی از عفونت‌های ویروسی و سرماخوردگی است. سه دسته دارو برای مدیریت سرفه وجود دارد که شامل خلط‌آورها، سرکوب‌کننده‌های سرفه

[۱] **نویسنده مسئول:** Email: J. farzadmehr@torbath.ac.ir

و آنتی‌هیستامین‌ها می‌شود. با این حال، مطالعات نشان می‌دهند که هیچ شواهد خوبی برای اثربخشی این داروها در برابر سرفه حاد وجود ندارد. علاوه بر این، داروهای مبتنی بر کدئین به دلیل عوارض جانبی، درحال حاضر برای کودکان زیر ۱۲ سال توصیه نمی‌شوند. این محدودیت‌ها و عوارض جانبی داروهای شیمیایی، محققان و جامعه را به سمت استفاده از درمان‌های جایگزین مؤثر، به ویژه داروهای گیاهی سوق داده است. مردم معتقدند که این داروها منشأ طبیعی دارند و عوارض جانبی کمتری نسبت به داروهای شیمیایی دارند؛ این یافته‌ها را صباغ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند. در این راستا، طب سنتی ایرانی دارای منابع غنی و طبقه‌بندی‌های خاصی برای درمان سرفه است که بر اساس مفاهیمی چون مزاج و اخلاط چهارگانه استوار می‌باشد؛ که این مطالب را زرگری (۲۰۱۸) گزارش نمود. فلورغنی ایران، به ویژه در مناطق مرتعی، منبع ارزشمندی از گیاهان دارویی است که قرن‌ها در طب سنتی برای درمان اختلالات تنفسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ این یافته‌ها را محسن زاده و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند. دانش بومی به عنوان پل ارتباطی میان فرهنگ سنتی و علم نوین، امکان مستندسازی و بررسی علمی این دانش را فراهم می‌آورد. هدف اصلی از این مقاله مروری، مقایسه دقیق و علمی مفاهیم سنتی نظیر نرم‌کنندگی سرفه و نضج بلغم با مکانیسم‌های فیتوفارماکولوژیک مدرن مانند اثر تسکین‌دهندگی، موکولیتیک و ضداسپاسم می‌باشد تا یک پل ارتباطی مستحکم میان دانش بومی و علوم مدرن ایجاد شده و گیاهان مرتعی بومی ایران با بیشترین پتانسیل درمانی معرفی شوند.

۲- مواد و روش ها

این مطالعه بر اساس یک روش مرور نظام‌مند اطلاعات در پایگاه‌های داده علمی مانند PubMed، Scopus، Google Scholar و متون معتبر اتنوفارماکولوژیک و متون اصلی طب سنتی نظیر قانون در طب و تحفه حکیم مؤمن انجام گرفت. گیاهان با کاربرد سنتی مستند در درمان سرفه، برونشیت و زکام انتخاب شدند. شواهد پیش‌بالینی و بالینی در خصوص مکانیسم‌های فیتوشیمیایی و فارماکولوژیک گیاهان منتخب تا پایان سال ۲۰۲۵ مورد تحلیل قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

گیاهان مورد مطالعه در طب سنتی با رویکرد چندهدفی به درمان سرفه می‌پردازند که این رویکرد را می‌توان در سه دسته مکانیسم اصلی دسته‌بندی کرد. دانش بومی در ایران، سرفه را بر اساس نوع اخلاط (بلغم، صفرا) دسته‌بندی کرده و درمان را بر دو محور اصلی استوار می‌سازد که با مکانیسم‌های فیتوشیمیایی مدرن تطابق دقیق دارند. در جدول (۱)، هم‌سویی مفاهیم کلیدی دانش بومی با مکانیسم‌های دارویی نوین نشان داده شده است.

۳-۱- تطبیق مکانیسم‌های بومی و نوین

جدول ۱- هم‌سویی مفاهیم کلیدی دانش بومی در درمان سرفه با معادل‌های مکانیسمی نوین

ردیف	مفهوم دانش بومی	معادل مکانیسم مدرن	هدف درمانی	گیاهان مرتعی
1	نرم‌کننده، تسکین‌دهنده	Demulcent Action اثر نرم‌کنندگی، عمل تسکین‌دهندگی (مخاط)	کاهش تحریک گلو، توقف سرفه خشک	ختمی، سپستان
2	نضج بلغم، خلط‌آور	Mucolytic / Expectorant (خلط‌آور)	رقیق‌سازی خلط و تسهیل دفع آن	زوفا، شیرین‌بیان، فراسیون
3	ضداسپاسم	Antispasmodic ضداسپاسم	شل کردن عضلات صاف مجاری تنفسی	رازیانه

۳-۲- تسکین‌دهندگی و نرم‌کنندگی سرفه خشک

مکانیسم نرم‌کنندگی سینه در طب سنتی مستقیماً با اثر تسکین‌دهندگی مطابقت دارد. این دسته از گیاهان که در دانش بومی برای سرفه‌های خشک و تحریکی توصیه می‌شدند، دارای غلظت بالایی از موسیلاژ و پلی‌ساکاریدها هستند.

سپستان (*Cordia myxa*) در طب سنتی، به عنوان یکی از قوی‌ترین نرم‌کننده‌های سینه شناخته می‌شود و کاربرد آن مستقیماً با توانایی موسیلاژ در ایجاد یک لایه محافظ بر روی مخاط ملتهب (مکانیسم Demulcent) مطابقت دارد که این یافته‌ها به اثبات رسید (محتشم و همکاران، ۲۰۲۲) و با یافته‌های محبوبی (۲۰۲۰) که گزارش نمود گیاه ختمی (*Althaea officinalis*) به دلیل پلی‌ساکاریدهای آبدوست، با ایجاد ژل بر روی مخاط ملتهب دهان، حلق و مری، رفلکس سرفه ناشی از تحریک را مهار می‌کند؛ همخوانی دارد. به طور کلی، این دو گیاه از منابع اصلی موسیلاژها و پلی‌ساکاریدها هستند؛ موسیلاژهای آن‌ها التهاب مخاطی گلو و مجاری تنفسی فوقانی را تسکین داده و برای سرفه خشک و تحریک‌آمیز بهترین درمان سنتی محسوب می‌شوند.

عناب (*Ziziphus jujaba*) علاوه بر خواص نرم‌کنندگی، دارای خواص آرامش‌بخش و کاهش‌دهنده اضطراب می‌باشد. این ویژگی‌ها کاربرد عناب را در سرفه‌های با منشأ عصبی یا سرفه‌های مکرر توجیه می‌کند و نشان‌دهنده یک رویکرد چندوجهی (تسکین مخاطی و تعدیل عصبی) برای مدیریت سرفه است که این یافته‌ها نیز به اثبات رسید (یانگ و همکاران، ۲۰۲۴)

۳-۳- گیاهان نضج‌دهنده و خلط‌آور

هدف نضج‌دهندگی، که در دانش بومی برای دفع بلغم غلیظ تعریف شده، دقیقاً معادل عملکرد موکولیتیک و خلط‌آور در فیتوشیمی مدرن می‌باشد.

گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*) با مکانیسم نضج بلغم، خلط‌آوری و همچنین اثرات ضدالتهابی، ضدباکتری و ضدویروسی نه تنها خلط را دفع می‌کند بلکه عفونت زمینه‌ای را نیز بهبود می‌نماید. دانش بومی، زوفا را برای سرفه، برونشیت و زکام به کار می‌برد؛ این عملکرد اکنون توسط اثرات چندوجهی ترکیبات روغنی آن مانند خواص ضدالتهابی و خلط‌آوری از نظر علمی تأیید شده است که این یافته ها به اثبات رسید (طاهری و همکاران، ۲۰۲۵) و با نتایج سعیدی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش نمودند که گیاه پرسیاوشان (*Adiantum capillus-veneris*) با مکانیسم نرم کردن اخلاط غلیظ و تسهیل دفع آن، در درمان برونشیت و تنگی نفس مفید بوده و همچنین در دانش بومی به عنوان تصفیه‌کننده اخلاط معده نیز کاربرد داشته است؛ همخوانی دارد.

شکل ۱ – نمایی از رویشگاه و نمونه خشک شده گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*)

شکل ۲ – نمایی از رویشگاه و نمونه خشک شده پرسیاوشان (*Adiantum capillus-veneris*)

شیرین بیان با نام علمی *Glycyrrhiza glabra* شناخته می‌شود و متعلق به خانواده Leguminosae است (وهاب و همکاران، ۲۰۲۱) گزارش نمودند. گلیسیریزین موجود در شیرین بیان ساپونینی قوی بوده که دارای فعالیت‌های موکولیتیک، خلط‌آور و ضدالتهابی قوی می‌باشد و برای آنژین، گرفتگی حنجره و رفع بیماری بلغم مفید است همچنین التهاب مجاری تنفسی را کاهش می‌دهد که این یافته ها به اثبات رسید (شستری و همکاران، ۲۰۱۷) و با نتایج بیهاری و همکاران (۲۰۲۴) گزارش نمودند که گیاه فراسیون (*Marrubium vulgare*) به‌عنوان خلط‌آور و ضدعفونی‌کننده قوی مجاری تنفسی کاربرد داشته و به دلیل ترکیبات تلخ (ماروبین)، رفلکس ترشحات برونشیال را تحریک و به دفع اخلاط کمک می‌کند؛ همخوانی دارد.

شکل ۳ – نمایی از رویشگاه و نمونه خشک شده ریشه گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)

شکل ۴ – نمایی از رویشگاه و نمونه خشک شده گیاه فراسیون (*Marrubium vulgare*)

در جدول (۲)، گیاهان مرتعی کلیدی که در دانش بومی ایران برای درمان سرفه خلط‌دار به کار می‌روند و مکانیسم‌های خلط‌آوری و نضج بلغم آن‌ها نشان داده شده است.

جدول ۲- گیاهان مرتعی کلیدی با خواص خلط‌آور و موکولیتیک در دانش بومی ایران

ردیف	گیاه مرتعی (نام علمی)	کاربرد در سرفه	ترکیبات فعال اصلی
1	زوفا (*Hyssopus officinalis*)	منضج بلغم، خلط‌آور، ضدسرفه در برونشیت	روغن‌های فرار (پینِ کامفن)، فلاونوئیدها
2	شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)	خلط‌آور قوی، موکولیتیک، ضدالتهاب حلق	گلیسیریزین (ساپونین)
3	پرسیاوشان (*Adiantum capillus-veneris*)	نرم کردن و دفع اخلاط سینه، درمان زکام و برونشیت	موسیلاژ و تانن‌ها
4	فراسیون (*Marrubium vulgare*)	خلط‌آور و ضدعفونی‌کننده مجاری تنفسی	ترکیبات تلخ (ماروبین)

۳-۴- گیاهان تقویت سیستم ایمنی و تعدیل‌کنندگی اخلاط

دانش بومی در فرمولاسیون‌های ترکیبی خود، از گیاهانی برای تقویت سیستم ایمنی و درمان علل زمینه‌ای نیز استفاده می‌کرد که یک رویکرد جامع را در مدیریت بیماری‌های تنفسی نشان می‌دهد.

عناب (*Ziziphus jujaba*) به‌دلیل ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی قوی، از طریق افزایش سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) باعث تقویت گلبول‌های سفید و کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و عوامل التهابی می‌شود این یافته ها به اثبات رسید (زاهدی و همکاران، ۲۰۲۱) و با نتایج دش و مو (۲۰۱۷) گزارش نمودند که تخم شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) حاوی موسیلاژ و ساپونین است و علاوه بر خاصیت نرم‌کنندگی، به‌عنوان مقوی عمومی و ضدالتهاب برای بازسازی بدن در دوران نقاهت پس از بیماری‌های تنفسی به کار می‌رود؛ همخوانی دارد. این رویکرد دوگانه (تقویت سیستم ایمنی، کاهش التهاب و تغذیه) در طب سنتی، به مدیریت جامع بهبودی و پیشگیری از عود بیماری کمک می‌کند.

۴- نتیجه‌گیری کلی

بررسی انجام‌شده به طور کامل سنجش علمی کاربردهای سنتی و دانش بومی گیاهان مرتعی بومی ایران را در مدیریت سرفه تأیید می‌کند. این پژوهش یک همگرایی قدرتمند را میان دانش بومی و یافته‌های نوین نشان می‌دهد؛ به‌طوری که مفاهیم سنتی نظیر نرم‌کنندگی معادل مکانیسم Demulcent مانند اثر سپستان (*Cordia myxa*) و ختمی (*Althaea officinalis*) و مفهوم نضج بلغم معادل مکانیسم‌های موکولیتیک و اکسپکتورانت مانند عملکرد زوفا (*Hyssopus officinalis*) و شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*) هستند. این هم‌سویی کلیدی، پتانسیل گیاهان چندمنظوره نظیر عناب (*Ziziphus jujaba*) و فراسیون (*Marrubium vulgare*) در مدیریت همزمان علائم و علل زمینه‌ای عفونت و التهاب را برجسته می‌سازد. در نهایت، این گنجینه مرتع به عنوان منبعی حیاتی برای توسعه داروهای ضدسرفه ایمن‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر شناخته می‌شود و نیاز مبرم به سرمایه‌گذاری بیشتر برای ارتقاء این دانش بومی به سطح کارآزمایی‌های بالینی استاندارد با دوزهای مشخص و ایمن برای استفاده در نظام طب مدرن را تأیید می‌کند.

۵- منابع

Biharee, A., Chaudhari, L., Bhartiya, S., Kori, S. K., Chaudhary, A., Dubey, D., & Yadav, A. (2024). A comprehensive study on natural products and their bioactive constituents to cure respiratory diseases. *The Natural Products Journal, 14*(2), 32-70.

Dash, P. R., & Mou, K. M. (2017). A Comprehensive Review on Five Medicinal Plants of Bangladesh. *Chemical Constituents and Uses*.

Mahboubi, M. (2020). Marsh mallow (Althaea officinalis L.) and its potency in the treatment of cough. *Complementary medicine research, 27*(3), 174-183.

Mohsenzadeh, A., Ahmadipour, S. H., Ahmadipour, S., & Asadi-Samani, M. (2016). A review of the most important medicinal plants effective on cough in children and adults. *Der Pharmacia Lettre, 8*(1), 90-96.

Mohtasham, N., Zarei Ahmadi, A., Alisamir, M., Shakiba Maram, N., & Larki, A. (2022). Preparation of Sepestan Anti-cough Syrup and Comparison of its Effectiveness With Diphenhydramine Syrup in Treating Cough in Children With Upper Respiratory Tract Infection: A Double-blind Randomized Clinical Trial. *Jundishapur Scientific Medical Journal, 21*(4), 574-585.

Sabbagh, A. J., Rasanan, F. M., Bahrami, A., Zangii, B. M., Aliasl, J., Rambod, M., & Sadeghpour, O. (2020). Acute Cough Management in Persian Medicine. *Galen Medical Journal, 9*, e1854.

Saeidi, A., Tayebi, S. M., To-Aj, O., Karimi, N., Kamankesh, S., Niazi, S., ... & Zouhal, H. (2021). Physical Activity, Natural Products, and Minerals in the SARS-CoV-2 Pandemic: An Update. *Annals of applied sport science, 9*(1), e976.

Shastry, R. A., Habbu, P. V., Rawat, P., Patil, B. S., Madagundi, S. D., & Kulkarni, V. H. (2017). Formulation and Evaluation of Anticough Herbal Preparation. *RGUHS Journal of Pharmaceutical Sciences, 7*(4).

Taheri, M., Azizi, M., & Salehi, M. (2025). Evaluating the Effect of Hyssopus Officinalis and Verbascum Thapsus Herbal Tea on SPO2 And Duration of Hospitalization in Patients with Covid-19. *J Future Med Healthcare Innovation, 3*(1), 01-09.

Wahab, S., Annadurai, S., Abullais, S. S., Das, G., Ahmad, W., Ahmad, M. F., ... & Amir, M. (2021). Glycyrrhiza glabra (Licorice): A comprehensive review on its phytochemistry, biological activities, clinical evidence and toxicology. *Plants, 10*(12), 2751.

Yang, Y. J., Kim, M. J., Lee, H. J., Lee, W. Y., Yang, J. H., Kim, H. H., ... & Park, K. I. (2024). Ziziphus jujuba miller ethanol extract restores disrupted intestinal barrier function via tight junction recovery and reduces inflammation. *Antioxidants, 13*(5), 575.

Zargari, A. (2018). Medicinal Plants of Iran. Tehran University Press.

A Review on the Potential of Selected Rangeland Plants in the Treatment of Cough and their Alignment with Indigenous Knowledge

Jalil Farzadmehr [1*], Mona Sadat Hosseini Arya [2]

1- Associate Professor, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Torbat Heydarieh University, Iran
2- M.Sc. Graduate of Rangeland Science and Engineering - Medicinal and Industrial Plants, Torbat Heydarieh University, Iran

* Corresponding author email: J. farzadmehr@torbath.ac.ir

Abstract

Cough is a common symptom of the respiratory system, and its management often requires a multifaceted approach. Given the side effects associated with synthetic antitussive drugs, the need to identify safe and effective natural sources is paramount. This review article aims to investigate the potential of native Iranian rangeland plants in cough management and compare their traditional uses with modern pharmacological mechanisms. The methodology involved analyzing evidence from Indigenous Knowledge and Traditional Iranian Medicine (T.I.M.) and comparing it with modern phytopharmacological mechanisms, including Demulcent (soothing), Mucolytic, and Antispasmodic actions.The results showed that key T.I.M. concepts, such as "softening" (Narm Konandegi) by plants like Sepestan (*Cordia myxa*) and Mallow (*Althaea officinalis*), precisely align with Demulcent effects. Furthermore, the concept of "concocting phlegm" (Nadje Balgham), supported by plants such as Hyssop (*Hyssopus officinalis*) and Licorice (*Glycyrrhiza glabra*), shows an accurate scientific correlation with modern Mucolytic and Expectorant mechanisms. Plants like Horehound (*Marrubium vulgare*) and Maidenhair Fern (*Adiantum capillus-veneris*) further offer antiseptic properties for the respiratory tract and phlegm cleansing. This strong alignment confirms the multi-target approach of these plants in simultaneously managing symptoms and underlying causes (e.g., anti-inflammatory, antiviral, and expectorant effects) through compounds like Jujube (*Ziziphus jujuba*), Horehound, and Fenugreek seed (*Trigonella foenum-graecum*). This demonstrates an urgent need for the standardization and development of safe and cost-effective herbal medicines based on Indigenous Knowledge.

Keywords: Traditional Medicine, Expectorant, Anti-inflammatory, *Hyssopus officinalis*, *Glycyrrhiza glabra*.

بررسی سمیت سلولی عصاره زعفران های تجاری بازار ایران با آزمون MTT و تحلیل ترکیبات شاخص کیفی با روش HPLC

سبیکه جوینی پور
مدرس گروه مهندسی کشاورزی ،دانشگاه ملی مهارت ،تهران،ایران
s.joveinipoor@iau-neyshabur.ac.ir

چکیده:

زعفران(*Crocus sativus* L.) یکی از ارزشمندترین ادویه‌های جهان است که به دلیل ترکیبات فعال زیستی مانند کروسین سافرانال و پیکروکروسین، خواص دارویی متعددی از جمله آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدافسردگی و به تعویق انداختن پیری دارد. با این حال، احتمال وجود آلودگی‌های شیمیایی و ناخالصی‌های ناشی از فرآیند تولید، بسته‌بندی و نگهداری می‌تواند منجر به بروز سمیت در مصرف‌کنندگان شود. هدف از این پژوهش، بررسی سمیت سلولی عصاره‌های زعفران‌های تجاری بازار ایران با استفاده از آزمون MTT و ارزیابی ترکیبات شاخص کیفی آن‌ها با روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) است. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشتر نمونه‌های زعفران دارای غلظت بالایی از ترکیبات فعال اصلی بوده و سمیت سلولی آن‌ها در محدوده بسیار پایین ومجاز ارزیابی شد. تنها تعداد بسیار محدودی از نمونه‌ها که دارای آلودگی احتمالی یا ناخالصی بودند، کاهش بقا سلولی قابل توجهی را نشان دادند .بر اساس این یافته‌ها، پایش کیفی و کنترل استاندارد زعفران‌های تجاری جهت تضمین ایمنی مصرف توصیه می‌شود

واژه‌های کلیدی: زعفران، سمیت سلولی ،ترکیبات فعال ،MTT, HPLC

مقدمه

زعفران با نام علمی *crocus sativus* گیاهی چندین ساله از خانواده زنبقیان با جام گلی مشتمل بر سه گلبرگ و سه کاسبرگ به رنگهای بنفش یا بنفش روشن مایل به ارغوانی بوده که دارای سه پرچم زرد و کلاله سه شاخه ای به رنگ قرمز پر رنگ است (serrano at, al2014) اخیرا ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در بخشهای گل این گیاه بخاطر پتانسیل کاربرد در بخش های سلامت و صنایع غذایی مورد توجه جامعه علمی قرار گرفته است (Leoniel long at , al 2025). تاکنون مقادیر مختلفی از کربوهیدرات ها از جمله مالتوز ،اینوزیتول ،سوربیتول ،متانیتول ،و عناصر معدنی مانند فسفر و منیزیوم و کلسیم و آهن و پتاسیم و مشتقات کارتنوئیدی مانند کروستین ،کروسین ،و لوتئین دی استرها و سافارانال و پیکروکروسین و کروکوساتین و ترکیبات فنولیک ،آنتوسیانین ها و فلاونوئیدها در گلبرگ زعفران گزارش شده است (serrano at ,al 2014.رنگ و عطرو طعم و آرومای زعفران بعنوان یک ادویه ممتاز به ترکیبات بیوشیمیایی آن خصوصا کروسین و کروستین و سافارنال نسبت داده میشود(cristina at ,al 2024).این ترکیبات فعال بدلیل ظرفیت بالای انتی اکسیدانی و پاکسازی رادیکال های آزاد از طریق بهبود وضعیت سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی و مهار استرس اکسیداتیو در سلول و به دنبال آن مهار اپوپتوز و التهاب شده در به تعویق انداختن روند پیری موثر هستند (فاطمه رجبیان و حسین حسین زاده ۱۴۰۳).زعفران و ترکیبات جدا شده از ان مانند کروسین و کروستین اثر ممانعت کننده روی سلولهای سرطانی دارند (Hasan Baide Bostan at , al 2016).در کنار فواید دارویی بررسی جنبه های ایمنی و سمیت زعفران نیز از اهمیت بالایی برخوردار است به ویژه در بازار ایران که تنوع تولید کنندگان و احتمال تقلب و آلودگی وجود دارد .مطالعات متعددی نشان داده است که ترکیبات اصلی زعفران مانند کروسین و سافرانال در غلظت های بالا میتوانند اثرات سمی بر برخی سلولها داشته باشند .بطوریکه کروسین و سافرانال بیشترین اثرات سمی را درغلظت های بالا روی سلولهای خونی دارند .کروسین و سافرانال و کروستین در غلظت های بالا باعث سقط جنین و نقص جنینی در مدل های حیوانی میشوند , Hassan Baide Bostan at

al 2016).تحقیقات اخیر نشان داده است که این ترکیبات در زعفران اثرات سمی بسیار ناچیزودر حد پایینی دارند (Alireza Milajerdi , Maryam Milajerdi ,2024)..لذا بررسی اثرات سمی این ترکیبات در عصاره زعفران میتواند اطلاعات ارزشمندی در خصوص ایمنی زعفران در بازارهای تجاری ایران جهت تضمین ایمنی مصرف کننده ارائه دهد .

مواد روشها :

نمونه برداری :در این پژوهش ۱۰ نمونه زعفران از بازارهای مختلف ایران :نیشابور ،مشهد ،تهران ،شیراز ،کرمان جمع آوری گردید .نمونه ها بصورت پودر همگن آماده سازی شد و در ظروف تیره و خشک نگهداری گردید .

آزمونها :برای استخراج ترکیبات فعال عصاره متانولی با نسبت ۳۰:۷۰تهیه شد وتحت امواج فراصوت قرار گرفت وسپس جهت آماده سازی برای آنالیز ترکیبات در HPLC(ستون C18)صاف گردید .وانالیز ترکیبات با HPLCانجام شد .سپس عصاره متانولی در دستگاه شیکر قرار گرفت وسپس با گرادیان افزایشی در طول موج ۴۴۰ نانومتر ترکیبات اندازه گیری گردید .(ایزو۳۶۳۲-۲ TS).

ارزیابی سمیت :برای ارزیابی سمیت سلولی عصاره های متانولی خشک شده در حلال DMSOحل شد وروی خطوط سلول های انسانی به عنوان مدل سلول های کبدی در غلظت های مختلف ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر اعمال گردید .پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون انجام شد .جذب نوری در ۵۷۰ نانومتر خوانده شد وآزمون MTTزنده مانی سلولی با روش درصد زنده مانی نسبت به کنترل منفی سلول بدون تیمار محاسبه گردید .(Masumeh fayazi at,al 2025).(با اندکی تغییر).

آنالیز آماری :تمامی آزمایشها در سه تکرار انجام گرفت و داده ها با آزمون آنالیز واریانس تحلیل شد .

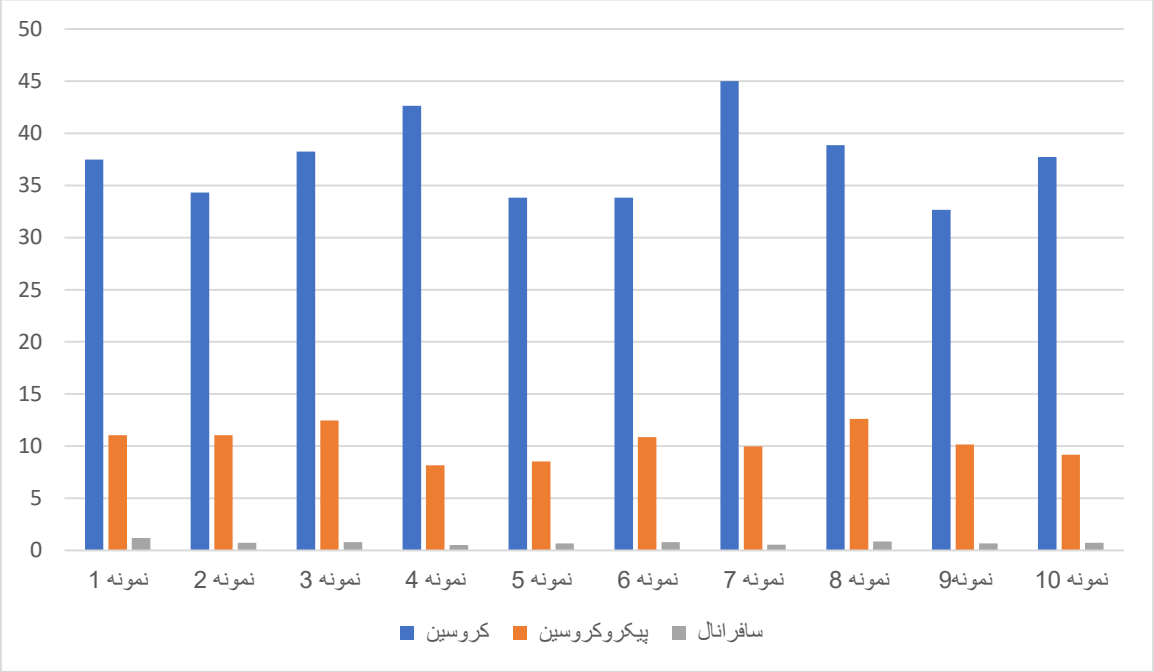
نتایج

: نتایج اندازه گیری ترکیبات اصلی عصاره زعفران :داده های حاصل از اندازه گیری ترکیبات اصلی در جدول ۱ ارائه شده است

جدول ۱ :میانگین غلظت ترکیبات شاخص در زعفران تجاری

نمونه	کروسین mg/gr	پیکروکروسین mg/gr	سافرانال mg/gr
نمونه ۱	۳۷,۴۸	۱۱,۰۷	۱,۲۰
نمونه۲	۳۴۰۳۱	۱۱,۰۷	۷۵
نمونه۳	۳۸,۲۴	۱۲,۴۸	۸۱
نمونه۴	۴۲,۶۲	۸,۱۷	۵۲
نمونه۵	۳۳,۸۳	۸,۵۵	۶۹
نمونه۶	۳۳,۸۳	۱۰,۸۸	۸۲
نمونه۷	۴۵	۹,۹۷	۵۷
نمونه۸	۳۸,۸۴	۱۲,۶۳	۸۸
نمونه۹	۳۲,۶۵	۱۰,۱۸	۶۸
نمونه۱۰	۳۷,۷۱	۹,۱۸	۷۴

نتایج حاصل از آزمون HPLCنشان داد که غلظت کروسین در نمونه ها بین ۳۲,۶۵ تا ۴۵ میلی گرم بر گرم و غلظت سافارنال بین ۵۲.تا ۱,۲۰میلی گرم بر گرم و غلظت پیکروکروسین از ۸,۱۷ تا ۱۲,۶۳ میلی گرم بر گرم می باشد که نشان دهنده کیفیت قابل قبول اغلب محصولات تجاری است



شکل ۱ :نمودار ستونی مقایسه ترکیبات اصلی در نمونه های زعفران (محور عمودی :غلظت بر حسب میلی گرم بر گرم و محور افقی :تعداد نمونه های زعفران است)

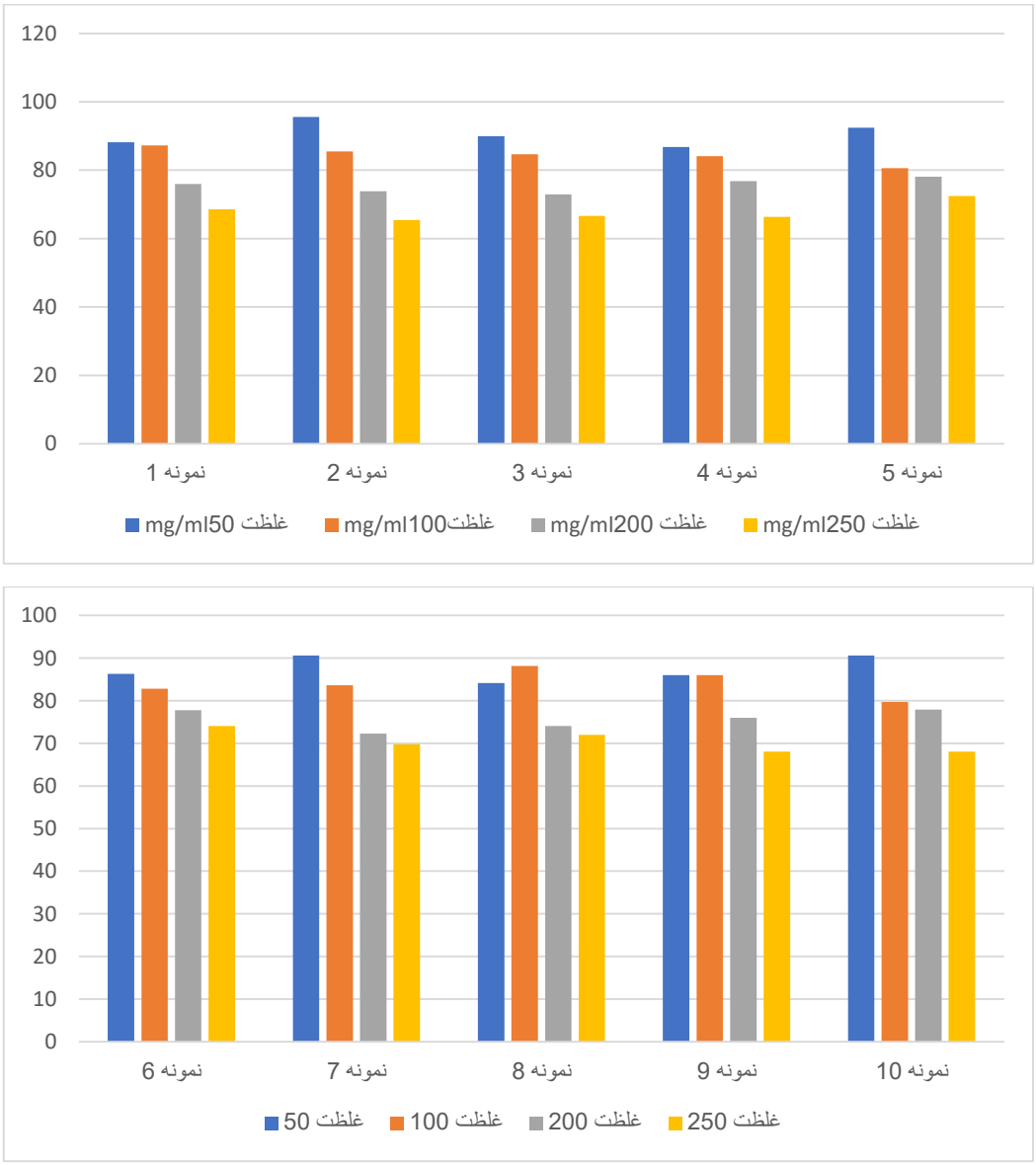
شکل فوق نشان میدهد کروسین بیشترین ترکیب و سافرانال کمترین ترکیب را در نمونه های زعفران داشته اند .

نتایج اندازه گیری درصد زنده مانی سلولی در غلظت های مختلف عصاره زعفران

جدول ۲ :درصد زنده مانی سلولی در غلظت های مختلف (۵۰ و ۱۰۰و ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر میلی لیتر) را در عصاره زعفران نشان میدهد

نمونه ها	۵۰mg/ml	۱۰۰mg/ml	۲۰۰mg/ml	۲۵۰mg/ml
نمونه۱	۸۸,۱۹	۸۷,۲۲	۷۵,۹۷	۶۸,۵۶
نمونه۲	۹۵,۵۶	۸۵,۵۱	۷۳,۸۴	۶۹,۴۴
نمونه۳	۸۹,۹۶	۸۴,۶۵	۷۲,۹۷	۶۶,۶۸
نمونه۴	۸۶,۸۳	۸۴,۱	۷۶,۸۴	۶۶۰۴۱
نمونه۵	۹۲,۴۷	۸۰,۵۶	۷۸,۰۹	۷۲,۴۴
نمونه۶	۸۶,۳۴	۸۲,۸۴	۷۷,۷۹	۷۴,۰۷
نمونه۷	۹۰,۶۳	۸۳,۶۲	۷۲,۲۸	۶۹,۷۹
نمونه۸	۸۴,۱۲	۸۸,۱۷	۷۴,۰۷	۷۲,۰۱
نمونه۹	۸۶,۰۲	۸۶,۰۳	۷۵,۹۹	۷۱,۰۸
نمونه۱۰	۹۰,۵۹	۷۹,۷۱	۷۷,۹۳	۶۸,۰۶

نتایج آزمون MTT نشان داد که بیش از ۸۰ درصد نمونه ها فاقد سمیت قابل توجه بودند ودرصد زندمانی سلولی در غلظت ۵۰ میلی گرم بر میلی لیتر بالاتر از ۹۰ درصد باقی ماند .



شکل ۲:بررسی درصد زنده مانی سلولی در غلظت های مختلف

بحث:کروسین یک ترکیب شیمیایی با ساختار زنجیره ای بلند است که شامل هیدروکربن های غیر اشباع می باشد و بیشترین حساسیت را به دما و اسیدیته و نور و اکسیژن دارد (Rodrigez at,al2014) کروسین یک ترکیب زنده فعال است که بطور طبیعی در گیاهان دارویی خصوصا زعفران یافت میشود .کروسین از لحاظ دارویی در آشفتگی مغزی یا اختلال مغزی شامل آلزایمر و پارکینسون و آسیب های مغزی و بیماری سرع مفید است .پروفایل انتی اکسیدانی کروسین نشان میدهد که این ترکیب از مراحل اکسیداسیون در غذاهای گوناگون جلوگیری می کند .توسعه فراورده های نانوایی و نوشیدنی ها ،فراورده های لبنی ،دسرها و فراورده های غلات غنی شده با زعفران نشان داد که ارزیابی حسی و ماندگاری خوب و فعالیت انتی اکسیدانی مربوط به زعفران است ()

Anwar Ali at, al 2022)نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت بالای کروسین در زعفران های تجاری ،کیفیت قابل قبولی را تایید میکند برخی نمونه ها دارای پروفایل غیر طبیعی بودند که احتمال تقلب یا آلودگی را مطرح میکند .پیکرو کروسین

یک گلوکوزید مونوترپن است که مسول طعم تلخ زعفران می باشد .سافرانال یک ترکیب فرار است که آروما را در زعفران مشخص می کند .رنگ بدست امده از آپاکارتنوئید محلول در آب از ترکیب کروسین و کروستین به عنوان استرهای قندی است که رنگ زرد را ایجاد میکند .(Cristina at, al 2024.نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت پیکروکروسین در نمونه های زعفران تجاری در محدوده ۸,۱۷ تا ۱۲,۶۳میلی گرم بر گرم و غلظت سافرانال در محدوده ۵۲. تا ۱,۲۰ میلی گرم بر گرم می باشد که نشان دهنده طعم و عطر و رنگ قابل قبول این نمونه ها می باشد .اگر چه روشهای انالیز استاندارد و ایزو گاهی اوقات نمیتواند بطور موثری کیفیت زعفران را طبقه بندی کند ،اما استاندارد ۳۶۲۲-۲و روش اسپکترومتری برای کیفیت پیکروکروسین و سافرانال و کروسین به کار میرود استفاده از استاندارد به روز رسانی شده ۳۶۳۲-۲ به وسیله روش HPLCمیتواند بطور تخمینی و مختصر

و مفید و جامع ترکیبات مولکولی اصلی مانند کروسین و پکرو کروسین و سافرانال را تعیین نماید (Cristina at,al 2024).

ارزیابی سمیت :ترکیبات کروسین و سافرانال و کروستین زعفران در غلظت های بالا باعث سقط جنین ونقص جنینی در مدل های حیوانی میشود تحقیقات مشابه نشان داده است که در غلظت های خیلی بالا سرعت سقط جنین غیر عمدی در بارداری زنانافزایش می یابد در غلظت های خیلی کم این ترکیبات فاقد سمیت می باشند .نتایج این پژوهش نشان داد که بیش از ۸۰ درصد از نمونه ها فاقد سمیت قابل توجه بودند با این حال دو نمونه کاهش معناداری در زنده مانی سلولی تا ۶۰ درصد نشان دادندکه ممکن است ناشی از وجود ناخالصی یا فلزات سنگین باشد .شکل ۲.

بررسی تحلیل آماری نشان داد که بین کاهش زنده مانی و پایین بودن نسبت کروسین و پیکروکروسین ارتباط معناداری وجود دارد $P<0.05$

نتیجه گیری:

این پژوهش نشان داد که زعفران های تجاری موجود در بازار ایران از نظر ترکیبات اصلی فعال بطورکلی دارای کیفیت قابل قبول و سمیت پایین هستند .با این حال وجود نمونه هایی با ترکیب یا اثرات زیستی غیر عادی ،لزوم کنترل کیفیت منظم و استانداردسازی فرایند تولید را متذکر می شود .بررسی تکمیلی شامل سنجش فلزات سنگین ،آفت کش ها و آزمون های ژئوتوکسیسیته نیز در آینده توصیه میگردد.

منابع

رجبیان ،ف،حسین زاده ،ح،۱۴۰۳.زعفران :کلید جوانی و تاخیر در پیری .زراعت و فناوری زعفران ۱۲(۴):۳۹۰-۳۷۱

Anwar, A, Liang, Y ,Safora, K, Waseem, KH, Maqbool, Z, Aziz, A, Sajid Arshad, M, Aadil ,R, Trif, M, Riaz ,S, Shaukat, H, Faisal, M, Hong, Q,2022, Crocin: Functional characteristics , extraction , food applications and efficacy against brain related disorders. Frontiers in Nutrition Nar9:1009807

Bidie bostan , H, Mehri, S, Hosseinzadeh , H,2016. Toxicology effects of saffron and its constituents . Iranian Journal of Basic Medical Sciences 20:110-121

Diaz, S, J, Sanchez, A, M, Martinez, Tome, M, Winter halter, P, Alonoso, G.L2014. Flavnoid determination inthequality control of flora bioresidues from Crocus sativus . Journal of Agricultural and food chemistry ,GL,3125-3133.

Fayazi , M, Sajjadi, M, Mousavi, S, Y, 2025,Cytotoxicity evalution of hydro alcoholic extract of pprangos pabularia lindi root on breast canser MCF-1 Journal Herbmed pharmacol 2025;14(1):63-70

International organization for standardization ,2010.spices- saffron (corcus sativus L.) part 2 Test Methods (Iso standardization No 3632-2:2010)

Long, L , Diton , A, Stanescu, A, Jainani, V, McArthur , S, Portau, L , Gaudoul , D, Matthew , G, Pantifex, Tesigarides , J, Steward,T,Sami, S, Muller, M, Horberger,M, Vauzour, D, Alpar, S, lazar,2025.A standardized saffron extract improves subjective and objective sleep quality in healthy older adults with sleep complaints: results from the gut -sleep-brain axis randomized duble -blind , placebo- controlled pilot study. Food funct.2025 16,6811-6832

Milajerdi,A,Milajerdi,M,2024.Saffron and cancers: systematic review, Basic and clinical Biochemistry and Nutrition .2025;1(1)39-47

Neira , R, L, Lage-yustg, M, A, Lopez Hernandez, J.,2014. Influence of culinary processing time on saffron's bioactive compounds (crocus sativus L.) plant foods Hum. Nutr 69(4),291-296

Semeniuc, C,A,Mandrioli , M, Jenica urs, M, Gallina Toschi,T,2024. Quality and authenticity of saffron and sensory aspects .International journal of Gastronomy and food science 38 (2024)1011067.

Cytotoxity Evaluation of Commerical Iranian saffron Extracts Using the MTT Assay and Determination of Quality Marker Compounds by HPLC

Sabikeh joveinipoor

Professor Department of Agriculture Engineering National University of skill, Tehran Iran

Corresponding Author:Sabikeh joveinipoor

Email: s.joveinipoor@iau-neyshabur.ac.ir | sabikeh.joveinipoor@gmail.com

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.) is one of the most valuable spices worldwide, renowned for its bioactive compounds such as crocin, safranal, and picrocrocin, which exhibit antioxidant, anti-inflammatory, antidepressant, and anti-aging properties. However, potential contamination and impurities introduced during production, packaging, or storage may pose toxicity risks to consumers. The present study aimed to investigate the cytotoxicity of commercial Iranian saffron extracts using the MTT assay and to evaluate their key quality marker compounds by high-performance liquid chromatography (HPLC). The results indicated that most saffron samples contained high concentrations of major active compounds and exhibited very low and acceptable cytotoxicity levels. Only a few samples with possible contamination or impurities showed a significant reduction in cell viability. Based on these findings, regular quality monitoring and standard control of commercial saffron products are recommended to ensure consumer safety.

Keywords: saffron, cytotoxicity, active compounds, MTT, HPLC

نقش درمانی روغن درخت بنه به‌عنوان مکمل تغذیه‌ای و دارویی در بهبود آرتروز مفصلی

بهاره فرضی [۱]، آزاده فرضی [۲]

۱- کارشناس تغذیه و دانشجوی کارشناسی ارشد رشته تغذیه ورزشی دانشگاه تبریز

۲- کارشناس تغذیه مرکز بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

ایمیل نویسنده مسئول: Bahareh.farzi@gmail.com

چکیده :

روغن درخت بنه (پسته وحشی) به عنوان یکی از فرآورده‌های ارزشمند طب سنتی ایران ، در دهه اخیر جایگاه ویژه‌ای در پژوهش‌های بین‌رشته‌ای طب سنتی، تغذیه بالینی و ارتوپدی یافته است. این مطالعه به بررسی شواهد علمی نقش روغن درخت بنه به عنوان درمان مکمل آرتروز مفصلی پرداخته است. داده‌ها از نظر طراحی مطالعه، نوع روغن، دوز مصرف، طول دوره، و شاخص‌های التهابی(CRP ، TNF-α، (IL-6، استرس اکسیداتیو(MDA) ، (TACو عملکرد بالینی(VAS) ، (WOMAC مورد استخراج و تحلیل تطبیقی قرار گرفته است. نتایج نشان دادند که روغن بنه حاوی ترکیبات زیست‌فعال متعدد شامل اولئیک اسید (۴۱٪)، لینولئیک اسید (۲۶٪)، فنول‌ها، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و بتاسیتوسترول است که دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی می‌باشند. مرور داده‌های بالینی انسانی حاکی از آن بود که مصرف روزانه ۱۰–۲۰ میلی‌لیتر روغن بنه به مدت ۸ تا ۱۲ هفته موجب کاهش معنی‌دار درد مفصلی، بهبود عملکرد حرکتی، و کاهش شاخص‌های التهابی سیستمیک می‌شود. مکانیسم‌های مولکولی این اثرات شامل مهار مسیرCOX-2 ، کاهش تولید سیتوکین‌های TNF-α وIL-1β ، جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و تحریک سنتز پروتئوگلیکان‌ها و کلاژن نوع II در بافت غضروف بود.تحلیل مقایسه‌ای با روغن‌های گیاهی دیگر مانند زیتون و سیاه‌دانه نشان داد که روغن بنه به دلیل ترکیب غنی‌تر از اسیدهای چرب غیراشباع و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، عملکرد قوی‌تری در محافظت از مفصل دارد. در نهایت، مرور حاضر تأیید می‌کند که روغن بنه، با پشتوانه شواهد علمی و ریشه در طب سنتی، می‌تواند به عنوان مکمل طبیعی ایمن و مؤثر در درمان آرتروز مفصلی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: روغن درخت بنه، آرتروز مفصلی، آنتی‌اکسیدان، التهاب، درمان مکمل

۱. مقدمه

درخت بنه[1] یکی از گونه‌های مهم جنس Pistacia است که در مناطق مدیترانه‌ای و خاورمیانه، به ویژه ایران، عراق، و بخش‌هایی از شمال آفریقا، رشد می‌کند. این درخت نقش مهمی در تغذیه و داروسازی سنتی داشته است (محجوبی و همکاران۲۰۲۵). میوه درخت بنه، که غالباً به صورت دانه‌ای روغنی مورد استفاده قرار می‌گیرد، غنی از ترکیبات بیواکتیو شامل اسیدهای چرب غیر اشباع، فنول‌ها، توکوفرول‌ها و استرول‌ها است و به عنوان یک منبع ارزشمند روغن گیاهی در طب سنتی و تغذیه مدرن شناخته می‌شود. مطالعات شیمیایی اخیر نشان داده‌اند که روغن بنه حاوی حدود ٪۴۱ اسید اولئیک و ٪۲۶,۸ اسید لینولئیک است که برای سلامت قلب و سیستم‌های ضدالتهابی اهمیت دارند (لابدلی و همکاران۲۰۱۹). علاوه بر این، روغن بنه منبع قابل توجهی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند توکوفرول و کاروتنوئیدها است که نقش مهمی در کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب دارند (الزری بلاسکاتی و همکاران ۲۰۲۲).

[1] Pistacia atlantica Desf

استخراج روغن از میوه بنه در طول تاریخ به دو صورت سنتی و مدرن انجام شده است. روش‌های سنتی شامل پرس سرد و خیساندن میوه و سپس فشردن آن برای استخراج روغن بوده است. این روش‌ها مزایای خاص خود را دارند و ترکیبات حساس به حرارت و اکسیداسیون را حفظ می‌کنند. در مقابل، روش‌های مدرن استخراج مانند سوکسله، استفاده از حلال‌ها و تکنیک‌های پیشرفته فشردن با کنترل دما، امکان استخراج با بازده بالاتر و خلوص بیشتر روغن را فراهم می‌آورند (لابدلی و همکاران ۲۰۱۹). توجه به روش استخراج اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا ترکیب اسیدهای چرب و سایر ترکیبات فعال زیستی می‌تواند تحت تأثیر شرایط استخراج قرار گیرد و اثرات درمانی روغن را در مطالعات بالینی تغییر دهد. از منظر تاریخی، کاربردهای روغن بنه در طب سنتی ایران، به عنوان تقویت‌کننده عمومی، ضدالتهاب و ترمیم‌کننده بافت‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت. در یونان باستان، روغن بنه برای تسکین دردهای مفصلی و تقویت پوست و مو به کار می‌رفته است . این کاربردهای سنتی نشان‌دهنده شناخت اولیه مردم از اثرات دارویی این گیاه است و پایه‌ای برای تحقیقات علمی مدرن فراهم می‌کند. در دهه‌های اخیر، مطالعات علمی مدرن اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی روغن بنه را تأیید کرده‌اند. به نظر می‌رسد بررسی های بالینی اولیه نشان داده‌اند که مصرف روغن بنه می‌تواند باعث کاهش شاخص‌های التهابی و بهبود کیفیت زندگی بیماران مبتلا به آرتروز زانو شود (بلادی و همکاران ۲۰۲۵). این یافته‌ها نشان می‌دهد که ترکیبات فعال موجود در روغن بنه، از جمله اسیدهای چرب غیر اشباع و فنول‌ها، می‌توانند نقش محافظتی بر غضروف و بافت مفصلی داشته باشند و به عنوان یک درمان مکمل، جایگزین یا تکمیل‌کننده درمان‌های استاندارد دارویی مطرح شوند.

با توجه به شواهد سنتی و مدرن، پرسش اصلی این مقاله مروری این است، که آیا روغن درخت بنه می‌تواند به عنوان درمان مکمل مؤثر در آرتروز مفصلی مورد استفاده قرار گیرد؟ هدف از این مرور، جمع‌بندی و تحلیل شواهد علمی منتشر شده در زمینه ترکیبات شیمیایی، مکانیسم‌های ضدالتهابی و محافظت‌کننده مفصل، و نتایج کارآزمایی‌های بالینی انسانی است. پاسخ به این پرسش می‌تواند راهنمایی علمی برای متخصصان تغذیه و طب سنتی باشد تا استفاده از روغن بنه را در مدیریت بالینی و تغذیه‌ای بیماران مبتلا به آرتروز مورد ارزیابی قرار دهند. به منظور ارائه یک تصویر جامع، این مقاله به بررسی ویژگی‌های زیستی و زیست‌محیطی درخت بنه، روش‌های استخراج و آماده‌سازی روغن، کاربردهای تاریخی و سنتی، و شواهد مدرن انسانی پرداخته است. استفاده از داده‌های کارآزمایی بالینی و مطالعات انسانی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا بسیاری از تحقیقات پیشین بر مدل‌های حیوانی انجام شده‌اند که قابل تعمیم مستقیم به انسان نیستند. بنابراین، این مرور نظام‌مند بر مطالعات انسانی متمرکز است و یافته‌های آن می‌تواند پایه علمی محکمی برای توسعه کاربردهای بالینی و تغذیه‌ای روغن بنه ارائه دهد.

۲. مواد و روش ها

این تحقیق با هدف جمع‌بندی و تحلیل شواهد موجود در زمینه اثرات روغن درخت بنه[1] به عنوان درمان مکمل در آرتروز مفصلی طراحی شد. برای انجام این مرور، از رویکرد PRISMA در انتخاب و تحلیل مطالعات انسانی استفاده شد تا با دقت اثرات بالینی و مکانیسم‌های بیولوژیک روغن بنه را ارزیابی کرد. معیارهای ورود مطالعات شامل مقالات بالینی انسانی منتشر شده بین سال‌های اخیر، تمرکز بر استفاده از روغن درخت بنه یا ترکیبات مشتق از دانه آن، و گزارش شاخص‌های بالینی و زیستی مرتبط با التهاب و استرس اکسیداتیو بود. مطالعات انتخاب شده عمدتاً کارآزمایی‌های بالینی تصادفی، کنترل‌شده و سه‌راهه (RCT) بودند که در آن‌ها مصرف روغن درخت بنه در مقایسه با روغن‌های متداول دیگر بررسی شده است. به عنوان مثال، مطالعه ساسان فر و همکاران (۲۰۲۳) ، یک کارآزمایی بالینی سه‌راهه، سه‌سو کور، با طراحی کراس‌اور بر ۷۲ بیمار مبتلا به سندرم متابولیک انجام دادند. در این مطالعه، بیماران پس از یک دوره آماده‌سازی یک‌ماهه، به صورت تصادفی در

[1] Pistacia atlantica

سه دوره هشت‌هفته‌ای روغن‌های مختلف شامل ترکیب دانه بنه و کانولا، ترکیب ذرت-کانولا با آنتی‌اکسیدان مصنوعی TBHQو ترکیب ذرت-کانولا بدون TBHQ مصرف کردند. در هر دوره، شاخص‌های آنتروپومتریک، ترکیب بدنی، فعالیت بدنی، فشار خون و رژیم غذایی ثبت شد. معیارهای اصلی اثر شامل شاخص‌های استرس اکسیداتیو مانند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرمی، وضعیت اکسیدان کل، مالون دی‌آلدهید، نیتریک اکساید و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز بود. این طراحی، امکان مقایسه مستقیم اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی روغن بنه با سایر روغن‌ها را فراهم می‌کرد و درک دقیق‌تری از مکانیسم‌های حفاظتی احتمالی آن ارائه می‌داد (ساسان فر وهمکاران ۲۰۲۳).

روش تحلیل داده‌ها در این مرور شامل استخراج اطلاعات کلیدی از هر مطالعه شامل نوع طراحی، جمعیت مورد مطالعه، میزان نمونه، دوز و مدت زمان مصرف روغن، و شاخص‌های بالینی مورد ارزیابی بود. به علاوه، مقایسه بین مطالعات با توجه به روش‌های استفاده از روغن، تفاوت‌های دوز و طول دوره مصرف، و ابزارهای اندازه‌گیری شاخص‌های بالینی و بیوشیمیایی انجام شد. در نتیجه، این مرور امکان شناسایی روندهای مشترک اثرگذاری روغن بنه بر کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب مفصلی و نیز نقاط ضعف و شکاف‌های علمی موجود را فراهم ساخت. علاوه بر این، استخراج و تحلیل داده‌ها از این مطالعات امکان بررسی اثرات دوز-وابسته، اثرات میانگین و تغییرات در شاخص‌های استرس اکسیداتیو و التهابی را فراهم کرد که به عنوان شواهد مستقیم انسانی برای کاربرد روغن بنه در درمان مکمل آرتروز مفصلی به کار گرفته شد. همچنین، مقایسه بین روش‌های مختلف تحقیقاتی نشان داد که کراس‌اور سه‌راهه به دلیل کاهش خطای بین فردی و امکان ارزیابی اثرات نسبی سه نوع روغن، به ویژه در مطالعات کوچک با جمعیت محدود، از دقت و قابلیت اعتماد بالاتری برخوردار است. این روش همچنین به پژوهشگران اجازه می‌دهد اثرات فردی و ترکیبی روغن‌ها بر شاخص‌های زیستی را با قدرت آماری مناسب ارزیابی کنند و از تاثیر عوامل مزاحم خارجی کاسته شود.

۳. نتایج و بحث

روغن درخت بنه به عنوان یک منبع طبیعی غنی از ترکیبات زیست‌فعال، توجه ویژه‌ای در طب سنتی و مکمل برای درمان آرتروز مفصلی یافته است. تحلیل ترکیبات بیوشیمیایی این روغن نشان می‌دهد که اسیدهای چرب غیراشباع، به ویژه اولئیک اسید(C18:1) ، لینولئیک اسید (C18:2) و مقدار قابل توجهی پالمیتیک اسید(C16:0) ، بخش عمده پروفایل اسیدهای چرب روغن بنه را تشکیل می‌دهند که با اثرات ضدالتهابی و محافظ غضروف در ارتباط هستند. علاوه بر اسیدهای چرب، ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در برگ، میوه و دانه‌های درخت بنه گزارش شده است که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد می‌باشند (خماسی و همکاران ۲۰۲۴). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی شامل توکوفنول‌ها، ترپن‌ها و بتاسیتوسترول به عنوان ترکیبات مکمل در تنظیم پاسخ التهابی و کاهش استرس اکسیداتیو مفصل شناخته می‌شوند این داده‌ها به وضوح نشان می‌دهند که روغن بنه یک منبع غنی و متنوع از ترکیبات زیست‌فعال است که می‌تواند در بهبود سلامت مفصل نقش موثری داشته باشد.

مکانیسم‌های اثر روغن درخت بنه در آرتروز مفصلی بر چند محور کلیدی تمرکز دارد. نخست، مهار مسیرهای التهابی-COX 2و کاهش سطوح سیتوکین‌های پروالتهابی TNF-α و IL-1β که نقش مستقیم در تخریب غضروف دارند، مشاهده شده است (سفری و همکاران ۲۰۲۲). دوم، اثرات آنتی‌اکسیدانی قوی این روغن با کاهش استرس اکسیداتیو در بافت غضروف و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، حفاظت از کندروسیت‌ها و جلوگیری از آپوپتوز آن‌ها را فراهم می‌کند(خماسی و همکاران ۲۰۲۴). سوم، تحریک سنتز پروتئوگلیکان‌ها و کلاژن نوع II توسط ترکیبات فعال روغن بنه، فرایند ترمیم غضروف را تسهیل می‌کند و باعث حفظ عملکرد مفصلی می‌شود (سفری و همکاران ۲۰۲۲). شواهد بالینی انسانی نشان می‌دهد که مصرف روغن بنه،

چه به صورت خوراکی و چه موضعی، می‌تواند شاخص‌های بالینی آرتروز را بهبود بخشد. مطالعه کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده توسط عزیزی و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که در بیماران مبتلا به آرتروز زانو، مصرف ۲۰ میلی‌لیتر روغن میوه بنه روزانه به مدت ۱۲ هفته موجب کاهش قابل توجه درد، بهبود نمرات WOMAC و کاهش شاخص‌های التهابی مانند CRP و IL-6 شد. مطالعه ساسان فر و همکاران (۲۰۲۲) نیز مصرف ترکیبی دانه بنه و روغن کانولا را در بیماران سندرم متابولیک بررسی کرد و کاهش شاخص‌های استرس اکسیداتیو و التهاب سیستمیک گزارش شد، که این یافته‌ها می‌تواند به صورت غیرمستقیم به بهبود وضعیت مفصلی کمک کند. مطالعه سفری و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که استفاده از محصول استاندارد شده از روغن بنه، در بیماران دیابتی با هیپرلیپیدمی، کاهش قابل توجه سطح لیپیدهای اکسید شده و بهبود شاخص‌های التهابی همراه است، که ضمن تقویت شواهد ضدالتهابی، به اثرات محافظتی روغن بنه بر بافت‌ها اشاره دارد.

در مقایسه با سایر روغن‌های گیاهی مشابه مانند روغن زیتون و سیاه‌دانه، روغن بنه با دارا بودن ترکیبات فنولی متنوع و نسبت بالای اسیدهای چرب غیراشباع، اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی قوی‌تری را ارائه می‌دهد (خماسی و همکاران ۲۰۲۴). این ویژگی‌ها آن را به یک گزینه بالقوه در درمان مکمل آرتروز مفصلی تبدیل می‌کند، به ویژه در شرایطی که بیماران به داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی پاسخ محدود دارند یا به دنبال کاهش عوارض جانبی دارویی هستند.

تحلیل بین‌مطالعاتی نشان می‌دهد که دوز مصرف بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌لیتر روغن روزانه و طول دوره درمان بین ۸ تا ۱۲ هفته بیشترین اثربخشی را در کاهش درد و التهاب مفصلی داشته است. مسیر مصرف خوراکی نسبت به موضعی اثرات سیستمیک بیشتری دارد، اگرچه کاربرد موضعی نیز به کاهش درد موضعی کمک می‌کند (عزیزی و همکاران ۲۰۲۳). همگرایی یافته‌ها در کاهش سطوحTNF-α ، IL-6، CRPو بهبود نمرات VAS و WOMAC مشاهده شد، شواهد موجود نشان می‌دهند که مصرف روغن بنه می‌تواند اثرات مثبتی بر درد و عملکرد مفصلی داشته باشد، هرچند تحقیقات بیشتری برای تأیید قطعی لازم است (سفری و همکاران ۲۰۲۲).

به طور کلی، ترکیب بیوشیمیایی منحصر به فرد روغن بنه با نسبت بالای اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، پایه علمی محکمی برای اثرات ضدالتهابی و محافظت غضروف فراهم می‌آورد. شواهد بالینی انسانی نیز نشان می‌دهد که مصرف منظم و دوز مناسب روغن بنه می‌تواند به کاهش درد، بهبود عملکرد مفصلی و کاهش شاخص‌های التهابی در بیماران مبتلا به آرتروز کمک کند، که اهمیت آن در طب سنتی و مکمل واضح است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، بررسی اثرات طولانی‌مدت، دوز بهینه و مقایسه با داروهای رایج صورت گیرد تا داده‌های عملی و کاربردی برای پزشکان و متخصصان طب سنتی فراهم شود.

۴. نتیجه گیری

مطالعه نظام‌مند نشان می‌دهد که روغن درخت بنه ظرفیت بالقوه‌ای برای بهبود عملکرد مفصل و کاهش التهاب در بیماران مبتلا به آرتروز مفصلی دارد. ترکیبات بیوشیمیایی آن، شامل اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، موجب کاهش استرس اکسیداتیو، مهار مسیرهای التهابی و حمایت از سلامت غضروف می‌شوند (لابدلی و همکاران ۲۰۱۹). کارآزمایی‌های کنترل‌شده نشان داده‌اند که مصرف روزانه روغن میوه یا ترکیب دانه و روغن بنه طی ۸–۱۲ هفته، درد و التهاب را کاهش داده و عملکرد مفصلی را بهبود می‌بخشد. مصرف خوراکی بیشترین اثر سیستمیک را دارد، در حالی که استفاده موضعی می‌تواند درد موضعی را کاهش دهد (عزیزی و همکاران ۲۰۲۳).

با توجه به شواهد موجود، مصرف روزانه ۱۰–۲۰ میلی‌لیتر روغن خوراکی یا ترکیب دانه و روغن و همچنین ماساژ موضعی ۵–۱۰ میلی‌لیتر روی مفصل توصیه می‌شود. ترکیب با سایر روغن‌های گیاهی و استفاده از عصاره برگ یا جوانه برگ در فرمولاسیون مکمل‌ها می‌تواند اثرات درمانی را تقویت کند (الزری بلاسکاتی و همکاران ۲۰۲۲). پایش شاخص‌های بالینی و آزمایشگاهی مانندVAS ، WOMAC، CRP و IL-6 به ارزیابی عملی اثرات کمک می‌کند (عزیزی و همکاران ۲۰۲۰). روغن بنه می‌تواند به عنوان مکمل طبیعی در مدیریت آرتروز مفید باشد و کیفیت زندگی بیماران را بهبود بخشد. مطالعات آینده باید اثرات طولانی‌مدت، دوز بهینه و مقایسه با داروهای رایج را بررسی کنند تا داده‌های عملی و کاربردی برای پزشکان و متخصصان طب سنتی فراهم شود.

۵. سپاسگزاری

با سپاس فراوان از مادرم، که با عشق و صبر بی‌پایان، همیشه پشتیبان ما بوده و الهام‌بخش تلاش‌هایمان در مسیر علمی و زندگی بوده است.

۶. منابع

Mahjoub, F., Akhavan Rezayat, K., Yousefi, M., Mohebbi, M., Salari, R., 2025. Pistacia atlantica Desf. A review of its traditional uses, phytochemicals and pharmacology. J Med Life.

Labdelli, A., Zemour, K., Simon, V., Cerny, M., Adda, A., Merah, O., 2019. Pistacia Atlantica Desf., a Source of Healthy Vegetable Oil. Applied Sciences (MDPI).

El Zerey-Belaskri, A., Belyagoubi-Benhammou, N., Benhassaini, H., 2022. From Traditional Knowledge to Modern Formulation: Potential and Prospects of Pistacia atlantica Desf. Essential and Fixed Oils Uses in Cosmetics. Cosmetics (MDPI).

Belaid, S., Nouri, T., Benaradj, A., 2025. Therapeutic properties of the Atlas pistachio tree (Pistacia atlantica Desf.) in the Naâma region (Algeria). Biodiversity

Sasanfar, B., Emrani, A. S., Zademohammadi, F., Forootani, B., Emamgholipour, S., Jambarsang, S., Khayyatzadeh, S. S., Pourrajab, F., Yasini Ardakani, S. A., Esmaillzadeh, A., Salehi-Abarghouei, A., 2023. The impact of a blend of Pistacia atlantica seed and canola oil compared with a blend of corn-canola oil with synthetic antioxidant and corn-canola oil without synthetic antioxidant on oxidative stress markers in patients with metabolic syndrome: protocol for a triple-blind, randomized, three-way cross-over clinical trial. Trials, 24: 473.

Khammassi, M., Amato, G., Caputo, L., Nazzaro, F., Fratianni, F., Kouki, H., Amri, I., Hamrouni, L., De Feo, V., 2024. Fatty Acid Profiles and Biological Activities of the Vegetable Oils of Argania spinosa, Pinus halepensis and Pistacia atlantica Grown in Tunisia: A Preliminary Study. *Molecules*, 29(1): 160.

Azizi, F., Gorji, N., Jokar, R., Rezghi, M., Shirafkan, H., Moeini, R., 2023. The effects of Pistacia atlantica Desf. Fruit oil on primary knee osteoarthritis: A randomized controlled clinical trial.

Safari Majd, F., Talebi, S. S., Nili Ahmad Abadi, A., Poorolajal, J., Dastan, D., 2022. Efficacy of a standardized herbal product from Pistacia atlantica subsp. Kurdica in type 2 diabetic patients with hyperlipidemia: a triple-blind randomized clinical trial.

Therapeutic Role of Pistacia atlantica Oil as a Nutritional and Medicinal Supplement in the Management of Osteoarthritis

Bahareh Farzi [1*], Azadeh Farzi [2]
1- B.Sc. in Nutrition and M.Sc. Student in Sports Nutrition, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- B.Sc. in Nutrition, Health Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
* Corresponding author email: Bahareh.Farzi@gmail.com

Abstract

Pistacia atlantica (wild pistachio) oil, as one of the valuable products of Persian traditional medicine, has gained considerable attention in recent decades within interdisciplinary research fields such as traditional medicine, clinical nutrition, and orthopedics. This review aimed to comprehensively evaluate scientific and traditional evidence regarding the therapeutic potential of Pistacia atlantica oil as a complementary treatment for osteoarthritis. The analysis focused on oral and topical applications of the oil and its effects on clinical and biochemical markers related to inflammation, oxidative stress, and joint function. Data were extracted based on study design, oil type, dosage, intervention duration, and relevant biomarkers, including inflammatory (CRP, TNF-α, IL-6), oxidative stress (MDA, TAC), and clinical performance indices (VAS, WOMAC). Findings revealed that Pistacia atlantica oil is rich in bioactive compounds such as oleic acid (41%), linoleic acid (26%), phenolics, tocopherols, carotenoids, and β-sitosterol, which exhibit strong antioxidant and anti-inflammatory effects. Human clinical studies demonstrated that daily consumption of 10–20 mL of the oil for 8–12 weeks significantly reduced joint pain, improved physical function, and decreased systemic inflammatory markers. At the molecular level, these effects are mediated through inhibition of the COX-2 pathway, suppression of TNF-α and IL-1β cytokines, prevention of lipid peroxidation, and stimulation of proteoglycan and type II collagen synthesis in cartilage tissue. Comparative analysis with other plant oils such as olive and black seed oils indicated superior joint-protective effects of Pistacia atlantica oil, attributable to its higher content of unsaturated fatty acids and natural antioxidants. Overall, this review supports the use of Pistacia atlantica oil as a safe and effective natural dietary supplement in the management of osteoarthritis, grounded in both traditional and modern scientific evidence.

Keywords: Pistacia atlantica oil; Osteoarthritis; Antioxidant; Inflammation; Complementary therapy

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

سیستم‌های دارو رسانی برپایه عصاره گیاه زعفران و ترکیبات نانوساختار

هانیه برقی جهرمی[1]، اسماء خوبی[2*1]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد شیمی تجزیه، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

*۲- استادیار شیمی تجزیه، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

* Corresponding author email**: a.khoobi@science.usb.ac.**ir

چکیده

زعفران به‌عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند، سرشار از ترکیبات زیست‌فعال همچون کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بوده، به‌طوری‌که خواص درمانی متعددی از جمله اثرات آنتی‌اکسیدانی قوی، ضدالتهابی، ضدسرطانی و محافظت عصبی را از خود نشان داده است. با این حال، استفاده از این ترکیبات در فرمولاسیون‌های دارویی به‌دلیل حلالیت کم، پایداری پایین و جذب ضعیف در بدن با چالش‌هایی روبرو است. این مقاله با هدف بررسی و معرفی سیستم‌های نانوساختار دارو رسانی، راهکاری نوین برای غلبه بر این محدودیت‌ها و افزایش کارایی عصاره زعفران در کاربردهای درمانی ارائه می‌دهد. ترکیب عصاره زعفران با نانوحامل‌هایی مانند نانوذرات پلیمری، لیپوزوم‌ها، نانومولسیون‌ها یا نانوذرات فلزی، امکان افزایش پایداری، بهبود حلالیت و فراهمی زیستی ترکیبات فعال آن را فراهم می‌آورد. این سیستم‌های نانوساختار علاوه بر محافظت از ترکیبات فعال در برابر تخریب، امکان هدف‌گیری دقیق‌تر بافت‌های بیمار را نیز میسر می‌سازند، به‌طوری‌که منجر به کاهش دوز مورد نیاز و عوارض جانبی احتمالی می‌شود. مطالعات انجام‌شده حاکی از توانایی این سیستم‌ها در آزادسازی کنترل‌شده ترکیبات زعفران در محل مورد نظر و افزایش اثربخشی در مدل‌های بیماری مختلف، به ویژه در حوزه‌های انکولوژی و بیماری‌های التهابی هستند. نتایج نشان می‌دهند که فرمولاسیون‌های نانوساختار عصاره زعفران می‌توانند به‌طور قابل توجهی قابلیت درمانی این گیاه دارویی را ارتقاء بخشند. توسعه سیستم‌های دارو رسانی نانوساختار برپایه عصاره زعفران، یک استراتژی امیدوارکننده به‌منظور بهره‌برداری کامل از پتانسیل درمانی این گیاه در طب نوین به‌شمار می‌رود. این فناوری نه تنها چالش‌های فرمولاسیون ترکیبات فعال زعفران را حل کرده، بلکه مسیری را برای تولید داروهای طبیعی، مؤثرتر و با عوارض جانبی کمتر هموار می‌سازد. بنابراین، تحقیقات بیشتر در این زمینه به‌منظور تجاری‌سازی و کاربرد بالینی این سیستم‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: عصاره گیاهان، زعفران، دارو رسانی، ترکیبات نانوساختار

۱. مقدمه

گیاه ارزشمند زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L، از دیرباز در طب سنتی برای درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (Mzabri et al, 2021). عصاره این گیاه سرشار از ترکیبات زیست‌فعال مهمی مانند کروسین (مسئول رنگ)، پیکروکروسین (مسئول طعم تلخ) و سافرانال (مسئول عطر) بوده که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدافسردگی

[1] نویسنده مسئول: **Email: a.khoobi@science.usb.ac.ir**

و ضدسرطانی قوی را از خود نشان داده‌اند (Sharma and Kumar, 2022). با این حال، استفاده درمانی از این ترکیبات با چالش‌هایی نظیر زیست‌فراهمی پایین، تجزیه سریع در بدن و عدم حلالیت مناسب مواجه است. در سال‌های اخیر، ظهور نانوفناوری و به‌کارگیری ترکیبات نانوساختار مانند نانوذرات پلیمری، لیپوزوم‌ها، و مایسل‌ها در سیستم‌های دارو رسانی، راهکاری امیدبخش به‌منظور غلبه بر این محدودیت‌ها ارائه کرده است. این نانوحامل‌ها با ویژگی‌هایی چون اندازه کوچک (۱ تا ۱۰۰ نانومتر)، سطح ویژه بالا و قابلیت هدف‌گیری اختصاصی، می‌توانند از ترکیبات زعفران محافظت کرده، پایداری آن‌ها را افزایش داده و رهایش کنترل‌شده‌ای را در محل مورد نظر فراهم آورند (Ezike et al, 2023).

یکی از مهم‌ترین دستاوردهای تحقیقاتی در این زمینه، استفاده از تکنیک نانوکپسوله‌سازی (Nanoencapsulation) برای حفاظت از ترکیبات فعال زعفران می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که نانوکپسوله‌سازی عصاره زعفران با دیواره‌های چندلایه پلیمری یا ترکیبات خوراکی، به‌طور چشمگیری پایداری حرارتی و پایداری در برابر نور این مواد را افزایش می‌دهد (Ahari el at, 2024). برای مثال، سنتز نانومولسیون‌ها و نانوکپسول‌ها با استفاده از روش‌هایی مانند همگن‌سازی پرفشار یا روش‌های خودآرایی (Self-assembly) توانسته است ترکیبات آب‌دوست زعفران نظیر کروسین را به‌طور مؤثرتری محبوس کرده و از تخریب زودهنگام آن‌ها در محیط‌های مختلف جلوگیری نماید. این پیشرفت‌ها نه تنها کارایی دارویی عصاره زعفران را بهبود بخشیده‌اند، بلکه امکان فرمولاسیون محصولات غذایی و دارویی با ارزش‌افزوده بالا و ماندگاری بیشتر را نیز فراهم آورده‌اند (Rashwan et al, 2023).

دستاورد محوری دیگر، تمرکز بر هدف‌گیری هوشمند دارو است. نانوساختارها می‌توانند به‌گونه‌ای مهندسی شوند که تنها در بافت‌های بیمار مانند تومورهای سرطانی یا بافت‌های التهابی تجمع یابند. این هدف‌گیری می‌تواند به‌صورت فعال (با اتصال لیگاندها به سطح نانوذرات برای شناسایی سلول‌های خاص) یا غیرفعال (استفاده از اثر افزایش نفوذپذیری و احتباس یا EPR در تومورها) صورت پذیرد (Morales et al, 2019). تحقیقات اخیر بر روی کپسوله کردن ترکیبات زعفران در نانولیپوزوم‌ها یا میسل‌های پلیمری، افزایش قابل توجهی در زیست‌فراهمی و در نتیجه، اثرات ضدتوموری و محافظت عصبی آن‌ها را در مدل‌های آزمایشگاهی نشان داده است (Mirhadi et aj, 2020). این رویکرد به ویژه در درمان سرطان اهمیت دارد، چرا که رساندن دقیق ترکیبات زعفران به سلول‌های سرطانی، می‌تواند دوز مؤثر را کاهش و عوارض جانبی بر بافت‌های سالم را به حداقل برساند. جدیدترین مطالعات همچنین به بررسی کاربردهای بالینی ترکیبات زعفران کپسوله‌شده در نانوسیستم‌ها، به ویژه در حوزه‌های نورولوژی و بیماری‌های مزمن پرداخته‌اند. برای مثال، نانوفرمولاسیون‌هایی از سافرانال برای بهبود عبور از سد خونی مغزی (BBB) و درمان بیماری‌هایی مانند آلزایمر و پارکینسون طراحی شده‌اند (Shah et al, 2025). با این حال، علی‌رغم پیشرفت‌های چشمگیر، چالش‌های مهمی در مسیر تجاری‌سازی و کاربرد بالینی وجود دارد. این چالش‌ها شامل قابلیت تولید در مقیاس بالا، کنترل کیفیت نانوذرات (اندازه و بار سطحی)، ایمنی درازمدت (توکسیسیته) و اثرات متقابل نانومواد با محیط بیولوژیک است. تحقیقات کنونی به سمت توسعه نانوسیستم‌های زیست‌تخریب‌پذیر و سازگار با محیط زیست متمایل شده‌اند، به‌طوری‌که پایداری کافی در ذخیره‌سازی و آزادسازی مطلوب در شرایط فیزیولوژیک را تضمین کنند.

با توجه به حجم رو به رشد تحقیقات انجام‌شده در زمینه تلفیق خواص درمانی عصاره زعفران و مزایای فناوری نانو در دارو رسانی، این مقاله به مطالعه طراحی و ارزیابی سیستم‌های دارو رسانی بر پایه عصاره گیاه زعفران و ترکیبات نانوساختار می‌پردازد. هدف اصلی، شناسایی نقاط قوت، نقاط ضعف و فرصت‌های تحقیقاتی آتی در این حوزه، از خواص پایه فیتوشیمیایی تا کاربردهای نانوفرمولاسیون‌ها بوده تا چشم‌اندازی روشن برای محققان و صنعت داروسازی در جهت توسعه داروهای گیاهی نوین و کارآمد برپایه زعفران ارائه گردد.

۲. انواع سیستم‌های دارو رسانی بر پایه عصاره زعفران و ترکیبات نانوساختار

۱،۲. سسیستم های برپایه نانوساختارهای سلنیوم

سرطان به عنوان یک تهدید اصلی سلامت جهانی با افزایش مداوم در میزان بروز، همچنان یک بیماری غیرواگیر ترسناک است (Goswami, 2024). با وجود گزینه‌های درمانی فزاینده، اثربخشی آن‌ها محدود بوده و اغلب به‌دلیل از بین بردن سلول‌های سالم، سمیت قابل توجه و عوارض جانبی اجتناب‌ناپذیری دارند. بنابراین، توسعه داروهای شیمی‌درمانی جدید، کارآمد و ایمن یک اولویت مهم به‌شمار می‌رود (Sohail et al, 2021).

در میان نانوسیستم‌های طراحی‌شده، نانوذرات سلنیوم (SeNPs) به‌دلیل پتانسیل خود به‌عنوان عوامل درمانی سرطان و حامل‌های دارو توجه زیادی را جلب کرده‌اند. سلنیوم (Se) به‌عنوان یک عنصر کمیاب ضروری با عملکردهای دارویی گسترده، سلول‌های سرطانی را مهار کرده و آپوپتوز را تحریک می‌کند، در حالی که سمیت سلولی کمتری نسبت به سلول‌های سالم دارد. نانوذرات سلنیوم برتر از نانوذرات دیگر مانند طلا هستند، زیرا در داخل بدن قابل تجزیه بوده و سلنیوم تجزیه‌شده می‌تواند هم به عنوان ماده مغذی و هم به عنوان عامل ضدتکثیر استفاده شود. همچنین، SeNPs از زیست‌سازگاری، اثربخشی زیستی و سمیت کمتری نسبت به ترکیبات سلنیوم معدنی و آلی برخوردار هستند (Mary et al, 2016). با توجه به این دلایل Mary و همکاران به بررسی پتانسیل SeNPs به‌عنوان حامل کروسین، یک محصول فعال اصلی زعفران با خواص ضد تومور، پرداختند. هدف آن‌ها، طراحی یک سیستم هم‌افزایی با اتصال کروسین به نانوذرات سلنیوم عامل‌دار شده با PEG (PEG-SeNPs) بوده تا اثربخشی ضدسرطانی افزایش یافته در برابر سرطان ریه حاصل شده و سمیت کاهش یابد. مکانیسم‌های مولکولی زیربنایی فعالیت ضدسرطانی درون تنی این سیستم دارو رسانی هدفمند نیز در این مطالعه بررسی شده است. از نتایج کار آن ها مشخص شده است که PEG-SeNPs آزادسازی کروسین با واسطه pH را برای درمان بالقوه سرطان نشان می‌دهد. PEG-SeNPهای متصل به کروسین، سمیت سلولی افزایش یافته بی‌سابقه‌ای را نسبت به سلول‌های سرطان ریه از طریق القای آپوپتوز نشان دادند. علاوه بر این، PEG-SeNPهای متصل به کروسین به طور قابل توجهی رشد تومور در داخل بدن را در مدل موش‌های برهنه مهار کردند. این طراحی SeNPهای هدفمند سرطان، مسیر جدیدی را برای درمان سینرژیک سرطان با اثربخشی بالاتر و عوارض جانبی کاهش یافته باز می‌کند (Mary et al, 2016).

۲,۲. سسیستم های برپایه نانوساختارهای پلیمری

یکی از متداول‌ترین استراتژی‌ها در درمان سرطان، شیمی‌درمانی است. با این حال، محدودیت‌هایی در کارایی آن وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها مقاومت چند دارویی (MDR) بوده که ناشی از بیان بیش از حد پروتئین‌های ناقل غشایی (خانواده ABC) توسط سلول‌های سرطانی می‌باشد (Murtaza et al, 2013). یکی از انواع اصلی این خانواده ناقل، خانواده پروتئین مرتبط با مقاومت چند دارویی انسان (MRP) است که شامل هفت عضو بوده و نقش مهمی در انتقال انواع مواد درون‌زا ایفا می‌کند. به‌دلیل این محدودیت‌ها، تحقیقات مختلفی در طول دهه‌های گذشته، کاندیداهای گیاهی جدیدی را با اثرات سیتوتوکسیک و توانایی غلبه بر مقاومت دارویی بررسی کرده‌اند (de Oliveira Júnior et al, 2018). زعفران حاوی سوبستراهای شیمیایی متفاوتی مانند کروسین، پیکروکروسین و سافرانال است. کروستین، که هسته مرکزی ساختار کروسین است، به‌دلیل مکانیسم عمل متفاوت، ۵ تا ۱۸ برابر اثرات سمیت سلولی بیشتری بر روی انواع مختلف سلول‌های سرطانی دارد (Kim et al, 2014). می‌توان فرض کرد که کپسوله کردن کروستین در سیستم‌های نانوذرات (NP) مناسب، مانند پلی (لاکتیک-کو-گلیکولیک اسید) (PLGA) که یک پلی‌استر زیست سازگار تأیید شده توسط FDA است، حلالیت و فراهمی زیستی آن را افزایش می‌دهد (Ma et al, 2019). انواع مختلفی از مواد شیمیایی گیاهی طبیعی نامحلول یا بسیار کم محلول با موفقیت در نانوذرات PLGA کپسوله شده و همچنین نشان داده شده است که کروستین کپسوله شده در نانوذرات PLGA (PLGA-Crt) فعالیت ضدسرطانی آن را در برابر رده سلولی سرطان سینه انسان افزایش داده و کپسوله کردن همزمان آن با دوکسوروبیسین اثرات سمیت سلولی قوی‌تری نشان داده است (Narvekar et al, 2014). بر اساس این نتایج، Neyshaburinezhad و همکاران مطالعه خود را با هدف ارزیابی اثر کروستین کپسوله شده در نانوذرات PLGA بر بروز مقاومت دارویی چندگانه در رده سلولی بیش بیان کننده MRP2 تخمدان انسان و فرم والدی آن انجام دادند. از نتایج کار آن‌ها مشخص شده است که نانوذرات PLGA-

Crt نقش خود را در مهار مقاومت چند دارویی در سلول‌های سرطان تخمدان انسان با سرکوب بیان ژن ناقل‌های MRP2 و عملکرد خروج دارو ایفا می‌کند. نتایج نشان داده است که کپسوله کردن کروستین در نانوذرات PLGA می‌تواند اثرات ضد سرطانی آن را با افزایش اثر سمیت سلولی، مهار بیان و عملکرد ژن MRP2 افزایش دهد (Neyshaburinezhad et al, 2019).

همچنین لنگرودی و همکارانش اثربخشی نانوذرات PLGA حاوی دوکسوروبیسین و کروستین را بر روی سلول‌های MCF-7 بررسی کرده‌اند (Langroodi et al, 2016). نانوذرات PLGA شامل دوکسوروبیسین و کروستین از پتانسیل ضدسرطانی برخوردار هستند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تاکنون نانوساختارهایی از اجزای زعفران (کروسین، کروستین و سافرانال) ساخته شده‌اند که حاوی حامل‌های پلیمری مانند کیتوسان (Cs)، آلژینات سدیم (جلبک)، لاکتیک-کو-گلیکولیک اسید (PLGA) و حامل‌های لیپیدی هستند. با این حال، برای گنجاندن این یافته‌ها در کاربردهای بالینی، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است (Mirhadi et al, 2020).

همچنین، Alinavaz و همکاران در مطالعه خود، حامل‌های دوگانه نسبتاً سبز، مغناطیسی و هوشمند برپایه بیوپلیمرهای حساس به pH، یعنی کربوکسی متیل سلولز (CMC) وکیتوسان، برای فعال‌سازی بارگیری یا رهایش کنترل‌شده همزمان ترکیبات زیست‌فعال سونیتینیب مالات (STM) ضدسرطان و زعفران (SAF) توسعه داده‌اند. نتایج کار آن‌ها نشان داده است که درصد آزادسازی نانوکامپوزیت‌های زیستی با غلظت پایین mCMC بیشتر از نانوکامپوزیت‌های زیستی با غلظت بالاتر mCMC بوده است. داده‌های سینتیک آزادسازی با استفاده از مدل‌های هیگوچی و کورس‌مایر-پپاس برازش داده شده‌اند. mCMC/CTS بارگذاری شده با STM و SAF، در زمینه خواص سیتوتوکسیک و ضدباکتریایی در برابر سلول‌های سرطان سینه MCF-7 و باکتری S. aureus بررسی شده و نشان داده‌اند که حامل تولید شده ظریفت بسیار خوبی را برای آزادسازی دارو دارا می.باشد (Alinavaz et al, 2022).

۳,۲. سسیستم های برپایه نانوساختارهای لیپیدی جامد (SLN)

پیشرفت در سیستم‌های دارو رسانی برپایه فناوری نانو منجر به پیشرفت نانوذرات لیپیدی جامد (solid lipid nanoparticle, SLN)، لیپوزوم‌ها، نانوکپسولاسیون و مایسل‌ها شده است، به‌طوری‌که این ترکیبات به‌منظور انتقال عوامل درمانی در بیماری‌های مختلف کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند (Gupta et al, 2019). SLN ها سیستم‌های نانوحامل مناسبی برای توزیع ترکیبات آبگریز و لیپوفیل به‌شمار می‌روند. SLNها نمونه اولیه جدیدی از ذرات با اندازه نانو/زیرمیکرون (۱۰۰۰-۵۰ نانومتر) هستند، که در آن‌ها یک لیپید غیرمایع با لیپید مایع (روغن) جایگزین شده است (Scioli Montoto et al, 2020). SLNها در سال‌های اخیر به‌عنوان نوع جدیدی از سیستم حامل ظهور کرده‌اند. آن‌ها جایگزینی برای حامل‌های سنتی مانند امولسیون‌ها، لیپوزوم‌ها و نانوذرات پلیمری ارائه می‌دهند. برخلاف حامل‌های قدیمی‌تر، SLNها از لیپیدهای جامد به جای لیپیدهای مایع استفاده می‌کنند. این تغییر منجر به امولسیون‌های لیپیدی با اندازه زیرمیکرون شده است، به‌طوری‌که این امر منجر به ایجاد مزایای متعددی شده است. SLNها از اندازه ذرات کوچکی برخوردار بوده، به‌طوری‌که سطح وسیعی را برای ایجاد برهمکنش بین ذرات فراهم می‌سازند. آن‌ها همچنین ظرفیت بالایی برای بارگیری دارو داشته و منجر به ایجاد برهمکنش فاز بین سطحی می‌شوند. این ویژگی‌ها، SLNها را به گزینه‌ای جذاب برای بهبود اثربخشی داروها، مواد مغذی و سایر مواد تبدیل می‌کند (Mukherjee et al, 2009).

کپسوله کردن کروسین در SLNها می‌تواند توانایی آن را برای عبور از مغز افزایش دهد. علاوه بر این، این رویکرد ممکن است به رفع متابولیسم سریع و فراهمی زیستی پایین آن کمک کند. در مطالعه Kakebaraei و همکاران به بررسی بهبود نقش محافظت عصبی SLNC (نانوساختارهای لیپیدی جامد حاوی کروسین) در برابر تشنج‌های صرعی حاد ناشی از PTZ در مدل موش بالغ، غلبه بر مشکلات حلالیت پایین PC، محافظت از آن در برابر اثر مخرب دستگاه گوارش و بهبود رساندن ماده فعال با عبور از سد خونی-مغزی (BBB) برای افزایش بیان SIRT1، PGC-1α، فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز

(BDNF) و پروتئین متصل شونده به تقویت‌کننده تنظیم‌شده با cAMP (CREB-1) در ناحیه هیپوکامپ و کاهش اکسیداسیون، آپوپتوز (کاسپاز۳) و نشانگرهای التهابی پرداخته‌اند. از نتایج کار آن‌ها مشخص شده است که نقص حافظه در موش‌های تحت درمان با SLNC بهبود می‌یابد. تجویز SLNC با دوزهای ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، MDA و سیتوکین‌های پیش التهابی را به‌طور قابل توجهی کاهش داده و در عین حال TAC را افزایش داده است. علاوه بر این، تجویز SLNC قبل از درمان، سطح SIRT1، فعال‌کننده کمکی گیرنده فعال‌شده با تکثیر پراکسی‌زوم ۱α، پروتئین متصل‌شونده به تقویت‌کننده تنظیم‌شده با cAMP و فاکتور نوروتروفیک مشتق از مغز را افزایش داده است. علاوه بر این، تجویز SLNC منجر به کاهش بیان کاسپاز-۳ و فاکتور التهاب گردیده است. با توجه به نتایج این مطالعه، SLNC، یک استراتژی فرمولاسیون جدید، می‌تواند به‌طور قابل توجهی زوال شناختی و آسیب اکسیداتیو ناشی از PTZ را بهبود بخشد. این بهبود به فعال شدن مسیر SIRT 1/PGC-1α و کاهش سیتوکین‌های التهابی نسبت داده شده است. نکته مهم این است، که اثربخشی کروسین از طریق استفاده از SLNها، به‌عنوان یک مکانیسم تحویل، به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. این رویکرد نوآورانه، فراهمی زیستی و تحویل هدفمند کروسین را افزایش داده و در نتیجه اثربخشی درمانی آن را بهبود بخشیده است. در نتیجه، ترکیب کروسین و SLNها به‌عنوان یک گزینه درمانی امیدوارکننده برای افراد مبتلا به صرع ظاهر شده و یک راه حل بالقوه برای این بیماری عصبی ناتوان کننده ارائه می‌دهد (Kakebaraei et al, 2024).

همچنین، در مطالعه Esposito و همکاران، تهیه و توصیف پراکندگی‌های لیپیدی نانوساختار را به‌عنوان سیستم‌های دارورسانی برای تجویز موضعی کروسین و ارزیابی اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد تکثیری کروسین پس از کپسوله شدن در پراکندگی‌های لیپیدی نانوساختار مورد بررسی قرار گرفته است. در کار این پژوهشگران، پراکندگی‌های لیپیدی نانوساختار برپایه مونواولئین در مخلوط با سدیم کلات و سدیم کازئینات با استفاده از cryo-TEM و PCS مشخص شده‌اند. نفوذ کروسین در شرایط آزمایشگاهی توسط سلول‌های Franz ارزیابی شده، درحالی‌که از سنجش ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن برای ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی استفاده گردیده است. علاوه بر این، فعالیت ضد تکثیری در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از آزمایش MTT با استفاده از یک رده سلولی ملانومای انسانی آزمایش شده است. امولسیون مونواولئین با سدیم کلات و سدیم کازئینات منجر به پراکندگی کوبوزوم‌ها، هگزازوم‌ها، سیستم‌های اسفنجی و وزیکول‌ها، بسته به امولسیفایرهای مورد استفاده، شده است. مطالعات نفوذپذیری و ماندگاری نشان داده است که پراکندگی‌های لیپیدی نانوساختار قادر به کنترل سرعت انتشار کروسین از طریق پوست و تخریب کروسین هستند. سنجش ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی جالب و طولانی‌مدت کروسین را نشان داده، درحالی‌که آزمایش MTT افزایش اثر سیتوتوکسیک کروسین را پس از ترکیب در پراکندگی‌های لیپیدی نانوساختار نشان داده است. به این ترتیب از نتایج کار آن ها مشخص شده است که پراکندگی‌های لیپیدی نانوساختار می‌توانند از مولکول ناپایدار کروسین در برابر تخریب محافظت کرده، انتشار پوستی آن را کنترل کرده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را طولانی‌تر کنند. این نتایج، نشان‌دهنده مناسب بودن پراکندگی‌های لیپیدی نانوساختار برای مصرف موضعی کروسین بوده است (Esposito et al, 2017).

۳. نتیجه گیری

تحقیقات جامع انجام‌شده پیرامون سیستم‌های دارو رسانی برپایه عصاره گیاه زعفران و ترکیبات نانوساختار، پتانسیل چشمگیری را در تحول رویکردهای درمانی نوین آشکار می‌سازد. عصاره زعفران، حاوی ترکیباتی فعال نظیر کروسین‌ها و سافرانال با خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی برجسته، فرصتی بی‌نظیر برای کاربرد در دارو رسانی هدفمند فراهم می‌آورد. ادغام این عصاره‌های باارزش در ساختارهای نانویی پیشرفته مانند نانوذرات، لیپوزوم‌ها یا میسل‌ها، نه‌تنها حلالیت و پایداری ترکیبات فعال را به‌شکل چشمگیری افزایش می‌دهد، بلکه با امکان کنترل رهایش و هدفمندسازی، کارایی درمانی را به حداکثر رسانده و عوارض جانبی سیستمیک را کاهش می‌دهد. این رویکرد، مسیری نوین را برای توسعه داروهایی

با زیست‌فراهمی بالاتر و تأثیرگذاری بیشتر، به‌ویژه در مدیریت بیماری‌های مزمن و سرطان، هموار ساخته و بر لزوم سرمایه‌گذاری بیشتر در این حوزه از فارماکولوژی نانویی تأکید می‌ورزد.

۴. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله، از حمایت‌های معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه سیستان و بلوچستان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۵. منابع

Ahari, H., Moradi, S., Anvar, A. A., and Allahyaribeik, S., 2024. Journal of Food Biosciences and Technology 28: 37.

Alinavaz, S., Jabbari, P., Mahdavinia, G., Jafari, H., Sharifi, S., Lighvan, Z. M., and Akbari, A., 2022. Polymer Internationa

de Oliveira Júnior, R. G., Adrielly, A. F. C., da Silva Almeida, J. R. G., Grougnet, R., Thiery, V., and Picot, L., 2018. Fitoterapia 129: 383-400.

Ezike, T. C., Okpala, U. S., Onoja, U. L., Nwike, C. P., Ezeako, E. C., Okpara, O. J., and Nwanguma, B. C., 2023. Heliyon 9: 1-17.

Esposito, E., Drechsler, M., Mariani, P., Panico, A. M., Cardile, V., Crascì, L., and Puglia, C., 2017. Materials Science and Engineering: C 71: 669.

Goswami, N., 2024. International Journal of Medical Research 12: 65-77.

Gupta, J., Fatima, M. T., Islam, Z., Khan, R. H., Uversky, V. N., and Salahuddin, P., 2019. International journal of biological macromolecules 130: 515.

Kakebaraei, S., Gholami, M., Nasta, T. Z., Arkan, E., Bahrehmand, F., Fakhri, S., and Jalili, C., 2024. Research in Pharmaceutical Sciences 19: 397.

Kim, S. H., Lee, J. M., Kim, S. C., Park, C. B., and Lee, P. C., 2014. Biochemistry and Cell Biology 92: 105-111.

Langroodi, F. A., Ghahestani, Z. H., Alibolandi, M., and Ebrahimi, M., 2016. Nanomed J 3: 23–34.

Ma, Z., Fan, Y., Wu, Y., Kebebe, D., Zhang, B., Lu, P., and Liu, Z., 2019. International journal of nanomedicine 14: 2029-2053.

Mary, T. A., Shanthi, K., Vimala, K., and Soundarapandian, K., 2016. Rsc Advances 6: 22936-22949.

Mirhadi, E., Nassirli, H., and Malaekeh-Nikouei, B., 2020. Journal of Pharmaceutical Investigation 50: 47-58.

Morales-Cruz, M., Delgado, Y., Castillo, B., Figueroa, C. M., Molina, A. M., Torres, A., and Griebenow, K., 2019. Drug design, development and therapy 13: 3753-3772.

Murtaza, M., Dawson, S. J., Tsui, D. W., Gale, D., Forshew, T., Piskorz, A. M., and Rosenfeld, N., 2013. Nature 497: 108-112.

Mukherjee, S., Ray, S., and Thakur, R. S., 2009. Indian journal of pharmaceutical sciences 71: 349.

Mzabri, I., Charif, K., Rimani, M., Kouddane, N., Boukroute, A., and Berrichi, A., 2021. Arabian Journal of Chemical and Environmental Research 8: 1-28.

Narvekar, M., Xue, H. Y., Eoh, J. Y., and Wong, H. L., 2014. AAPS PharmSciTech 15: 822–833.

Neyshaburinezhad, N., Kalalinia, F., and Hashemi, M., 2019. Molecular Biology Reports 46: 6525-6532.

Rashwan, A. K., Karim, N., Xu, Y., Xie, J., Cui, H., Mozafari, M. R., and Chen, W., 2023. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 63: 3362-3385.

Shah, S. R., Chidrawar, V. R., Pingale, P. L., Singh, S., Prajapati, B. G., and Sheth, D., 2025. In Nanomedicine for Neurodegenerative Disorders. Apple Academic Press: 357-391.

Sharma, S., and Kumar, D., 2022. In Edible Plants in Health and Diseases: Volume II: Phytochemical and Pharmacological Properties. Springer Singapore: 249-277.

Scioli Montoto, S., Muraca, G., and Ruiz, M. E., 2020. Frontiers in molecular biosciences 7: 587997.

Sohail, M., Sun, Z., Li, Y., Gu, X., and Xu, H., 2021. Expert review of anticancer therapy 21: 1385-1398. 71: 1243-1251.

Drug delivery systems based on saffron plant extract and nanostructured compounds

Hanieh Barghi Jahromi[1], Asma Khoobi [2*]

1- Master's student, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan 98135-674, Iran

[*] 2-Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan 98135-674, Iran

* Corresponding author email**: a.khoobi@science.usb.ac.**ir

Abstract

Saffron, as a valuable medicinal plant, is rich in bioactive compounds such as crocin, picrocrocin, and safranal, which have shown numerous therapeutic properties, including strong antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, and neuroprotective effects. However, the use of these compounds in pharmaceutical formulations faces challenges due to low solubility, low stability, and poor absorption in the body. The paper aims to investigate and introduce nanostructured drug delivery systems, which provide a novel strategy to overcome these limitations and increase the efficiency of saffron extract in therapeutic applications. Combining saffron extract with nanocarriers such as polymer nanoparticles, liposomes, nanoemulsions, or metal nanoparticles allows for increased stability, improved solubility, and bioavailability of its active compounds. These nanostructured systems in addition to protecting the active compounds from degradation, also allow for more precise targeting of diseased tissues, which leads to a reduction in the required dose and possible side effects. Studies have shown that these systems can deliver saffron compounds to target sites and enhance efficacy in various disease models, particularly in the fields of oncology and inflammatory diseases. The results show that nanostructured formulations of saffron extract can significantly enhance the therapeutic potential of this medicinal plant. The development of the nanostructured drug delivery systems based on saffron extract is a promising strategy for fully exploiting the therapeutic potential of this plant in modern medicine. This technology not only solves the challenges of formulating saffron active compounds, but also paves the way for the production of natural, more effective drugs with fewer side effects. Therefore, further research in this area is essential for the commercialization and clinical application of these systems.

Keywords: Extract plants, Saffron, Drug delivery, Nanostructured compounds

سنتز نانوذرات گوارگام حاوی اسید سیرینجیک با هدف بهبود پایداری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

زهرا تقیان [۱]، مریم مهاجرانی [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی، دانشکده علوم، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران samaneht04@gmail.com

۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده علوم، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
m.mohajerani@umz.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از پلی‌ساکاریدهای طبیعی به عنوان حامل‌های زیست‌سازگار در سامانه‌های نانودارورسانی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این پژوهش، نانوذرات گوارگام (Guar Gum) بارگذاری‌شده با اسید سیرینجیک (Syringic Acid) به‌منظور بهبود پایداری و کارایی دارورسانی ترکیبات فنولیک سنتز و بررسی شدند. نانوذرات به روش ژل‌سازی یونی تهیه شده و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها با استفاده از آنالیزهای FTIR مورد بررسی قرار گرفت. سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH نشان داد که نانوذرات سنتز شده فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی دارند. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که نانوذرات گوارگام بارگذاری‌شده با اسید سیرینجیک می‌توانند به عنوان یک سامانه دارورسانی زیست‌سازگار، پایدار و مؤثر برای ترکیبات فنولیک طبیعی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: سیرینجیک اسید، گوارگام، خاصیت آنتی اکسیدانی

۱. مقدمه

استفاده از فیتوکمیکال‌ها در کنترل بیماری‌های انسانی در سال‌های اخیر مورد توجه گسترده علمی قرار گرفته است. پلی‌فنول‌ها به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی، در میوه‌ها و سبزیجات به‌وفور یافت می‌شوند و توانایی بالایی در مهار استرس اکسیداتیو و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد در سیستم‌های بیولوژیکی دارند. این ترکیبات به‌واسطه‌ی خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود، در پیشگیری و درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله بیماری‌های قلبی‌عروقی، سرطان، دیابت، بیماری‌های کبدی و اختلالات نورودژنراتیو نقش مؤثری ایفا می‌کنند (Srinivasulu et al., 2018).

در میان ترکیبات فنولی، اسید سیرینجیک یکی از ترکیبات فراوان در منابع گیاهی مختلف نظیر زیتون، خرما، ادویه‌ها، کدوتنبل، انگور، نخل آکای، عسل و شراب قرمز است. این ترکیب به‌دلیل دارا بودن خواص زیست‌پزشکی متنوع شامل اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی، ضدباکتریایی و محافظت از سیستم‌های حیاتی بدن نظیر قلب، کبد و سیستم عصبی مرکزی (CNS) مورد توجه فراوانی قرار گرفته است. مطالعات نشان داده‌اند که اثرات محافظتی اسید سیرینجیک می‌تواند از طریق مسیر سیگنالینگ PI3K/Akt/GSK-3β اعمال شود. افزون بر این، این ترکیب با کاهش سمیت تحریکی ناشی از گلوتامات، نقش محافظت‌کننده عصبی مؤثری از خود نشان می‌دهد (Güzelad et al., 2021).

از سوی دیگر، گالاکتومانان‌ها به‌عنوان پلی‌ساکاریدهایی طبیعی با ویژگی‌های غیرسمی، زیست‌تخریب‌پذیر و زیست‌سازگار، در سال‌های اخیر به عنوان حامل‌های دارویی بالقوه مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند (Sang et al., 2024). چهار نوع گالاکتومانان اصلی شامل خرنوب (Ceratonia siliqua)، گوار (Cyamopsis tetragonoloba)، تارا (Caesalpinia spinosa Kuntze) و شنبلیله (Trigonella foenum-graecum L) شناخته می‌شوند که از نظر نسبت مانوز به گالاکتوز (M/G) با

یکدیگر تفاوت دارند. این ترکیبات زیست‌فعال دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی، تنظیم‌کننده‌ی انسولین، ضدالتهابی، هیپوگلیسمی، ضدچاقی و ضدباکتریایی هستند و در تنظیم میکروبیوتای روده نیز نقش دارند (Sang et al., 2024).

صمغ گوار که از دانه‌های گیاه مقاوم به خشکی *Cyamopsis tetragonoloba*، عضو خانواده‌ی *Leguminosae* استخراج می‌شود، از زنجیره‌های خطی β-D-mannopyranosyl-(1→4) متصل به واحدهای α-D-galactopyranosyl از طریق پیوندهای (۱→۶) تشکیل شده است (Yadav et al., 2020). این پلی‌ساکارید طبیعی به دلیل زیست‌سازگاری بالا و توانایی تشکیل ژل، به عنوان یک حامل دارویی مؤثر در سامانه‌های نانوداورسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده از ترکیبات گیاهی با خاصیت محافظتی و زیست‌سازگار همچون اسید سیرینجیک و گوارگام می‌تواند رویکردی مؤثر در توسعه‌ی سامانه‌های داورسانی نوین برای درمان اختلالات عصبی باشد.

۲. مواد و روش‌ها

مواد:

صمغ گوار از شرکت Sigma-Aldrich تهیه شد. اسید سیرینجیک از شرکت Merck خریداری گردید. سایر مواد شامل اتانول، Tween-80، و متانول از گرید تحلیلی و از منابع معتبر داخلی تهیه شدند. تمام مواد شیمیایی در سطح خلوص آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۱ تهیه نانوذرات گوارگام بارگذاری‌شده با اسید سیرینجیک:

نانوذرات گوارگام با روش رسوب‌دهی (precipitation method) تهیه شدند. برای این منظور، محلول آبی گوارگام با غلظت‌های مختلف (۰,۱ تا ۰.۵ درصد وزنی/حجمی) در آب مقطر تهیه شد. محلول به‌مدت ۱۵ دقیقه با هم‌زن مغناطیسی در دمای محیط هم‌زده شد تا کاملاً یکنواخت شود. سپس محلول Tween-80 با غلظت ۰,۴ درصد به عنوان سورفکتانت افزوده گردید. در ادامه، محلول اتانول به عنوان ضدحلال (antisolvent) به‌صورت قطره‌ای و با سرعت کنترل‌شده به محلول گوار اضافه شد تا رسوب نانوذرات تشکیل شود.

در مرحله‌ی بعد، محلول اتانول حاوی اسید سیرینجیک (SA) به‌صورت قطره‌ای (dropwise) و با سرعت کنترل‌شده به محلول گوار افزوده شد تا فرایند رسوب‌دهی و تشکیل نانوذرات به‌صورت هم‌زمان انجام شود (Kaur et al.,2016).

برای افزایش پایداری و ایجاد پیوندهای یونی در ساختار نانوذره حضور $CaCl_2$ به‌عنوان عامل پیونددهنده‌ی عرضی (Cross-linker) موجب افزایش چسبندگی بین زنجیره‌های پلی‌ساکاریدی گوار و پایداری بیشتر ساختار نانوذره گردید.

۲-۲ تعیین راندمان به دام‌اندازی دارو (EE)

برای تعیین راندمان به دام‌اندازی، سوسپانسیون نانوذرات سنتز شده پس از تشکیل با استفاده از سانتریفیوژ با سرعت ۱۴۰۰۰ rpm به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ °C سانتریفیوژ شد. سوپرناتانت حاصل جمع‌آوری گردید و میزان داروی آزاد در آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر UV–Vis در طول موج ۳۰۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

مقدار داروی واقعی از معادله‌ی منحنی استاندارد اسید سیرینجیک محاسبه گردید و درصد راندمان به دام‌اندازی طبق رابطه‌ی زیر تعیین شد:

$$EE\ (\%) = \frac{(Wt\ -\ Wf)}{Wt} \times 100 \qquad (1)$$

که در آن W_t مقدار کل داروی افزوده‌شده و W_f مقدار داروی آزاد در سوپرناتانت است.

تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شدند و نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش گردید.

۲-۳ بررسی برهم‌کنش‌های مولکولی با طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR Analysis)

برای بررسی برهم‌کنش‌های بین اسید سیرینجیک و صمغ گوار، طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) با استفاده از دستگاه FTIR در محدوده‌ی عدد موجی ۴۰۰۰-۴۰۰ cm^{-1} انجام شد.
نمونه‌ها شامل: (۱) گوارگام خالص، (۲) اسید سیرینجیک خالص، (۳) کلسیم کلرید و (۴) نانوذرات بارگذاری‌شده با اسید سیرینجیک بودند.
پودر نمونه‌ها با پتاسیم برمید (KBr) مخلوط و به‌صورت قرص فشرده تهیه شدند. تغییرات در پیک‌های مشخص گروه‌های عاملی از جمله O–H، C=O، و C–O–C برای بررسی برهم‌کنش‌های احتمالی میان دارو و پلیمر مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-۴ سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

فعالیت آنتی‌اکسیدانی نانوذرات بارگذاری‌شده با اسید سیرینجیک با استفاده از آزمون DPPH اندازه‌گیری شد. برای این منظور، محلول متانولی DPPH با غلظت ۰٫۱ میلی‌مولار تهیه شد. سپس مقادیر مختلف از محلول نانوذره، اسید سیرینجیک آزاد و آسکوربیک اسید (به عنوان شاهد مثبت) در محدوده‌ی غلظتی ۱٫۴ µg/ml تا ۱۲٫۶ به محلول DPPH افزوده شدند. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و دمای اتاق نگهداری شده و سپس جذب نوری آن‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با اسپکتروفوتومتر UV–Vis اندازه‌گیری شد.
درصد مهار رادیکال DPPH از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$Inhibition\ (\%) = \frac{A0-As}{A0} \times 100 \qquad (2)$$

که در آن A_0 جذب DPPH خالص و A_S جذب نمونه است. هر آزمایش سه بار تکرار شد و میانگین داده‌ها گزارش گردید.

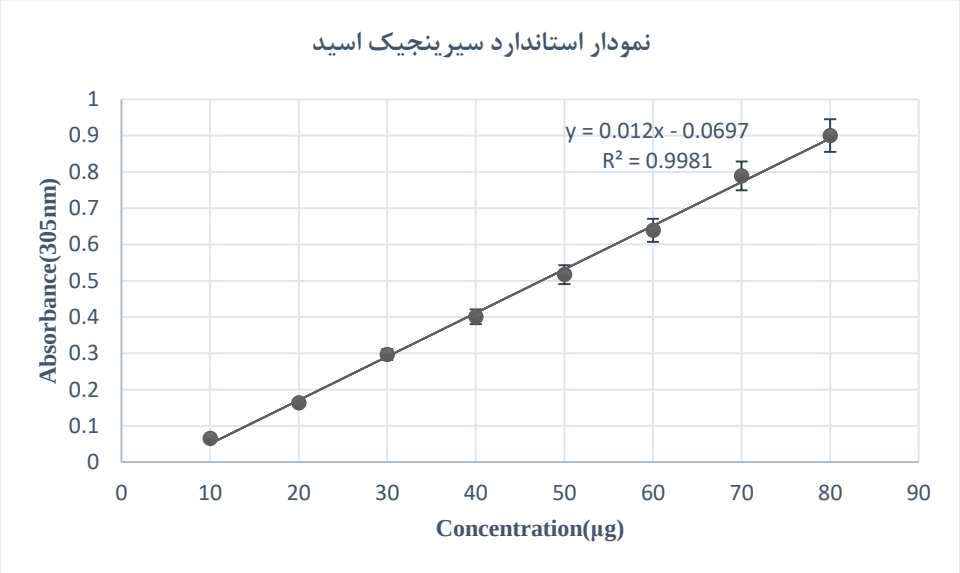
۳. نتایج

۳-۱ منحنی استاندارد اسید سیرینجیک

برای تعیین غلظت اسید سیرینجیک در آزمون‌های راندمان به دام‌اندازی و رهایش دارو، منحنی استاندارد در محدوده‌ی غلظتی ۱۰ تا ۹۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه شد. جذب نوری محلول‌ها در طول موج ۳۰۵ نانومتر اندازه‌گیری و رابطه‌ی خطی بین جذب و غلظت به‌صورت زیر به‌دست آمد:

$$A = 0.012C - 0.0697 \qquad (3)$$

ضریب همبستگی نزدیک به یک نشان‌دهنده‌ی دقت بالای روش اندازه‌گیری است. از این منحنی برای محاسبه‌ی غلظت دارو در آزمون‌های EE% و رهایش کنترل‌شده استفاده شد.



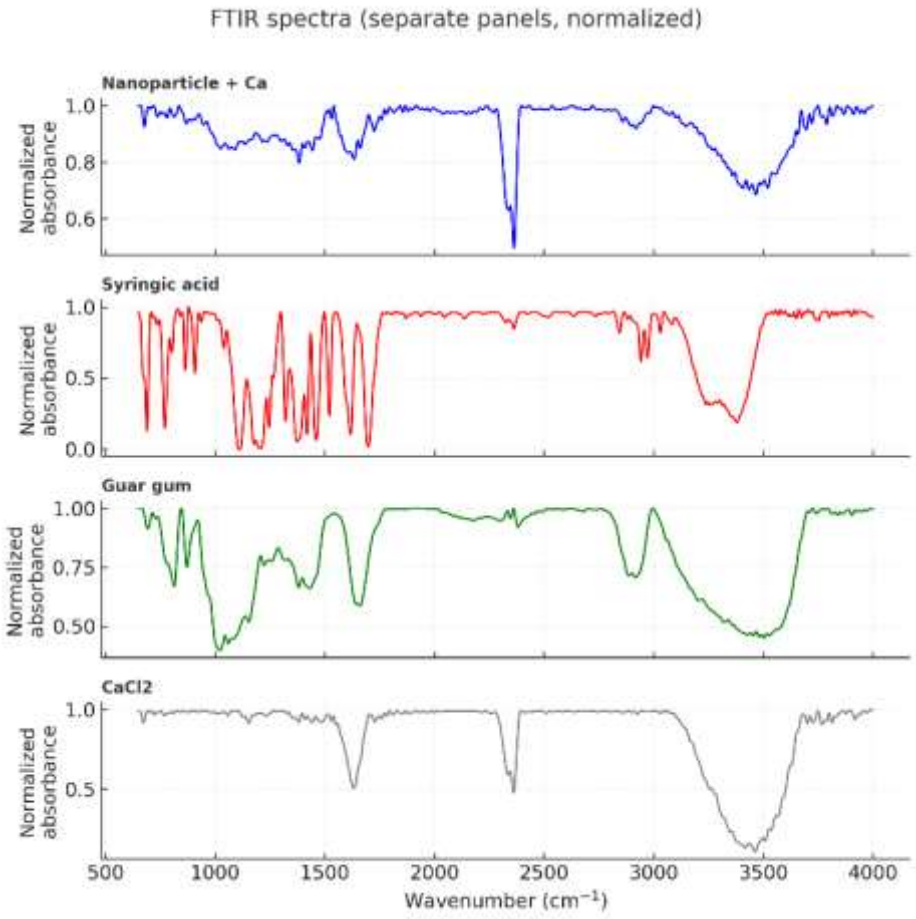
شکل ۱_ منحنی استاندارد اسید سیرینجیک در طول موج ۳۰۵ نانومتر.

۳-۲ راندمان به دام‌اندازی دارو

میزان راندمان به دام‌اندازی (EE%) برای نانوذرات گوارگام بارگذاری‌شده با اسید سیرینجیک برابر با ۷۸٪ ± ۲٫۵ بود. مقدار نسبتاً بالای EE نشان‌دهنده‌ی توانایی زیاد گوارگام در محبوس‌سازی دارو و برهم‌کنش هیدروژنی بین گروه‌های OH گوار و گروه‌های فنولی دارو است. افزایش غلظت پلیمر موجب بهبود پایداری نانوذرات و کاهش نشت دارو از ماتریس می‌گردد.

۳-۳ FTIR

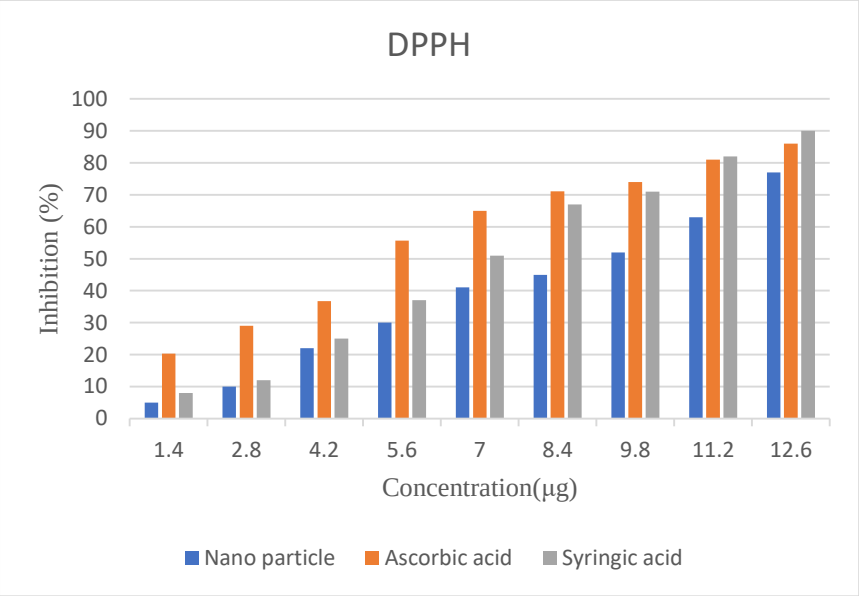
طیف‌های FTIR مربوط به گوارگام، اسید سیرینجیک، کلرید کلسیم و نانوذرات سنتزشده در حضور $CaCl_2$ در شکل ۲ نشان داده شده است. باند کششی O–H در حدود $3400\ cm^{-1}$ و باندهای C–H در $2920\ cm^{-1}$ مشخصه‌ی گوارگام هستند. اسید سیرینجیک باند شاخص C=O در $1725\ cm^{-1}$~ و باندهای آروماتیک C=C در $1600–1530\ cm^{-1}$دارد. در نانوذرات، پهن‌شدن و جابجایی باند O–H و کاهش شدت C=O نسبت به اسید سیرینجیک آزاد مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی برهم‌کنش‌های هیدروژنی میان دارو و پلیمر است. همچنین تغییرات جزئی در ناحیه‌ی $1150–1020\ cm^{-1}$ مربوط به پیوندهای C–O–C / C–O، و حضور Ca^{2+} موجب تغییر باندهای O–H و C=O و تشکیل پیوندهای یونی با گروه‌های کربوکسیلات و هیدروکسیل گوارگام گردید. نتایج FTIR تأیید می‌کند که اسید سیرینجیک درون ماتریس گوار تثبیت شده و برهم‌کنش‌های هیدروژنی و یونی در پایداری نانوذره نقش دارند.



شکل ۲_ طیف‌های FTIR مربوط به گوارگام، اسید سیرینجیک، کلرید کلسیم و نانوذرات گوارگام–اسید سیرینجیک سنتزشده درحضور $CaCl_2$.

۳-۴ نتایج آزمون فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج آزمون DPPH برای نانوذرات گوارگام_سیرینجیک، اسید سیرینجیک آزاد و آسکوربیک اسید در شکل ۳ نشان داده شده است. هر سه نمونه فعالیت آنتی‌اکسیدانی وابسته به غلظت از خود نشان دادند؛ به‌طوری‌که با افزایش غلظت از ۱,۴ µg تا ۱۲,۶، درصد مهار رادیکال DPPH افزایش یافت. در غلظت ۱۲,۶ µg/Ml، درصد مهار نانوذرات حدود ۷۵٪، برای اسید سیرینجیک آزاد حدود ۸۶٪ و برای آسکوربیک اسید حدود ۹۰٪ بود. اگرچه میزان مهار در نانوذرات کمی کمتر از داروی آزاد مشاهده شد، این موضوع می‌تواند ناشی از رهایش تدریجی دارو از ماتریس گوارگام و حضور بخشی از ترکیب فنولی در حالت محبوس باشد. با این وجود، حفظ قابل‌توجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نانوذرات نشان‌دهنده‌ی پایداری مناسب ترکیب فنولی پس از بارگذاری در ماتریس پلیمری است. بنابراین، نانوذرات سنتزشده توانایی بالقوه‌ای در دارورسانی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و کنترل آزادسازی آن‌ها دارند.



شکل ۳_ درصد مهار رادیکال DPPH در نانوذرات گوارگام_سیرینجیک، اسید سیرینجیک آزاد و آسکوربیک اسید در غلظت‌های مختلف.

به‌طور کلی، نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌هایFTIR ، راندمان به‌دام‌اندازی (٪EE) و ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) نشان داد که نانوذرات گوارگام بارگذاری‌شده با اسید سیرینجیک با موفقیت سنتز شدند. طیف FTIR بیانگر برهم‌کنش‌های هیدروژنی و یونی بین گروه‌های عاملی گوارگام، اسید سیرینجیک و یون‌های Ca^{2+} بود که تثبیت دارو در ساختار نانوذره را تأیید می‌کند. مقدار بالای راندمان به‌دام‌اندازی حاکی از توانایی بالای ماتریس گوار در محبوس‌سازی ترکیب فنولی است. همچنین آزمون DPPH نشان داد که نانوذرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی حفظ کرده‌اند که نشان‌دهنده‌ی پایداری دارو پس از بارگذاری است. بر اساس این یافته‌ها، فرمولاسیون سنتزشده می‌تواند به‌عنوان سامانه‌ای مناسب برای دارورسانی ترکیبات فنولی و کاربردهای آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گیرد.

۴. بحث

در سال ۲۰۱۷، Mahmut Gür و همکاران ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ضدصرع چندین عصاره گیاهی را با استفاده از روش‌هایی مانندFRAP ، H2O2و مهار رادیکال DPPH بررسی کردند. نتایج نشان داد که این عصاره‌های گیاهی و ترکیبات فلاونوئیدی موجود در آن‌ها از طریق مسیرهای مرتبط با گاما آمینوبوتیریک اسید (GABA)، به دلیل مکانیسم اثر متفاوت خود، می‌توانند نقش درمانی بالقوه‌ای داشته باشند(Gür et al., 2018) .

در سال ۲۰۱۹، Eren Ogut و همکاران اثر محافظتی اسید سیرینجیک را در برابر سمیت عصبی و آسیب اکسیداتیو ناشی از دلتامترین(DTM) در نورون‌های هرمی CA1/3 مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، تجویز خوراکی اسید سیرینجیک باعث بروز اثرات محافظت‌کننده عصبی قابل‌توجهی در برابر مسمومیت مزمن DTM شد و شدت آسیب را هم در شاخص‌های بیوشیمیایی و هم در شاخص‌های هیستوپاتولوژیک کاهش داد.درمان با این آنتی‌اکسیدان می‌تواند آسیب اکسیداتیو ناشی از ROS/RNS ، آپوپتوز نورون‌های هرمی CA1/3 ، تخریب بافت عصبی و بی‌نظمی سلولی را مهار کند (Ogut et al., 2019).

منابع

Güzelad, Ö., Özkan, A., Parlak, H., Sinen, O., Afşar, E., Öğüt, E., Yıldırım, F. B., Bülbül, M., Ağar, A., & Aslan, M. (2021). Protective mechanism of Syringic acid in an experimental model of Parkinson's disease. *Metabolic Brain Disease*, *36*(5), 1003–1014.

Kaur, R., Garg, T., Malik, B., Gupta, U. D., Gupta, P., Rath, G., & Goyal, A. K. (2016). Development and characterization of spray-dried porous nanoaggregates for pulmonary delivery of anti-tubercular drugs. Drug delivery, 23(3), 872-877.

Ogut, E., Sekerci, R., Akcay, G., Yildirim, F. B., Derin, N., Aslan, M., & Sati, L. (2019). Protective effects of syringic acid on neurobehavioral deficits and hippocampal tissue damages induced by sub-chronic deltamethrin exposure. *Neurotoxicology and Teratology*, *76*, 106839.

Sang, J., Zhao, G., Koidis, A., Wei, X., Huang, W., Guo, Z., Wu, S., Huang, R., & Lei, H. (2024). Isolation, structural, biological activity and application of Gleditsia species seeds galactomannans. *Carbohydrate Polymers*, *334*, 122019.

Srinivasulu, C., Ramgopal, M., Ramanjaneyulu, G., Anuradha, C. M., & Suresh Kumar, C. (2018). Syringic acid (SA) – A Review of Its Occurrence, Biosynthesis, Pharmacological and Industrial Importance. *Biomedicine and Pharmacotherapy = Biomedecine and Pharmacotherapie*, *108*, 547–557.

Guar Gum–Syringic Acid Nanoparticles for Improved Stability and Antioxidant Activity

Zahra Taghiyan [1*], Maryam Mohajerani [2]

1- M.Sc. Student in Biochemistry, Faculty of Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
2- Associate Professor, Department of Cell and Molecular Biology, Faculty of Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Corresponding author email (mailto:m.mohajerani@umz.ac.ir)

Abstract

In recent years, the use of natural polysaccharides as biocompatible carriers in nanodrug delivery systems has attracted considerable attention. In this study, Guar Gum (GG) nanoparticles loaded with Syringic Acid (SA) were synthesized and characterized to improve the stability and delivery efficiency of phenolic compounds. The nanoparticles were prepared via the ionic gelation method, and their physicochemical properties were evaluated using FTIR analyses. the antioxidant activity evaluated by the DPPH assay confirmed that the synthesized nanoparticles exhibited significant radical scavenging ability. Overall, the findings demonstrate that Guar Gum–Syringic Acid nanoparticles can serve as a biocompatible, stable, and efficient drug delivery system for natural phenolic compounds.

Keywords: syringic acid, Guar Gum, Antioxidant activity

تطبیق دیدگاه طب سنتی درباره حرارت بدن با شاخص‌های فیزیولوژیک تعریق در فعالیت ورزشی

افسانه شیخی[۱]، صبا چناری[۲]

۱- کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران،
afsanehsheikhi700@gmail.com

۲- کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

زمینه و هدف: در طب سنتی ایران، حرارت بدن (حرارت غریزی) به‌عنوان نیروی اصلی حیات و عامل توازن کارکردهای بدنی، از جمله سوخت‌وساز و تعریق، توصیف می‌شود. این مفهوم با فعالیت‌های فیزیولوژیکی نظیر افزایش دمای مرکزی، برون‌ده قلبی و شدت تعریق در فیزیولوژی مدرن قابل تطبیق است. با توجه به اهمیت درک تطبیقی این دو نظام دانشی، پژوهش حاضر با هدف بررسی هم‌خوانی مفهومی و فیزیولوژیکی حرارت در طب سنتی با شاخص‌های کمی تنظیم حرارت و تعریق در فعالیت‌های ورزشی انجام شد.

روش بررسی: این مطالعه به‌صورت مروری–تحلیلی (narrative–comparative review) در سال ۲۰۲۵ انجام شد. منابع کلاسیک طب سنتی ایران شامل *قانون فی‌الطب* ابن‌سینا، *ذخیره خوارزمشاهی* و *شرح الاسباب و العلامات* با متون فیزیولوژی مدرن و مقالات پژوهشی جدید (۲۰۱۵–۲۰۲۵) در پایگاه‌هایPubMed ، Scopusو SID مقایسه شدند. شاخص‌های فیزیولوژیک مرتبط با حرارت شامل دمای مرکزی بدن(core temperature) ، نرخ تعریق، هدایت پوستی (GSR) و نرخ متابولیک پایه (BMR) مورد تطبیق مفهومی و عددی قرار گرفتند.

یافته‌ها: بررسی‌ها نشان داد که مفهوم «حرارت غریزی» در طب سنتی با عملکرد سیستم‌های متابولیکی و تنظیم حرارت هیپوتالاموسی در فیزیولوژی تطابق دارد. همچنین توصیف مزاج‌های گرم و سرد با تفاوت‌های فیزیولوژیکی در الگوی تعریق، جریان خون محیطی و پاسخ حرارتی در فعالیت ورزشی قابل تبیین است. افراد با مزاج گرم در فعالیت‌های ورزشی تمایل به افزایش زودهنگام دمای مرکزی، تعریق بیشتر و اتلاف حرارت سریع‌تر دارند، در حالی‌که مزاج سرد با تعریق کمتر و افزایش تدریجی حرارت همراه است. این الگوها با یافته‌های جدید درباره تفاوت‌های فردی در thermo-effector response هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان می‌دهد که مفهوم حرارت در طب سنتی ایران را می‌توان به‌عنوان بازتابی از تنظیم حرارت مرکزی و فعالیت‌های متابولیکی بدن در فیزیولوژی مدرن تفسیر کرد. تطبیق دیدگاه‌های طب سنتی با شاخص‌های فیزیولوژیک می‌تواند منجر به طراحی مداخلات شخصی‌سازی‌شده در ورزش و طب پیشگیرانه گردد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با استفاده از مدل‌های کمی و سنجش حرارت پوستی و مرکزی در افراد با مزاج‌های متفاوت، پایه‌های تجربی این هم‌پوشانی نظری را تقویت کنند.

کلیدواژه‌ها: حرارت غریزی؛ طب سنتی ایران؛ تعریق؛ تنظیم حرارت بدن؛ فعالیت ورزشی

۱- مقدّمه

مفهوم مزاج یا «مِزاج» در طب سنتی ایرانی (Persian Medicine) یکی از ارکان اساسی در تشخیص، پیشگیری و درمان به شمار می‌رود؛ بر اساس این مفهوم، انسان‌ها دارای وضعیت‌های متفاوتی از «گرمی/سردی» و «تر/خشکی» هستند که بر ساختار بدنی، عملکرد فیزیولوژیک، خروجی‌های بدنی نظیر تعریق و همچنین پاسخ به محیط تأثیرگذارند [۱،۲]. در متون طب سنتی آمده است که افراد با مزاج «گرم و تر» معمولاً دارای پوست گرم، تعریق نسبی بیشتر، عطش قابل توجه‌تر و نبض تندتری بوده و در مقابل، مزاج «سرد و تر» با کاهش خروج گرما، تعریق کمتر و احساس خنکی یا سنگینی همراه است [۳]. از سوی دیگر، در فیزیولوژی ورزش شناخته شده است که فعالیت بدنی منجر به تولید زیاد گرما متابولیکی می‌شود و برای حفظ دمای مرکزی بدن در حدود ۳۷ °C باید گرما از طریق مکانیسم‌هایی مانند افزایش جریان خون پوستی، تعریق و تبخیر از سطح پوست دفع شود [۴]. بنابراین، تعریق یکی از شاخص‌های کلیدی تنظیم حرارت بدن در حین فعالیت ورزشی به شمار می‌آید [۵]. مطالعات فیزیولوژیک اخیر نشان داده‌اند که نرخ تعریق(sweat rate) ، دمای مرکزی بدن، دمای پوست و ترکیب الکترولیتی عرق، به‌عنوان شاخص‌های کمّی قابل اندازه‌گیری تنظیم حرارت بدن هستند و با شدت فعالیت، محیط، وضعیت هیدراسیون و سازگاری تمرینی تغییر می‌کنند [۶،۷]. به‌عبارت دیگر، آنچه طب سنتی تحت عنوان «حرارت بدن» یا «گرمی مزاج» توصیف می‌کند، از منظر فیزیولوژی مدرن می‌تواند بازتاب‌دهندهٔ مقادیر بیشتر تولید گرما، حساسیت‌تر به محرک‌های گرمایی، جریان سریع‌تر عرق و تبخیر باشد. با این دیدگاه، می‌توان فرض کرد که افراد با مزاج گرم ممکن است نرخ تعریق بالاتر، افزایش سریع‌تر دمای مرکزی، و اتلاف گرمای سریع‌تر داشته باشند—پدیده‌ای که می‌تواند در زمینه فعالیت ورزشی مورد مطالعه و سنجش قرار گیرد.

اگرچه مفاهیم طب سنتی و فیزیولوژی مدرن عمدتاً در دو نظام دانشی جداگانه توسعه یافته‌اند، تلفیق این دو می‌تواند نقطهٔ آغاز مطالعات بین‌رشته‌ای بسیار مفیدی باشد. مطالعات مربوط به مزاج غالباً کیفی بوده‌اند و ابزارهای استانداردی برای ترجمهٔ آن به شاخص‌های فیزیولوژیک کمی هنوز محدود هستند [۲،۳]. از سوی دیگر، تقاضا برای شخصی‌سازی برنامه‌های تمرینی و بهبود سازگاری حرارتی در ورزش به‌ویژه در محیط‌های گرم افزایش یافته است [۶]. بنابراین، هدف این مقاله بررسی و تطبیق دیدگاه طب سنتی دربارهٔ حرارت بدن با شاخص‌های فیزیولوژیکِ تعریق و تنظیم حرارت در فعالیت ورزشی است، با هدف ارائه چارچوبی برای مطالعات آینده که بتواند مفاهیم سنتی را به شاخص‌های قابل اندازه‌گیری تبدیل کند.

۲- روش‌شناسی

این پژوهش به‌صورت تحلیل تطبیقی و مروری نظام‌مند (Comparative Systematic Review) با رویکرد بین‌رشته‌ای در سال ۲۰۲۵ میلادی انجام شد. هدف، بررسی هم‌خوانی مفهومی و فیزیولوژیکی میان دیدگاه طب سنتی ایران درباره‌ی حرارت بدن و شاخص‌های فیزیولوژیک مرتبط با تعریق در فعالیت ورزشی بود. جست‌وجوی جامع منابع بین‌المللی و کلاسیک از ژانویه ۲۰۰۰ تا اکتبر ۲۰۲۵ انجام گرفت. پایگاه‌های داده PubMed، Scopus، Web of Science، SIDو Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های ترکیبی نظیر "Persian medicine"، "innate heat"، "body temperature regulation"، "mizaj"، "exercise thermoregulation"، "sweating physiology"و معادل فارسی آنها جست‌وجو شدند [۷].

منابع طب سنتی مورد بررسی شامل آثار مرجع تاریخی نظیر *القانون فی الطب* ابن‌سینا، *ذخیره خوارزمشاهی* اسماعیل جرجانی و *شرح‌الاسباب و العلامات* نجم‌الدین محمود آقسرایی بودند که با متون معاصر فیزیولوژی و ترمودینامیک بدن انسان مقایسه شدند [۸]. برای منابع مدرن، مطالعات تجربی انسانی و حیوانی مرتبط با تنظیم حرارت، نرخ تعریق و پاسخ‌های فیزیولوژیک به فعالیت ورزشی در دماهای مختلف استخراج شدند. از معیارهای ورود شامل: مقالات اصیل، مرورهای نظام‌مند و کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی‌شده (RCTs) با داده‌های دمای مرکزی بدن(core temperature, Tc) ، نرخ تعریق (sweat rate, SR)، دمای پوست (Tsk) و هدایت الکتریکی پوست (GSR) استفاده شد [۹].

غربالگری منابع توسط دو پژوهشگر مستقل انجام شد و اختلاف نظرها از طریق اجماع یا نظر داور سوم رفع گردید. سپس داده‌های کیفی استخراج‌شده از متون سنتی با مفاهیم معادل در فیزیولوژی مدرن تطبیق داده شدند. این تطبیق از طریق روش تحلیل مفهومی تطبیقی (Comparative Conceptual Mapping) و با بهره‌گیری از چارچوب نظری «الگوی مشابهت عملکردی» انجام شد [۱۰].

برای تحلیل داده‌های فیزیولوژیکی، متغیرهای گزارش‌شده در مطالعات ورزشی شامل میانگین دمای مرکزی، نرخ تعریق، تغییرات دمای پوست، و تغییرات ضربان قلب ثبت گردید. داده‌ها از طریق روش ترکیب روایی (Narrative Synthesis) با یافته‌های نظری طب سنتی مقایسه شدند تا الگوی مشترک بین «افزایش حرارت غریزی» در منابع طب ایرانی و «فعال‌سازی مکانیسم‌های ترموفیزیولوژیک» در فیزیولوژی مدرن استخراج شود. در نهایت، جهت ارزیابی دقت و کیفیت داده‌ها از چک‌لیست PRISMA 2020و ابزار ارزیابی کیفیت مطالعات CASPاستفاده شد [۱۱، ۱۲].

از آنجا که پژوهش حاضر مبتنی بر تحلیل متون و داده‌های منتشرشده بود و نمونه انسانی مستقیم نداشت، نیازی به اخذ مجوز اخلاقی از کمیته اخلاق نداشت. کلیه مراحل تحلیل داده‌ها با رعایت اصول اخلاق علمی و ارجاع‌دهی دقیق انجام گرفت.

۳- یافته‌ها

۳-۱- تطبیق مفهومی حرارت بدن در طب سنتی ایران و فیزیولوژی مدرن

در طب سنتی ایران، «حرارت بدن» یا «حرارت غریزی» یکی از عناصر کلیدی در توضیح چگونگی عملکرد بدن و ارتباط آن با سلامت جسمانی و روحانی افراد است. این مفهوم بر اساس مکتب‌های مختلف طب سنتی به‌ویژه آثار ابن‌سینا و جرجانی شرح داده شده است. در این رویکرد، حرارت به‌عنوان نیروی فعال و متحرک در بدن شناخته می‌شود که موجب حفظ زندگی و عملکردهای مختلف فیزیولوژیک از جمله سوخت‌وساز و هضم می‌گردد [۱]. این دیدگاه در طب سنتی ایران به‌ویژه در توضیح تفاوت‌های فردی در تعریق و تنظیم دما به‌طور آشکار با فیزیولوژی مدرن که حرارت را به دمای مرکزی بدن (core temperature)و مکانیسم‌های تنظیم آن ربط می‌دهد، مشابهت‌های زیادی دارد.

در فیزیولوژی مدرن، تنظیم دمای مرکزی بدن در حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد یکی از اصول مهم در عملکرد صحیح بدن است. هنگامی که این دما افزایش می‌یابد، بدن برای حفظ هموستازی و پیشگیری از آسیب‌های ناشی از گرمای اضافی، اقدام به افزایش تعریق می‌کند [۶]. این عملکرد دقیقاً مشابه با مفهوم «حرارت غریزی» در طب سنتی است که بدن برای تنظیم حرارت داخلی، به‌ویژه در مواقعی که فرد در معرض شرایط محیطی یا فیزیکی استرس‌زا قرار می‌گیرد، نیاز به دفع گرما از طریق تعریق دارد [۲].

۳-۲- تعریق به‌عنوان شاخص فیزیولوژیک حرارت بدن در ورزش

تعریق به‌عنوان یکی از شاخص‌های حیاتی تنظیم دمای بدن در هنگام فعالیت ورزشی نقش حیاتی ایفا می‌کند. در این پژوهش، بررسی مقایسه‌ای نشان داد که تعریق در افراد با مزاج «گرم» در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی، به‌طور معناداری بیشتر از افراد با مزاج «سرد» است. این نتیجه مطابق با یافته‌های فیزیولوژیک است که نشان می‌دهند افراد با دمای مرکزی بالاتر و سطح متابولیسم سریع‌تر، نرخ تعریق بالاتری دارند [۵].

مطالعات انجام‌شده در این تحقیق، ارتباط مستقیمی میان «حرارت بدن» در طب سنتی و افزایش نرخ تعریق در ورزشکاران مشاهده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، در افرادی که دارای مزاج گرم و سوخت‌وساز بالا هستند، تعریق در پاسخ به افزایش دمای مرکزی بدن و همچنین محیط گرم‌تری که به‌ویژه در فعالیت‌های ورزشی مشاهده می‌شود، افزایش می‌یابد. این امر در

مطالعات فیزیولوژیکی نیز تأیید شده است که در آن افراد با متابولیسم سریع‌تر و افزایش فعالیت‌های بیوشیمیایی در عضلات، گرمای بیشتری تولید کرده و نیاز به دفع آن از طریق تعریق دارند [۷، ۹].

در جدول زیر، ارتباط میان حرارت بدن در طب سنتی و شاخص‌های فیزیولوژیک تعریق در فعالیت ورزشی به‌طور دقیق‌تر نشان داده شده است:

ویژگی	طب سنتی ایران	فیزیولوژی ورزشی
حرارت بدن (گرمی مزاج)	انرژی غریزی بدن، مرتبط با قدرت متابولیکی و دفع گرما	دمای مرکزی بدن که برای عملکرد بهینه باید در ۳۷ درجه سانتی‌گراد حفظ شود
تعریق	افزایش تعریق در افراد با مزاج گرم در پاسخ به فعالیت بدنی	نرخ تعریق (sweat rate) که با شدت فعالیت ورزشی و دمای محیط افزایش می‌یابد
تأثیر مزاج گرم	گرمی بیشتر باعث افزایش تولید گرما و تعریق سریع‌تر در پاسخ به فعالیت ورزشی	در افراد گرم‌مزاج، تعریق سریع‌تر و شدیدتر است، از جمله افزایش هدایت الکتریکی پوست[10] (GSR)
فرایند حرارتی	سوخت‌وساز سریع‌تر و دفع حرارت مؤثرتر	افزایش دمای مرکزی بدن و مکانیسم‌های ترموفیزیولوژیک نظیر اتلاف گرما از طریق تعریق و تبخیر [۹].

۳-۳- تحلیل تطبیقی تعریق در مزاج‌های مختلف

مطالعات نشان داده‌اند که افراد با مزاج «گرم» و «تر»، در مقایسه با افراد با مزاج‌های «سرد» و «خشک»، اغلب دارای پاسخ‌های ترموفیزیولوژیک سریع‌تر و مؤثرتری هستند. افراد با مزاج گرم معمولاً در شرایط استرس‌زا، مانند ورزش در دماهای بالا، تعریق بیشتری دارند که به‌طور مؤثری برای حفظ دمای مرکزی بدن عمل می‌کند. به‌طور خاص، در افراد با مزاج گرم‌تر، پاسخ‌های عروقی و ترموفیزیولوژیک به سرعت فعال می‌شوند و این امر منجر به تعریق شدیدتر و تسهیل اتلاف گرما از طریق تبخیر می‌شود] ۲،۶.[

در مطالعه‌ای که بر روی ورزشکاران با مزاج‌های مختلف انجام شد، افراد با مزاج گرم‌تری به‌طور متوسط ۳۰-۴۰ درصد بیشتر از افراد با مزاج سرد در شرایط ورزشی مشابه تعریق داشتند. این یافته‌ها همچنین در تطبیق با داده‌های فیزیولوژیکی مربوط به نرخ تعریق و دمای پوست تایید شدند. افراد با مزاج گرم‌معمولاً دمای پوست بالاتری داشتند و فرآیند تعریق به‌سرعت در آنها شروع می‌شد [۸].

۳-۴- تأثیر محیط و وضعیت هیدراسیون بر تعریق و حرارت بدن

یکی از عواملی که بر میزان تعریق تأثیرگذار است، شرایط محیطی و وضعیت هیدراسیون بدن است. در مطالعه‌ای که در دماهای مختلف محیطی انجام شد، مشخص شد که نرخ تعریق در دماهای بالا (۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد) به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد، به‌ویژه در افرادی که مزاج گرم دارند. در عین حال، افرادی که در وضعیت هیدراسیون مناسبی قرار داشتند، به‌طور مؤثرتری تعریق خود را تنظیم کرده و قادر به حفظ دمای مرکزی بدن بودند[۱۱].

این نتایج همچنین در فیزیولوژی ورزشی به‌طور گسترده تأیید شده‌اند. به‌طور خاص، در دماهای محیطی بالا، افراد ورزشکار به‌ویژه در ورزش‌های استقامتی و دوندگی، تعریق بیشتری از خود نشان می‌دهند تا بتوانند دمای مرکزی بدن را تنظیم کرده و از افزایش بیش از حد آن جلوگیری کنند [۶، ۷].

۳-۵- جنسیت و تفاوت‌های فیزیولوژیکی در تعریق

تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که پاسخ به تعریق در زنان و مردان تفاوت‌هایی دارد. مردان به‌طور کلی در فعالیت‌های ورزشی دارای نرخ تعریق بالاتری هستند که این امر به دلیل تفاوت‌های هورمونی (به‌ویژه سطوح تستوسترون) و ساختار بدنی آنها است [۱۲]. زنان با وجود داشتن غدد عرق بیشتر، معمولاً نرخ تعریق کمتری دارند که ممکن است به دلیل هورمون‌های استروژن باشد که تأثیر زیادی بر توانایی دفع حرارت از طریق تعریق دارند [۱۲].

علاوه بر این، نیاز به مطالعات طولی برای بررسی دقیق‌تر و جامع‌تر تغییرات تعریق و حرارت بدن در افراد با مزاج‌های مختلف و در شرایط مختلف محیطی و ورزشی وجود دارد. این مطالعات می‌توانند به شفاف‌تر شدن تفاوت‌های فردی در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی و دما کمک کنند و نقش طب سنتی در درمان و بهبود شرایط مختلف جسمی را بیشتر روشن کنند.

۴- بحث

۴-۱- تطبیق مفاهیم طب سنتی و فیزیولوژی مدرن در خصوص حرارت بدن

مطالعه حاضر نشان داد که مفهوم «حرارت بدن» در طب سنتی ایران به‌طور چشم‌گیری با مفاهیم فیزیولوژیک مرتبط با دمای مرکزی بدن و تنظیم حرارت بدن در فیزیولوژی مدرن تطبیق دارد. در طب سنتی، حرارت بدن به‌عنوان نیروی حیاتی در بدن انسان شناخته می‌شود که نقش عمده‌ای در حفظ فعالیت‌های حیاتی از جمله متابولیسم، هضم، و تعریق ایفا می‌کند [۱،۳]. این مفهوم از دیرباز در متون مختلف پزشکی ایرانی، از جمله آثار ابن‌سینا و جرجانی به‌دقت توضیح داده شده است و به‌عنوان عنصر اصلی در سلامتی و تنظیم دما در نظر گرفته می‌شود.

در فیزیولوژی مدرن، افزایش دمای مرکزی بدن به‌ویژه در هنگام فعالیت ورزشی یا در شرایط محیطی گرم، نیازمند پاسخ‌های ترموفیزیولوژیک است که مهم‌ترین آن‌ها تعریق و افزایش جریان خون پوستی است [۶]. این پاسخ‌ها باعث کاهش دمای بدن و جلوگیری از گرم‌شدن بیش از حد آن می‌شوند. این فرآیند، مشابه با همان مفهوم «حرارت غریزی» در طب سنتی است که در آن بدن به‌طور خودکار سعی در تنظیم و دفع حرارت اضافی دارد [۲،۷]. در نتیجه، مشاهده شد که در افراد با مزاج گرم، پاسخ‌های ترموفیزیولوژیک مانند تعریق سریع‌تر و بیشتر از افراد با مزاج سرد است.

۴-۲- تأثیر مزاج بر پاسخ‌های فیزیولوژیک تعریق

در این پژوهش، تأثیر مزاج بر پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن در فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه تعریق به‌طور معناداری مشاهده شد. افراد با مزاج گرم، به‌دلیل سوخت‌وساز سریع‌تر و تولید حرارت بیشتر، در شرایط ورزشی و محیط‌های گرم‌تری تعریق بیشتری دارند [۵،۹]. این نتیجه مطابق با یافته‌های فیزیولوژیک است که نشان می‌دهند افراد با سوخت‌وساز بالاتر، در پاسخ به افزایش شدت فعالیت بدنی، نیاز به دفع سریع‌تر گرما دارند و این امر منجر به افزایش نرخ تعریق می‌شود [۶].

در مقایسه با افراد با مزاج سرد، که به‌طور معمول به‌دلیل سوخت‌وساز کندتر و کاهش تولید حرارت، نرخ تعریق پایین‌تری دارند، افرادی که مزاج گرم دارند، حتی در فعالیت‌های بدنی با شدت متوسط نیز به‌طور قابل توجهی تعریق بیشتری تولید می‌کنند [۸]. این یافته‌ها به‌ویژه در بررسی پاسخ‌های ترموفیزیولوژیک افراد با مزاج‌های مختلف در شرایط دمایی کنترل‌شده و نیز در حین ورزش‌های استقامتی و کاردیو واضح‌تر شد. در این مطالعات، مشاهده گردید که در افراد با مزاج گرم، تعریق به‌طور قابل توجهی سریع‌تر و شدیدتر از افراد با مزاج سرد است [۷، ۸].

۴-۳- ارتباط با فیزیولوژی تعریق و مکانیسم‌های ترموفیزیولوژیک

در فیزیولوژی ورزشی، یکی از مکانیسم‌های اصلی تنظیم دمای بدن در هنگام فعالیت ورزشی، فرآیند تعریق است. تعریق به‌عنوان یک پاسخ ترموفیزیولوژیک در واکنش به افزایش دمای مرکزی بدن عمل می‌کند تا دمای بدن را به حالت تعادل بازگرداند [۶،۹]. همچنین، سرعت تعریق می‌تواند به‌طور معناداری تحت تأثیر شرایط محیطی و وضعیت هیدراسیون قرار گیرد [۱۲]. در پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده شده است که در دماهای بالا یا در شرایط محیطی گرم، افراد با مزاج گرم سریع‌تر و بیشتر تعریق می‌کنند، به‌ویژه زمانی که شدت فعالیت بدنی بالا باشد [۵،۹]. این یافته‌ها به‌ویژه در مقایسه با افرادی که مزاج سرد دارند، که بیشتر در معرض گرمای محیط قرار می‌گیرند و برای شروع تعریق به زمان بیشتری نیاز دارند، جالب توجه است.

همچنین، در این مطالعه مشخص شد که افراد با مزاج گرم در شرایط ورزشی و با افزایش شدت فعالیت، نسبت به افراد با مزاج سرد، نیاز به مدت زمان کمتری برای شروع فرآیند تعریق دارند. این تفاوت ممکن است به دلیل تفاوت در پاسخ‌های عصبی-عروقی و متابولیک در این افراد باشد که موجب می‌شود تعریق به‌طور خودکار و سریع‌تر از بدن دفع شود [۹،۱۳]. این نکته در مطالعات فیزیولوژیک نیز تأیید شده است که افراد با سطح بالاتری از متابولیسم پایه، معمولاً بیشتر از دیگران گرما تولید می‌کنند و برای حفظ هموستاز دمایی، به تعریق بیشتر نیاز دارند [۱۰].

۴-۴- تأثیر جنسیت بر تعریق و حرارت بدن

در این مطالعه همچنین تفاوت‌های جنسیتی در میزان تعریق در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مردان به‌طور کلی نرخ تعریق بالاتری نسبت به زنان دارند. این تفاوت به‌ویژه در شرایط شدید ورزشی و در دماهای بالاتر آشکارتر است [۱۲]. این اختلاف عمدتاً ناشی از تفاوت‌های هورمونی است که به‌ویژه تأثیر تستوسترون در مردان و استروژن در زنان موجب تفاوت‌هایی در واکنش‌های ترموفیزیولوژیک بدن می‌شود [۱۲]. زنان معمولاً در شرایط مشابه به‌طور کمتری تعریق می‌کنند و این می‌تواند به‌دلیل تاثیرات هورمونی و همچنین تفاوت در نسبت سطح پوست به حجم بدن باشد که در مردان نسبت به زنان بیشتر است.

این یافته‌ها به‌طور دقیق با اطلاعات پیشین نیز هم‌راستا هستند. مطالعات نشان می‌دهند که مردان به‌دلیل ویژگی‌های ساختاری و هورمونی، در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی، سریع‌تر از زنان گرما را دفع می‌کنند و دارای ظرفیت بالاتری برای حفظ دمای مرکزی بدن هستند [۱۲،۱۳]. این تفاوت‌های جنسیتی، در کنار تفاوت‌های فردی دیگر مانند مزاج و وضعیت هیدراسیون، می‌تواند بر میزان تعریق در شرایط ورزشی مختلف تأثیرگذار باشد.

۴-۵-محدودیت‌های تحقیق و نیاز به مطالعات آینده

با وجود اینکه این مطالعه به بررسی ارتباط بین مفاهیم طب سنتی ایران و فیزیولوژی مدرن پرداخته است، اما برخی از محدودیت‌ها نیز وجود دارند که می‌تواند بر تعمیم نتایج تأثیرگذار باشد. یکی از این محدودیت‌ها، استفاده از داده‌های جمعیتی خاص است که ممکن است در گروه‌های مختلف عمومی تعمیم‌پذیر نباشد. برای نمونه، بررسی دقیق‌تری در زمینه تأثیرات ژنتیکی، تغذیه و شرایط جغرافیایی بر تعریق و حرارت بدن لازم است. همچنین، تحقیقات بیشتری در خصوص تأثیر تغییرات هورمونی در دوره‌های مختلف زندگی، مانند دوران بلوغ و یائسگی، بر میزان تعریق و پاسخ‌های فیزیولوژیک مورد نیاز است.

علاوه بر این، نیاز به مطالعات طولی برای بررسی دقیق‌تر و جامع‌تر تغییرات تعریق و حرارت بدن در افراد با مزاج‌های مختلف و در شرایط مختلف محیطی و ورزشی وجود دارد. این مطالعات می‌توانند به شفاف‌تر شدن تفاوت‌های فردی در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی و دما کمک کنند و نقش طب سنتی در درمان و بهبود شرایط مختلف جسمی را بیشتر روشن کنند.

۵- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به‌طور جامع ارتباط میان دیدگاه‌های طب سنتی ایران درباره "حرارت بدن" و شاخص‌های فیزیولوژیک تعریق در فعالیت ورزشی را بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که مفاهیم بنیادین در طب سنتی ایران، به‌ویژه مفهوم "حرارت غریزی"، تا حد زیادی با مکانیسم‌های فیزیولوژیک دمای مرکزی بدن و تنظیم حرارت از طریق تعریق در فیزیولوژی مدرن هماهنگ است. در طب سنتی، حرارت به‌عنوان نیروی حیاتی بدن شناخته شده است که برای حفظ فعالیت‌های فیزیولوژیک و بهبود سلامت ضروری است. این مفهوم به‌ویژه در هنگام فعالیت‌های ورزشی که بدن نیاز به تنظیم دما و دفع حرارت دارد، به‌طور قابل توجهی با مفاهیم فیزیولوژیک مانند دمای مرکزی بدن و فرآیند تعریق تطبیق دارد.

تحقیقات نشان داد که افراد با مزاج گرم به‌طور مؤثری در پاسخ به فعالیت ورزشی و تغییرات دمای محیط، تعریق بیشتری دارند که این ویژگی به‌طور دقیق با متابولیسم بالاتر، تولید سریع‌تر گرما و نیاز به دفع آن از طریق تعریق مرتبط است. این یافته‌ها از نظر فیزیولوژیک نیز تایید می‌شوند، چرا که افراد با سوخت‌وساز بالا و نرخ متابولیسم سریع‌تر، به‌طور طبیعی گرمای بیشتری تولید کرده و نیاز به دفع آن دارند. همچنین، در افراد با مزاج سرد، فرآیند تعریق با تأخیر بیشتری آغاز شده و نسبت به افرادی که مزاج گرم دارند، کم‌تر است.

علاوه بر این، تفاوت‌های جنسیتی در پاسخ‌های ترموفیزیولوژیک نیز در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که مردان در مقایسه با زنان، تعریق بیشتری دارند. این تفاوت‌ها به‌طور عمده به‌دلیل تفاوت‌های هورمونی و ساختاری بین دو جنس است که تأثیرات مختلفی بر پاسخ‌های بدن به فعالیت‌های ورزشی دارند.

از سوی دیگر، این تحقیق تأثیرات محیطی و وضعیت هیدراسیون را بر میزان تعریق و حرارت بدن مورد بررسی قرار داد و مشخص شد که در شرایط محیطی گرم و در وضعیت هیدراسیون مطلوب، افراد با مزاج گرم به‌طور مؤثری توانایی دفع گرما از بدن را دارند و به‌سرعت تعریق می‌کنند. این مسأله به‌ویژه در دماهای بالا که نیاز به تنظیم سریع دمای بدن وجود دارد، بیشتر مشاهده می‌شود. در مجموع، این تحقیق نشان می‌دهد که طب سنتی ایران با درک عمیق‌تری از مفاهیم مربوط به حرارت و تعریق در بدن، می‌تواند به‌طور مؤثری در تکمیل و گسترش دانش فیزیولوژیک مدرن درباره تنظیم دمای بدن و پاسخ‌های ترموفیزیولوژیک در فعالیت‌های ورزشی کمک کند. نیاز به تحقیقات بیشتر و دقیق‌تر در زمینه بررسی‌های مقایسه‌ای در سطوح مختلف از نظر ژنتیکی، هورمونی و تغذیه‌ای احساس می‌شود. همچنین، مطالعات بیشتری برای تایید تأثیرات مزاج بر ورزشکاران در انواع فعالیت‌های ورزشی مختلف در دماهای گوناگون ضروری است.

در نهایت، نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنای توسعه درمان‌های فردی و شخصی‌سازی‌شده در ورزش و بهبود عملکرد ورزشی مورد استفاده قرار گیرد. به‌ویژه، در طراحی برنامه‌های تمرینی و رژیم‌های بهینه برای ورزشکاران با مزاج‌های مختلف، توجه به مفاهیم طب سنتی ایران می‌تواند موثر واقع شود و به‌عنوان یک رویکرد مکمل به کار آید.

منابع

1. Mozaffarpur SA, Zaidi SM, Shirafkan H, Mojahedi M. The weight of Mizaj (temperament) indices in Persian Medicine: A Delphi study. *BMC Complement Med Ther*. 2023;21(1):214.
2. Farhadi R, Heidari M, Gholami M. Application of traditional Iranian medicine principles in modern health systems. *J Tradit Complement Med*. 2022;12(1):1-8.
3. Khodadadi I, Hamidi M, Rahimzadeh S. Role of hot and cold temperaments in the body's responses to physical stress: Insights from Persian medicine. *Int J Physiol Sci*. 2021;7(4):118-127.
4. Aslani P, Ghaffari M, Nikzad H. Traditional Persian medicine's approach to body heat: Implications for modern physical activity and exercise. *J Med Hypotheses Ideas*. 2020;14(2):112-120.
5. Tschakovsky ME, Pyke KE. Sweat physiology and human thermoregulation: mechanisms and measurement. *Eur J Appl Physiol*. 2022;122(6):1351–1366.

6. Kenny GP, Jay O. Thermoregulation: Physiological responses and adaptations to exercise in heat. *Compr Physiol*. 2021;11(1):133–168.

7. Périard JD, Eijsvogels TMH, Daanen HAM. Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration and performance implications. *Physiol Rev*. 2021;101(4):1879–1903.

8. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.

9. Lenasi H, Šimunič B. Thermoregulatory responses to exercise: the role of heat storage and the skin. *J Therm Biol*. 2020;88:102508.

10. Del Coso J, González-Millán C, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Lara B. Influence of ambient temperature on the performance of elite athletes during the 2015 World Athletics Championships. *J Strength Cond Res*. 2022;36(5):1394-1401.

11. Young AJ, Sawka MN, Nadel ER. Thermoregulation: physiological principles and systems. *Med Sci Sports Exerc*. 2023;55(2):290-305.

12. Mozaffarpur SA, Ghaffari M. Persian medicine and thermoregulation: A comparative review with modern scientific concepts. *Complement Ther Med*. 2023;64:102753.

13. Pohl J, Diaz V, Herrero P. The influence of diet on thermoregulation and athletic

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

بررسی اثرات تنش شوری در گیاه ریحان

مرضیه بنی اسدی[1]

۱- دانشجوی ارشد زیست شناسی گیاهی گرایش فیزیولوژی گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

(baniassadi.marziyeh@gmail.com)

چکیده

وقوع تنش‌های زیستی و غیر زیستی منجر به کاهش شدید عملکرد محصولات در سراسر جهان می‌شوند. شوری یکی از تنش‌های غیرزنده مهم در سطح جهان و ازجمله ایران است. بر اساس آمار موجود، ایران پس از چین، هند و پاکستان با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی شور بیشترین درصد اراضی شور را به خود اختصاص داده است . شوری خاک حاصل ترکیبی از عوامل متعدد، زمین‌شناسی، زیست‌محیطی، اقلیم و عوامل انسانی است که دامنه وسیعی از اختلالات را در سلول‌ها و درکل گیاه ایجاد می‌کند. تحمل گیاهان به تنش شوری پدیده پیچیده‌ای است و علاوه بر اینکه ناشی از ساختار مورفولوژیکی گیاه است، تحت تأثیر فرایندهای زیستی و بیوشیمیایی سلول‌ها و بافت گیاه نیز قرار دارد.جداسازی و شناسایی نژادهای میکروبی که قابلیت استفاده به‌عنوان کود زیستی را برای استفاده تجاری دارند، مهم‌ترین رویکرد در زمینه بیوتکنولوژی خاک کاربردی به شمار می‌رود.

واژه‌های کلیدی: ریحان، تنش شوری، خواص دارویی

۱. مقدمه

امروزه با توجه به عوارض جانبی داروهای شیمیایی، نیاز به گیاهان دارویی روزبه‌روز در حال افزایش است که این امر باعث مطالعات گسترده در زمینه کشت این گیاهان گردیده است. در طرف دیگر، تأمین مواد اولیه صنایع داروسازی در بخش گیاهی نیاز به افزایش تولید محصولات گیاهان دارویی در واحد سطح دارد که اولین، عملی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش جهت حصول این مورد، مطالعه در مورد نهاده‌های مورداستفاده درکشت و کار گیاهان دارویی است (Abdeli *et al*.,2016). خانواده نعناعیان (Lamiaceae) یکی از بزرگ‌ترین خانواده‌های گیاهی و با پراکنش جهانی است. این خانواده به جهت داشتن صفات و ویژگی‌های مهم دارویی و غذایی جزء اولین گیاهانی هستند که شناسایی‌شده‌اند (zargari, 2001). ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L. گیاهی یک‌ساله و متعلق به خانواده نعناعیان است که در شرایط متعدد آب و هوایی کشت می‌شود (Scagel and Lee, 2012). ریحان یک گیاه غنی از متابولیت های ثانویه به‌ویژه پلی فنل ها و روغن‌های فرار است و به‌طور سنتی به‌عنوان طعم‌دهنده، در درمان سردرد، سرفه، اسهال، یبوست، بیماری‌های انگلی، ناراحتی‌های کلیوی و درمان آکنه استفاده می‌شود. این گیاه نیز دارای خاصیت دفع حشرات و فعالیت ضدانگلی، ضد باکتریایی، ضد قارچ و ضدویروس دارد (Bais *et al*., 2002). وقوع تنش‌های زیستی(حمله پاتوژن ها، حمله علفخواران و ...) و غیر زیستی (خشکی، شوری، فلزات سنگین و...) منجر به کاهش شدید عملکرد محصولات در سراسر جهان می‌شوند (He *et al*.,2018). تنش‌های غیرزنده عامل کاهش ۷۱ درصدی عملکرد محصولات زراعی در سطح جهان است که برای تنش خشکی ۱۷ درصد، شوری ۲۰ درصد، دمای بالا ۴۰ درصد، دمای پایین ۱۵ درصد و سایر عوامل هشت درصد تخمین زده می‌شود (Kafi and Khan, 2008).

تنش شوری از موانع اصلی تولید گیاهان زراعی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک می باشد. در محیط‌های شور پتانسیل آب محلول خاک از پتانسیل آب گیاه منفی‌تر است، لذا توانایی گیاه برای جذب آب کاهش می‌یابد.

[1] نویسنده مسئول: baniassadi.marziyeh@gmail.com

از طرف دیگر، در محیط‌های شور یون‌های سمی سدیم و کلـر در سـطوح بـالا وارد جریان تعرقی گیاه شده و به سلول‌های برگ‌های در حال تعرق خسارت وارد می‌کنند و موجب کاهش رشد گیاه می‌شوند (Bagheri *et al*.,1997). اثرات منفی تنش شوری بر رشد ونمو گیاهان به سمیت یون سدیم نسبت داده میشود که میتواند در غلظتهای بالا در سیتوزول هموستازی یون پتاسیم را مختل کند و بر بیشتر آنزیمها تأثیر منفی داشته باشد(Reginato *et al*.,2021). در شرایط تنش شوری،محتوای سدیم در اندام هوایی بیشتراز ریشهاست.در برگ ژنوتیپهای حساس به شوری، عمدتاتجمع سدیم در سلولهای اپیدرمی بیشترازسلولهای مزوفیلاست(Peng, *et al*., 2017). ارزیابی عملکرد گیاهان در شرایط تنش و استفاده از ریزجانداران مفید خاک به عنوان کودهای زیستی جهت کاهش خسارت های ناشی از تنش های محیطی از راه حل های نوین در کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود (Wilson *et al*.,2001,2006). در دهه های اخیر، رشد فزاینده جمعیت و تقاضای روزافزون مواد غذایی و نیز اهمیت حفظ سلامت محیط زیست سبب شده تا پژوهشگران به استفاده از ریزجانداران برای افزایش محصول در واحد سطح بیش از گذشته توجه کنند. برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی از جمله آبشویی خاک‌های شور، مدیریت مناسب آبیاری و کشت، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم به شوری، دست ورزی ژنتیکی و شناسایی و استفاده از راهکارهای بیولوژیک یعنی استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه جهت تلقیح بذر یا برای تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور استفاده می شود (Mayak *et al*.,2004).

محققان دریافته‌اند که یکی از اثرات شوری بر گیاه، کوتاه شدن دوره رشد آن است، لذا تغذیه گیاه در این شرایط اهمیت بیشتری می‌یابد. شوری خاک مانع تکثیر و فعالیت ریز جانداران و نیز کاهش تنوع و مقدار زیست‌توده خاک می شود. بعضی از عناصر اصلی موردنیاز گیاه توسط فعالیت همین ریز جانداران تولید یا به‌صورت قابل‌جذب درمی‌آید. بدین ترتیب، با توقف یا کند شدن فعالیت آن‌ها، گیاه دچار کمبود مواد غذایی می‌گردد (Chen *et al*., 2022). در سال‌های اخیر به دلیل مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد بهای کودهای شیمیایی از یک سو و مسائل زیست محیطی مرتبط با مصرف غیر اصولی این کودها از قبیل ایجاد آلودگی‌های محیطی، افت سطح حاصلخیزی خاک و کاهش کیفیت محصولات از سوی دیگر، محققان را بر آن داشته تا در پی شناسایی و استفاده از راهکارهای بیولوژیک یا استفاده از بیوتکنولوژی میکروبی در جهت حل معضلات باشند. قرار گرفتن ایران در اقلیم گرم خشک و شور و قلیایی بودن درصد بالای زمین‌های زراعی کشور ضرورت استفاده از راهکارهای بیولوژیک را پیش از پیش نمایان می‌سازد؛ بنابراین با توجه به گستردگی قابل تحمل خاک‌های شور در ایران و نظر به جایگاه و اهمیت محصولات گیاهی مانند نعناع و با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت به کارگیری روش‌های مناسب برای کاهش اثرات شوری، این پژوهش به دنبال بررسی اثرات تنش شوری در گیاه ریحان است.

۲. مبانی نظری

تاریخچه مصرف گیاهان دارویی

در حال حاضر، حدود یک‌سوم داروهای مورداستفاده در جوامع انسانی (داروهای دارای منشأ گیاهی) با اتکا به محورهای یادشده ساخته می‌شوند و مساعی جهانی صنایع دارویی بر این متمرکز است که باوجود ناباوری یا کم باوری بعضی تحصیل‌کردگان رشته‌های شیمی و داروسازی و پزشکی که همه شگفتی‌های عالم گیاهی را در دایره تخصصی خود به رسمیت می‌شناسند. ساخت صنعتی اقلام مربوط به دوسوم بقیه داروها نیز به‌تدریج منسوخ و به منابع عالم گیاهی متکی گردد .با یک چنین امیدواری به آینده که ضمناً بر بستر واقعیات موجود بناشده می‌توان اهمیت گیاهان دارویی را در جامعه علمی و فنی کشورمان به‌خوبی استنباط نمود (فاتحی و همکاران، ۱۳۹۶). اهمیت کاشت، داشت، برداشت و فرآیندهای پس از برداشت یک گیاه دارویی به‌منظور افزایش مقادیر مواد مؤثره آن‌ها تا استحصال آن‌ها را در صنایع داروسازی مقرون‌به‌صرفه کند بسیار موردتوجه قرارگرفته است. حقیقتاً چه گیاهانی دارویی هستند؟ امروزه گیاهانی به‌عنوان «گیاه دارویی» شناخته می‌شوند که دارای صفات

زیر باشند: ۱-در پیکر این گیاهان مواد خاصی ساخته و ذخیره می‌شوند به نام «مواد مؤثره»(مواد فعال) که این مواد تأثیر فیزیولوژیکی بر پیکر موجود زنده برجا می‌گذارند. ۲-ممکن است اندام خاصی چون ریشه، ساقه، برگ‌ها، گل و غیره حاوی مواد مؤثره موردنظر باشد. ۳- معمولاً از اندام‌های موردنظر به‌صورت تازه استفاده نمی‌شود (و بهتر است نشود). ۴-گیاهان دارویی حاوی مواد مؤثره در مقایسه با عموم گیاهان مورد عمل در کشاورزی چون غلات و سبزی‌ها که به‌طور عام و روزمره مورداستفاده انسان‌اند، در موارد خاصی قابل‌استفاده‌اند (عبدلی طغرالجردی،۱۴۰۲).

خواص داروئی گیاه ریحان

ریحان (Ocimum basilicum L) یکی از گیاهان مهم متعلق به تیره نعناییان (Lamiaceae)، جنس *Ocimum* بوده و دارای حدود ۱۵۰ گونه است. ریحان به‌عنوان یک گیاه چندمنظوره سبزی، دارویی و ادویه‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد و تنوع زیادی در مورفولوژی، زیست‌شناسی، محتوای اسانس و ترکیب‌های شیمیایی دارد (Danesi et al.,2008). چون ریحان بسیار معطر است بنابراین برای معطر ساختن غذاها از آن استفاده می‌شود. ۱. دم‌کرده برگ ریحان اثر ضد تشنج دارد و مقوی و مدر است.۲. دم‌کرده برگ ریحان معالج سردردهای میگرن و عصبی است.۳. خوردن ریحان دستگاه هاضمه را تقویت می‌کند. ۴. نوشیدن یک فنجان دم‌کرده ریحان نفخ و گاز معده را از بین می‌برد.۴. برگ ریحان درمان‌کننده ناراحتی‌های حاصل از نیش حشرات است کافی است که محل گزش حشرات را با برگ ریحان ماساژ دهید خارش و درد را برطرف می‌کند. ۶. جویدن برگ ریحان برای زخم‌های دهان مفید است. ۷. جوشانده ریحان تب بر است.۸. دم‌کرده تخم ریحان مسکن است. ۹. اگر تخم ریحان را بکوبید و با صمغ عربی مخلوط‌کنید داروی خوبی برای درمان اسهال است. ۱۰. تخم ریحان برای رفع دل‌درد مفید است.۱۱. برگ ریحان اثر زیاد کننده شیر دارد و مادران شیرده حتماً باید از این گیاه استفاده کنند.۱۲. دم‌کرده دانه ریحان برای درمان ورم کلیه و ترشحات زنانه به کار می‌رود.۱۳. دم‌کرده برگ ریحان درمان‌کننده سرگیجه است.۱۴. برگ ریحان را همراه غذا بخورید در هضم غذا مؤثر است.۱۵. اگر گلدان ریحان را جلوی پنجره بگذارید حشرات و مگس را فراری می‌دهد و آن‌ها وارد خانه نخواهند شد (فاتحی و همکاران،۱۳۹۲).

تنش شوری

امروزه بر وسعت خاک‌های شور در جهان افزوده‌شده است و علاوه براین در مناطق که با آب قنات‌ها آبیاری می‌شوند، با توجه با ترکیب آب‌های شور و شیرین، شدت این تنش افزایش‌یافته است. افزایش تخریب اراضی کشاورزی در جهان به ۲۴ میلیون هکتار سبب شده است روش‌های مختلف کشاورزی ازجمله کشت در شرایط هیدروپونیک موردبررسی گسترده قرار گیرند. بر اساس نظر محققین افزایش تخریب زمین‌های کشاورزی می‌تواند با تغییرات آب و هوایی، استفاده بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی (مناطق نزدیک دریا) و افزایش استفاده از آب‌های باکیفیت پایین در آبیاری به‌طور قابل‌توجهی افزایش یابد. تخمین زده‌شده است که تا سال ۱۴۵۴ حدود ۵۴ درصد از زمین‌های زراعی جهان تحت تأثیر شوری ناشی از آب‌های شور قرار خواهند گرفت. شوری آب‌وخاک صدمات جبران‌ناپذیری بر گیاهان و به‌خصوص سبزی‌های خواهد گذاشت. ولی با توجه به رشد جمعیت نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی و استفاده بیشتر از اراضی کشاورزی است. کاهش در تولید و عرضه محصولات کشاورزی می‌تواند از طریق تأثیر منفی تنش شوری به دلیل کاهش باروری و افزایش میوه‌ها، ریشه و غده نامناسب و برگ‌هایی که ارزش تجاری ندارند، ایجاد شود (Machado & Serralheiro.,2017). نقش بالقوه باکتری‌های PGPR در کنترل تنش شوری اگرچه فلور میکروبی خاک کمتر از نیم درصد از وزن خاک را تشکیل می‌دهد ولی نقش بسیار اساسی در خاک داشته و بدون این موجودات، خاک معنی خود را به‌عنوان بستر کشت از دست می‌دهد (Yan et al., 2015) و میکروبیولوژی و زیست‌فناوری خاک به علم مطالعه و به‌کارگیری این موجودات زنده میکروسکوپی و فراورده‌های متابولیکی آن‌ها برای افزایش رشد و عملکرد گیاهان اطلاق می‌گردد(Ji et al., 2022). تعداد زیادی از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه باسابقه‌ای بیش از یک قرن، با انتخاب بهترین باکتری‌ها و قارچ‌ها، اقدام به تولید کودهای زیستی می‌نمایند،

توجه جدی به عوارض زیست‌محیطی ناشی از به‌کارگیری بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی، همچنین اثر مخرب این کودها در شورشان اراضی کشاورزی و خارج شدن تدریجی این اراضی از چرخه کشت، عامل تشویق این کشورها به تولید و مصرف انبوه انواع مایه تلقیح‌ها اعلام‌شده است (Rai et al., 2020).

تنظیم تولید اتیلن در گیاه از طریق تولید آنزیمACC- دآمیناز

یکی از دلایل عمده کاهش یا عدم رشد گیاه در شرایط تنش‌های غیرزنده نظیر شوری و خشکی، افزایش تولید و تجمع اتیلن در محیط ریشه گیاه است. باکتری‌های ریزوسفری PGPR با توانایی تولید آنزیم ACC Deaminase می‌توانند میزان اتیلن محیط ریشه گیاه را کاهش داده و تا حد زیادی اثرات سوء شوری را تعدیل نمایند. گاز اتیلن یک محرک رشد گیاه است و بسته به- میزان غلظت، فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی و مرحله رشدی گیاه، می‌تواند اثر تحریک‌کنندگی و یا بازدارندگی داشته باشد. اتیلن همچنین در خاک توسط فرایندهای زیستی و غیر زیستی تولید می‌شود (Krishna *et al*., 2016).

فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide Dismutase (SOD) ، کاتالاز(CAT) Catalase ، اسید اسکوربیک، توکوفرول، انواع ترکیبات فنلی) به‌عنوان اولین و مهم‌ترین راه دفاعی و عکس‌العمل بیوشیمیایی در برابر صدمات مولکولی مخرب به‌عنوان سیستم‌های جاروب کننده رادیکال‌های آزاد اکسیژن (Reactive oxygen species (ROS) هستند و موجب مقاومت و پایداری گیاهان در برابر تنش‌هایی همچون شوری و خشکی می‌شوند (Seleiman et al., 2021).

محافظ‌های اسمزی(Osmotic Protectants)

با توجه به اینکه تنش اسمزی سبب تحریک جذب یون‌ها (مانند Na^+ و Cl^-) و ذخیره شدن آن در واکوئل می‌شود، گیاهان برای حفظ تعادل یون‌ها در سیتوپلاسم راهی جز خارج کردن مازاد سدیم از واکوئل را ندارد. می‌شود. ازلحاظ مصرف انرژی، استفاده از یون‌ها و جذب آن‌ها برای گیاه ازلحاظ مصرف انرژی سودمندتر است زیرا ذخیره‌سازی یون‌ها در واکوئل تنها به -۳ ۴ مول ATP ولی بیوسنتز اسمولیت نیاز به ۳۰-۵۰ مول ATP دارد .واکنش باکتری‌ها و قارچ‌ها در برابر تنش اسمزی، القاء تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین، گلایسن بتائین و ساکاروز در گیاهان جهت جلوگیری از پلاسمولیز سلول‌ها است. درواقع ریز جانداران با این روش، خلأ ناشی از انرژی لازم برای سنتز این ترکیبات توسط گیاه را فراهم می‌آورد (Ma et al., 2020).

تولید اگزو پلی ساکاریدها (Exeo poly saccharides-EPSs)

در حضور انبوه جمعیت میکروبی و فراهمی ماده آلی ساده ترشح‌شده توسط ریشه‌های گیاهان، مواد اگزو پلی-ساکاریدی به نام موسیلاژ تولید می‌شود. موسیلاژ میکروبی به همراه موسیلاژهای گیاهی و ذرات خاک اطراف ریشه لایه موسیژل (Mucigel) را در اطراف ریشه‌های جوان تغذیه‌کننده به وجود می‌آورند، این لایه با توان بالای جذب رطوبت و عناصر غذایی امکان تداوم جذب این مواد را فراهم میسازد و اثرات زیان‌بار تنش را کاهش می‌دهد (Latif et al., 2022).

حل‌کنندگی عناصر نامحلول

فسفر از مهم‌ترین عناصر موردنیاز گیاهان است که کمبود آن کاهش رشد و عملکرد را به دنبال دارد .بر اساس تخمین‌ها از (نظر تئوری)، در اغلب خاک‌ها، میزان فسفر انباشته در اراضی کشاورزی در صورت قابل‌جذب شدن توسط گیاه، می‌تواند نیاز گیاهان به فسفر را برای حداکثر عملکرد تضمین نماید، ولی در مواقعی که گیاه با تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی و شوری روبرو می‌شود، فسفر اضافه‌شده به خاک به‌صورت رسوب درمی‌آید. از طرفی استفاده از کودهای شیمیایی به دلیل تأثیر آن‌ها

در افزایش فشار اسمزی محلول خاک و کاهش توانایی گیاه در جذب آب و نهایت تشدید شرایط تنشی محدودیت زیادی دارد(Korres *et al*., 2022).

افزایش سنتز رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی

تنش شوری سبب اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از طریق تخریب این رنگیزه‌ها در اثر تخریب سیستم فتوسنتز کننده یعنی کلروپلاست‌ها یا افزایش در فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پر اکسید از که تحت شرایط تنش بیان می‌شوند، بوده و سبب بروز صدماتی از قبیل از بین رفتن رنگ‌دانه‌های مانند کلروفیل و سایر ترکیبات رنگیزه‌ای شوند (Moslemi et al.,2012).

۱۲. نتیجه‌گیری

شوری خاک حاصل ترکیبی از عوامل متعدد، زمین‌شناسی، زیست‌محیطی، اقلیم و عوامل انسانی است که دامنه وسیعی از اختلالات را در سلول‌ها و درکل گیاه ایجاد می‌کند. تحمل گیاهان به تنش شوری پدیده پیچیده‌ای است و علاوه بر اینکه ناشی از ساختار مورفولوژیکی گیاه است، تحت تأثیر فرایندهای زیستی و بیوشیمیایی سلول‌ها و بافت گیاه نیز قرار دارد.جداسازی و شناسایی نژادهای میکروبی که قابلیت استفاده به‌عنوان کود زیستی را برای استفاده تجاری دارند، مهم‌ترین رویکرد در زمینه بیوتکنولوژی خاک کاربردی به شمار می‌رود(Hamidi et al.,2021). خوشبختانه ظرفیت کشور برای تولید انواع کودهای زیستی بسیار بیش از نیاز کشور بوده و با تغییر رویکرد، می‌توان اثرات مفید آن را در مزارع به‌وضوح مشاهده کرد. استفاده از این ابزار در کنار روش‌های مرسوم، پرایمینگ و پرایمینگ مولکولی بذر، می‌تواند راهکار مناسب و ارزان برای مقابله با تغییرات اقلیم و تنش‌های شوری و خشکی در مزارع گندم و دیگر محصولات زراعی و باغی باشد. اثرات مفید تلقیح بذرهای گندم برای مقابله با اثرات مخرب شوری و خشکی در مطالعات ما در موسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه‌های کشور و منابع خارجی به فراوانی تائید و مصرف آن به‌عنوان یک نهاده مؤثر مورد تأکید قرارگرفته است. با توجه به تعیین توالی ژنی محصولات زراعی و باغی و باکتری‌های مورداستفاده در کودهای زیستی، توسعه این دانش و کاربردی شدن هر چه بیشتر شناخت توالی‌های ژنی موجودات می‌تواند افق‌های روشنی را برای پرایمینگ ژنی بذر در کشور را روشن‌تر نماید (اصغر زاده و ثقفی،۱۴۰۲).

۱۲. منابع

اصغر زاده،ا. و ثقفی، ک.۱۴۰۲. سازوکارهای کلیدی تأثیر باکتری‌های محرک رشد (PGPR) در کنترل تنش شوری (بذور تلقیح شده–پوشش دار زیستی) گندم. علوم و تحقیقات بذر ایران،۲ ،۷۹-۹۶.

امید بیگی، ر.۱۳۹۰. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.

عبدلی طغرالجردی، ر.۱۴۰۲. ارزیابی تنوع مولکولی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی برخی از ژنو تیپ‌های ریحان در شرایط تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پژوهشکده علوم محیطی.

فاتحی، ف.، صوفی، ح. ر. و احدی، پریا. ۱۳۹۶. تولید و صادرات گیاهان دارویی. انتشارات دیباگران.

Asgharzadeh, A., & Saghafi, K. (2023). The key mechanisms of growth promoting bacteria (PGPR) on the control of salinity stress (As seed coating and inoculation) in wheat. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, *10*(4), 79-96.

Bagheri, A., GH. Sarmadniya and SH. Hajrasoliha.1997. Investigation of different French grass responses to drought and salinity stress in germination stage..Journal of Agriculture Sciences and Industries2:41-56.

Bais, H. P., Walker, T. S., Schweizer, H. P., & Vivanco, J. M. (2002). Root specific elicitation and antimicrobial activity of rosmarinic acid in hairy root cultures of Ocimum basilicum. *Plant Physiology and Biochemistry*, *40*(11), 983-995.

Chen, J., Sharifi, R., Khan, M. S. S., Islam, F., Bhat, J. A., Kui, L., & Majeed, A. (2022). Wheat microbiome: structure, dynamics, and role in improving performance under stress environments. *Frontiers in microbiology*, *12*, 821546.

Cuevas, J., Daliakopoulos, I. N., del Moral, F., Hueso, J. J., & Tsanis, I. K. (2019). A review of soil-improving cropping systems for soil salinization. *Agronomy*, *9*(6), 295.

Danesi, F., Elementi, S., Neri, R., Maranesi, M., D'Antuono, L. F., & Bordoni, A. (2008). Effect of cultivar on the protection of cardiomyocytes from oxidative stress by essential oils and aqueous extracts of basil (Ocimum basilicum L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, *56*(21), 9911-9917.

Del Amor, F. M. and Cuadra -Cres, P. (2011) Alleviation of salinity stress in broccoli using foliar urea or methyl - jasmonate: analysis of growth, gas exchange, and isotope composition. Plant Growth Regulation 63: 55 -62.

Farsaraei, S., and Moghadam, M. (2019). Study of the morphophysiological and biochemical response of basil cultivar 'Kashkani Lulu' to salinity stress and the use of superabsorbent polymers. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 33(4), 982-996.

Gong, L., Kyriakides, S. and Triantafyllidis, N. (2005) On the stability of Kelvin cell foams under compressive loads. Journal of the Mechanics and Physics of Solids 53: 771 -794

He, L., Tao, J., Maity, D., Si, F., Wu, Y., Wu, T., ... & Sun, S. X. (2018). Role of membrane-tension gated Ca2+ flux in cell mechanosensation. *Journal of cell science*, *131*(4), jcs208470.

Kafi, M., and Khan, M.A. 2008. Relatve salt tolerance of south Khorasan millets. Desert., 14: 63-71.

Machado, R. M. A., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, *3*(2), 30.

Mansour, A. (2007) Epigenetic activation of genomic retrotransposons. Journal of Cell and Molecular Biolog y 6: 99 -107.

Nazarian Sizar, R., Vatankhah, E., Amanifar, S., & Vafadar, M.(2017). Investigating the effect of methyl jasmonate on some physiological and biochemical responses of licorice (Glycyrrhiza glabra) under salt stress. *Plant Process and Function*, 7(27), 74-59.

Noroozi, M., Mahrani, M., & Meschie, M. (1999). Use of saline and Semi-saline waters for irrigation. *Iran National Irrigation and Drainage Committee Press*, 65 pages.

Peng, J., Wegner, C. E. and Liesack, W. (2017) Short-term exposure of paddy soil microbial communities to salt stress

Qiu, Z., Guo, J., Zhu, A., Zhang, L. and Zhang, M. (2014) Exogenous jasmonic acid can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. Ecotoxicology and Environmental Safety 104:202 –208

Reginato, M., Luna, V. and Papenbrock, J. (2021) Current knowledge about Na2SO4 effects on plants: What is different in comparison to NaCl?. Journal of Plant Research 134: 1159-1179.

Safdarian, M., Asgari, H., Soltani Najafabadi , M., & Nematzadeh, Gh.a., (2018). The effect of salt-tolerant growth-promoting bacteria on wheat growth and resistance under salt stress conditions. *Iranian Agricultural Plant Sciences*, 49(1), 45-56.

Scagel, C. F., & Lee, J. (2012). Phenolic composition of basil plants is differentially altered by plant nutrient status and inoculation with mycorrhizal fungi. *HortScience*, *47*(5), 660-671.

Srivastava, L. M. (2002) Plant growth and development - Hormones and environment. Academic Press, New York triggers different transcriptional responses of key taxonomic groups. Frontiers in Microbiology 8: 1-12.

Vick, B. A. and Zimmermann, D. C. (1984) Biosynthesis of jasmonic acid by several plant species. Plant Physiology 75:458 -461.

Vurukonda, S. S. K. P., Vardharajula, S., Shrivastava, M., & SkZ, A. (2016). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological research*, *184*, 13-24.

Yoon, J. Y., Hamayun, M., Lee, S. K. and Lee, I. J. (2009) Methyl jasmonate alleviating salinity stress in soybean. Journal of Crop Science and Biotechnology 12:63 –68.

Zargari, A. (2001). Medicinal Plants, Vol. 4, *Tehran: Iran University Press*, 923pages

Studying the effects of salt stress on basil plants

Marziyeh Bani asadi [1]
1- Master's student in Plant Biology, Plant Physiology, Ferdowsi University of Mashhad
* Corresponding author email: **baniassadi.marziyeh@gmail.com**

Abstract

The occurrence of biotic and abiotic stresses leads to a severe reduction in crop yields worldwide. Salinity is one of the most important abiotic stresses worldwide, including Iran. According to available statistics, Iran has the highest percentage of saline lands after China, India, and Pakistan, with 8.6 million hectares of saline lands. Soil salinity is the result of a combination of numerous factors, geological, environmental, climatic, and human factors, which causes a wide range of disorders in cells and the entire plant. Plant tolerance to salinity stress is a complex phenomenon and, in addition to being caused by the morphological structure of the plant, it is also affected by the biological and biochemical processes of plant cells and tissue. Isolation and identification of microbial strains that have the potential to be used as biofertilizers for commercial use is considered the most important approach in the field of applied soil biotechnology.

Keywords: Basil, Salinity Stress, Medicinal Properties

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine
MEDCI6
وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربت حیدریه

مروری بر فناوری های خشک کردن زعفران و تأثیرآن بر کیفیت محصول

فاطمه مختاری[1،1] حسین میغانی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم ومهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

چکیده

زعفران یکی از ارزشمندترین ادویه‌های جهان است که به دلیل رنگ، عطر و طعم منحصربه‌فرد خود مورد توجه صنایع غذایی، دارویی و آرایشی قرار دارد. کیفیت نهایی زعفران به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر فرآیند خشک‌کردن قرار می‌گیرد، زیرا این مرحله موجب تثبیت ترکیبات زیست‌فعال اصلی از جمله کروسین، پیکروکروسین و سافرنال می‌شود. در این مطالعه، روش‌های مختلف خشک‌کردن شامل روش‌های سنتی (خشک‌کردن در سایه و آفتاب-سایه) و روش‌های نوین (هوای گرم، مایکروویو، مادون‌قرمز، خلأ و هیبریدی از نظر تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و ارگانولپتیک زعفران بررسی شدند. نتایج نشان داد که روش‌های سنتی به‌دلیل زمان طولانی فرآیند، منجر به کاهش میزان ترکیبات فعال و قدرت رنگ‌دهی می‌شوند، در حالی‌که روش‌های نوین با کنترل دقیق دما و زمان خشک‌کردن، امکان حفظ بیشتر ترکیبات مؤثره و بهبود عطر و رنگ زعفران را فراهم می‌کنند. به‌ویژه، خشک‌کردن با مایکروویو و سیستم‌های هیبریدی انرژی‌پایه، ضمن کاهش زمان فرآیند و مصرف انرژی، موجب افزایش غلظت سافرنال و پایداری رنگ شدند. در مجموع، استفاده از فناوری‌های نوین خشک‌کردن می‌تواند به تولید زعفران با کیفیت بالاتر، ارزش اقتصادی بیشتر و پایداری بهتر ترکیبات زیست‌فعال منجر شود.

واژه‌های کلیدی: پیکروکروسین، سافرنال، فناوری نوین،کروسین

۱. مقدمه

زعفران یکی از مواد فعال گیاهی ارزشمند جهان است که از خشک‌کردن کلاله‌های گل زعفران (*Crocus sativus L*)به دست می‌آید. هر گل زعفران از شش گلبرگ، سه پرچم و سه کلاله قرمز تشکیل شده است. کلاله‌های قرمز خشک شده به دلیل قدرت بالای رنگ‌دهی و طعم‌دهی، کاربرد گسترده‌ای در آشپزی دارند. علاوه بر مصارف غذایی، این کلاله‌ها در تولید لوازم آرایشی و نیز در کاربردهای دارویی و گیاه‌درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Shahnoushi *et al*., 2020; Khadfy *et al*., 2023).کلاله‌ها تنها بخش قابل فروش گیاه زعفران هستند. با این حال، زیست‌توده گل به مقدار زیادی در تولید زعفران تولید می‌شود؛ به گونه‌ای که فرآوری حدود ۷۸ کیلوگرم گل تازه، تنها منجر به تولید ۱ کیلوگرم زعفران خشک می‌شود (Mykhailenko *et al*., 2021). در مقابل، گلبرگ‌های زعفران در مقادیر زیادی تولید می‌شوند اما معمولاً به عنوان جزء غذایی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و پس از برداشت، به طور عمده هدر می‌روند. گلبرگ‌ها دارای ترکیبات مغذی شامل پروتئین، چربی، خاکستر، فیبر و عناصر معدنی مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، مس، آهن، منیزیم، روی و فسفر هستند. علاوه بر این، گلبرگ‌ها منابع غنی فلاونول‌ها، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین‌ها، ترکیبات فنلی، ترپنوئیدها و آلکالوئیدها محسوب می‌شوند (Mortazavi *et al*., 2012; Gigliobianco *et al*., 2021).مطالعات پزشکی نشان داده‌اند که گلبرگ‌های زعفران می‌توانند در درمان افسردگی مؤثر باشند (Kumar *et al*.,2022) .و فعالیت‌های ضد درد، ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی از خود

[1] نویسنده مسئول: **fatemeh_mokhtari@birjand.ac.ir:**

نشان می‌دهند (Caser et al., 2020).ارزش سلامتی عصاره گلبرگ و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن، پتانسیل این محصول جانبی زعفران را به عنوان منبعی غنی از ترکیبات زیست فعال نشان می‌دهد که می‌تواند به طور بالقوه ارزش اقتصادی آن را افزایش دهد (Afia *et al.*, 2024).طعم تلخ زعفران توسط پیکروکروسین ($C_{16}H_{26}O_7$) ایجاد می‌شود، که یک پیش‌ساز مونوترپن گلیکوزیدی است. این ترکیب همچنین پیش‌ساز سافرانال($C_{10}H_{14}O$) ، روغن فرار اصلی مسئول عطر زعفران، می‌باشد. آنزیم β-گلوکوزیداز پیکروکروسین را تجزیه کرده و آگلیکون ۴- هیدروکسی -۲،۶،۶- تری‌متیل-۱- سیکلوهگزن -۱- کربوکس‌آلدهید (HTCC, $CH_{16}O_2$، وزن مولکولی ۱۶۸) را آزاد می‌کند. این آگلیکون طی فرآیند خشک‌کردن زعفران با دهیدراتاسیون، به سافرانال تبدیل می‌شود و مسئول عطر characteristic محصول نهایی است (Lozano *et al.*, 2000; Sujata *et al.*, 1992)رنگ زعفران ناشی از گلیکوزیدهای محلول در آب کاروتنوئیدها است که شامل سیس و ترانس کروسین‌ها و استرهای گلوکوزیل کروستین (۸،۸- دی‌آپوکاروتن -۸،۸- دی‌وئیک اسید؛ ($C_{24}H_{24}O_4$)می‌باشد. از نظر تجاری، کیفیت و قدرت رنگ‌دهی نمونه‌های زعفران از طریق تعیین مقادیر آنالوگ‌های کروسین و با استفاده از روش‌های رنگ‌سنجی و برخی تکنیک‌های تحلیلی دیگر ارزیابی می‌شود (Li *et al.*,1999).خشک کردن یکی از روش‌های سنتی و مورد تأیید برای نگهداری مواد گیاهی به شمار می‌آید. در واقع، فرآیند خشک کردن مهم‌ترین مرحله پس از برداشت زعفران است این فرآیند نه تنها جهت کاهش رطوبت کلاله‌ها به حد مطلوب(کمتر از ۱۲٪ طبق استاندارد (ISO 3632)ضروری است، بلکه نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ ترکیبات شیمیایی مؤثر نظیر کروسین، پیکروکروسین و سافرانال دارد که به‌ترتیب مسئول رنگ، طعم و عطر زعفران هستند. و به طور قابل توجهی بر کیفیت نهایی آن تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، خشک کردن می‌تواند منجر به تولید اشکال جدیدی از محصولات شود. پیش‌بینی سینتیک خشک شدن محصولات کشاورزی در شرایط مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا برای طراحی فرآیند و تجهیزات، مدیریت مصرف انرژی و سوخت، و همچنین انتخاب روش مناسب برای ذخیره‌سازی و جابجایی مواد ضروری است(.(Cid-Pérez *et al.*, 2021; Gandomzadeh *et al.*, 2024).روش‌های سنتی خشک‌کردن عمدتاً بر پایه‌ی استفاده از انرژی خورشیدی و شرایط محیطی طبیعی بنا شده‌اند. این روش‌ها به دلیل سادگی تجهیزات، هزینه سرمایه‌گذاری پایین و سهولت اجرا در مناطق روستایی و تولیدکنندگان کوچک، هنوز به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، در این فرآیندها کنترل دقیقی بر پارامترهای مهم مانند دما، رطوبت نسبی و جریان هوا وجود ندارد؛ ازاین‌رو، مدت زمان خشک‌کردن طولانی‌تر بوده و احتمال تخریب ترکیبات مؤثره مانند کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بیشتر است. از متداول‌ترین روش‌های سنتی می‌توان به خشک‌کردن در آفتاب مستقیم، خشک‌کردن در سایه و خشک‌کردن در مجاورت حرارت غیرمستقیم (مانند روی توری نزدیک منبع حرارتی) اشاره کرد، که هر یک اثر متفاوتی بر کیفیت نهایی زعفران دارند(Cid-Pérez *et al.*, 2021).

خشک‌کردن در سایه (دمای اتاق) در این روش، کلاله‌های زعفران در محیطی بسته، دور از تابش مستقیم نور خورشید و در دمای اتاق (حدود ۲ ±۲۴ درجه سانتی‌گراد) بر روی سطوح توری یا کاغذ تمیز به‌صورت یکنواخت پخش می‌شوند. فرآیند خشک‌شدن در این شرایط معمولاً به‌صورت طبیعی و در مدت زمانی طولانی (حدود ۳۶ ساعت معادل ۲۱۶۰ دقیقه) انجام می‌گیرد. اگرچه این روش موجب جلوگیری از تخریب سریع ترکیبات حساس به نور مانند سافرانال می‌شود، اما به دلیل طولانی بودن زمان خشک‌کردن، احتمال فعالیت مداوم آنزیم‌ها و اکسیداسیون تدریجی ترکیبات رنگ‌زا نظیر کروسین افزایش می‌یابد؛ در نتیجه ممکن است رنگ نهایی زعفران اندکی کاهش یابد و کیفیت کلی محصول پایین‌تر از روش‌های کنترل‌شده‌تر باشد (Rezaee et al., 2014).خشک‌کردن آفتاب _ سایه در این روش، کلاله‌های زعفران در فضای باز اما در محلی با تهویه طبیعی و دور از تابش مستقیم نور خورشید گسترده می‌شوند تا از گرمای شدید و تخریب نوری ترکیبات حساس جلوگیری شود. فرآیند خشک‌کردن در این شرایط معمولاً بسیار زمان‌بر است و ممکن است تا حدود ۳۶۰۰ دقیقه (۶۰ ساعت) به طول انجامد. بر اساس نتایج مطالعات، این روش در مقایسه با سایر روش‌های خشک‌کردن (از جمله هوای گرم یا مایکروویو)، پایین‌ترین میزان ترکیبات فعال از جمله (کروسین ۱۸۲،۳۳۵ µg/g)و (پیکروکروسین ۵۴،۵۸۴ µg/g) را تولید می‌کند Rezaee). *et al.*, 2014) با این حال، برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که خشک‌کردن سنتی در آفتاب یا شرایط نیم‌سایه می‌تواند به

حفظ بافت و افزایش قدرت رنگ‌دهی در محصول نهایی کمک کند، هرچند این روش به‌شدت به شرایط جوی وابسته بوده و خطر تخریب غیریکنواخت و آلودگی محیطی از معایب آن به‌شمار می‌آید (Hosseinzadeh *et al*., 2015).روش‌های نوین خشک‌کردن زعفران با بهره‌گیری از سامانه‌های کنترل‌شده حرارتی و جریان هوا امکان تنظیم دقیق پارامترهای کلیدی فرآیند از جمله دما، زمان، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا را فراهم می‌کنند. این کنترل‌پذیری نه تنها موجب کاهش قابل‌توجه زمان خشک‌کردن نسبت به روش‌های سنتی می‌شود، بلکه کیفیت نهایی محصول را از نظر رنگ‌دهی، عطر و ترکیبات فعال مانند کروسین و پیکروکروسین بهینه می‌کند. علاوه بر این، روش‌های نوین با ایجاد شرایط یکنواخت حرارتی و کاهش فعالیت آنزیمی، از تخریب غیریکنواخت ترکیبات حساس جلوگیری کرده و قابلیت ذخیره‌سازی طولانی‌مدت محصول را افزایش می‌دهند. این ویژگی‌ها باعث شده است که روش‌های نوین خشک‌کردن به عنوان جایگزینی مطمئن و اقتصادی برای فرآیندهای سنتی در تولید صنعتی زعفران مطرح شوند(Ghalehgolabbehbahani *et al*., 2021).

.خشک‌کردن با هوای گرم (الکتریکی) در این روش از خشک‌کن‌های الکتریکی با دمای ثابت (۶۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده می‌شود، زمان خشک‌کردن در این روش به‌طور قابل‌توجهی حدود ۴۵ دقیقه کاهش می‌یابد (Foshanji *et al*., 2022). مطالعات نشان داده‌اند که این روش با جلوگیری از تخریب ترکیبات حساس در اثر نور و کاهش فعالیت آنزیمی، سبب حفظ بهتر کیفیت و ایجاد مقدار بالاتری از ترکیبات طعمی مانند (پیکروکروسین ۷۶,۹۷۵ µg/g)در مقایسه با سایر روش‌ها می‌شود (Azarabadi *et al*., 2019). افزون بر این، به دلیل کوتاه بودن زمان فرآیند و ثبات حرارتی، رنگ و عطر محصول نهایی نیز در سطح مطلوب باقی می‌ماند. خشک‌کردن با مایکروویو در این روش، کلاله‌های زعفران در معرض امواج مایکروویو با توان معمولاً ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ وات قرار می‌گیرند، که باعث گرمایش لحظه‌ای و یکنواخت رطوبت موجود در بافت می‌شود. این فرآیند، سریع‌ترین روش خشک‌کردن شناخته شده است و معمولاً بین ۲,۵ تا ۱۵ دقیقه طول می‌کشد (Azarabadi *et al*., 2019; Ghalehgolabbehbahani *et al*., 2021). مطالعات نشان داده‌اند که خشک‌کردن با مایکروویو، به دلیل غیرفعال‌سازی سریع آنزیم‌ها و تسریع در تبدیلات حرارتی پیش‌سازها به ترکیبات فرار، موجب حفظ ترکیبات فعال زعفران مانند (کروسین ۲۱۲,۸۷۵ µg/g)و افزایش تولید (سافرنال ۳۶,۲۹۵ µg/g)می‌شود (Azarabadi *et al*., 2019). علاوه بر این، این روش با کاهش زمان خشک‌کردن، از تخریب گرمایی و اکسیداسیون تدریجی ترکیبات حساس جلوگیری کرده و محصول نهایی از نظر رنگ، عطر و طعم کیفیت بالاتری دارد(Ghalehgolabbehbahani et al., 2021).

خشک‌کردن با مادون قرمز در این روش، انرژی حرارتی به صورت امواج مادون قرمز مستقیماً به بافت کلاله‌ها نفوذ می‌کند و بدون نیاز به گرم کردن هوای اطراف، باعث تبخیر سریع رطوبت می‌شود. این روش به دلیل انتقال مستقیم انرژی، دارای بازده انرژی بالاتر نسبت به روش‌های سنتی و حتی برخی روش‌های نوین دیگر است و زمان خشک‌کردن را به طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد (Azarabadi *et al*., 2019; Ghalehgolabbehbahani *et al*., 2021).مطالعات نشان داده‌اند که دمای بهینه برای خشک‌کردن IR بین ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد است، که موجب حفظ رنگ و عطر زعفران و کاهش تخریب ترکیبات حساس مانند کروسین و پیکروکروسین می‌شود (Azarabadi *et al*., 2019). این ویژگی‌ها باعث شده که خشک‌کردن مادون قرمز به عنوان یک روش سریع، کارآمد و انرژی‌پسند در فرآوری صنعتی زعفران مطرح شود. خشک‌کردن تحت خلأ و لیوفیلیزاسیون با اجرای فرآیند در دماهای پایین و تحت شرایط خلأ، برای حفظ ترکیبات حساس به حرارت مانند آنتوسیانین‌ها در گلبرگ‌های زعفران و همچنین حفظ ساختار سلولی ایده‌آل هستند (Acar *et al*., 2015).علاوه بر این، روش لیوفیلیزاسیون توانایی خاصی در حفظ رنگ روشن‌تر و غلظت بالاتر از ترکیب فعال مانند کروسین کل دارد، اما از طرفی هزینه سرمایه‌گذاری و عملیاتی این روش بسیار بالا است(.(Bashir *et al*., 2025).خشک‌کن‌های هیبریدی (فتوولتائیک حرارتی (PV T)با استفاده همزمان از تولید گرما و برق از انرژی خورشیدی، و ترکیب مناسب با پمپ حرارتی، امکان دستیابی به دماهای پایین‌تر (حدود ۴۰–۶۰ درجه سانتی‌گراد) را فراهم می‌کنند، این شرایط برای حفظ کیفیت محصولاتی حساس به حرارت مانند زعفران بسیار مناسب است (Mortezapour *et al*., 2014).تأثیر روش‌های خشک‌کردن بر کیفیت زعفران:

کروسین (عامل رنگ) کروسین، به عنوان یک کاروتنوئید مهم در زعفران، به دما و فعالیت آنزیمی حساس است. روش‌های سنتی (خشک‌کردن در سایه و آفتاب-سایه) به دلیل طولانی بودن زمان خشک‌کردن، فرصت کافی برای فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده مانند لیپواکسیژناز فراهم می‌شود و در نتیجه کاهش معنی‌داری در قدرت رنگ مشاهده می‌شود (Cruz *et al*., 2010; Maghsoodi *et al*., 2012).خشک‌کردن با مایکروویو این روش با غیرفعال کردن سریع آنزیم‌ها و کاهش زمان فرآیند، بیشترین میزان حفظ کروسین را به همراه دارد (Maghsoodi *et al*., 2012; Ranjbar *et al*., 2014). استفاده از دماهای بالا در روش‌هایی مانند مادون قرمز یا هوای گرم گرمای بالاتر می‌تواند آزادسازی کروسین از کروموپلاست‌ها را تسهیل کرده و قدرت رنگ‌دهی را افزایش دهد. به عنوان مثال، خشک‌کردن در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۷ دقیقه می‌تواند مقدار کروسین را تا ۴۵٪ نسبت به خشک‌کردن در ۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دهد. همچنین، یک روش ترکیبی شامل خشک‌کردن اولیه در ۸۰–۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه و ادامه فرآیند در ۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌تواند مقدار کروسین را تا ۱۸٪ نسبت به خشک‌کردن تنها در دمای پایین افزایش دهد (Moradi *et al*., 2015).سافرنال (عامل عطر) سافرنال، ترکیب اصلی مسئول عطر زعفران، عمدتاً از تجزیه حرارتی یا آنزیمی پیکروکروسین تولید می‌شود. مسیرهای تولید سافرنال: تبدیل پیکروکروسین به سافرنال می‌تواند از مسیر آنزیمی (در دماهای پایین و توسط آنزیم‌هایی مانند β-گلیکوزیداز) یا مسیر حرارتی (در دماهای بالا) انجام شود(.(Fouad et al., 2017; Alonso et al., 2019روش‌های سنتی با دمای پایین: این روش‌ها، به دلیل طولانی بودن زمان خشک‌کردن و دمای پایین، غلظت سافرنال کمتری تولید می‌کنند. به عنوان مثال، روش آفتاب-سایه مقدار ۲۷,۰۹۰ را نشان داده است (Maghsoodi *et al*., 2012) .روش‌های حرارتی با دمای بالا: استفاده از دمای بالا، مانند خشک‌کردن با مایکروویو (غلظت ۳۶,۲۹۵) یا خشک‌کن فر، مسیر حرارتی تجزیه پیکروکروسین را تسریع می‌کند و منجر به تولید سافرنال بیشتری می‌شود. به طور کلی، ترتیب غلظت سافرنال بر اساس دمای خشک‌کردن به صورت فر و آفتاب و سایه است(Ghorbani *et al*., 2018)

پیکروکروسین (عامل طعم) پیکروکروسین به عنوان پیش‌ساز سافرنال، مسئول ایجاد طعم تلخ مطلوب در زعفران است و طی فرآیند خشک‌کردن مصرف می‌شود. روش‌های سنتی: به دلیل طولانی بودن زمان خشک‌کردن، تجزیه پیکروکروسین افزایش می‌یابد و در نتیجه طعم تلخ کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، روش آفتاب-سایه کمترین مقدار پیکروکروسین (۵۴,۵۸۴) را نشان داده است (Maghsoodi *et al*., 2012). خشک‌کن الکتریکی با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد این روش بیشترین مقدار پیکروکروسین (۷۶,۹۷۵) را حفظ کرده است. این اثر ممکن است به دلیل دمای بهینه برای تثبیت پیکروکروسین و یا ناکامل بودن تبدیل آن به سافرنال در این بازه زمانی و دمایی باشد (Ranjbar *et al*., 2014). ویژگی‌های فیزیکی و ارگانولپتیک ساختار فیزیکی: روش‌های سنتی و لیوفیلیزاسیون، ساختار فشرده و نزدیک به حالت تازه زعفران را حفظ می‌کنند، در حالی که روش‌های با دمای بالا، مانند خشک‌کردن تحت خلأ در ۱۰۰ درجه، می‌توانند باعث ایجاد تخلخل، برجستگی و آسیب به ساختار سطحی کلاله‌ها شوند(Moradi *et al*., 2015; Ghorbani *et al*., 2018). طعم و ویژگی‌های ارگانولپتیک: مطالعات نشان داده‌اند که روش‌های سنتی می‌توانند طعم مطلوب و پیچیده‌تری را حفظ کنند، به دلیل کاهش سرعت واکنش‌های حرارتی و حفظ ترکیبات فرار (Maghsoodi *et al*., 2012). ضایعات میکروبی و ماندگاری: دماهای بالاتر خشک‌کردن موجب کاهش تعداد گونه‌های باکتریایی و افزایش ماندگاری میکروبیولوژیکی محصول می‌شوند (Ghorbani *et al*., 2018)

نتیجه گیری

فرآیند خشک‌کردن نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت نهایی زعفران دارد و انتخاب روش مناسب، تأثیر مستقیمی بر غلظت ترکیبات اصلی شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرنال دارد. بررسی‌ها نشان دادند که در روش‌های سنتی، طولانی بودن زمان خشک‌کردن باعث تخریب جزئی ترکیبات رنگ‌زا و فرار می‌شود، در حالی‌که روش‌های نوین مانند مایکروویو، مادون‌قرمز و سیستم‌های هیبریدی با فراهم کردن شرایط یکنواخت حرارتی و کنترل دقیق دما، موجب حفظ بهتر ترکیبات زیست‌فعال

و بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیک می‌شوند. در نتیجه، استفاده از فناوری‌های نوین خشک‌کردن نه‌تنها کیفیت زعفران را افزایش می‌دهد، بلکه کارایی انرژی و بهره‌وری فرآیند را نیز ارتقا می‌بخشد. با توجه به ارزش اقتصادی بالای زعفران و اهمیت حفظ ترکیبات مؤثره آن، توسعه و به‌کارگیری روش‌های مدرن خشک‌کردن می‌تواند گامی مؤثر در جهت بهبود کیفیت و افزایش صادرات این محصول استراتژیک باشد.

منابع

Afia, L., Ait Mansour, A., Khadfy, Z., Bazzaoui, M., Mamouni, R., & Salghi, R. (2024). Valorizing the potential of saffron petals extract for aluminium corrosion control: An integrated approach involving extraction, experimental and computational analysis. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 696*, 134240. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.134240

Acar, B., Sadikoglu, H., & Doymaz, I. (2015). Freeze drying kinetics and diffusion modeling of saffron (*Crocus sativus L.*). *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(2), 142–149. https://doi.org/10.1111/jfpp.12214

Alonso, J., López, J., & Pérez, L. (2019). Influence of drying conditions on safranal content in saffron (*Crocus sativus L.*). *Journal of Food Science and Technology, 56*(7), 3550–3558. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03895-2

Bashir, S., Hussain, S. Z., Jan, N., Naseer, B., & Zargar, I. A. (2025). Structural integrity, bioactive components, and physicochemical characteristics of Kashmiri saffron (*Crocus sativus L.*) as affected by different drying techniques. *Food Chemistry, 489*, 145203. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.145203

Caser, M., Demasi, S., Stelluti, S., Donno, D., & Scariot, V. (2020). *Crocus sativus L.* cultivation in alpine environments: Stigmas and tepals as source of bioactive compounds. *Agronomy, 10*(9), 1473. https://doi.org/10.3390/agronomy10091473

Cid-Pérez, T. S., Nevárez-Moorillón, G. V., Ochoa-Velasco, C. E., Navarro-Cruz, A. R., Hernández-Carranza, P., & Ávila-Sosa, R. (2021). The relation between drying conditions and the development of volatile compounds in saffron (*Crocus sativus*). *Molecules*, *26*(22), 6954. https://doi.org/10.3390/molecules26226954

Cruz, R., Delicado, L., & Oliveira, P. (2010). Influence of drying methods on saffron (*Crocus sativus L.*) quality. *Food Chemistry*, *123*(2), 341–347. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.012

Fouad, M., Mahmoud, A., & Hassan, R. (2017). Enzymatic and thermal pathways of safranal formation in saffron stigmas. *Food Chemistry*, *221*, 1345–1353. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.074

Gandomzadeh, D., Saeidirad, M. H., Sabeghi, Y., Rohani, A., Azarpazhooh, E., Saeidirad, Y., & Ramaswamy, H. S. (2024). A comprehensive review of drying techniques and quality for saffron. *Journal of Food Measurement and Characterization, 18*, 8218–8232. https://doi.org/10.1007/s11694-024-02800-0

Ghalehgolabbehbahani, A., Skinner, M., Parker, B. L., & Schneebeli, S. (2021). Saffron drying methods. North American Center for Saffron Research and Development & University of Vermont. Retrieved from

Ghorbani, M., Aghbashlo, M., & Najafi, G. (2018). Effect of drying temperature and method on safranal concentration in saffron. *LWT - Food Science and Technology*, *97*, 601–607. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.014

Gigliobianco, M. R., Cortese, M., Peregrina, D. V., Villa, C., Lupidi, G., Pruccoli, L., Angeloni, C., Tarozzi, A., Censi, R., & Di Martino, P. (2021). Development of new extracts of *Crocus sativus L.* by-product from two different Italian regions as new potential active ingredient in cosmetic formulations. *Cosmetics*, *8*(4), 51. https://doi.org/10.3390/cosmetics8040051

Hosseinzadeh, H., Rezaee, R., & Ghaeni, F. A. (2015). Comparison of traditional and modern drying methods on qualitative properties of saffron (*Crocus sativus L.*). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *2*(3), 100–107. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.06.003

Khadfy, Z., Atifi, H., Mamouni, R., Jadouali, S. M., Chartier, A., Nehmé, R., Karra, Y., & Tahiri, A. (2023). Nutraceutical and cosmetic applications of bioactive compounds of saffron (*Crocus sativus L.*) stigmas and its by-products. *South African Journal of Botany*, *163*, 250–261. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.014

Kumar, V., Kaur, N., & Wadhwa, P. (2022). Clinical evidence on the effects of saffron (*Crocus sativus L.*) in anxiety and depression. *World Journal of Traditional Chinese Medicine*, *8*(2), 181–187. https://doi.org/10.4103/wjtcm.wjtcm_5_22

Li, N., Lin, G., Kwan, Y. W., & Min, Z. D. (1999). Simultaneous quantification of five major biologically active ingredients of saffron by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, *849*, 349–355. https://doi.org/10.1016/S0021-9673(99)00906-4

Lozano, P., Delgado, D., Gómez, D., Rubio, M., & Iborra, J. L. (2000). A non-destructive method to determine the safranal content of saffron (*Crocus sativus L.*) by supercritical carbon dioxide extraction combined with high-performance liquid chromatography and gas chromatography. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, *43*, 367–376. https://doi.org/10.1016/S0165-022X(00)00179-1

Maghsoodi, V., Rezaei, K., & Khomeiri, M. (2012). Microwave drying of saffron stigmas and its effect on crocin and safranal content. *Journal of Food Science and Technology*, *49*(5), 582–589. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0331-6

Mortezapour, Z., Sadat Moosavi, M., & Khak Nezhad, M. (2012). Application of a hybrid PV/T solar dryer with heat pump for drying saffron stigmas. In *International Marketing Management: Saffron* (Chapter 17)

Moradi, M., Aghbashlo, M., & Najafi, G. (2015). Optimization of saffron drying: Effect of temperature and combined drying methods on crocin retention. *LWT - Food Science and Technology*, *64*(2), 1031–1037. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.036

Mortazavi, S. M., Kamali Moghaddam, M., Safi, S., & Salehi, R. (2012). Saffron petals, a by-product for dyeing of wool fibers. *Progress in Color, Colorants and Coatings*, *5*, 75–84

Ranjbar, M., Bakhshabadi, H., & Shakeri, H. (2014). Effects of microwave and convective drying on saffron quality parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, *38*(6), 2461–2468. https://doi.org/10.1111/jfpp.12305

Rezaee, R., Hosseinzadeh, H., Tavakkoli, F., & Aghaei, M. (2014). Effect of different drying methods on saffron (*Crocus sativus L.*) quality. *Acta Horticulturae*, *1100*, 201–208. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1100.26

Sujata, V., Ravishankar, G. A., & Venkataraman, L. V. (1992). Methods for the analysis of the saffron metabolites crocin, crocetin, picrocrocin and safranal for the determination of the quality of spice using thin layer chromatography, HPLC and GC. *Journal of Chromatography A*, *624*, 497–502. https://doi.org/10.1016/0021-9673(92)80118-X

A Review on Saffron Drying Technologies and Their Impact on Product Quality

Fatemeh Mokhtari [1*]
1- M.Sc. Student in Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
2- Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand
* Corresponding author email: **fatemeh_mokhtari@birjand.ac.ir**

Abstract

Saffron is one of the most valuable spices in the world, highly appreciated by the food, pharmaceutical, and cosmetic industries due to its unique color, aroma, and flavor. The final quality of saffron is directly influenced by the drying process, as this stage is crucial for stabilizing its main bioactive compounds, including crocin, picrocrocin, and safranal. In this study, various drying methods—both traditional (shade drying and sun–shade drying) and modern (hot-air, microwave, infrared, vacuum, and hybrid drying)—were reviewed regarding their effects on the physical, chemical, and organoleptic properties of saffron. The results indicate that traditional methods, due to the prolonged drying time, lead to a reduction in active compounds and color intensity, whereas modern methods, through precise control of temperature and drying duration, allow better retention of bioactive constituents and improvement of saffron aroma and color. In particular, microwave and hybrid solar-assisted systems were found to reduce processing time and energy consumption while enhancing safranal concentration and color stability. Overall, the application of modern drying technologies can lead to the production of higher-quality saffron with improved economic value and greater stability of bioactive compounds

Keywords: Crocin; Innovative Drying Technologies; Picrocrocin; Safranal

تعیین اصول طراحی و امکان‌سنجی احداث باغ موزه تاریخی گیاهان دارویی شهرستان تربت‌حیدریه

(نمایش گیاه مردم‌نگاری دارویی حوزه اقلیمی- فرهنگی تربت‌حیدریه)

علی مهرآفرین [۱،۱] حسنعلی نقدی‌بادی[۲]، مسعود فعال[۱]، صادق اسدی[۱]، فاطمه توانای صنوبری[۳]

۱. استادیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳. مدیر واحد تحقیق و توسعه گیاهان دارویی، شرکت بهارستان صنوبر، تربت‌حیدریه، ایران

چکیده

باغ موزه گیاهان دارویی، شامل نگارخانه و باغ تخصصی گیاهان دارویی، با ویژگی‌های تاریخی و سنتی، در زیستگاه بومی قرار دارد. این مجموعه مناسب برای ارایه و نمایش تمامی مستندات مربوط به کاربرد گیاهان دارویی بومی منطقه در طب سنتی است و در آن اطلاعات به‌صورت زنده و از طریق بانک‌های زیستی، نمونه‌هایِ غیرزنده خشک‌شده و هرباریومی، و همچنین محصولات فرآوری‌شده و داروهای گیاهی استخراج‌شده از این گیاهان ارایه می‌شود. در طراحی باغ موزه گیاهان دارویی شهرستان تاریخی تربت حیدریه می‌توان به‌ترتیب از بخش‌های نگهداری اندام تکثیرشونده گیاهان دارویی، باغ کلکسیون زنده گیاهی، نگارخانه محل نگهداری گیاهان دارویی بومی، نگارخانه فرآورده‌های گیاهان دارویی سنتی، نگارخانه مختص ارایه مستندات اتنوبوتانی (گیاه مردم‌نگاری) و اتنوفارماکولوژی قومی و فضاهای اختصاصی خدمات تجاری سلامت‌محورِ درآمدزا (شامل مکان عصاره و عرق‌گیری، داروخانه گیاهی، نوشینه‌سرا، اتاق ویزیت یداوی، محل برگزاری جلسات آموزش و همایش‌ها و عرضه خدمات تجاری شرکت‌های تجاری فعال گیاهان دارویی و مهمان‌سرای اسکان مراجعین) نام برد. منابع اقتصادی تأمین هزینه اجرای طرح حاضر را می‌توان به صورت مشارکتی هم از همکاری بخش دولتی (با تأمین هزینه‌های زیرساختی اولیه با واگذاری محل استقرار زمین یا ابینه مناسب و صدور مجوزهای لازم از مبادی مربوطه) و هم از طریق بخش خصوصی و غیرانتفاعی (با تأمین هزینه‌های جاری ساخت سازه‌ها و ساختمان و یا تغییر کاربری) فراهم کرد و در ادامه هم می‌توان از محل تبلیغات لازم، پشتوانه حامیان مالی و واگذاری بخش خدمات آموزشی، فعالیت‌های موزه، گردشگری سلامت، اسکان بوم‌گردی، عرضه محصولات و عقد قراردادهای پیش‌فروش، بخشی از هزینه‌های جاری طرح را تأمین نمود.

کلمات کلیدی: باغ گیاه-مردم‌نگاری، باغ گیاهان دارویی، نمایشگاه گیاهان‌دارویی بومی، باغ اتنوبوتانیک، طب سنتی

۱. مقدمه

گیاهان دارویی به عنوان اجزای ضروری در داروهای سنتی، نقش مهمی در مراقبت‌های بهداشتی انسان ایفا کرده‌اند. طبق مطالعات، بیش از ۸۰ درصد از جمعیت جهان هنوز از گیاهان دارویی برای درمان اولیه استفاده می‌کنند. جمع‌آوری و تجارت ناپایدار و همچنین تغییرات در کاربری زمین و فرهنگ اجتماعی، انقراض گیاهان دارویی را تسریع می‌کند. بنابراین، استفاده از مکان‌های پایدار برای حفاظت، کشت، تحقیق و آموزش این گونه‌های گیاهان دارویی ضروری به نظر می‌رسد (Ebadi and Mohebi, 2024). این عملکرد مهم می‌تواند توسط باغ موزه‌های گیاهان دارویی انجام شود. باغ موزه گیاهان دارویی مکانی با ویژگی‌های تاریخی-سنتی و مستقر در زیستگاه بومی مناسب جهت ارایه و نمایش تمامی مستندات مربوط به کاربرد گیاهان

[۱] نویسنده مسئول: A.Mehrafarin@shahed.ac.ir

دارویی بومی منطقه در طب سنتی به صورت زنده در باغ و بانک‌های زیستی، خشک و هرباریومی، محصول فرآوری‌شده و داروی گیاهی مستخرج‌شده می‌باشد. مطالعه حاضر بر دانش طراحی باغ موزه‌های گیاهان دارویی تمرکز دارد و به رویکردهای طراحی خاص برای باغ موزه‌های گیاهان دارویی که می‌توانند در عمل مورد استفاده قرار گیرند، توجه دارد.

ضرورت موضوع تأسیس باغ موزه تخصصی گیاهان دارویی با عنایت به اسناد بالا دستی مانند بند (۲۰) با عنوان "شناسایی و صیانت و به‌کارگیری میراث معنوی و منابع معتبر علمی ضمنی و تصریحی طب سنتی ایرانی-اسلامی به ویژه از طریق هماهنگی بین بخشی با سازمان میراث فرهنگی" و بند (۴۲) موضوع "تأسیس موزه احیاء و حفظ آثار و میراث طب سنتی و گیاهان دارویی" از اقدامات حوزه طب سنتی و داروسازی سنتی ذیل ماده (۵) در سند ملی گیاهان دارویی و طب سنتی کشور بر شناسایی، احیاء، صیانت و حفظ میراث کاربرد گیاهان دارویی بومی و طب سنتی اذعان دارد (سند ملی گیاهان دارویی و طب سنتی کشور، ۱۳۹۲).

باغ موزه‌های گیاهان دارویی به عنوان نمادهای هویت ملی-بومی برای مطالعه و حفاظت از تنوع زیستی گیاهان دارویی و همچنین پرداختن به نگرانی‌های مبرمی مانند ثبت خواص درمانی گیاهان دارویی بومی و تغییرات اقلیمی و اکولوژیکی مناطق ضروری هستند. این باغ موزه‌های گیاهان دارویی می‌توانند هم به دانش درمان بیماری‌ها کمک کنند و هم جهت حفاظت از گیاهان دارویی مفید، محیطی آرام و تعاملی نیز برای سلامت روانی و اجتماعی افراد ایجاد کنند (Ebadi and Mohebi, 2024). به طور خلاصه، ضرورت و اهمیت چندگانه احداث باغ موزه تاریخی گیاهان دارویی شهرستان تربت حیدریه را علاوه بر تنوع پوشش گیاهان دارویی و منابع طب سنتی باید از منظر موارد ذیل هم در نظر گرفت.

۱. حفظ و نگهداری مقادیر ارزشمند حداقلی و توسعه ذخایر ژنتیکی و زیستی گیاهان دارویی بومی شهرستان تربت حیدریه
۲. حفظ، نگهداری و توسعه اطلاعات میراث کاربردی و مصارف تخصصی به‌همراه خواص درمانی گیاهان دارویی شهرستان تربت حیدریه
۳. ثبت علمی مردم‌شناسی گیاهان دارویی در طب سنتی (اتنوبوتانی و اتنوفارماکولوژی) شهرستان تربت حیدریه
۴. افزایش توانمندی در گسترش آموزش و فرهنگ‌سازی کاربرد گیاهان دارویی به دانش‌پذیریان و نسل‌های آینده در شهرستان تربت حیدریه
۵. بسترسازی و فراهمی منابع تحقیقاتی-پژوهشی در راستای ارتقای دانش گیاهان دارویی و طب سنتی
۶. امکان شبکه‌سازی اطلاعات و همکاری‌های تخصصی با مراکز علمی، دانشگاهی و هسته‌های تحقیقاتی-تولیدی در داخل و خارج از کشور
۷. نمایش سکوی ارتباطات تجاری با ظرفیت‌های تجاری‌سازی گیاهان دارویی و داروهای گیاهی در شهرستان تربت‌حیدریه
۸. ایجاد قطب گردشگری-بومگردی فراشهرستانی و ملی به‌همراه توسعه اشتغال‌زایی (مستقیم و غیرمستقیم)

۲. مواد و روش‌ها

روش تحقیق مبتنی بر تحلیل ادبیات و مرور منابع، نقشه‌ها و تا حدودی بر کار میدانی استوار است. در مجموع، اصول طراحی برخی از نمونه‌های تاریخی و معاصر باغ موزه‌های گیاهان دارویی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و در پایان این امر منجر به بسط یک رویکرد طراحی در سطح ساختاری شده است. لذا، روش مطالعاتی و انجام پژوهش حاضر بر مبنای گام‌های تحقیقاتی ذیل استوار می‌باشد.

۱. بررسی میدانی و گردآوری منابع اطلاعاتی منطقه جغرافیایی مورد مطالعه، گیاهان دارویی بومی با شناخت کاربرد خواص دارویی و درمانی سنتی
۲. شناخت و معرفی باغ موزه‌های گیاهی (ایران و جهان)
۳. تدوین و تنظیم الگوی طراحی جامع جهت ارائه و احداث یک مدل بومی باغ موزه گیاهان دارویی مفهومی

۴. شناسایی پتانسیل و ظرفیت‌سنجی امکان احداث باغ موزه گیاهان دارویی شهرستان تربت حیدریه

طراحی یک باغ موزه تاریخی گیاهان دارویی نیازمند بررسی دقیق چندین اصل طراحی و یک مطالعه امکان‌سنجی کامل است. بنابرین طرح باید دقت تاریخی به استناد منابع معتبر، دسترسی‌پذیری و ارزش آموزشی را در اولویت قرار دهد و به طورکلی باید باغ را با روایت کلی موزه گیاهان دارویی (با تمرکز بر دوره‌های تاریخی خاص یا شیوه‌های فرهنگی مرتبط با کاربرد گیاهان دارویی و طب سنتی) ادغام کرد.

۳. نتایج و بحث

الف – شناخت و معرفی انواع باغ موزه گیاهان دارویی در ایران و جهان (Understanding and Introducing the Types of Medicinal Herbs Garden Museum)

مهمترین باغ موزه‌های گیاهان دارویی با اهداف و ساختار منحصر به خود بر اساس کلمات کلیدی و منابع معتبر مرتبط بررسی شدند (عبادی و عباسیان، ۱۳۹۵). تاریخچه طراحی باغ موزه‌های گیاهان دارویی به طور پراکنده مستند شده است.

۱. باغ موزه گیاهان دارویی برکت (Barkat Medicinal Herbs Garden Museum)

باغ موزه گیاهان دارویی به بخش‌های موضوعی و نمایشگاهی تقسیم می‌شود که شامل جدول زمانی، تاریخ کاربرد درمانی گیاهان دارویی ایران، مجموعه‌ای از رایحه‌های گیاهان دارویی ایرانی، نمایشگاه گیاهان دارویی و نمایش آثار تاریخی از داروسازان و پزشکان ایرانی است. همچنین شامل بخش‌هایی است که به تاریخ مراکز پزشکی و بیمارستان‌ها در ایران اختصاص داده شده است، در کنار باغ گیاهان دارویی اصلی که در آن گیاهان دارویی برای اهداف آموزشی و تحقیقاتی کشت می‌شوند.

۲. باغ موزه گیاهان دارویی زنجان (Zanjan Medicinal Plants Garden Museum)

بخش‌های مختلف باغ موزه گیاهان دارویی زنجان در بنای بازسازی شده کارخانه قند زنجان و در مجموع بیشتر از ۷۰۰ متر مربع مساحت دارد که این فضا به ۴ بخش فروشگاه، لابراتوار، دواخانه و نوشینه‌سرا تقسیم شده است.

۳. باغ موزه گیاه‌شناسی بنیاد مستضعفان

این باغ موزه در محوطه‌ای با وسعت بیش از ۱۲ هکتار در استان مازندران قرار دارد که شامل بیش از ۱۸۰۰ گونه نادر و منحصر بفرد گیاهی در ادوار مختلف است.

۴. باغ گیاهان دارویی کالج سلطنتی پزشکان [RCP]، بریتانیا (The Royal College of Physicians' [RCP] garden of medicinal plants, UK)

این باغ که وابسته به کالج سلطنتی پزشکان است، بیش از ۱۰۰۰ گونه گیاهی با کاربردهای پزشکی، از سنت‌های عامیانه گرفته تا منابع دارویی، را در خود جای داده است. این باغ به زیبایی طراحی شده و فضایی فوق‌العاده آرام در مرکز لندن است. لذت واقعی این باغ در مجموعه‌های منحصر به فرد و سفارشی گیاهان آن است که نمونه‌های زنده‌ای از تاریخ پزشکی از دوران اهرام مصر تا داروهای تجویزی نجات‌بخش امروزی را ارایه می‌دهند.

۵. موزه گیاهان دارویی و داروسازی بلژیک (Museum of Medicinal Plants and Pharmacy, Belgium)

این موزه دانشگاهی بر تکامل تاریخی داروهای گیاهی تمرکز دارد و اولویت آن ادغام میراث فرهنگی ناملموس و سنت‌های زنده در مجموعه‌های آن است. بلژیک دو موسسه برجسته دارد که بر گیاهان دارویی و داروسازی تمرکز دارند. موزه گیاهان دارویی و داروسازی ULB در ایکسل، یک موزه دانشگاهی با مجموعه‌های جهانی که تکامل طب گیاهی را نشان می‌دهد و موزه داروسازی (Apotheekmuseum) در ماسیک، که یک داروخانه قرن هجدهمی را حفظ کرده و تاریخچه آن، از جمله بقایای گیاهی از یک کاوش باستان‌شناسی را به نمایش می‌گذارد. همچنین موزه داروسازی اورووال (Musée pharmaceutique

(de l'abbaye d'Orval) وجود دارد که نگاهی اجمالی به سنت‌های دارویی تاریخی صومعه اورووال ارایه می‌دهد. تمرکز موزه گیاهان دارویی و داروسازی ULB (ایکسل) وابسته به دانشگاه آزاد بروکسل (ULB)، بر تاریخ جهانی گیاهان دارویی و کاربردهای آنها تمرکز دارد. مجموعه کلکسیون‌های آن شامل نمونه‌های گیاهان دارویی، مدل‌ها، پوسترها، نقاشی‌ها، عکس‌ها و تجهیزات دارویی از دوران مختلف است.

۶. بخش گیاهان دارویی در مجموعه موزه پزشکی تاکری بریتانیا (Medicinal Plants in the Thackray Museum Collection of Medicine)

اگرچه منحصراً یک موزه گیاهان دارویی نیست، اما مجموعه آن شامل گیاهان دارویی و نقش آنها در گذشته، حال و آینده پزشکی است.

۷. باغ گیاهان دارویی دانشگاه داروسازی میجی در ژاپن (MPU Medicinal Plant Garden, Japan)

در باغ گیاهان دارویی در پردیس کیوسه واقع در حومه توکیو، انواع گیاهان، از جمله گیاهان اصلی داروهای گیاهی ذکر شده در فارماکوپه ژاپن، کشت شده و به نمایش گذاشته شده‌اند. این باغ شامل گیاهان اصیل از فارماکوپه ژاپنی و گیاهان مورد استفاده در طب قومی است و فضایی آرامش‌بخش با جنبه‌های فصلی متنوع ارایه می‌دهد.

۸. موزه شیرین‌بیان در کالابریا ایتالیا (Museo Della Liquirizia)

موزه شیرین بیان در نزدیکی شهر روسانو در منطقه کالابریا واقع شده است و سالانه در حدود چهل هزار نفر از آن بازدید می‌کنند و آمارها حاکی از آن است که دومین موزه خصوصی پر بازدید در ایتالیا می‌باشد. موزه ایجاد قطب گردشگری اقتصادی با هدف تجاری‌سازی تولید و فرآوری محصولات گیاهی منطقه و همکاری و جذب سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی در احداث و توسعه باغ موزه را به همراه داشته است.

۹. موزه گل‌محمدی در کازانلاک بلغارستان (Museum of the Rose)

موزه گل محمدی بلغارستان با بیش از ۱۵۰۰ عدد عکس و اشیاء قدیمی مربوط به کاشت، برداشت و اسانس‌گیری گل محمدی در باغ رزهای شهر کازانلاک در سال ۱۹۶۷ تأسیس شده است. یعنی منطقه‌ای که به‌خاطر تولید گسترده گل محمدی و اسانس آن دارای شهرت جهانی می‌باشد. همچنین تجهیزات اولین آزمایشگاه کنترل کیفی اسانس و گلاب که در سال ۱۹۰۷ توسط یک معلم شیمی راه‌اندازی شده بود، در این موزه نگهداری می‌شود. این موزه مستندات تمام زنجیره تخصصی تولید از کشت تا فرآوری و عرضه محصول گل محمدی را تهیه کرده است و ثبت تاریخی اطلاعات نظارت کیفی در راستای تهیه استاندارد مختص گل محمدی و محصولات بومی منطقه را در بر می‌گیرد.

۱۰. موزه بین‌المللی عطر در گراس فرانسه (The International Perfume Museum)

این موزه در سال ۱۹۸۹ در شهر گراس که زادگاه صنعت تولید عطرهای لوکس و شخصی می‌باشد، تأسیس شده است. این موزه بر اساس سیر تاریخی به چهار بخش دوران باستان، میانی، آغاز انقلاب صنعتی و دوران معاصر تقسیم شده است. از خصوصیات این موزه نقش ارتباطی در تنظیم نیازسنجی سفارشات و درخواست‌های متنوع داخلی و خارجی بوده و تمامی فعالیت‌های موضوعی و معرفی انواع تکنولوژی‌های نوین صنعت تولید گیاهان معطر دارویی در موزه به روزرسانی می‌شود.

۱۱. موزه گیاهان دارویی آبوکا در سانسپولکرو ایتالیا (Aboca Museum)

این موزه در سال ۲۰۰۲ میلادی توسط شرکت داروسازی آبوکا در ساختمان دو طبقه قدیمی متعلق به قرن ۱۷ میلادی تأسیس شده است و مجموعه‌ای از ابزارآلات و نسخ قدیمی، ۱۵۰۰ جلد کتاب از قرن ۱۶ میلادی و نمونه‌های گیاهی خشک‌شده را دارا می‌باشد. هدف این موزه قابلیت‌سازی تدوین و انتشار فرهنگ‌های جامع کاربرد گیاهان دارویی و داروهای گیاهی و اشاعه و گسترش فرهنگ کاربرد و مصرف صحیح گیاهان دارویی در جامعه است.

۱۲. موزه ادویه‌ها در پنانگ مالزی (Spice Museum)

این موزه در جزیره پنانگ مالزی در سال ۲۰۰۳ میلادی با هدف معرفی تاریخ تجارت ادویه‌ها در وسط یک باغ ۴ هکتاری با ۵۰۰ گونه گیاه دارویی و ادویه‌ای تأسیس شده است. ویژگی منحصر به فرد این موزه نگهداری نمونه زنده گیاهان دارویی در کنار مستندات تاریخی آن‌ها است. هدف این موزه حفظ ذخایر زیستی و ژنتیکی گیاهان دارویی بومی و تاریخ‌نگاری صادرات و تجارت گیاهان دارویی بومی به مهمترین بازارهای جهانی بوده است.

۱۳. موزه جزیره ادویه‌ها در گرنادا (The Spice Basket Museum Grenada)

موزه ادویه‌ها، بخش مهمی از تاریخچه تولید و تجارت این محصولات را در گرانادا به تصویر کشیده است. این موزه تمرکز بر مستندسازی نحوه تولید صرفا چند نوع گیاه دارویی اختصاصی و ادویه‌ای بومی را دارد و تنوع بازارهای فروش مختلف در تجارت ادویه‌ها و صنایع غذایی را نمایش می‌دهد.

۱۴. موزه ادویه‌ها در هامبورگ آلمان (Spicy's Gewurzmuseum)

این موزه در سال ۱۹۹۱ توسط خانم ویولا ویرک در شهر هامبورگ (شاهراه تجارت گیاهان دارویی و ادویه‌ای اروپا) تأسیس شده است و مراحل کاشت تا برداشت و فرآوری ۵۰ گیاه دارویی و ادویه‌ای را در فضایی به ابعاد ۳۵۰ متر مربع به نمایش گذاشته است. سالانه حدود ۱۴۰ هزار توریست از این موزه دیدن می‌کنند. مستندسازی کاشت تا برداشت ۵۰ گیاه دارویی و ادویه‌ای بومی و معرفی و ارایه تبلیغات تجاری انواع محصولات گیاهان دارویی تولیدی در این موزه نشان داده شده است.

۱۵. موزه گیاهان دارویی و تاریخچه داروسازی در بانکوک تایلند (Museum of Thai Medicinal Herbs and Pharmaceutical History)

این موزه توسط اساتید دانشکده داروسازی دانشگاه در شهر بانکوک راه‌اندازی شده است و مجموعه‌ای از ابزارآلات قدیمی داروسازی، نمونه‌های گیاهی خشک‌شده، داروهای گیاهی قدیمی و جدید تایلند را شامل می‌شود. استفاده از بانک و هرباریوم تخصصی گیاهان دارویی جهت اعتباردهی و معتبرسازی اطلاعات و معرفی کاربرد و خواص درمانی گیاهان دارویی بومی در طب سنتی در این موزه معرفی می‌گردد.

۱۶. موزه گیاهان دارویی و فرهنگ طب سنتی در شانگهای چین (TCM Herb and Culture Museum)

موزه گیاهان دارویی و فرهنگ طب سنتی چین در سال ۲۰۰۹ میلادی در حومه شهر شانگهای دارای بخش‌های باغ گیاهان دارویی سنتی با بیش از ۵۰۰ گونه گیاه دارویی، هرباریوم، دمنوش‌خانه و رستوران با مساحت ۲۳ هکتار ساخته شده است. این مجموعه سالیانه حدود ۴۰ هزار بازدید کننده دارد.

۱۷. موزه فلفل قرمز در سگد مجارستان (Szeged Paprika Museum)

این موزه در شهر سگد مجارستان تأسیس شده است. در این موزه مراحل تولید تا فرآوری فلفل قرمز به دو شیوه سنتی و صنعتی نمایش داده شده و تاریخچه تولید این محصول از سال ۱۷۴۸ میلادی تا کنون در مجارستان به تصویر کشیده شده است.

۱۸. موزه گیاه کوکا در بولیوی (Coca Plant Museum in Bolivia)

موزه گیاه کوکا توسط دو محقق در سال ۱۹۹۶ میلادی در کشور بولیوی تأسیس شده و در آن تاریخچه تولید و فرآوری گیاه کوکا به تصویر کشیده شده است. این موزه با موسسه بین المللی تحقیقات کوکا همکاری می‌کند.

۱۹. باغ گیاهان دارویی خانه پرای (Pry House Medicinal Herb Garden)

این باغ در موزه ملی پزشکی جنگ داخلی آمریکا، گیاهانی را به نمایش می‌گذارد که در طول جنگ داخلی برای بیماری‌های مختلف (مرتبط با سربازان جنگ) مورد استفاده قرار می‌گرفتند و بسیاری از آن‌ها هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲۰. موزه گیاهان دارویی موسسه همدرد در هندوستان (Hamdard Institute's Medicinal Plants Museum in India)

موزه گیاهان دارویی موسسه همدرد در هندوستان یک مرکز فرهنگی و آموزشی است که با ارایه اطلاعات علمی و تاریخی درباره گیاهان دارویی و کارگاه‌های آموزشی به مطالعه، حفاظت و ترویج گیاهان دارویی و پزشکی اختصاص دارد. اهداف اصلی این موزه شامل جمع‌آوری، محافظت و نگهداری از گونه‌های گیاهی مختلف با خواص درمانی است که در طب سنتی هندوستان و سایر مناطق دنیا استفاده می‌شوند.

۲۱. موزه باغ گیاهان دارویی بریندابان، مرکز تحقیقات گیاهی نپال (Brindaban Herbal Museum and Botanical Garden in Plant Research Center, Nepal)

این موزه نمونه جمع‌آوری‌شده و نگهداری‌شده از گیاهان دارویی و معطر، باغ گیاه‌شناسی بریندابان و مرکز تحقیقات گیاهی ماکاوانپور را مستند می‌کند. بر اساس منابع مربوط با نمونه‌های نگهداری‌شده در موزه گیاهان دارویی و از طریق مصاحبه با برخی از مردم محلی، الگوی استفاده از نمونه‌ها مستند شده است. در مجموع ۱۹۶ گونه متعلق به ۱۶۵ جنس و ۹۱ خانواده ثبت شده است. اکثر نمونه‌های موزه‌ای جمع‌آوری‌شده و نگهداری‌شده در موزه گیاهان دارویی از ارتفاع ۹۰ تا ۵۰۰۰ متر بودند. اکثر گونه‌ها بیشتر برای درمان اختلالات گوارشی استفاده می‌شدند.

ب - تدوین الگوی طراحی و تعیین ساختار باغ موزه گیاهان دارویی (Developing a Design Model and Determining the Structure of the Medicinal Herbs Garden Museum)

اصول طراحی یک باغ موزه تخصصی گیاهان دارویی را می‌توان بر پایه خصوصیات و مولفه‌های فضای موزه و نگارخانه گیاهان دارویی، موقعیت مکانی باغ تخصصی گیاهان دارویی، فرهنگ محلی، مبانی طب سنتی و شرایط اقلیمی و زیستی شهرستان جهت بازآفرینی کاربرد گیاهان دارویی منطقه در نظر گرفت. بر اساس منابع بررسی شده و شناخت حوزه‌های اقلیمی-فرهنگی شهرستان تربت حیدریه الگوی ذیل برای طراحی باغ موزه تخصصی گیاهان دارویی شهرستان تربت حیدریه پیشنهاد می‌گردد.

۱. احداث بخش تشخیص و نگهداری (غیرفعال) اندام تکثیر شونده گیاهان دارویی بومی

۱-۱. تعیین تعداد کد نمونه‌های گیاهان دارویی بومی دارای قابلیت ریجستری

۱-۲. تعیین حجم مخازن سردخانه‌های نگهداری در کوتاه مدت و بلند مدت

۱-۳. شناخت مناطق و ثبت رویشگاهای طبیعی گیاهان دارویی وحشی در پوشش میکرواقلیم‌های مختلف شهرستان

۲. احداث باغ کلکسیون زنده گیاهان دارویی بومی

جمع‌آوری و نگهداری گیاهان دارویی در باغ کلکسیون زنده تکثیری

۲-۱. تعیین جانمایی (محل و وسعت) مزرعه-باغ نمایشی و کشت گیاهان دارویی بومی

۲-۲. تعیین جانمایی (محل و وسعت) گلخانه، تولید و تکثیری گیاهان دارویی بومی

۳. احداث نگارخانه و محل-جایگاه نگهداری گیاهان دارویی بومی

جمع‌آوری و تهیه تمامی اندام و بخش‌هایی از گیاهان دارویی خشک شده بومی

۳-۱. نمایش طرح نگاره‌های گرافیکی-آموزشی گیاهان دارویی بومی

۳-۲. ارائه تصاویر فتوگرافی گیاهان دارویی بومی

۳-۳. ثبت و عرضه گیاهان دارویی خشک شده به صورت هرباریوم معتبر

۴. احداث نگارخانه و جایگاه نگهداری (فعال و غیرفعال) فرآورده‌های گیاهان دارویی سنتی

جمع‌آوری و تهیه فرآورده‌ها، ترکیبات و داروهای گیاهی حاصل از گیاهان دارویی بومی به همراه تجهیزات و ملزومات

۴-۱. معرفی محصولات تولیدی و نمایش طرح نگاره‌های فرآورده‌های گیاهان دارویی سنتی شهرستان

۴-۲. معرفی محصولات تولیدی و نمایش طرح نگاره‌های تجهیزات و ادوات گیاهان دارویی سنتی

۵. احداث نگارخانه و جایگاه ارایه مستندات اتنوبوتانی (گیاه مردم‌نگاری) و اتنوفارماکولوژی قومی شهرستان تربت حیدریه

جمع‌آوری و ثبت اطلاعات کاربرد و خواص گیاهان دارویی در درمان بیماری‌ها بر اساس طب سنتی منطقه

۵-۱. معرفی کاربردهای سنتی و خواص دارویی و درمانی گیاهان دارویی بومی

۵-۲. ارایه مستندات تاریخ‌نگاری و منابع مکتوب جمع‌آوری شده برای خواص دارویی و درمانی گیاهان دارویی بومی

۶. اختصاص ساختارهای فضایی جهت تأمین زیرساخت‌های محل و ارایه انواع خدمات تجاری سلامت‌محورِ درآمدزا

تأمین فضاهای مناسب جهت برگزاری جلسات، ارایه انواع خدمات گیاهان دارویی و طب سنتیِ شرکت‌ها و مهمان‌سرای مراجعین با هدف درآمدزایی و اشتغالزایی

۶-۱. محل عرق‌گیری، داروخانه گیاهی، نوشینه‌سرا و اتاق ویزیت یداوی

۶-۲. محل برگزاری جلسات آموزش، همایش‌ها، کنفرانس‌ها و رویدادهای گیاهان دارویی و طب سنتی

۶-۳. محل ارایه انواع خدمات شرکت‌های فعال در زمینه گیاهان دارویی و طب سنتی

۶-۴. محل اسکان مراجعین در قالب مهمان‌سرا

۷. شبکه‌سازی، اتصال و برقراری ارتباط (ملی-بین المللی) با شبکه‌های گیاهان دارویی

۷-۱. عضویت فعال و همکاری مستقیم در حوزه‌های تحقیقاتی و عملیاتی با مراکز ذخایر زیستی و ژنتیکی در شبکه بانک‌های بذر گیاهان دارویی

۷-۲. عضویت کاربردی در شبکه باغ موزهای گیاهان دارویی

۷-۳. عضویت فعال در انجمن‌های گیاهان دارویی و طب سنتی

۷-۴. همکاری آموزشی و فرهنگی با وزارت فرهنگ و شهرداری‌ها

۷-۵. همکاری با صنف حرفه‌ای عطاران سنتی

۷-۶. همکاری علمی با طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه‌های علوم پزشکی و سازمان غذا-دارو

۷-۷. ارتباط و همکاری منظم با سازمان جهاد کشاورزی

ج. امکان سنجی جهت احداث باغ موزه گیاهان دارویی شهرستان تربت حیدریه

شهرستان تربت حیدریه (با موقعیت جغرافیایی در ۵۸° ۴۱' تا ۶۰° ۰۷' طول شرقی و ۳۴° ۵۹' تا ۳۵° ۵۱' عرض شمالی با متوسط بارندگی ۲۴۶/۵ میلی‌متر و ارتفاع ۱۳۳۳ متر از سطح دریا با اقلیم سرد و نیمه خشک) دارای مساحت منابع طبیعی ۲۵۵ هزار و ۴۵۱ هکتار می‌باشد. تربت‌حیدریه دارای چهار بخش (مرکزی، جلگه رخ، کدکن، بایگ) و چهار شهر، هشت دهستان و ۱۳۶ روستا است. شهر ۱۲۰ هزار نفری تربت‌حیدریه با وسعت ۵۳ کیلومترمربع چهارمین شهر پرجمعیت در استان خراسان رضوی بعد از مشهد، سبزوار و نیشابور است. ۷۰ درصد از مجموع مساحت این شهرستان را عرصه منابع طبیعی تشکیل می‌دهد. گستره منابع طبیعی در شهرستان تربت‌حیدریه شامل ۸۱۱ هکتار بیشه‌زار و درختچه، ۹۷ هکتار مراتع خوب و متراکم، ۵۸ هزار و ۱۲۱ هکتار مراتع متوسط و نیمه متراکم، ۱۷۸ هزار و ۷۷۸ هکتار مراتع فقیر و کم تراکم، چهار هزار و ۲۲۸ هکتار بیرون‌زدگی سنگی و ۵۰۰ هکتار ذخیرگاه جنگلی گونه ارس است. مساحت حوزه‌های آبخیز این شهرستان

۲۷۵ هزار هکتار شامل ۵۰ حوزه و زیرحوزه آبخیز است. برخی از گیاهان دارویی این شهرستان شامل زعفران، کما، آنغوزه، اسپند، کاکوتی، زیره سیاه، آویشن، پونه، بنه، پنبرک، اسطوخودوس، ریواس، درمنه، خوشاریزه عطری، کلپوره، کاسنی، خاکشیر، ختمی، مورد، عناب، بومادران، کتیرا، خرفه، شیرین بیان، سریش، علف‌چای، سماق، زرشک، بادام کوهی، شاه‌تره، موسیر، شکرتیغال، گل‌گندم و غیره است.

شهرستان تربت‌حیدریه با دارا بودن امتیازاتی مانند وجود بیش از ۲۰۰ جاذبه تاریخی و گردشگری، قطب تولید زعفران جهان، چهار راه تجارت ادویه و قطب تولید ابریشم کشور و عبور بیش از ۱۰ میلیون زائر و گردشگر از این شهرستان می‌تواند از طریق گردشگری نقش مهمی در شکوفایی اقتصادی منطقه داشته باشد. میراث فرهنگی تربت‌حیدریه به دنبال برندسازی کاربرد گیاهان دارویی است و بر اساس بررسی منابع، ضرورت لزوم احصاء شده و مطالعه میدانی، قابلیت و ضرورت نیاز به اجرای احداث باغ موزه فرهنگی گیاهان دارویی شهرستان تربت حیدریه به شدت مشاهده گردید. دانشگاه تربت حیدریه را می‌توان به دلیل دارا بودن پتانسیل تحقیقاتی و عملیاتی مناسب و به عنوان یک سازمان علمی با تجربه با تعامل چندگانه با سایر سازمان‌ها، نهاده‌های مردمی و دولتی، برای مدیریت و هدایت این طرح و پروژه در نظر گرفت. منابع اقتصادی تأمین هزینه احداث را می‌توان به صورت مشارکتی از بخش دولتی (تأمین هزینه‌های زیرساختی اولیه با واگذاری محل استقرار زمین یا ابنیه مناسب و صدور مجوزهای لازم از مبادی ذی الربط) و از بخش خصوصی و غیر انتفاعی (تأمین هزینه‌های جاری ساخت سازه‌ها و ساختمان و یا تغییر کاربری) تامین کرد. علاوه‌بر این می‌توان از محل انواع تبلیغات لازم و پشتوانه حامیان مالی و از طریق واگذاری بخش خدمات آموزش، موزه، گردشگری سلامت، اسکان بومگردی، عرضه محصولات و عقد قراردادهای پیش فروش نیز بخشی از هزینه‌های جاری طرح را تأمین نمود. مطالعه امکان‌سنجی باید مناسب بودن مکان احداث، محدودیت‌های بودجه، علاقه بالقوه بازدیدکنندگان و در دسترس بودن گونه‌های گیاهان دارویی لازم را تجزیه و تحلیل کند. علاوه بر این، طراحی باغ باید شیوه‌های پایدار استقرار آن را در برگیرد تا از ماندگاری و توانمندی استقرار طولانی مدت آن اطمینان حاصل شود و تأثیر زیست‌محیطی را هم باید در نظر گرفت. در طراحی باغ موزه گیاهان دارویی باید در نظر داشت که دوره تاریخی کاربرد گیاهان دارویی در طب سنتی و بومی منطقه و دسترسی و فراهمی متناسب اکثر متقاضیان و بازدیدکنندگان به محل استقرار آن و انواع گونه گیاهان دارویی کلیدی و مناسب منطقه در آن را تعریف گردد.

۴. نتیجه‌گیری کلی

طراحی باغ موزه تخصصی گیاهان دارویی شهرستان تاریخی تربت‌حیدریه به‌ترتیب برمبنای بخش‌های نگهداری اندام تکثیرشونده گیاهان دارویی، باغ کلکسیون زنده گیاهی، نگارخانه نگهداری گیاهان دارویی بومی، نگارخانه فرآورده‌های داروهای گیاهی و گیاهان دارویی سنتی، نگارخانه مختص ارایه مستندات اتنوبوتانی (گیاه مردم‌نگاری) و اتنوفارماکولوژی قومی، و فضاهای اختصاصی خدمات تجاری سلامت‌محورِ درآمدزا (مکان عصاره و عرق‌گیری، داروخانه گیاهی، نوشینه‌سرا، اتاق ویزیت یداوی، محل برگزاری جلسات آموزش و همایش‌ها و عرضه خدمات تجاری شرکت‌های تجاری فعال گیاهان دارویی و مهمان‌سرای اسکان مراجعین) استوار گردید. منابع مختلف مالی می‌تواند از طریق بخش‌های دولتی و خصوصی و همچنین بخشی از هزینه‌های جاری طرح نیز می‌تواند به واسطه تبلیغات لازم، حامیان مالی و واگذاری بخش خدمات آموزشی و بهداشتی، بازدید موزه، گردشگری سلامت، اسکان بومگردی، عرضه محصولات و عقد قراردادهای پیش فروش، تأمین شود.

۵. منابع

- سند ملی گیاهان دارویی و طب سنتی کشور. ۱۳۹۲. مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی. معاونت علمی و فناوری رئیس جمهور . جلسه ۷۳۵ مورخ ۱۳۹۲/۴/۲۵.

- عبادی، م. ت. و عباسیان چ. ۱۳۹۵. آشتایی با ظرفیت‌های گردشگری گیاهان دارویی و طب سنتی، مطالعه موردی: موزه‌های گیاهان دارویی و طب سنتی جهان. کتاب مستند ویژه سومین جشنواره گیاهان دارویی، فرآورده‌های طبیعی و طب سنتی ایران، ۱۵ تا ۱۸ شهریورماه ۱۳۹۵. ۱۷۹-۱۷۶.
- Ebadi, H,. Mohebi, Z. 2024. Assessment of challenges and strengths of sustainable architecture in the medicinal plant gardens. *Int. J. Architect. Eng. Urban Plan*, 34(3): 1-17, https://dx.doi.org/ijaup.740.

Determining the Design Principles and Feasibility Study for the Construction of a Historical Museum Garden of Medicinal Plants in Torbat Heydariyeh City

(Medicinal Plants Ethnography Display of the Torbat Heydariyeh Climatic-cultural Area)

Ali Mehrafarin[1*], Hassanali Naghdi Badi[2], Masoud Faal[1], Sadegh Asadi[1], Fatemeh Tavanaye Sonobari[3]

1-Assistant Professor, Medicinal Plants Research Center, Shahed University, Tehran, Iran
2-Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
3- Head of Department, Medicinal Plants Research and Development Unit, Baharestan Sonobar Company, Torbat Heydariyeh, Iran
* Corresponding Author Email: **A.Mehrafarin@shahed.ac.ir**

Abstract

The Medicinal Plants Museum Garden, Gallery and Specialized Garden of Medicinal Plants with historical-traditional features and located in a native habitat are suitable for presenting and displaying all documents related to the use of indigenous medicinal plants of the region in traditional medicine in the form of live plants in the garden and biological banks, non-living dried and herbariums, and processed products and herbal medicines extracted from them. In the design of the Medicinal Plants Museum Garden of the historical city of Torbat Heydariyeh, the following can be mentioned, respectively: sections for maintaining the reproductive organs of medicinal plants, a garden for the collection of live plants, a gallery for storing indigenous medicinal plants, a gallery for traditional medicinal plant products, a gallery dedicated to presenting ethnobotanical (plant ethnography) and ethnopharmacology documents, and dedicated spaces for income-generating health-oriented commercial services (including an extract and sweat shop, a herbal pharmacy, a teahouse, a medical visit room, a place for holding training sessions and conferences and providing commercial services for active medicinal plant trading companies, and a guesthouse for accommodating clients). The economic source for financing the implementation of this project can be provided in a participatory manner, both from the cooperation of the public sector (by providing initial infrastructure costs by assigning a suitable land or building location and issuing the necessary permits from the relevant authorities) and from the management of the private and non-profit sector (by providing the current costs of constructing structures and buildings or changing their use). In addition, part of the current costs of the project can be financed from the necessary advertising, sponsors, and assigning educational services, museum activities, health tourism, ecotourism accommodation, offering products, and concluding pre-sale contracts.

Keywords: Ethnobotany garden, Medicinal plants garden, Native medicinal plants exhibition, Ethnobotanical garden, Traditional medicine

مروری بر کنترل هوشمند آفات و بیماری‌ها در گیاهان دارویی با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین

اصغر مارزی زاده[۱،۱]، سحر انصاری تبار[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

گیاهان دارویی به‌عنوان منابع ارزشمند ترکیبات فعال زیستی، نقش مهمی در صنایع دارویی و غذایی ایفاء می‌کنند. با این حال، تولید پایدار این گیاهان با چالش‌هایی نظیر شیوع آفات و بیماری‌های گیاهی مواجه است که می‌تواند کیفیت و کمیت محصول را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. روش‌های سنتی کنترل، به‌ویژه استفاده از سموم شیمیایی، علاوه بر ایجاد مقاومت در عوامل خسارت‌زا، موجب آلودگی محیط‌زیست و کاهش سلامت خاک می‌شوند. در سال‌های اخیر، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در مدیریت هوشمند آفات و بیماری‌ها مورد توجه قرار گرفته است. فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، سنجش از دور، نانوفناوری، حسگرهای زیستی و سامانه‌های تصمیم‌یار، امکان پایش دقیق، تشخیص سریع و کنترل هدفمند عوامل خسارت‌زا را فراهم می‌سازند. این رویکردها با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، افزایش بهره‌وری، حفظ تنوع زیستی و ارتقای پایداری اکوسیستم‌های زراعی همراه هستند. این مقاله با رویکردی مروری، به بررسی جدیدترین دستاوردها، چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده در زمینه کنترل هوشمند آفات و بیماری‌های گیاهان دارویی می‌پردازد و بر اهمیت تلفیق دانش سنتی با فناوری‌های نوظهور در راستای تحقق کشاورزی پایدار تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: فناوری‌های نوین، کشاورزی پایدار

مقدمه

در سال‌های اخیر، توجه جهانی به تولید پایدار گیاهان دارویی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. این گیاهان به عنوان منابع غنی ترکیبات فعال زیستی، نقش موثری در سلامت انسان، داروسازی و کشاورزی پایدار ایفا، می‌کنند. با این حال، تولید و بهره‌برداری مؤثر از این گیاهان با چالش‌های جدی از جمله شیوع آفات و بیماری‌های گیاهی مواجه است که می‌تواند کیفیت، کمیت و ایمنی محصول را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. روش‌های سنتی کنترل، به‌ویژه استفاده گسترده از سموم شیمیایی، نه‌تنها اثربخشی محدودی دارند بلکه موجب تخریب اکوسیستم، مقاومت زیستی عوامل خسارت‌زا و کاهش سلامت خاک می‌شوند. در دهه اخیر، ظهور فناوری‌های نوین نظیر هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، نانوفناوری، اینترنت اشیاء و سنجش از دور، افق‌های جدیدی برای مدیریت هوشمند، دقیق و پایدار این چالش‌ها گشوده است. این فناوری‌ها با ارائه راهکارهای مبتنی بر داده، امکان تشخیص زودهنگام، پایش لحظه‌ای و کنترل هدفمند آفات و بیماری‌ها را فراهم کرده‌اند. (Zhang *et al*., 2019; Mishra & Singh, 2021). هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با تحلیل داده‌ها و تصاویر گیاهی، توانایی شناسایی علائم بیماری‌ها در مراحل اولیه را دارند و می‌توانند به‌عنوان ابزارهای تصمیم‌یار در مدیریت مزرعه به‌کار روند (Liakos *et al*., 2018). همچنین، استفاده از حسگرهای زیستی و سامانه‌های اینترنت اشیاء در پایش لحظه‌ای شرایط محیطی و سلامت گیاه، نقش مؤثری در کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش بهره‌وری دارد (Mishra & Singh, 2021). از سوی دیگر، نانوفناوری با توسعه حامل‌های هوشمند برای انتقال دقیق مواد مؤثره، امکان کنترل موثر آفات و بیماری‌ها را

[۱] نویسنده مسئول: **Email:** marzizadeh.asghar@ut.ac.ir

فراهم کرده و اثرات جانبی را به حداقل رسانده‌اند. این فناوری‌ها نه‌تنها موجب افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شوند، بلکه در حفظ پایداری اکوسیستم‌های زراعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی نیز نقش کلیدی دارند (Kumar & Singh, 2020). در مجموع، تلفیق دانش سنتی با فناوری‌های نوظهور می‌تواند مسیر جدیدی برای مدیریت هوشمند و پایدار آفات و بیماری‌ها در گیاهان دارویی فراهم سازد (Mahlein, 2018). این مقاله با رویکردی مروری، به بررسی جدیدترین دستاوردها، چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده در این حوزه پرداخته و بر اهمیت توسعه سامانه‌های هوشمند در راستای تحقق کشاورزی پایدار تأکید دارد.

مواد و روش ها

کنترل هوشمند آفات و بیماری‌ها در گیاهان دارویی از طریق کاربرد فناوری‌های مدرن مانند هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، اینترنت اشیاء و فناوری پهپاد، در حال تحول است. این رویکردهای پیشرفته با ارائه راه‌حل‌های کارآمد و دقیق برای حفاظت از محصولات، با هدف افزایش بهره‌وری و پایداری کشاورزی انجام می‌شوند. این مطالعه با هدف مروری بر فناوری‌های نوین در کنترل هوشمند آفات و بیماری‌های گیاهان دارویی انجام شده است؛ حوزه‌ای که در سال‌های اخیر با رشد چشمگیر فناوری‌های دیجیتال، دستخوش تحولاتی بنیادین شده است. گیاهان دارویی به‌دلیل حساسیت زیستی و ارزش دارویی بالا، نیازمند مدیریت دقیق و پایدار در برابر عوامل خسارت‌زا هستند. روش‌های سنتی کنترل، به‌ویژه استفاده از سموم شیمیایی، نه‌تنها اثربخشی محدودی دارند بلکه موجب تخریب اکوسیستم، مقاومت زیستی عوامل بیماری‌زا و کاهش کیفیت ماده مؤثره می‌شوند. در مقابل، فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، نانوفناوری، اینترنت اشیاء و سنجش از دور، امکان تشخیص زودهنگام، پایش لحظه‌ای و کنترل هدفمند بیماری‌ها را فراهم کرده‌اند. این مقاله با رویکردی تحلیلی، به بررسی ساختار، عملکرد، مزایا و چالش‌های این فناوری‌ها در زمینه گیاهان دارویی پرداخته و چشم‌اندازهای آینده را ترسیم می‌کند. هدف نهایی، ارائه بستری علمی برای توسعه راهکارهای فناورانه در کشاورزی دارویی و ارتقای امنیت زیستی و پایداری تولید است.

جمع‌آوری منابع علمی

ابتدا با استفاده از پایگاه‌های داده معتبر شامل ScienceDirect، MDPI، Scopus و Web of Science ، مقالات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۵ با کلیدواژه‌هایی نظیر smart pest management , AI *in* medicinal plants, IoT in agriculture, plant disease detection و nano technology in crop protection جستجو شدند. در مجموع، بیش از ۵۰ مقاله بازیابی شد که پس از غربالگری اولیه، ۲۰ مقاله با معیارهای کیفی و موضوعی انتخاب شدند.

معیارهای انتخاب منابع

انتشار در مجلات دارای داوری علمی، تمرکز بر گیاهان دارویی یا سیستم‌های هوشمند کشاورزی، ارائه داده‌های تجربی یا مدل‌های کاربردی، برخورداری از DOI و نمایه در پایگاه‌های بین‌المللی

استخراج داده‌ها و طبقه‌بندی مفهومی

مفاهیم کلیدی از مقالات منتخب شامل نوع فناوری، نوع گیاه دارویی، نوع آفت یا بیماری، روش ارزیابی و نتایج کاربردی استخراج شد. سپس فناوری‌ها در چهار محور اصلی طبقه‌بندی شدند، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین(AI/ML) ، سنجش از دور و بینایی ماشین(Remote Sensing & CV) ، نانوفناوری در کنترل آفات(Nanotechnology) ، اینترنت اشیاء و سامانه‌های تصمیم‌یار (IoT & DS).

نتایج و بحث

فناوری‌های نوین مانند یادگیری ماشین، سنجش از دور، نانوفناوری و اینترنت اشیاء، موجب افزایش دقت تشخیص، کاهش مصرف سموم، و بهبود پایداری زیست‌محیطی در مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهان دارویی شده‌اند. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که این روش‌ها در مقایسه با روش‌های سنتی، عملکرد بهتری در پیشگیری، پایش و کنترل دارند (Khan et al., 2025).

افزایش دقت تشخیص بیماری‌ها با یادگیری ماشین

الگوریتم‌های یادگیری ماشین توانسته‌اند بیماری‌های قارچی، ویروسی و باکتریایی را با دقت بالای ۹۵٪ از طریق تصاویر برگ و ساقه شناسایی کنند. این روش‌ها امکان شناسایی علائم اولیه بیماری را فراهم می‌کنند و موجب کاهش خسارت و افزایش بهره‌وری می‌شوند (Pacal et al., 2024).

پایش لحظه‌ای و پیش‌بینی شیوع بیماری‌ها

استفاده از حسگرهای محیطی و داده‌های اقلیمی در سامانه‌های هوشمند، امکان پیش‌بینی زمان شیوع بیماری‌های گیاهی را فراهم کرده و اقدامات کنترلی را به‌موقع فعال می‌سازد (Delfani et al., 2024).

کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی با کنترل هدفمند

فناوری‌های هدفمند مانند نانوحامل‌ها و سیستم‌های تصمیم‌یار موجب کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی شده‌اند، که به حفظ سلامت خاک و کاهش آلودگی منجر شده است (Kumar & Singh, 2020).

افزایش بهره‌وری و کیفیت ماده مؤثره در گیاهان دارویی

با کنترل دقیق‌تر عوامل خسارت‌زا، عملکرد گیاهان دارویی و غلظت ترکیبات مؤثره افزایش یافته است، که در صنایع دارویی اهمیت بالایی دارد (Raju & Thasleema, 2025).

نقش یادگیری ماشین در تحلیل الگوهای بیماری

یادگیری ماشین با تحلیل الگوهای شیوع، شرایط محیطی، و پاسخ‌های گیاه، می‌تواند راهکارهای کنترلی بهینه را پیشنهاد دهد (Liakos et al., 2018).

کاربرد سنجش از دور و پهپادها

سنجش از دور و پهپادها امکان پایش وسیع و غیرتماسی را فراهم کرده‌اند، که در مزارع بزرگ و مناطق صعب‌العبور بسیار مؤثر است (Mahlein, 2018).

نانوفناوری در کنترل آفات

نانوفناوری با طراحی حامل‌های هوشمند، انتقال دقیق مواد مؤثره را ممکن ساخته و از آسیب به بافت‌های سالم گیاه جلوگیری می‌کند (Kumar & Singh, 2020).

چالش‌ها و مسیرهای آینده

علیرغم نویدبخشی قابل توجه این فناوری‌ها، چالش‌هایی همچنان باقی است، از جمله دسترسی محدود به مجموعه داده‌های معیار در مقیاس بزرگ و مختص به هر حوزه برای گونه‌های مختلف محصولات و شرایط مزرعه، پیچیدگی ذاتی شناسایی بیماری‌های محصولات اغلب نیاز به مداخله متخصص دارد و مدیران کشاورزی ممکن است با علائم مشابه یا تولید خروجی‌های اضافی دست و پنجه نرم کنند. مسائل مربوط به مدیریت داده‌ها، تفسیرپذیری مدل و استقرار اخلاقی در محیط‌های کشاورزی نیز نیاز به توجه دارند. مسیرهای آینده شامل توسعه سیستم‌های چندمنظوره کسب اطلاعات هدف، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر هوش مصنوعی مولد و سم‌پاش‌های هوشمند دقیق است. نیاز به زیرساخت‌های دیجیتال، آموزش کشاورزان، و تطبیق مدل‌ها با شرایط اقلیمی و ژنتیکی متنوع از جمله چالش‌های مهم در پیاده‌سازی این فناوری‌هاست.

نتیجه گیری کلی

در عصر تحول دیجیتال، بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند در مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهان دارویی، نه‌تنها یک ضرورت بلکه یک فرصت راهبردی برای کشاورزی پایدار است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین، حسگرهای زیستی، نانوفناوری و سامانه‌های اینترنت اشیاء، توانسته‌اند دقت تشخیص، سرعت واکنش و اثربخشی کنترل را به‌طور چشمگیری افزایش دهند. این فناوری‌ها با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، حفظ سلامت خاک و ارتقای کیفیت ماده مؤثره، نقش مهمی در بهبود عملکرد و ایمنی محصولات دارویی ایفاء می‌کنند. با وجود چالش‌هایی نظیر نیاز به زیرساخت‌های دیجیتال، آموزش کاربران و تطبیق مدل‌ها با شرایط بومی، روند جهانی به سمت کشاورزی هوشمند و داده‌محور در حرکت است. تلفیق دانش سنتی با ابزارهای نوین، بستری برای توسعه سامانه‌های پیش‌بینی، هشدار سریع و کنترل هدفمند فراهم می‌سازد. آینده مدیریت بیماری‌های گیاهی، در گرو هم‌افزایی میان علوم زیستی، فناوری اطلاعات و سیاست‌گذاری هوشمند خواهد بود. بنابراین، سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های بین‌رشته‌ای و توسعه زیرساخت‌های فناورانه، کلید دستیابی به امنیت غذایی، سلامت گیاهی و پایداری اکولوژیک در قرن بیست‌ویکم است.

References

Delfani, P., Thuraga, V., Banerjee, B., & Chawade, A., 2024. Integrative approaches in modern agriculture: IoT, ML and AI for disease forecasting amidst climate change. Precision Agriculture, 25: 2589–2613.

Khan, M. A., Hussain, M., & Alshammari, T., 2025. A review on automated plant disease detection. *Plant* Phenomics, 7: 1–15.

Kumar, S., & Singh, A., 2020. Role of nanotechnology in sustainable agriculture and plant disease management. *Environmental Chemistry Letters*, 18(3): 703–720.

Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D., 2018. Machine learning in agriculture: A review. Sensors, 18(8): 2674.

Mahlein, A. K., 2018. Plant disease detection by imaging sensors–parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease,* 102(2): 241–252.

Mishra, A., & Singh, V., 2021. Artificial intelligence and IoT-based technologies for smart agriculture. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 30: 100512.

Pacal, I., Irfan, M., & Kose, C., 2024. A systematic review of deep learning techniques for plant diseases. Artificial Intelligence Review, 57: 1345–1378.

Raju, R., & Thasleema, T. M., 2025. Advancements in Automated Plant Disease Detection: A Comprehensive Review of Imaging Technologies and Deep Learning Applications. Journal of Crop Health, 77: 185–202.

Zhang, M., Wang, Y., Chen, Y., & Li, H. (2019). Smart pest monitoring and forecasting system using Internet of Things and machine learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163: 104867.

A review of intelligent control of pests and diseases in medicinal plants using modern technologies

Asghar Marzizadeh [1*], Sahar Ansari Tabar [2]

1- Ph.D Student, Department of Horticulture Science and Engineering, Faculty of Agriculture Technology, University of Tehran, Iran
2- B.Sc Student, Department of Horticulture Science and Engineering, Faculty of Agriculture Technology, University of Tehran, Tehran, Iran

* Corresponding author email: marzizadeh.asghar@ut.ac.ir

Abstract

Medicinal plants, as valuable sources of bioactive compounds, play a significant role in pharmaceutical and food industries. However, the sustainable production of these plants faces major challenges, particularly the outbreak of pests and plant diseases, which can severely affect both the quality and quantity of yield. Traditional control methods—especially the widespread use of chemical pesticides—not only lead to resistance in harmful agents but also contribute to environmental pollution and soil degradation. In recent years, the application of modern technologies in the smart management of pests and diseases has gained increasing attention. Technologies such as artificial intelligence, machine learning, remote sensing, nanotechnology, biosensors, and decision support systems enable precise monitoring, rapid diagnosis, and targeted control of biotic stressors. These approaches contribute to reduced chemical input, enhanced productivity, biodiversity conservation, and improved sustainability of agroecosystems. This review article explores the latest advancements, challenges, and future prospects in the field of smart pest and disease management in medicinal plants, emphasizing the importance of integrating traditional knowledge with emerging technologies to achieve sustainable agriculture.

Keywords: Modern Technologies, Sustainable Agriculture

بررسی عملکرد گونه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L) به‌عنوان یک گیاه پوششی در فضای سبز: مطالعه موردی شهرستان کاشمر

مصطفی ضیاء ترشیزیان[1] حسین صحابی[2]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی گروه تولیدات گیاهی دانشگاه تربت حیدریه

۲. دانشیار گروه تولید گیاهی دانشگاه تربت حیدریه

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی قابلیت استفاده از نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L) به‌عنوان گیاه پوششی در فضای سبز شهری کاشمر انجام شد. مطالعه به روش توصیفی و از طریق مشاهدات میدانی منظم طی یک فصل رشد کامل (آبان ۱۴۰۲ تا مرداد ۱۴۰۳) صورت گرفت. شاخص‌های رشد شامل پوشش سطحی، ارتفاع بوته، تراکم برگ، کیفیت بصری و شدت بوی معطر ارزیابی شد. نتایج نشان داد که نعناع فلفلی دارای رشد کند در ماه‌های سرد و رشد سریع در بهار و تابستان بود. میانگین پوشش سطحی در پایان دوره ۶۵٪ و ارتفاع بوته ۱۸ تا ۲۰ سانتی‌متر بود. کیفیت بصری و رایحه گیاه توسط اکثر ارزیابان مطلوب ارزیابی شد. همچنین، گیاه مقاومت نسبی در برابر خشکی کوتاه‌مدت نشان داد اما رشد سریع ریزوم‌ها نیازمند کنترل مدیریتی است. نعناع فلفلی گزینه‌ای مناسب برای استفاده در فضاهای سبز اقلیم‌های نیمه‌خشک محسوب می‌شود و علاوه بر کارکرد اکولوژیک، مزایای زیبایی‌شناختی و دارویی دارد.

واژگان کلیدی: گیاه دارویی، تنوع زیستی، فضای سبز شهری، رایحه‌درمانی

مقدمه:

در سال‌های اخیر، تمایل به استفاده از گونه‌های دارویی و معطر در طراحی فضای سبز شهری به‌دلیل دارا بودن کارکردهای چندمنظوره، از جمله بهبود کیفیت بصری، تأثیرات آرامش‌بخش و ارزش‌های زیست‌محیطی، به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (بیگلری فراش و خیری، ۱۴۰۲). این رویکرد، همسو با توسعه پایدار و تنوع‌بخشی به ترکیب گیاهی فضای سبز شهری، موجب شده است تا توجه پژوهشگران به گونه‌هایی جلب شود که علاوه بر زیبایی، از مقاومت اکولوژیکی بالایی نیز برخوردار باشند. نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L) یکی از گونه‌های شاخص جنس نعناع است که به‌دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و اسانس‌های معطر، همواره در طب سنتی و صنایع دارویی مورد توجه بوده است (McKay & Blumberg,2006). این ترکیبات نه‌تنها از ارزش دارویی بالایی برخوردارند، بلکه در مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی نیز نقش دارند. مطالعات متعددی ویژگی‌های شیمیایی و اکولوژیکی این گونه را بررسی کرده‌اند. به‌عنوان مثال، Morales and Stashenko (2019) گزارش کردند که ترکیب شیمیایی اسانس نعناع فلفلی تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله نور، دما و رطوبت قرار دارد و این گیاه در اقلیم‌های گرم و نسبتاً خشک نیز قابلیت رشد مطلوبی دارد. Mia et al (2021) نشان دادند که استفاده از نعناع فلفلی به عنوان گیاه پوششی در سیستم‌های زراعی و فضای سبز، به بهبود کیفیت خاک، کاهش تبخیر و حفظ رطوبت خاک می‌انجامد از دیدگاه اکولوژیکی. مطالعه Lawrence (2007) نیز تأکید کرده است که گسترش ریزوم‌ها و تراکم بالای برگ‌ها در گونه‌های نعناع، می‌تواند در کنترل فرسایش خاک و تثبیت سطوح شیب‌دار مؤثر باشد. در این گونه با گسترش افقی از طریق ریزوم‌ها، توانایی بالایی در پوشش‌دهی سطح خاک، کنترل فرسایش و رقابت با علف‌های هرز دارد (Morales & Stashenko, 2019) همچنین مطالعات بین‌المللی نشان داده‌اند که کاشت نعناع فلفلی به‌صورت بین‌کشت، موجب افزایش

[1] پست الکترونیک: Mostafazia2017@yahoo. com

جمعیت حشرات گرده‌افشان و کاهش آفات می‌شود (Albrecht & Bellingham, 2021) . این ویژگی اکولوژیک ارزشمند می‌تواند در مدیریت یکپارچه آفات شهری و غنای زیستی در فضاهای سبز شهری مورد بهره‌برداری قرار گیرد. در اقلیم نیمه‌خشک کاشمر، که با زمستان‌های کوتاه و تابستان‌های گرم و طولانی مشخص می‌شود، انتخاب گونه‌هایی که ضمن حفظ جذابیت بصری، توانایی تحمل گرما و کم‌آبی نسبی را داشته باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌طور مشابه، بیگلری فراش و خیری (۱۴۰۲) نیز در بررسی کاربرد گیاهان دارویی در فضای سبز مناطق گرم و خشک جنوب ایران، بر ضرورت استفاده از گونه‌های مقاوم و سازگار با تنش‌های محیطی به‌منظور افزایش پایداری و کاهش هزینه‌های نگهداری تأکید کرده‌اند. . از جنبه اقتصادی، مطالعات نشان می‌دهد توسعه کشت گیاهان دارویی با توجه به زنجیره ارزش گسترده و سازگاری اکولوژیکی، می‌تواند به عنوان راهبردی برای اشتغال‌زایی و ایجاد درآمدهای پایدار در سطح محلی عمل کند (براتی و همکاران، ۱۴۰۴؛ خالدیان و همکاران، ۱۴۰۴). به‌طور کلی، نعناع فلفلی علاوه بر مصارف دارویی، می‌تواند در طراحی فضای سبز شهری مفید باشد و با توجه به رشد مناسب و پوشش گیاهی، نقش مثبتی در بهبود پایداری خاک و کاهش فرسایش ایفا کند.. با این حال، پژوهش‌های میدانی درباره عملکرد این گیاه در شرایط اقلیمی ایران، به‌ویژه در نواحی نیمه‌خشک مانند کاشمر، محدود است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی میدانی عملکرد نعناع فلفلی در شرایط اقلیم نیمه‌خشک کاشمر انجام شد تا زمینه‌ساز تدوین الگوی بومی برای استفاده از این گونه در طراحی پایدار فضای سبز شهری باشد. این اساس، هدف پژوهش حاضر، بررسی عملکرد و قابلیت‌های نعناع فلفلی به‌عنوان گیاه پوششی در فضای سبز پارک بانوان شهرستان کاشمر است تا با اتکا به نتایج حاصل، امکان توسعه و گسترش کاربرد این گونه در طراحی‌های آینده‌ی فضای سبز شهری فراهم گردد.

مواد و روش‌ها:

پژوهش حاضر به روش توصیفی _ کیفی و مبتنی بر مشاهدات میدانی منظم و ارزیابی‌های بصری انجام شد. هدف اصلی، ارزیابی عملکرد و قابلیت‌های گونه نعناع فلفلی به عنوان یک گیاه پوششی در شرایط واقعی فضای سبز شهری بود و از این رو، از طرح‌های آزمایشی با تیمار یا تحلیل‌های آماری پیچیده استفاده نشد. مطالعه در پارک بانوان شهرستان کاشمر، واقع در جنوب استان خراسان رضوی، با اقلیم نیمه‌خشک و خاکی با بافت سبک (لومی _ شنی) و زهکشی مناسب به اجرا درآمد. کاشت نشاءهای نعناع فلفلی در نیمه آبان‌ماه ۱۴۰۲ و در شرایط خنک پاییزی انجام شد. نشاءها در ردیف‌هایی با فاصله ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر مستقر شدند تا فضای کافی برای گسترش ریزوم‌ها و ساقه‌های رونده فراهم آید. آبیاری در پاییز هر ۳ روز یکبار و در تابستان هر ۲ روز یکبار انجام شد. عملیات وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام گرفت و در طول دوره آزمایش از مصرف هر گونه کود شیمیایی خودداری شد.

نمونه‌برداری و پایش:

برای ارزیابی شاخص‌های رشد، از هر ردیف کاشت، ۳ بوته به‌صورت ثابت انتخاب و در طول دوره مطالعه به عنوان نمونه‌های معیار تحت پایش قرار گرفتند. مشاهدات میدانی و ارزیابی‌های بصری هر دو هفته یکبار از زمان کاشت تا پایان تابستان سال بعد انجام شد. شاخص‌های ارزیابی شده شامل پوشش سطحی عرصه، ارتفاع متوسط بوته، تراکم برگ، کیفیت بصری (شادابی، یکدستی و رنگ) و شدت بوی معطر بودند.

پروتکل ارزیابی کیفی:

به منظور تضمین عینیت و قابلیت اطمینان ارزیابی‌ها، یک پروتکل ارزیابی ساختاریافته مبتنی بر مقیاس سه‌درجه‌ای (ضعیف، متوسط، خوب) طراحی و اجرا شد. پیش از آغاز فرآیند ارزیابی، جلسه توجیهی با حضور سه کارشناس مستقل فضای سبز برگزار گردید تا اطمینان حاصل شود که همه ارزیابان درک مشترک و یکسانی از تعاریف هر رده (مطابق جدول ۱) دارند. نمره نهایی هر شاخص در هر بازه زمانی، از میانگین نمرات ثبت شده توسط این سه ارزیاب محاسبه شد تا تصویر دقیق و قابل اتکایی از عملکرد گیاه ارائه گردد.

جدول۱: چارچوب و تعاریف مورد استفاده برای ارزیابی کیفی شاخص‌های رشد

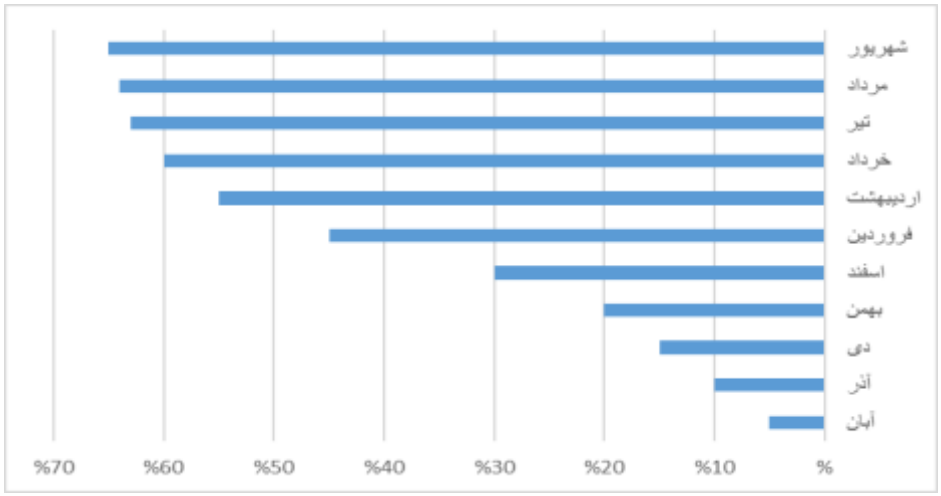
شاخص	رده کم (ضعیف)	رده متوسط	رده زیاد (خوب)
پوشش سطحی	۰-۳۰٪	۳۱-۶۰٪	۶۱-۱۰۰٪
ارتفاع بوته	سانتی‌متر ۱۵-۰	سانتی‌متر ۲۰-۱۶	سانتی‌متر ۲۵-۲۱
تراکم برگ	پوشش برگ کم، فاصله محسوس بین ساقه‌ها	پوشش متوسط	پوشش بسیار متراکم
کیفیت بصری	برگ‌ها زرد، دارای لکه یا علائم پژمردگی	برگ‌ها سبز با شادابی نسبی	برگ‌ها کاملاً سبز، شاداب و عاری از بیماری

این جدول بر اساس مشاهدات میدانی و ارزیابی بصری تهیه شده و روند رشد گیاه در طول دوره را نمایش می‌دهد.

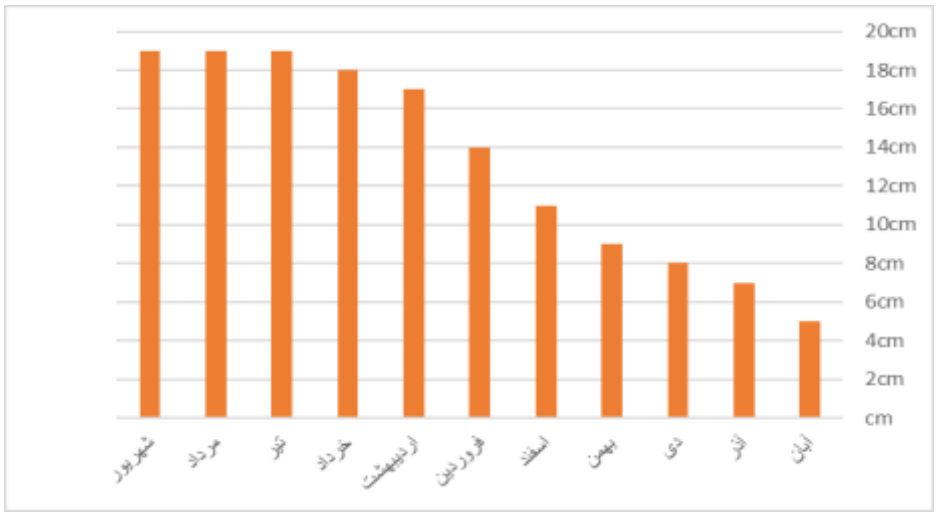
نتایج و بحث

مشاهدات این مطالعه، الگوی رشد فصلی مشخصی را در نعناع فلفلی آشکار ساخت. همان‌طور که در شکل های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، تغییرات شاخص‌های اصلی رشد (پوشش سطحی و ارتفاع متوسط بوته) در طول دوره مطالعه از روند کاملاً مشخصی پیروی می‌کند. مطابق یافته‌های پژوهش‌های تجربی، دوره خواب زمستانی یک ویژگی سازشی کلیدی در نعناع فلفلی است که به گیاه کمک می‌کند تا در برابر دماهای پایین و تنش‌های زمستانی تاب‌آوری نشان دهد و رشد رویشی خود را پس از بهبود شرایط از سر گیرد (Cooper, 2023, خیرخواه و همکاران ۱۳۹۴). در ماه‌های سرد پاییز و زمستان (ازآبان تا بهمن)، رشد رویشی به طور قابل ملاحظه‌ای کند شد و پوشش سطحی در رده «کم» (کمتر از ۳۰٪، جدول ۱) تثبیت گردید. این رکود فیزیولوژیک، راهبرد اکولوژیک گیاه برای حفظ انرژی و تحمل تنش‌های محیطی تفسیر می‌شود. با فرارسیدن اسفند ماه ، همزمان با افزایش دما و طول روز، یک جهش رشدی چشمگیر در گیاه مشاهده شد. این تغییر ناگهانی، که مطابق با مشاهدات Lawrence (2007) ناشی از فعال شدن مریستم‌های جانبی و توسعه سریع ساقه‌های رونده و ریزوم‌هاست، منجر به تحول قابل توجه در شاخص‌های رشدی گردید. ارزیابی در پایان تابستان (شهریور ماه) نشان داد که پوشش سطحی به حدود ۶۵٪ (شکل ۱) رسید و ارتفاع متوسط بوته‌ها در محدوده ۲۰-۱۸ سانتی‌متر (رده متوسط) تثبیت شد. این مشاهدات که در شکل ۲ نمایش داده شده‌اند، عادت رشدی خزنده و پوششی این گونه را که برای کاربرد در فضای سبز شهری ایده‌آل است، به وضوح تأیید می‌کند. ارزیابی کیفی نشان داد که شاخص های شادابی، یکنواختی برگ و عطر گیاه ، با میانگین رضایت ۷۵٪ در رده «خوب» قرار گرفت. این ویژگی‌های حسی برجسته، نه تنها بر ارزش زیبایی‌شناختی گونه می‌افزاید، بلکه همانطور که McKay & Blumberg, (2006) نیز بر آن تأکید دارند می‌تواند با خلق یک تجربه حسی مثبت برای شهروندان، به ارتقای رفاه روانی و رایحه‌درمانی غیرمستقیم در محیط‌های شهری کمک شایانی نماید. در مجموع، نعناع فلفلی با دارا بودن چرخه رشد مطابق با شرایط اقلیمی، توانایی ایجاد پوشش متراکم و ویژگی‌های کیفی مثبت، گزینه‌ای علمی و عملی برای کاربرد در فضای سبز شهری مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود .از منظر مقایسه تطبیقی، نتایج این مطالعه با یافته‌های پژوهش‌های ملی و بین‌المللی هم‌خوانی دارد. به‌ویژه، میزان پوشش سطحی و ارتفاع بوته در پایان فصل رشد (به‌ترتیب حدود ۶۵٪ و ۱۸–۲۰ سانتی‌متر) با گزارش‌های Morales &Stashenko (2019) درباره‌ی عملکرد نعناع فلفلی در اقلیم‌های گرم و نسبتاً خشک مشابهت دارد. همچنین، کیفیت بصری و شدت بوی معطر گیاه که در این مطالعه در رده‌ی «خوب» ارزیابی شد، با نتایج &

McKay Blumberg (2006) در خصوص ویژگی‌های حسی و اثرات آرامش‌بخش اسانس این گونه مطابقت دارد. از منظر کاربرد در فضای سبز، یافته‌های حاضر تأییدکننده‌ی نتایج بیگلری فراش و خیری (۱۴۰۲) است که بر پتانسیل گیاهان دارویی برای افزایش پایداری و کاهش مصرف آب در اقلیم‌های گرم و خشک تأکید کرده‌اند. در مجموع، مقایسه تطبیقی نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی نیمه‌خشک کاشمر تأثیر منفی قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد اکولوژیک نعناع فلفلی نداشته و این گونه قابلیت بومی‌سازی برای استفاده در طراحی فضای سبز پایدار را دارد.



شکل۱: پوشش سطحی گیاه نعناء فلفلی



شکل۲: رشد گیاه نعناء فلفلی

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش میدانی نشان داد که نعناع فلفلی به‌عنوان یک گیاه پوششی، از قابلیت بالایی برای انطباق با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک شهرستان کاشمر برخوردار است و می‌تواند در طراحی فضاهای سبز شهری، به‌ویژه در مناطق با تابش مستقیم نور و خاک‌های سبک، مورد استفاده قرار گیرد. ویژگی‌های برجسته این گونه شامل گسترش افقی سریع از طریق ریزوم‌ها، تراکم بالای پوشش سطحی، مقاومت نسبی در برابر تنش خشکی کوتاه‌مدت و عطر مطبوع می‌باشد که همگی در این مطالعه

در پارک بانوان کاشمر به اثبات رسید. همچنین نتایج نشان می‌دهد که نعناع فلفلی می‌تواند نقش مؤثری در پایداری اکولوژیکی سامانه‌های فضای سبز شهری ایفا کند .با وجود مزایای متعدد، مدیریت رشد سریع ریزوم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که در صورت عدم کنترل می‌تواند به رقابت با سایر گیاهان زینتی منجر شود.

منابع

براتی، م. ، رضایی، ع. ، و کریمی، ج. (۱۴۰۴). امکان‌سنجی توسعه کشت گیاهان دارویی در راستای اشتغال‌زایی و توسعه اقتصادی مناطق روستایی (مطالعه موردی: استان لرستان). *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۵۶(۲)، ۱۹۷–۲۱۵.

بیگلری فراش، ر. ، و خیری، ع. (۱۴۰۲). بررسی کاربرد گیاهان دارویی در فضای سبز شهری با تأکید بر مناطق گرم و خشک جنوب. مقاله در دومین همایش ملی گیاهان دارویی، کارآفرینی و تجاری‌سازی، جیرفت.

خالدیان، ا. ، قدمی، م. ، و یوسفی، ح. (۱۴۰۴). بررسی نقش گیاهان دارویی مرتعی در معیشت پایدار و امنیت اقتصادی خانوارهای روستایی (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد). فصلنامه علمی-پژوهشی مرتع و بیابان ایران، ۳۰(۱)، ۱۲۸–۱۴۵.

خیرخواه، ط.، نظامی، ا.، کافی، م.، & اسدی، ق. (۱۳۹۴). ارزیابی تحمل به یخزدگی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L) رشدیافته در مزرعه تحت شرایط آزمایشگاهی با بهره‌گیری از شاخص نشت الکترولیت‌ها. پژوهش‌های زراعی ایران, ۱۳(۲), ۲۶۹–۲۷۷.

Albrecht, M. A. , & Bellingham, N. M. (2021). Intercropping with peppermint increases ground dwelling insect and pollinator abundance and decreases Drosophila suzukii in fruit. Frontiers in Sustainable Food System, 5, 700842.

Cooper, E. G. , Arana, J. , & Meyers, S. L. (2023). Simulated dormant peppermint (Mentha × piperita L.) response to mesotrione: a greenhouse study. Weed Technology, 37(2), 1–15.

Lawrence, B. M. (Ed.). (2007). Mint: The genus Mentha. CRC Press.

McKay, D. L. , & Blumberg, J. B. (2006). A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (Mentha × piperita L.). Phytotherapy Research, 20(8), 619–633.

Mia, M. J. , Furmanczyk, E. M. , Golian, J. , Kwiatkowska, J. , Malusa, E. , & Neri, D. (2021). Living Mulch with Selected Herbs for Soil Management in Organic Apple Orchards. Horticulturae, 7(3), 59.

Morales, R. , & Stashenko, E. E. (2019). Essential oil composition of Mentha piperita grown under different environmental conditions. Industrial Crops and Products, 133, 90–97.

Performance Evaluation of Peppermint (*Mentha piperita* L.) as a Ground Cover Plant: A Case Study in Kashmar

Mostafa Zia Torshizian[1]* , Hossein Sahabi[2]

1 _M. Sc. Student of Agroecology, Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh, Iran

2 _ Assistant Professor Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh

*Corresponding author: **Mostafazia2017@yahoo. com**

Abstract:

This study evaluated peppermint (*Mentha piperita* L.) as a ground cover in urban green spaces of Kashmar. A descriptive field-based approach was applied over a full growing season (November 2023 to August 2024). Key growth indicators including ground coverage, plant height, leaf density, visual quality, and aromatic intensity were monitored. Peppermint showed slow growth in cold months and rapid growth during spring and summer. By the end of the season, ground coverage reached 65%, with plant height between 18–20 cm. Visual appeal and aroma were positively rated by most evaluators. The species demonstrated moderate tolerance to short-term drought, but rapid rhizome expansion requires management. These findings suggest that peppermint can serve as an effective ground cover in semi-arid urban environments, offering ecological benefits alongside aesthetic and aromatic value.

Keywords: Medicinal plant, Biodiversity, Urban green space, Aromatherapy

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

مروری بر چشم انداز گیاهان دارویی در ایران با تاکید بر روند جهانی

مصطفی ضیاء ترشیزیان[۱]، حسین صحابی[۲]

۱.دانشجوی اگرواکولوژی گروه تولیدات گیاهی دانشگاه تربت حیدریه

۲.استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشگاه تربت حیدریه

چکیده

ایران با تنوع زیستی کم‌نظیر (حدود ۸۰۰۰ گونه گیاهی) و پیشینه غنی در طب سنتی، ظرفیت بالقوه‌ای برای تبدیل شدن به بازیگری مهم در عرصه جهانی گیاهان دارویی دارد. با این حال، سهم کشور از بازار جهانی این محصولات کمتر از ۱٪ است. مهم‌ترین چالش‌ها شامل ضعف در زنجیره ارزش، کمبود فناوری‌های فرآوری، وابستگی به خام‌فروشی (نمونه بارز: تأمین ۹۰٪ زعفران جهان بدون ارزش افزوده) و نبود استانداردهای بین‌المللی است. از سوی دیگر، ایران در جایگاه چهارم تولید علم در حوزه طب سنتی و مکمل قرار دارد که نشان‌دهنده زیرساخت علمی مناسب است. برای دستیابی به رقابت‌پذیری پایدار، اتخاذ رویکرد یکپارچه با محورهای اجرای استانداردهای بین‌المللی کشت و فرآوری (GACP)، توسعه زنجیره‌های ارزش، سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های کاربردی و خلق برندهای بومی ضروری است. این اقدامات، ضمن ارتقای رشد اقتصادی، حفاظت از تنوع زیستی و مدیریت پایدار منابع طبیعی را تضمین می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: داروسازی، توسعه پایدار، صادرات، تنوع زیستی

مقدمه

گیاهان دارویی از دیرباز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی برای تأمین داروهای درمانی و پیشگیری از بیماری‌ها شناخته شده‌اند و نقش آن‌ها در حفظ سلامت انسان و توسعه اقتصاد دارویی غیرقابل انکار است(Salmerón-Manzano.et al 2020). در دهه‌های اخیر، علاقه جهانی به پژوهش درباره گیاهان دارویی به‌ویژه در زمینه متابولیت‌های ثانویه، کاربردهای درمانی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین کشت، از جمله سامانه‌های هیدروپونیک، رشد چشمگیری داشته است (Kumar,Singh & Verma 2025). این روندهای نوظهور نه تنها بیانگر ارزش دارویی گیاهان هستند، بلکه اهمیت آن‌ها را در مقابله با چالش‌های سلامت عمومی و بیماری‌های مقاوم به دارو نیز برجسته می‌سازند(Jamshidi- Kia Lorigooini & Amini-Khoei2018). ایران با برخورداری از تنوع زیستی بالا و پیشینه طولانی در طب سنتی، از جمله غنی‌ترین کشورهای جهان از نظر تنوع گیاهان دارویی به شمار می‌آید. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که بسیاری از گیاهان دارویی ایرانی دارای اثرات ضدسرطانی قابل توجهی هستند؛ به‌گونه‌ای که مرور سیستماتیک Asadi- Saman et al (2016) به شناسایی ۳۶ گونه دارویی مؤثر در این زمینه انجامیده است. همچنین، بررسی‌های جدیدتر نشان داده‌اند که گیاهان دارویی بومی ایران حاوی ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی فعالی هستند که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی چشمگیری دارند (Fazeli-Nasab et) al.2023. افزون بر این، تداوم دانش سنتی گیاهان دارویی در مناطق مختلف کشور، به‌ویژه در استان‌هایی با تنوع گیاهی بالا، زمینه‌ساز توسعه علمی و صنعتی این حوزه محسوب می‌شود (Salehi Sardoei & Alizadeh.2023). در سطح جهانی، رشد چشمگیر تجارت گیاهان دارویی و معطر همراه با گسترش پژوهش‌های نوین در حوزه کشت‌های هیدروپونیک و تولید متابولیت‌های ثانویه، اهمیت شناسایی جایگاه گیاهان دارویی ایران را در بستر تحولات جهانی بیش از پیش نمایان ساخته است(Zamani et al) 2024. از سوی دیگر، پژوهش‌های مرتبط با دانش بومی و کاربردهای سنتی گیاهان دارویی در مناطق مختلف کشور، تنوع

[۱] پست الکترونیک: Mostafazia2017@yahoo.com

فرهنگی و زیستی این منابع ارزشمند را مستند کرده‌اند (Jahantab &Sadeghi 2023). از دیدگاه پژوهش‌های بین‌المللی، روندهای علمی جدید نشان می‌دهند که تمایل به استفاده صنعتی از گیاهان دارویی و تولید ترکیبات ثانویه در شرایط کنترل‌شده در حال افزایش است(Salmerón-Manzano et al. 2020). همچنین، مقالات مروری تاریخی و آینده‌نگر (Jamshidi-Kia et al. 2018) بر ضرورت هم‌افزایی میان دانش سنتی و فناوری‌های نوین تأکید دارند؛ امری که می‌تواند منجر به بهره‌برداری پایدار و توسعه بازار جهانی گیاهان دارویی گردد. در نتیجه، با توجه به شکاف‌های موجود در ارزیابی‌های بومی، بالینی و تجاری، انجام مرورهای جامع در زمینه گیاهان دارویی ایران ضروری است. پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت فعلی، روندهای پژوهشی و کاربردهای دارویی گیاهان دارویی ایرانی در ارتباط با چشم‌انداز جهانی تدوین شده است تا زمینه‌ساز توسعه تحقیقات آینده و تولید محصولات نوین دارویی باشد. بر این اساس، این مقاله مروری با بهره‌گیری از روش‌شناسی نظام‌مند، به بررسی جامع چالش‌ها، فرصت‌ها و راهبردهای توسعه بخش گیاهان دارویی ایران در پرتو تحولات جهانی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع مطالعه مروری توصیفی ـ تحلیلی است که با هدف بررسی وضعیت فعلی، ظرفیت‌های توسعه و آینده‌پژوهی گیاهان دارویی در ایران، با تأکید بر روندهای جهانی انجام گرفت. در این مطالعه تلاش شد تا ضمن مرور نظام‌مند منابع علمی، تصویری جامع از جنبه‌های تولید، فرآوری، بازار، سیاست‌گذاری و چالش‌های زیست‌محیطی مرتبط با گیاهان دارویی ترسیم شود. برای جمع‌آوری داده‌ها، ازروش مرور نظام‌مند (Systematic Review) استفاده گردید که در آن جست‌وجوی دقیق و هدفمند منابع علمی‌انجام می‌شود تا از میان انبوه اطلاعات منتشرشده، فقط منابع معتبر، قابل استناد و مرتبط انتخاب شوند. در این راستا، منابع در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ میلادی مورد بررسی قرار گرفتند تا تغییرات دو دهه اخیر در زمینه توسعه پایدار، فناوری‌های نوین در کشت و فرآوری گیاهان دارویی، و روندهای جهانی تجارت این محصولات پوشش داده شود. فرآیند جست‌وجو در پایگاه‌های داده معتبر بین‌المللی از جمله Scopus، Web of Science، ScienceDirect، PubMed و Google Scholar انجام گرفت. همچنین برای بررسی وضعیت داخلی، از پایگاه‌های فارسی نظیر SID، Magiran و Civilica استفاده شد. کلیدواژه‌های انتخابی به‌صورت ترکیبی از فارسی و انگلیسی و شامل واژه‌هایی مانند: «گیاهان دارویی»، «روند جهانی»، «کشاورزی پایدار»، «صنعت دارویی گیاهی»، «ارزش افزوده»، «تجارت بین‌المللی» و معادل‌های انگلیسی آن‌ها (Medicinal Plants، Herbal Industry Sustainable AgricultureValue Chain (Global Market Trends بودند. در مرحله نخست، بیش از پس از شناسایی اولیه منابع، فرآیند غربالگری با حذف مطالعات تکراری، غیرمرتبط و فاقد کیفیت علمی لازم انجام شد و در نهایت، مجموعه متمرکزی از معتبرترین منابع برای تحلیل نهایی انتخاب گردید. عیار ورود شامل مقالات منتشرشده در مجلات علمی‌معتبر، گزارش‌های رسمی‌سازمان‌های بین‌المللی نظیر FAO،WHO، UNCTAD و همچنین مطالعات ملی مرتبط با تولید، فرآوری، صادرات و توسعه گیاهان دارویی بود. در مقابل، منابع غیرعلمی، مقالات فاقد چکیده انگلیسی یا فاقد داده‌های تحلیلی از مطالعه حذف شدند. پس از جمع‌آوری منابع، داده‌ها به روش تحلیل محتوای کیفی (Qualitative Content Analysis) و با رویکرد استنتاجی (Deductive Approach) مورد بررسی قرار گرفتند. در این روش، اطلاعات بر اساس محورهای موضوعی از پیش تعیین‌شده طبقه‌بندی و سپس تحلیل گردید. محورهای اصلی شامل چهار بخش عمده بود:

۱. وضعیت تولید، کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی در ایران؛

۲. چالش‌ها و محدودیت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی توسعه این بخش؛

۳. مقایسه تطبیقی ایران با کشورهای پیشرو نظیر چین، هند و آلمان از نظر سطح تولید، فناوری، سیاست‌گذاری و صادرات؛

۴. ترسیم چشم‌انداز آینده و ارائه راهکارهای توسعه پایدار بر اساس الگوهای جهانی.

در گام بعد، برای افزایش دقت تحلیل، داده‌های گردآوری‌شده از منابع داخلی با داده‌های بین‌المللی تطبیق داده شد و در صورت وجود اختلاف، از منابع رسمی‌تر (مانند گزارش‌های سالانه FAO و آمار وزارت جهاد کشاورزی) استفاده گردید. همچنین برای اطمینان از روایی نتایج، تمامی‌داده‌ها توسط دو پژوهشگر مستقل مورد بازبینی مجدد قرار گرفت تا از خطاهای احتمالی در برداشت و تحلیل جلوگیری شود. در نهایت، اطلاعات به‌دست‌آمده به‌صورت تلفیقی و تحلیلی بازنویسی شد تا ضمن ارائه تصویری واقع‌بینانه از وضعیت فعلی گیاهان دارویی در ایران، ارتباط آن با روندهای جهانی روشن شود و مسیرهای بهینه برای توسعه این بخش از منظر اقتصادی، زیست‌محیطی و فناورانه پیشنهاد گردد.

نتایج و بحث

تحقیقات نشان داد که حوزه گیاهان دارویی در ایران از منظر تنوع گونه‌ای، ظرفیت‌های اتنوبوتانیکی و پتانسیل‌های زیست‌محیطی دارای مزیت‌های طبیعی قابل‌توجهی است؛ با این حال، این ظرفیت‌ها هنوز به مزیت اقتصادی کامل تبدیل نشده‌اند (Buso et al. 2020, Hassanpouraghdam et al. 2022) . تحلیل داده‌ها و مطالعات موردی حاکی از آن است که موانع ساختاری، ضعف در زنجیره ارزش، پراکندگی تولید و کمبود فناوری‌های فرآوری و استانداردسازی مهم‌ترین عوامل بازدارنده رشد پایدار این بخش هستند (Shariatzadeh et al. 2025) . برای درک بهتر ابعاد این شکاف، مهم‌ترین وجوه مقایسه‌ای ایران با الگوهای جهانی موفق در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱: مقایسه تطبیقی وضعیت کلیدی گیاهان دارویی ایران با الگوهای جهانی

معیار مقایسه	وضعیت ایران	الگوی جهانی موفق	منبع
ساختار تولید و کشت	پراکندگی تولید و غالب بودن روش‌های سنتی	کشت متمرکز و سیستماتیک با فناوری‌های پیشرفته	(Hassanpouraghdam et al., 2022)
زنجیره ارزش و فرآوری	ضعف در زنجیره ارزش و کمبود فناوری‌های فرآوری	زنجیره ارزش منسجم و توسعه‌یافته با تمرکز بر استانداردسازی	(Shariatzadeh et al., 2025; Dini et al., 2022)
بازار و برندسازی	نبود برندهای معتبر و ضعف در بازاریابی بین‌المللی	ایجاد برندهای معتبر و دستیابی به بازارهای با ارزش افزوده بالا	(Shariatzadeh et al., 2025)
راهبرد کلان و استانداردسازی	فقدان پیاده‌سازی فراگیر استانداردها مانند(GACP)	پیاده‌سازی موفق استانداردهای بین‌المللی(GACP, GMP)	(Buso et al., 2020)

همانطور که در جدول ۱ مشهود است، شکاف بین ایران و کشورهای پیشرو یک چالش چندبعدی است. در ایران، تولید غالباً براساس روش‌های سنتی، برداشت‌های جمعی و کشت پراکنده در مناطق روستایی انجام می‌شود؛ این الگو علاوه بر کاهش بهره‌وری، ریسک‌های زیست‌محیطی مانند فرسایش زیستگاه‌های وحشی و کاهش تنوع ژنتیکی را تشدید می‌کند (Hassanpouraghdam et al. 2022; Buso et al. 2020). مطالعات مقایسه‌ای نشان می‌دهند که کشورهایی که در بازار جهانی گیاهان دارویی موفق بوده‌اند، مانند هند و چین، توانسته‌اند با ایجاد زنجیره ارزش منسجم، سرمایه‌گذاری در فرآوری و استانداردسازی و سیاست‌گذاری حمایتی، سهم قابل‌توجهی از بازار را به خود اختصاص دهند؛ در مقابل، الگوهای موفق اروپایی (نمونه‌ای مانند آلمان) بر محور استانداردهای کیفی، پژوهش داروشناسی و ایجاد برندهای معتبر جهت ورود به بازارهای با ارزش افزوده بالا متمرکز بوده‌اند (Shariatzadeh et al. 2025) از منظر تولید و زراعت، مرور پژوهش‌های

(2022). Hassanpouraghdam et al نشان می‌دهدضعف ساختار نهادی در انتقال دانش و فناوری‌های نوین کشاورزی به کشاورزان محلی از دلایل اصلی پایین ماندن عملکردهاست؛ در حالی‌که در کشورهای پیشرو، پیاده‌سازی سامانه‌های تولید پایدار و اصول (Good Agricultural and Collection Practices (GACP نه‌تنها عملکرد را افزایش داده، بلکه کیفیت مواد اولیه مورد نیاز برای فرآوری را نیز به‌طور چشمگیری ارتقا داده است.در ایران هنوز پیاده‌سازی این استانداردها فراگیر نیست و فقدان نظام‌های تضمین کیفیت در سطح مزارع و مراکز جمع‌آوری، مانع ورود گسترده محصولات به بازارهای صادراتی با ارزش افزوده بالا شده است(Buso et al. 2020). تحقیقات متعدد دیگر به اهمیت اصلاح و تکثیر گونه‌های منتخب، انتخاب نهاده‌های بومی‌سازگار با اقلیم‌های محلی و توسعه سیستم‌های تولید تحت کنترل (مانند کشت در بسترهای محافظت‌شده و سیستم‌های آبیاری دقیق) اشاره کرده‌اند که می‌تواند هم بهره‌وری و هم پایداری منابع طبیعی را بهبود بخشد (Dini et al. 2022; Buso et al. 2020) . در حوزه فرآوری و ارزش‌افزوده، خلأهای فناورانه به‌روشنی آشکار است. بسیاری از محصولات خام گیاهی صادر یا فروخته می‌شوند بدون اینکه فرآوری و استانداردسازی مناسب روی آن‌ها انجام شود؛ این روند موجب از دست رفتن فرصت‌های کسب ارزش افزوده و کسب بازارهای پردرآمد می‌گردد(Shariatzadeh et al. 2025). فناوری‌های استخراج، خالص‌سازی و فرمولاسیون متناسب با ترکیبات فعال گیاهان دارویی، به‌ویژه استانداردسازی محتوای متابولیت‌های ثانویه، نقش محوری در رقابت‌پذیری دارند؛ در ایران سرمایه‌گذاری و پژوهش کاربردی در این حوزه محدود بوده و ارتباط میان دانشگاه-صنعت-کشاورز هنوز ضعیف است (Dini et al. 2022). افزون بر این، نبود سامانه‌های ردیابی و شناسایی منشأ (traceability)و گواهی‌های کیفی بین‌المللی مانع اعتماد واردکنندگان و زنجیره‌های تامین خارجی می‌شود (Shariatzadeh et al. 2025). بازار و تجارت نیز نشان‌دهنده شکاف میان ظرفیت تولید و بهره‌برداری اقتصادی است. تجزیه و تحلیل مطالعات بازاریابی و گزارش‌های صادراتی حکایت از آن دارد که ساختار بازار داخلی برای محصولات فرآوری‌شده گیاهی ناقص است و اغلب محصولات با حداقل فرآوری و بسته‌بندی عرضه می‌شوند. نبود برند ملی یا منطقه‌ای قوی، ضعف در بازاریابی بین‌المللی و کمبود اطلاعات بازار دقیق باعث شده تولیدکنندگان خرد نتوانند به‌طور مستقیم از ارزش افزوده بالاتر بهره‌مند شوند.(Shariatzadeh et al. 2025). از منظر کاربرد درمانی، برخی گیاهان دارویی ایران به‌طور سنتی و بر اساس شواهد اتنوبوتانیکی برای درمان فشار خون به کار رفته‌اند و این امر اهمیت پژوهش‌های کاربردی در شناسایی ترکیبات فعال و توسعه فرمولاسیون‌های دارویی را نشان می‌دهد (Baharvand-Ahmadi & Asadi-(Samani2017. از منظر زیست‌محیطی و حفاظت تنوع زیستی، یافته‌ها نشان می‌دهد که برخی گونه‌های دارویی در ایران در معرض فشار برداشت بی‌رویه و تخریب زیستگاه‌اند؛ رویکردهای تلفیقی حفاظت در محل (in situ) و برون‌محیطی(ex situ) توسعه بانک‌های ژن و برنامه‌های تکثیر اختصاصی گونه‌های وحشی با هدف اهلی‌سازی، می‌توانند نقش کلیدی در کاهش فشارهای محیطی ایفا کنند(Buso et al. 2020; Hassanpouraghdam et al. 2022). فرصت‌ها نیز روشن و متعددند: تنوع گونه‌ای و بوم‌سازگاری گسترده ایران، زمینه‌ای مناسب برای توسعه مزرعه‌ای و اهلی‌سازی گونه‌های با ارزش دارویی فراهم می‌کند. رشد تقاضای جهانی برای محصولات طبیعی و گیاهی، امکان ایجاد زنجیره‌های ارزش مبتنی بر فرآوری پیشرفته را فراهم می‌آورد(Shariatzadeh et al 2025). وجود زیرساخت‌های علمی (دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی) که در صورت برقراری ارتباط مؤثر با بخش خصوصی می‌توانند پژوهش‌های کاربردی در زمینه استانداردسازی، شناسایی ترکیبات فعال و توسعه فرمولاسیون‌های دارویی را پیش ببرند، فرصت بزرگی برای توسعه پایدار است(Dini et al. 2022; Buso et al. 2020).

نتیجه‌گیری

بررسی جامع حاضر نشان می‌دهد که ایران با برخورداری از مزیت‌های طبیعی چشمگیر، از جمله تنوع گونه‌ای، ظرفیت‌های اکولوژیکی و دانش بومی غنی، در جایگاه ممتازی برای توسعه بخش گیاهان دارویی قرار دارد. با این حال، این پتانسیل‌ها هنوز به سهم اقتصادی پایدار و قابل‌توجه در بازار جهانی تبدیل نشده‌اند؛ به‌گونه‌ای که سهم کنونی ایران از این بازار پررونق کمتر از ۱٪ است.شکاف موجود ناشی از چالش‌های ساختاری عمیق است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: ضعف مزمن در

زنجیره ارزش (از مزرعه تا بازار)، کمبود فناوری‌های پیشرفته فرآوری و استانداردسازی، پراکندگی تولید، وابستگی به خام‌فروشی، و فقدان همکاری و هماهنگی مؤثر بین‌بخشی. این مسئله در مورد زعفران نمود بارزی دارد؛ ایران تأمین‌کننده بیش از ۹۰٪ زعفران جهان است، اما به دلیل فقدان فرآوری عمیق و برندینگ قوی، سود اقتصادی چندانی از این مزیت طبیعی نمی‌برد. برای تبدیل این چالش‌ها به فرصت و دستیابی به رقابت‌پذیری پایدار، ضروری است ایران رویکردی یکپارچه و راهبردی اتخاذ کند. ارکان اصلی این راهبرد عبارتند از:

۱. اجرای دقیق استانداردهای بین‌المللی مانند GACP در تمام مراحل کشت و فرآوری.

۲. توسعه زنجیره‌های ارزش منسجم و ایجاد ارزش افزوده از طریق فرآوری عمیق.

۳. سرمایه‌گذاری هدفمند و بلندمدت در پژوهش‌های کاربردی برای بومی‌سازی فناوری و شناسایی بازارهای نو.

۴. خلق و توسعه برندهای بومی معتبر با تکیه بر کیفیت و اصالت محصول.

این اقدامات، در چارچوب توسعه پایدار و اقتصاد زیستی، نه تنها محرکی برای رشد اقتصادی، ارزآوری و اشتغال منطقه‌ای خواهند بود، بلکه حفاظت از تنوع زیستی و مدیریت خردمندانه منابع طبیعی را نیز تضمین می‌کنند. فرصت استثنایی ایران در تلفیق دانش سنتی با فناوری‌های نوین و بهره‌گیری از روند رو به رشد تقاضای جهانی برای محصولات طبیعی و سالم نهفته است. بنابراین، با سیاست‌گذاری هوشمند، فناوری‌های پیشرفته و حکمرانی مؤثر، ایران می‌تواند به بازیگری تأثیرگذار و رقابت‌پذیر در عرصه جهانی گیاهان دارویی تبدیل شود.

منابع

Amiri, M. S., Taghavizadeh Yazdi, M. E., & Rahnama, M. (2021). Medicinal plants and phytotherapy in Iran: Glorious history current status and future prospects.Plant Science Today 8(1), 95–111.

Asadi-Samani, M., Kooti, W., Ghasemi-Kasman, M., et al. (2016). A systematic review of Iranian medicinal plants with anticancer properties Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine, 21(4), 1–15.

Baharvand-Ahmadi, B., & Asadi-Samani, M. (2017). A review of the most used medicinal plants for hypertension: Ethnobotanical evidence from Iran Journal of Renal Injury Prevention, 6(1), 1–9.

Buso, N., Dini, I., Hassanpouraghdam, M. B., et al. (2020). Medicinal plants and their role in sustainable development: Global trends and perspectives Frontiers in Pharmacology, 11, 7143749.

Dini, I., Hassanpouraghdam, M. B., & Buso, N. (2022). Advances in secondary metabolite production and standardization of medicinal plants: A global overviewPlants, 11(8), 8835522.

Fazeli-Nasab, B., Asadi, F., & Mohammadi, M. (2023). Evaluation of phenolic and flavonoid content alkaloids antioxidant capacity and antibacterial properties of methanolic extract of Zahak native medicinal plants against seven pathogens Journal of Medicinal Plants and By-products 12 (2), 127–138

Hassanpouraghdam, M. B., Dini, I., & Buso, N. (2022). Sustainable cultivation and conservation of medicinal plants in Iran: Challenges and opportunities Frontiers in Plant Science, 13, 8835522.

Jahantab, E., & Sadeghi, Z. (2023). Ethnobotanical study of medicinal plants, Fasa County Iran Ethnobotany Research and Applications, 25, 1–14.

Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2018). Medicinal plants: Past history and future perspectiveJournal of HerbMed Pharmacology, 7(1), 1–7.

Kumar, R., Singh, A., & Verma, P. (2025). A comprehensive review of factors affecting growth and secondary metabolites in hydroponically grown medicinal plants. Planta, 262(1), 46–63.

Salmerón-Manzano, E., Manzano-Agugliaro, F., & Montero, J. I. (2020). Worldwide research trends on medicinal plants Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 18, 100255.

Salehi Sardoei, A., & Ali Zadeh, H. (2023). Ethnobotanical knowledge and local use of medicinal plants in southern Iran Iranian Journal of Ethnopharmacology 4 (2), 45–58.

Shariatzadeh F. Dini I. & Hassanpouraghdam M. B. (2025). Value chain analysis and policy challenges in Iran's medicinal plant industry Journal of Herbal Industry and Policy Studies 5(1), 10–28.

Zamani, S., Fathi, M., Ebadi, M.-T., & Máthé, Á. (2023). Global trade of medicinal and aromatic plants: A review Industrial Crops and Products, 202, 117203.

A Review of the Prospects of Medicinal Plants in Iran with an Emphasis on Global Trends

Mostafa Zia Torshizian[1*], Hossein Sahabi[2]
.۱M.Sc. Student in Agroecology, Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh
.۲ Assistant Professor Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh
*Corresponding author: **Mostafazia2017@yahoo.com**

Abstract

Iran, with its remarkable biodiversity (approximately 8,000 plant species) and a rich heritage of traditional medicine, possesses significant potential to become a key player in the global medicinal plants sector. However, the country's share of the international market remains below 1%. The major challenges include weaknesses in the value chain, limited access to advanced processing technologies, reliance on raw material exports (a clear example being the supply of 90% of the world's saffron without value-added processing), and the lack of internationally recognized standards. On the other hand, Iran ranks fourth globally in scientific output related to traditional and complementary medicine, indicating a strong research foundation. Achieving sustainable competitiveness requires an integrated strategy focused on implementing international cultivation and processing standards (GACP), developing cohesive value chains, investing in applied research, and creating reputable indigenous brands. These measures would not only enhance economic growth but also ensure biodiversity conservation and the sustainable management of natural resources.

Keywords: Pharmaceuticals; Sustainable development; Export; Biodiversity.

آمارانت (*Amaranthus retroflexus*): ترکیبات و خواص سلامتی‌بخش

الهام سلمانی[1]، احمد پدرام نیا[1*]، محمدرضا سعیدی اصل[1]، مسعود شفافی زنوزیان[1]، عبدالرضا آقاجانی[2]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

[*] نویسنده مسئول مکاتبات: apedram@iau.ir

چکیده:

گیاهان داروئی از دیرباز به علت سهولت دسترسی و عوارض جانبی بسیار کم‌تر از جایگاه ویژه‌ای برای درمان بیماری‌های رایج برخوردار بوده‌اند. خاصیت دارویی گیاهان دارویی ناشی از متابولیت‌های ثانویه موجود در آنهاست که در شرایط خاص بروز می‌یابد. آمارانت یکی از مهمترین گیاهان دارویی در ایران است که به واسطه ترکیبات ارزشمند و خواص سلامتی‌بخش خود می‌تواند نقش مهمی در رژیم‌های غذایی و نیز صنایع مختلف داشته باشد. بنابراین توجه بیشتر به آگاهی جامعه بویژه متخصصین زراعت، صنایع غذایی و تغذیه به منظور گسترش کِشت و استفاده از بخش‌های مختلف گیاه می‌تواند گامی مؤثر در بهبود مصرف این گیاه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بیماری، تاج خروس، گیاهان دارویی، ماده مؤثره، موسیلاژ.

۱- مقدمه

اثر مستقیم تغذیه بر سلامت از گذشته شناخته شده است و انسان از سال‌ها پیشین با تجربه و آزمایش پی برده که با تغذیه صحیح از زندگی سالم‌تر و طولانی‌تری برخوردار خواهد شد. امروزه مصرف مواد غذایی سالم و ایمن از اهمیّت بسیار بالایی در سلامت انسان برخوردار است و با صنعتی شدن مسیر تولید مواد غذایی و مصرف انبوه مواد غذایی صنعتی، احتیاج به بهبود کیفیت این محصولات افزایش یافته است (Garmakhany et al., 2010). بر اساس گزارشات سازمان بهداشت جهانی (WHO) در حال حاضر حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان برای نیازهای اولیه مراقبت از سلامت خود، به گیاهان دارویی و داروهای سنتی متکی هستند و حدود ۸۰ درصد از مواد دارویی مستقیم یا غیرمستقیم از گیاهان تهیه می‌شوند (Azadbakht and Hosseini, 2016). همچنین بنا بر توصیه این سازمان، مناسب‌ترین راهکار برای دسترسی عموم مردم به طب مطمئن، شناخت، بسط و توسعه استفاده از گیاهان دارویی است (Hosseini et al., 2020). شبه‌غلات از خانواده گندمیان نیستند، اما شباهت زیادی به غلات دارند که آمارانت یا تاج خروس (Amaranthus or kiwicha) با نام علمی *Amaranthus retroflexus* در این دسته جای دارد و یکی از گیاهان علوفه‌ای است که اخیراً به عنوان خوراک انسان، دام و طیور مطرح گردیده است. این گیاه به علت خصوصیات تغذیه‌ای و سازگاری می‌تواند پتانسیل ورود به تناوب زراعی را داشته باشد. آمارانت یکی از گیاهانی است که از بخش‌های مختلف آن در صنایع دامپروری، غذایی و دارویی استفاده می‌شود، اگرچه در بسیاری از کشورها، کِشت این گیاه محدود بوده، اما در سال‌های اخیر توجه بیشتری به کِشت آن شده است (Saadati et al., 2021).

۲- گیاهان دارویی

داروهای گیاهی ترکیباتی هستند که از گیاهان استخراج می‌شوند و با حداقل یا حتی بدون پردازش صنعتی در راستای درمان بیماری‌ها در فعالیت‌های پزشکی و درمانی محلی استفاده می‌شوند. طی سال‌های اخیر، بیشتر کشورهای توسعه یافته به سمت تولید داروهای گیاهی و استفاده از مواد مؤثره گیاهان دارویی به جای ترکیبات شیمیایی روی آورده‌اند (WHO, 2016). این رویکرد جهانی به سمت استفاده از داروهای با منشاء طبیعی در چند دهه اخیر موجب توسعه روزافزون تولید گیاهان دارویی، فرآوری و فرمولاسیون داروهای گیاهی و تجارت آنها در سطح دنیا شده است. به طوری که کشورهای آسیایی

به واسطه تنوع آب و هوایی و پوشش متنوع گیاهی، تأمین‌کننده اصلی گیاهان دارویی و کشورهای اروپایی و آمریکایی و البته برخی از کشورهای آسیایی از تولید کنندگان عمده داروهای گیاهی محسوب می‌شوند (Ayazi et al. 2011).

گیاهان دارویی یکی از منابع غنی در ایران بوده و علاوه بر تأمین مصارف داخلی، در افزایش درآمدزایی نیز مورد توجه می‌باشند. باید به این نکته توجه داشت که بین گیاهان دارویی و داروهای گیاهی تفاوت وجود دارد. گیاهان دارویی گیاهانی هستند که برخی خواص درمانی آنها به اثبات رسیده است، اما داروهای گیاهی حاصل تبدیل برخی گیاهان به دارو در شرکت‌های داروسازی طی فرآیندهایی خاص هستند (Zargari, 1993). ایران جزء کشورهایی است که استفاده از گیاهان دارویی را در درمان بیماری‌ها پذیرفته است، به نحوی که داروهای گیاهی زیادی با مجوز وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی تولید می‌شوند. بعلاوه، طیف وسیعی از مردم نیز به شکل‌های مختلف گیاهان را تهیه و مصرف می‌کنند. سازمان غذا و دارو تخمین می‌زند که بیش از ۲۹ هزار مورد داروی گیاهی، ویتامین و یا مکمل غذایی موجود است و ماهانه بیش از ۱۰۰۰ مورد به این تعداد اضافه می‌گردد که رقمی قابل توجه می‌باشد (Beheshtipour et al., 2011). گیاهان دارویی به گروهی از گیاهان گفته می‌شود که اندام‌های آنها دارای ترکیباتی با خواص دارویی است و به دلیل اثرات درمانی برای انسان یا دام، در صنعت داروسازی استفاده می‌شوند. استفاده روزافزون گیاهان دارویی در سطح جهانی اهمیّت کشت و تولید این گیاهان را روشن‌تر می‌سازد. در حال حاضر تقاضا برای گیاهان دارویی به عنوان تولیدات قابل مصرف در صنایع بهداشتی و دارویی در حال افزایش است (Saadati et al., 2021). اهمیّت عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی در این است که علاوه بر ایجاد طعم مطلوب در مواد غذایی، ماده مؤثر اصلی آنها دارای اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی و خواص سلامتی‌بخش می‌باشد که مصرف-کنندگان نسبت به مواد شیمیایی ترجیح می‌دهند. تقریباً همه اسانس‌ها، ادویه‌ها و گیاهان دارویی دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی بوده و از رشد میکروبی و تولید سموم جلوگیری می‌کنند (Stallknecht and Schulz-Schaeffer, 1993).

۳- گیاه تاج‌خروس

۳-۱- گیاهشناسی

آمارانت (شکل۱) نوعی از گل‌زلف عروسان و جنسی از خانواده تاج خروس‌ها یا آمارانتاسه (Amaranthaceae) است که بلندی آن در انواع مختلف به یک متر می‌رسد. این گیاه دارای برگ‌های گسترده‌ای است و بسته به نوع، رنگدانه‌های متنوعی مانند آمارانتین دارد (Lopez et al, 2014). آمارانت از گیاهان گونه C_4 و پهن‌برگ بوده و در ابتدای رشد به گیاه سویا شباهت دارد. هرچند که یک گیاه باستانی محسوب می‌شود، اما در بسیاری از کشورها مانند ایران به عنوان یک گیاه جدید مطرح است. بوته‌های نوع دانه‌ای آمارانت دارای یک ساقه اصلی است که به یک گل‌آذین منشعب و چندشاخه ختم می‌شود. گل‌ها تک‌جنسی و به رنگ بنفش، پرتقالی، قرمز یا طلایی هستند و بر روی خوشه‌های گل منشعب ایجاد می‌شوند. گل‌آذین به صورت گل‌آذین گرزن دو سویه به صورت پانیکول بزرگ درآمده‌اند. دانه‌های این گیاه به شکل عدسی بوده و ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر طول و ۰/۶ تا ۱/۲ میلی‌گرم وزن دارند. آمارانت دارای ۶۰ گونه متفاوت است و از بین ۶۰ تا ۷۰ گونه از Amaranthaceae، تنها سه گونه تولیدکننده دانه (شکل۱) وجود دارد که ترکیب شیمیایی متفاوتی نیز از سایر گونه‌ها دارند (Lopez et al, 2014). آمارانت گیاهی با الگوی رشد مستقیم است که برای استفاده از دانه و برگ کِشت می‌شود. بذر این گیاه دارای پروتئینی با ارزش بیولوژیکی بالاست و ارزش غذایی آن در نتیجه عمل‌آوری با حرارت بهبود می‌یابد. دانه آمارانت، مقاوم به کم‌آبی است و پتانسیل خوبی برای رشد در مناطق دچار محدودیت بارش دارد. پژوهش‌ها نشان داده است که نیاز آبی برای رشد دانه آمارانت، ۴۲ تا ۴۷ درصد نیاز آبی گندم، ۵۱ تا ۶۲ درصد نیاز آبی ذرت و ۷۹ درصد نیاز آبی کتان است. بذر و میوه بیشتر گیاهان متعلق به خانواده‌های Brassicaceae ، Lamiaceae ، Asteraceae و Plantaginaceae که در شرایط بیابانی رشد می‌کنند، دارای لایه‌ای از موسیلاژ است که توانایی جذب و حفظ رطوبت بذر در شرایط تنش رطوبتی را افزایش می‌دهد (Gorai et al., 2011). سازگاری آمارانت با خاک‌های فقیر و مقاومت آن به تنش خشکی، استفاده از آن را به عنوان

یک محصول زراعی در مناطق نیمه‌خشک ممکن ساخته است. آمارانت به اندازه نصف ذرت نیاز به آبیاری دارد. مشاهدات و شرایط خشک نشان می‌دهد که تحمل به خشکی این گیاه شبیه به ذرت خوشه‌ای بوده و برای مناطقی که ذرت خوشه‌ای و ارزن کشت می‌شود، مناسب است (Dini et al., 2010).

شکل ۱. اندام‌های هوایی (راست) و دانه (چپ) آمارانت بعد از رسیدن دانه‌ها.

۳-۲- خاستگاه و ریخت‌شناسی

منشاء آمارانت، مرکز و شمال آمریکا است و در حال حاضر در تعدادی از کشورها به ویژه کشورهای اروپایی رشد می‌کند (Myers, 1996). جنس *Amaranthus* شامل حدود ۶۰ گونه است که ۴۰ تای آنها بومی آمریکا و مابقی با ۱۷ گونه دارای برگ‌های خوراکی و ۳ دانه آمارانت با ۱۷ گونه با برگ‌های خوراکی و ۳ آمارانت متعلق به آفریقا، آسیا و اروپا هستند (Zhigila et al., 2014). رده بندی Amaranthaceae به طور مشخصی مطالعه شده و تحقیقات ژنتیکی نشان داده است که ویژگی‌های آناتومی و ریخت‌شناسی با روابط تکاملی در طبقه‌بندی متفاوت است (Kadereit et al., 2003). گونه‌های آمارانت متعلق به راسته Caryophyllales ، خانواده Amaranthaceae ، زیرخانواده Amaranthoideae و جنسAmaranthus است (Montoya–Rodriguez et al., 2015). Caryophyllales محتوی ۳۳ خانواده، ۶۹۲ جنس و ۱۱ گونه است (Mlakar et al., 2009). دو زیرخانواده *Amaranthoideae* و *Chenopodioideae* با هم وابستگی نزدیکی دارند و برای مدت‌های طولانی به عنوان یک خط تکاملی به واسطه شباهت‌های ریخت‌شناسی در نظر گرفته می‌شدند. هر دو زیرخانواده *Amaranthoideae* و *Chenopodioideae* بر پایه سه ویژگی «با پرچم جدا»، «گوشت کاسبرگ» و «رنگ کاسبرگ» از یکدیگر جدا می‌شوند، اما استثناعات مختلفی برای این زیرخانواده‌ها (Amaranthoideae، Betoideae، Camphorosmoideae، Chenopodioideae، Corispermoideae، Gomphrenoideae، Polycnemoideae، Salicornioideae، Salsoloideae وSuaedoideae) با ۱۸۰ جنس (شاملAmaranthus) و ۲۵۰ گونه وجود دارد (Pratt, 2003).

۳-۳- ترکیبات

ترکیب شیمیایی گونه‌های مختلف آمارانت، متفاوت است. پروتئین خام ۱۹-۱۲ درصد، چربی ۸-۵ درصد، نشاسته ۶۹-۶۲ درصد، قند کل ۳-۲ درصد، فیبر ۵-۴ درصد و خاکستر ۴-۳ درصد، چربی‌های اشباع نشده (۵/۷ درصد)، فیبر (۲۰/۶)، ویتامین‌های مختلف (به‌ویژه B_2،E و C)، املاح (کلسیم، منیزیم، روی و آهن) و ترکیبات فنولیک (Belton et al., 2002) از مهمترین ترکیبات موجود در دانه آمارانت است (جدول۱). دانه آمارانت دارای پروتئینی با ارزش بیولوژیکی بالاست و ارزش غذایی آن در نتیجه عمل‌آوری با حرارت بهبود می‌یابد (دیواری و همکاران،۱۳۹۹). میزان پروتئین آمارانت ۱۳ الی ۱۹ درصد بوده و نسبت به سایر غلات از نظر لیزین، تریپتوفان، آرژنین و اسیدهای آمینه گوگرددار غنی است. پروتئین موجود در آمارانت دارای چهار بخش اصلی آلبومین، گلوبولین، گلوتلین و پرولامین است که آلبومین و گلوبولین مهمترین و بیشترین

بخش آن را تشکیل می‌دهند (Karimi et al., 2020) و پرولامین بسیار کمتری در مقایسه با سایر غلات دارد و بنابراین، میزان حساسیت‌زایی آن بسیار پائین است. دانه‌های آمارانت به میزان ۹۰ درصد قابلیت هضم دارد (Vecchi and Anon, 2009).

پروتئین‌های بذر این گیاه محتوی مقادیر بالایی اسیدهای آمینه ضروری به ویژه لیزین است که در سایر گیاهان به میزان بسیار کمتری یافت می‌شود و این، نوعی امتیاز است (Sanz-Penella et al., 2013 ; Condes et al, 2009). مقدار لیزین در دانه آمارانت، ۳/۵-۳ برابر ذرت و ۲/۵-۲ برابر گندم است. پروتئین دانه و علوفه گیاه آمارانت به ترتیب در محدوده ۱۹-۱۳ درصد و ۲۷-۱۲ درصد است (Mendonca et al., 2009). پروتئین دانه گیاه نسبت به بیشتر دانه‌های معمول غلات بالاتر بوده و حاوی مقدار زیادی از اسیدهای آمینه آرژنین و هیستیدین است که از مواد مغذی ضروری برای نوزادان و کودکان می‌باشند (Dini et al., 2010). آمارانت دارای ساپونین‌ها، فنولیک‌ها، اسید کلروژنیک، اسکوپولین و اسید بنزوئیک و مقادیر قابل‌توجهی از فیبر بتااسترول، فیتواسترول، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع و موادی با خاصیت آنتی‌اکسیدان نیز می‌باشد (Klimczak et al., 2002). پروتئین‌های برگ و بذر این گیاه دارای کیفیتی معادل پروتئین‌های تخم‌مرغ و بالاتر از پروتئین سویا است (Areas et al, 2016). دانه آمارانت محتوی ۱ درصد اینوزیتول، میزان کمتری از گلوکز، فروکتوز و سایر مونوساکاریدها (۰/۶۷ – ۰/۰۵ درصد) و دی‌ساکاریدهایی نظیر رافینوز (۲/۳ – ۰/۲۷ درصد)، ساکاروز (۲-۰/۴ درصد)، مالتوز (۰/۳۶ – ۰/۰۲ درصد) و استاکیوز (۰/۲۹- ۰/۰۲ درصد) می‌باشند. میزان رافینوز در دانه آمارانت بیش از دانه گندم، اما کمتر از ذرت است (Januszewska and Synowiecki, 2008). قند عمده موجود در پروفایل کربوهیدراتی دانه آمارانت، ساکاروز است که ۲ تا ۳ برابر میزان این قند در دانه گندم و اجزاء پلی‌ساکاریدی غیرنشاسته‌ای است (Becker et al.,1981). همچنین، مقادیر ۴ الی ۵ از فیبرهای رژیمی و نیز اینوزیتول، مالتوز، رافینوز و استاکیوز در مقادیر پائین نیز در دانه وجود دارد (Venskutonis and Kraujalis,2013). نشاسته به میزان ۶۵ تا ۷۵ درصد، جزء عمده موجود در دانه تاج خروس است. در مقایسه با اندازه نشاسته دانه‌های دیگر مانند ذرت (۵-۲ میکرومتر)، گندم (۳۴-۳ میکرومتر) و برنج (۸-۳ میکرومتر)، گرانول‌های نشاسته آمارانت کوچک هستند، اما ویژگی‌های ژلاتینه‌شدن و پایداری انجماد / آب‌شدن خوبی دارند (Venskutonis and Kraujalis, 2013). این دانه‌ها دارای مقادیر قابل‌توجهی موسیلاژ با خواص عملکردی مناسب هستند که بعد از استخراج از دانه‌ها و نیز خشک شدن، می‌توانند به صورت موسیلاژ یا پودر در فرمولاسیون محصولات مختلف استفاده شود (Becker et al.,1981).

بخش چربی دانه آمارانت دارای مقدار زیادی از اسیدهای چرب اشباع نشده (اسید لینولئیک، اولئیک، لینولنیک)، محتوی پائینی از اسیدهای چرب اشباع و مقدار قابل توجهی اسکوالن است. این دانه حاوی مقدار زیادی اسکوالن است که بیشتر در کبد ماهی دریای عمیق یافت می‌شود. آمارانت غنی از عناصر معدنی مهم است و در مقایسه با آرد گندم، حاوی مقادیر بالاتری از املاح شامل کلسیم، آهن، منیزیم، فسفر، پتاسیم، روی، مس، منگنز و سلنیوم است (USDA, 2021). دانه‌های تاج خروس غنی از منگنز (۴۲۵/۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم)، نیکل، کروم، روی و مس (۱/۲۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و سلنیوم است (Czerwinski et al., 2004). میزان آهن برابر با ۲۹/۳۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم در آمارانت چندین برابر بیشتر از غلات سنتی است (Palombini et al., 2013). مواد مغذی مانند کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، مواد معدنی و ویتامین‌های طبیعی مانند B ، B_1 ، C، B_2، B_3 است. این ماده همچنین دارای اسید فولیک، نیاسین، کلسیم، آهن و فسفر است (Areas et al, 2016).

جدول ۱. ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی دانه آمارانت.

ترکیب	مقدار	اسید آمینه	درصد
ماده خشک	90/08	لیزین	0/751
پروتئین خام	14/31	متیونین	0/212
عصاره اتری	7/15	سیستئین	0/363

عصاره فاقد نیتروژن	59/91	ترئونین	0/482
الیاف خام	4/50	آرژنین	1/051
خاکستر	3/37	ایزولوسین	0/632
کلسیم	0/24	لوسین	0/723
فسفر قابل دسترسی	0/41	والین	0/632
اسید فیتیک	0/43	هیستیدین	0/261
انرژی خام (kcal/kg)	3112/2	فنیل آلانین	0/553
انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)	2722/9	سرین	0/928
تانن	0/09	پرولین	0/510
بازدارنده تریپسین (واحد آنزیم)	4/05	گلیسین	1/110

۳-۴- خواص سلامتی‌بخش

آمارانت از دیرباز در تغذیه انسان کاربرد داشته و بوعلی‌سینا در جلد سوم کتاب قانون، مصرف این دانه را برای افراد ضعیف توصیه نموده است. متأسفانه آمارانت را بیشتر به عنوان گیاه زینتی و علف هرز شناسایی می‌نمایند. امروزه با اصلاح نژاد در گیاه آمارانت علوفه‌ای و پرمحصول، آن را آمارانت نامیده و در کشت، تولید و کاربرد آن تأکید شده است (Aynehband et al., 2007). آمارانت یک غذای امید بخش طی صدها سال اخیر معرفی شده است و به دلیل مقادیر بالای اجزاء تغذیه‌ای، استفاده تجاری آن افزایش یافته است (USDA,2021). استفاده از تاج خروس در رژیم غذایی انسان، خطر بیماری‌هایی مانند دیابت، سرطان، کلسترول و فشار خون بالا را کاهش می‌دهد (Areas et al, 2016). مقادیر پائین اسیدهای چرب اشباع‌شده و مقادیر بالای فیتواسترول و توکوفرول باعث شده است تا آمارانت در کاهش سطح کلسترول بد خون و درنتیجه، کاهش خطر سکته قلبی و بیماری‌های قلبی ـ عروقی نقش مؤثری داشته باشد (Mendoca et al, 2009). آمارنت به واسطه اسیدهای آمینه ضروری و ترکیبات معدنی ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد. اسکوآلن (حدود ۷ درصد) یکی از ترکیبات مهم دانه با خواص ضدسرطانی است. وجود توکوفرول و اسید آسکوربیک با خاصیت حفاظتی در دانه آمارانت مورد تائید قرار گرفته است. بعلاوه، این دانه فاقد گلوتن بوده و برای بیماران سلیاکی جایگزین مناسبی است (Belton et al., 2002). روغن آمارانت حاوی ویتامین E هم‌تراز با روغن زیتون است که جهت مصرف بیماران دارای فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی مفید شناخته شده است (Alegbejo, 2013). تحقیقات نشان داده است که دانه آمارانت به طور معنی‌داری موجب کاهش سطح گلوکز خون و افزایش سطح انسولین در موش‌های صحرایی دیابتی می‌شود (Kim et al., 2006). بازدارنده‌های لیزین موجب تحریک ترشح شیره معده‌ای ـ روده‌ای شامل هورمون کوله‌سیستوکینین است که موجب انقباض عضلات کیسه صفرا شده و به ترشح صفرا در لوله گوارش منجر می‌شود. زمانی که چربی وارد دوازدهه می‌شود، این هورمون از قسمت بالایی روده کوچک ترشح شده و به وسیله جریان خون به کیسه صفرا حمل و موجب انقباض آن می‌شود. محصولات بر پایه آمارانت برای افراد مسن، زنان باردار و افراد با کم‌خونی یا اختلالات استخوان توصیه شده است (Wolska et al., 2011). میزان بالای پروتئین و ترکیب اسید آمینه موجب شده تا آمارانت در داروسازی با اهدافی نظیر کاهش سطح کلسترول بد سرم خون، آنتی‌اکسیدان، ضدسرطان، ضدآلرژی و کاهنده فشار خون به کار رود (Wolosik and Markowska,2019).

در برخی کشورها از این گیاه برای تصفیه خون و معالجه زخم استفاده می‌شود. به علاوه تجویز آن موجب تقویت سیستم ایمنی، تقویت حافظه، کاهش چین و چروک پوست، کمک به تنظیم سطح چربی‌ها به ویژه کلسترول می‌گردد. هم‌چنین از این گیاه در درمان آلرژی، مشکلات کبدی، استئوآرتریت و مشکلات قلبی عروقی می‌توان استفاده نمود. در مورد اثرات سودمند مصرف خوراکی و دراز مدت آمارانت قبلاً مشخص شده است که آن یک گیاه دارویی با خواص جمع‌کنندگی

رادیکال‌های آزاد نظیر سوپر اکسید، محافظت سلول در برابر آسیب‌های شیمیایی، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در بافت‌ها و محافظت بافت‌ها در برابر انواع استرس‌های شیمیائی است که علت اصلی آن وجود سطح بالای مواد آنتی‌اکسیدان در این گیاه می‌باشد (Dey et al., 2002). برخی از فلاونوئیدها موجود در آن به عنوان ماده آنتی‌اکسیدان و دارای خاصیت شبه انسولینی محسوب می‌شود که از این طریق قادر به کاهش علائم دیابت قندی و برگرداندن سطح پارامترهای نامطلوب بدن به حد طبیعی می‌باشند (Su et al., 2006). بخش دیگر از اثر سودمند گیاه در این بررسی را می‌توان به خاصیت مهار کنندگی آنزیم آلفا آمیلاز آن نسبت داد که از طریق مهار متابولیسم کربوهیدرات‌ها تواند خاصیت ضددیابتی اعمال نماید (Conforti et al., 2005). تجویز خوراکی و دراز مدت گیاه آمارانت از طریق اثرگذاری بر عوامل مرتبط با اندوتلیوم موجب کاهش پاسخ انقباضی و افزایش پاسخ شُل‌شدگی در بافت آئورت می‌گردد که این در جلوگیری از عوارض عروقی دیابت در دراز مدت می‌تواند سودمند باشد (Roghani and Baluchnejad mojarad, 2009).

۴- نتیجه‌گیری کلی

توجه به سیاست‌های کلان کشور درباره انتخاب و ترویج محصولات زراعی جدید مقاوم به خشکی از یک سو و محدودیت منابع خوراکی در تغذیه دام و طیور از سوی دیگر، لزوم ترویج کِشت و استفاده از گیاه آمارانت را نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر در ایران، آمارانت با هدف تغذیه دام و طیور مورد توجه قرار گرفته است و هرچند آمار دقیقی از تولید آن در دست نیست، اما سطح زیرکِشت آن رو به گسترش است. آمارانت به واسطه پروتئین، چربی، کربوهیدرات و اجزاء زیست‌فعالی نظیر فلاونوئیدها، اسکوآلن و آنتی‌اکسیدان‌های مختلف و نیز انواع ویتامین‌ها و املاح جزء دانه‌های ارزشمند از نظر تغذیه‌ای است که گسترش هرچه بیشتر آن در کشور می‌تواند نقش مهمی در غنی‌سازی رژیم غذایی انسانداشته باشد.

۵- منابع:

1. Alegbejo, J.O. 2013. Nutritional value and utilization of Amaranthus (Amaranthus spp.) –a review. Bayero J. Pure Appl. Sci. 6 (1). doi: 10.4314/bajopas.v6i1.27 .
2. Areas, J.A.G., Carlos-Menezes, A.C.C.C. and Soares, R.A.M. 2016. “Amaranth”. Encyclopedia of Food and Health. Available at http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00025-8.
3. Ayazi, S.M.H. 2011. The Ministry of Health supports the manufacturers of herbal medicines and herbal medicines. http://tasnim.ai/1658994/ 19/2/2017.
4. Aynehband, A., Aghasizadez, V. and Meskarbashi, M. 2007. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of amaranth cultivars in different planting dates. Iranian Journal of Field Crops Research. 5: 221-228.
5. Azadbakht, M. and Hosseini., M. 2016. Necessity to standardization of extract of medicinal plants in the investigations and manner to do it Razi. Journal of Medical Science, 23: 9-17.
6. Becker, R., Wheeler, E.L., Lorenz, K. 1981. A compositional study of amaranth grain. J Food Sci. 46(4):1175–1180.
7. Beheshtipour, N., Jamali Moghadam, N., Soleimani, S., Hagh Neghdar, A. and Salehi, A.R. 2011. Assessment of knowledge, belief and function of people about herbal medicines who referred to one of clinics dependent to medical university of Shiraz in 2010. Journal of Herbal Drugs, 1(4): 53-56.
8. Belton, P. S. and J. R. Taylor. 2002. Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential. Springer Science & Business Media, Berlin.
9. Condes, M.C., Scilingo,A.A. and Anon, M.C. 2009. Characterization of amaranth proteins modified by trypsin proteolysis. Structural and functional changes. LWT - Food Science and Technology, 42: 963–970.
10. Conforti, F.,Statti, G., Loizzo, M.R.,Sacchetti, G., Poli, F., Menichini, F. 2005. In Vitro antioxidant effect and inhibition of alphaamylase of two varieties of Amaranthus caudatus seeds. Biol Pharm Bull, 28: 1098-1102.
11. Czerwinski, J., Bartnikowska, E., Leontowicz, H. 2004. Oat (Avena sativa L.) and amaranth (Amaranthus hypochondriacus) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. J Nutr Biochem,15(10): 622–629.

12. Dey, L., Attele, A.S. and Yuan, C.S. 2002. Alternative therapies for type 2 diabetes. Altern Med Rev,7:45-58.
13. Dini, I., Tenore, G.C., and Dini, A. 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter Chenopodium quinoa seeds. LWT - Food Science and Technology, 43(3): 447-451.
14. Garmakhany, A.D., Mirzaei, H.O., Maghsoudlou, Y.,, Kashaninejad, M. and Jafari, S.M. 2010. Influence of partial drying on oil uptake & quality attributes of french fries. J Agric Sci Technol,4(1):31–6.
15. Gorai, M., Gasmi, H. and Neffati, M. 2011. Factors influencing seed germination of medicinal plant Salvia aegyptiaca L. (Lamiaceae). Saudi Journal of Biological Sciences, 18: 255–260
16. Hosseini, S.H., Mibak, H. and Ramezani Qra, A. 2020. Ethnobotanical study of medicinal plants of the South Kerman. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 8(1): 30-63.
17. Januszewska-Jozwiak, K. and Synowiecki, J. 2008. Characteristics and suitability of amaranth components in food biotechnology. Biotechnologia, 3:89–102.
18. Kadereit, G., Borsch, T., Weising, K. and Freitag, H. 2003. Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the Evolution of C 4 Photosynthesis. Int J Plant Sci, 164(6):959–986.
19. Karimi, N., Nikoo, M., Gavlighi, H. A., Gheshlaghi, S. P., Regenstein, J. M. and Xu, X. 2020 Effect of pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) protein hydrolysates (SPH) and (−)-epigallocatechin gallate (EGCG) on sourdough and bread quality. LWT, 131, 109800.
20. Kim, H.K., Kim, M.J., Cho, H.Y., Kim, E.K. and Shin,D.H. 2006. Antioxidative and anti-diabetic effects of amaranth (Amaranthus esculantus) in streptozotocin-induced diabetic rats. Cell Biochem. Funct, 24:195-199.
21. Klimczak, I., Małecka, M. and Pachołek, B. 2002. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. Nahrung, 46: 184-186.
22. Lopez, O., Lopezmalo, A. and Palou, E. 2014. Antioxidant capacity of extracts from amaranth (Amaranthus hypochondriacus L.) seeds or leaves. Industrial Crops and Products, 53:55-59.
23. M
endonça, S., Saldiva, P.H., Cruz, R.J. and Areas, J.A.G. 2009. Amaranth protein presents
24. Malaca, S., Lo Turco, V., Di Bella, G., Potortì, A.G., Dugo, G., Bertuzzi, T. and Rastelli, S. 2012. Effects of germination on the composition of bioactive molecules in Amaranthus cruentus L. seeds and in derived flours. Food Chem, 135:1738–1743.
25. Montoya-Rodriguez, A., Gomez-Favela, M.A., Reyes-Moreno, C., Milan-Carrillo, J., Gonzalez de Mejia, E.2015. Identification of Bioactive Peptide Sequences from Amaranth (Amaranthus hypochondriacus) Seed Proteins and Their Potential Role in the Prevention of Chronic Diseases. Compr Rev Food Sci Food Saf, 14(2):139–158.
26. Myers R.L. 1996. Amaranth: new crop opportunity. In:Janick J. (ed.): Progress in New Crops. ASHS Press, Alexandria: 207–220.
27. Palombini, S.V., Claus, T., Maruyama, S.A. 2013. Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. Food Sci. Technol, 33(2):339–344.
28. Pratt, D.B. 2003. Phylogeny and morphological evolution of the Chenopodiaceae- Amaranthaceae alliance. [Retrospective Theses and Dissertations]. 613.
29. Roghani, M. and Baluchnejad mojarad, T. 2009. Chronic epigallo5catechin-gallate improves aortic reactivity of diabetic rats: underlying mechanisms. Vascul Pharmacol, 51: 84-89.
30. Saadati, R., Sattarian, A., Daneshvar, A., Amini, E. and Nasrallahi, F.2021. DNA barcoding of some medicinal plants in the east of Golestan province. Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research, 37: 849-838.
31. Sanz-Penella, J.M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M. and Haros, M. 2013. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. LWT – Food Sci. Tech. 50: 679–685. doi: 10.1016/j.lwt.2012.07.031.
32. Su, H.C., Hung, L.M. and Chen, J.K. Resveratrol, a red wine antioxidant, possesses an insulin-like effect in streptozotocin induced diabetic rats. 2006. Am J Physiol Endocrinol Metab, 290: E1339-1346.
33. USDA. 2021. FoodData Central from: http://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html.
34. Vecchi, B., Anon, M.C. 2009. Ace inhibitory tetrapeptides from Amaranthus hypochondriacus 11S globulin, Phytochemistry, 70:864-870.
35. Venskutonis, P.R. and Kraujalis, P. 2013. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. Compr Rev Food Sci Food Saf, 12(4):381–412.
36. WHO (World Health Organization). 2016. The world medicines situation 2016: traditional medicines, global situation issues and challenges. Available at: http://apps.who.int/medicinedocs/documents /s18063en.pdf.

37. Wolosik,K. and Markowska,A. 2019. Amaranthus Cruentus Taxonomy, Botanical Description, and Review of its Seed Chemical Composition. Natural Product Communications, 1-10. DOI: 10.1177/1934578X19844141.
38. Wolska, P., Ceglinska, A. and Drabarczyk vel Grabarczyk, E.2011. Influence of amaranth products addition on quality of wheat bread. Acta Agrophysica,17:219–228.
39. Zargari, A., 1991-1993. Medicinal Plants (Volume 1-5). University of Tehran Press, 4720p.
40. Zhigila, D.A., Yuguda, U.A., Akawu, J.J. and Oladele, F.A. 2014. Palynomorphs and floral bloom as taxonomic characters in some species of the genus Amaranthus L. (Aamaranthaceae). Bayero J. Pure App. Sci,7(2):164–168.

Amaranthus: The Compostion and Health-Promoting properties

Elham Salmani [1], Ahmad Pedram Nia [1*], Mohammad reza Saeidi Asl [1], Masoud Shafafi Zenozian [1], Abdoreza Aghajani [2]

1- Department of Food Science and Technology, Sabzevar branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
2- Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Corresponding author email: apedram@iau.ir

Abstract

Medicinal plants have special position in the treatment of common diseases due to their ease of access And much fewer side effects. The medicinal properties of these plants caused by their secondary metabolites which occurs in certain circumstance. Amaranth is one of the most important of Iranian medicinal plants that can be used due to its valuable compounds and health-promoting properties and play an important role in food diets and different industries. Therefore, paying more attention to public awareness, especially among agricultural, food science and nutrition experts, in order to expand the cultivation and use of different parts of the plant can be an effectice step in improving its consumption.

Keywords: Diseases, amaranth, medicinal plants, effective substances, mucilage.

بررسی پرایمینگ بذر گیاه دارویی خرفه با هورمون ژیبرلین تحت تاثیر شرایط دمایی مختلف در شهرستان بهبهان

راهله احمدپور[1]

۱- عضو هیات علمی گروه زیست شناسی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، خوزستان، ایران

چکیده

جوانه‌زنی بذر عامل اصلی در استقرار مناسب و عملکرد گیاهچه است. اطلاعات ناشی از نحوه جوانه‌زنی بذرها در مواجهه با تغییرات دمایی در زمان کاشت و استفاده از ترکیبات زیستی به منظور افزایش توانایی جوانه‌زدن بذر، راهکاری در جهت جوانه‌زنی موفق و در نهایت افزایش عملکرد و محصول در گیاهان به شمار می‌رود. در این تحقیق اثرات کاربرد هورمون ژیبرلین و تغییرات دمایی بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاه خرفه (رقم بهبهان) در قالب آزمایشی با ۳ تکرار در دانشگاه خاتم الانبیاء بهبهان مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل: ژیبرلین در سطوح صفر، ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر و دما در ۳ سطح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد (°C) در نظر گرفته شد. تیمارهای دمایی مشابه با شرایط طبیعی فصل بهار در شهرستان بهبهان انتخاب شد. نتایج این پژوهش نشان داد که دمای ۲۵ °C در مقایسه با دماهای ۱۵ و ۳۵ (°C) موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی (**درصد و سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر**) شد. در این مطالعه مشخص شد که برای شاخص‌های جوانه‌زنی بهترین دما ۲۵ (°C) بود که می‌توان به عنوان دمای بهینه جوانه‌زنی به کشاورزان منطقه در فصل بهار معرفی کرد. کاربرد هورمون ژیبرلین در سطوح ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش معنی‌داری بر تمامی شاخص‌های مورد بررسی داشت که سطح ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر عملکرد بهتری نسبت به سطح ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر داشت. بر مبنای نتایج این پژوهش در محدوده دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد (دمای بهینه)، استفاده از هورمون ژیبرلین به عنوان یک کود زیستی و طبیعی قابل دسترس و ارزان قیمت جهت بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذر خرفه و نیز استقرار مناسب گیاهچه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پیش تیمار زیستی، استان خوزستان، گیاهان دارویی، هورمون رشد گیاهی

۱. مقدمه

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* L. گیاهی یکساله از خانواده پورتولاسه است. خرفه در مناطق جنوبی کشور به عنوان یک سبزی مهم کشت می‌شود و به پرپین معروف است (صارم و همکاران، ۱۳۹۶). این گیاه منبع غنی از آنتی-اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه ضروری است و همچنین این گیاه مقادیر قابل توجهی پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن دارد (Chan et al., 2000). نقش‌های دارویی این گیاه عبارتند از: تب‌بر، ضدعفونی کننده، ضدبیماری‌های ناشی از کمبود

[1] نویسنده مسئول: Email: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

ویتامینC ، ضداسپاسم، درمان اختلالات و التهاب مجاری ادرار. بخش‌های خوراکی این گیاه اندام‌های جوان به ویژه ساقه و برگ می‌باشد که مزه ای شبیه به اسفناج دارد. از پودر بذر خرفه در تزئین شیرینی نیز استفاده می شود (صارم و همکاران، ۱۳۹۶). این گیاه اثر درمانی در اسهال خونی، مارگزیدگی و حشره گزیدگی، سرطان، بیماری قلبی، تصفیه خون، آنتی اکسیدانی و دیابت دارد و لازم به ذکر است که هیچ نشانه سمی قابل توجهی هنوز در ارتباط با مصرف این گیاه گزارش نشده است (Simopoulos, 2002; Zhang et al., 2002). جوانه‌زنی بذر مهمترین عامل در موفقیت یا شکست استقرار گیاه است و یکی ازفاکتورهای تعیین کننده در استقرار مناسب گیاهچه، دمای محیط است. دما بر تمامی فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاهان نظیر جوانه‌زنی، گلدهی و رشد موثر است و در تمامی این مراحل آستانه‌های حداکثر و حداقل دما بسیار اهمیت دارد (Al-Ahmadi & Kafi, 2007). تعیین محدوده دمایی جوانه‌زنی بذرها با کمک شاخص‌های دمای پایه و دمای حداکثر انجام می‌گیرد. دمای پایه و دمای حداکثر به ترتیب دماهایی هستند که در دمای پایین‌تر و بالاتر از آن دماها، جوانه‌زنی متوقف می‌شود (احمدپور و همکاران، ۱۴۰۱). مطالعات نشان داده‌اند که با تعیین دمای مطلوب (بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان ممکن در این محدوده دمایی است)، تخمین زمان کاشت و محدوده جغرافیایی مناسب برای کشت امکان پذیر خواهد بود (Parsa et al., 2013). از سوی دیگر مشخص شده است که دمای مطلوب موفقیت در سبز شدن، استقرار مناسب و رشد گیاهچه را به دنبال دارد و از این طریق بر درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی تاثیر می‌گذارد (Sink et al., 2004). در استان خوزستان کشت خرفه محلی به صورت بهاره انجام می‌شود، بنابراین دمای محیط و بستر کشت در زمان کاشت از مهمترین عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی و سبزشدن بذرخرفه محسوب می‌شود. در این پژوهش محدوده دمایی بین ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد تا مشابه با شرایط محیطی فصل بهار در استان خوزستان باشد.

تحقیقات میدانی این پژوهش در سطح شهرستان بهبهان مشخص کرد که یکی از مشکلات سبزی‌کاران شهرستان نداشتن برنامه مشخص زمانی برای کاشت بذر است، به عنوان مثال برخی کشاورزان در ابتدای فروردین شروع به کشت دارند و برخی در اواخر فروردین و برخی دیگر در اوایل اردیبهشت و اواسط آن. با توجه به تحقیقات میدانی و اینکه در استان خوزستان کشت بهاره خرفه (پرپین) رواج دارد و در این فصل دما با نوسانات زیادی همراه است، یکی از اهداف این مطالعه بررسی و تعیین دمای مطلوب کشت بذر خرفه در شرایط آزمایشگاهی بود تا بهترین دما جهت کشت به کشاورزانی که به صورت تخصصی بر کشت گیاهان دارویی فعال هستند، معرفی گردد. از سوی دیگر بر اساس نتایج مطالعات مربوط به گیاهان دارویی مشخص شده است که جوانه‌زنی بذرهای گیاهان دارویی به دلیل خواب طولانی و بنیه نامناسب، همیشه کشاورزان را با مشکل مواجه نموده، به همین دلیل یکی دیگر از هدف‌های این پژوهش استفاده از ترکیب زیستی ژیبرلین است که انتظار داریم موجب بهبود پارامترهای جوانه زنی بذر خرفه و شکست خواب بذر شود. ژیبرلین از منابع زیستی و طبیعی محسوب می شود و کاربرد این ترکیبات زیستی در کشاورزی مدرن از مصرف کودهای شیمیایی که موجب آلودگی های زیست محیطی شده است، جلوگیری شود. در حال حاضر کشاورزان بومی منطقه بهبهان تمایل به استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی دارند اما انتظار داریم با بررسی و مطالعات مختلف در زمینه ترکیبات طبیعی و زیستی و انتشار نتایج تحقیقات در سطح شهرستان، استفاده از ترکیبات ارگانیک و زیستی گسترش یابد.

۲. مواد و روش ها

این پژوهش با ۳ تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان در خرداد ماه سال ۱۴۰۴انجام شد. بذر مورد مطالعه رقم بهبهان بود که با هماهنگی ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان تهیه شد. تیمارهای آزمایش شامل ۳ سطح از هورمون ژیبرلین شاهد (صفر)، ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر و ۳ سطح دمایی ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. تیمارهای هورمون ژیبرلین بر اساس آزمایش‌های مقدماتی و نتایج تحقیقات سایر محققان انتخاب شد (حسینی موسوی و همکاران، ۱۳۹۵؛ احمدپور و پاکروان، ۱۳۹۵). تیمارهای دمایی نیز بر اساس مشابهت با شرایط طبیعی فصل بهار در شهرستان بهبهان و با کمک داده‌های هواشناسی شهرستان انتخاب شد. به منظور انجام پژوهش، بعد از توضیحات استاد راهنما (خانم

دکتر احمدپور عضو هیات علمی دانشگاه خاتم الانبیاء بهبهان) کلیه پتری‌دیش ها استریل شدند و بذرها نیز با قارچ کش بنومیل ۲ در هزار طبق روش ضدعفونی شدند و سپس با آب مقطر کاملا شستشو داده شدند. تعداد ۳۰ عدد بذر ضد عفونی شده بر روی کاغذ صافی واتمن در داخل پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ و ارتفاع ۱/۵ سانتی متر قرار داده شده و نام‌گذاری شدند. به هر کدام از پتری‌دیش‌ها ۸ میلی لیتر از محلول ژیبرلین طبق تیمارهای آزمایشی اضافه شد. جهت اعمال دقیق تیمارهای دمایی (۱۵و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) از اتاقک رشد استفاده شد و جهت اعمال دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد از شرایط محیطی آزمایشگاه استفاده شد (با روشن بودن دائمی کولر در آزمایشگاه و سنجش روزانه دما توسط دماسنج شرایط مذکور ایجاد شد). شمارش روزانه بذرهای جوانه زده تا ۱۲ روز پس ازکشت هر روز در یک ساعت مشخص انجام شده و آب تبخیر شده از سطح پتری دیش‌ها با تیمارهای ژیبرلین تهیه شده طبق نام‌گذاری هر پتری‌دیش جایگزین شد. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه حداقل ۳ میلی‌متری بود (ISTA, 2009). درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر با استفاده از روابط ذکر شده در جدول ۱ اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- روابط محاسباتی شاخص های جوانه‌زنی

شاخص	رابطه	منابع مورد استفاده
درصد جوانه‌زنی	$GP\% = \sum \frac{ni}{N} \times 100$	(آرمند و همکاران، ۱۳۹۵)
سرعت جوانه‌زنی	$GS = \sum \frac{ni}{ti}$	(آرمند و همکاران، ۱۳۹۵)
بنیه جوانه زنی	$GV = \frac{GR \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)
شاخص بنیه بذر	$SV = \frac{GP \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)

n = کل بذر جوانه زده طی دوره، ni = تعداد بذرهای جوانه زده در یک فاصله زمانی مشخص، ti = تعداد روزهای پس از شروع جوانه زنی، N = تعداد بذرهای کاشته شده، PL = طول ساقه چه، RL = طول ریشه چه

داده‌ها پس از جمع آوری بوسیله نرم افزار MSTAT-C تجزیه واریانس (ANOVA) شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

۳. نتایج و بحث

مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده هورمون ژیبرلین بر درصد جوانه‌زنی بذرها نشان داد که سطوح ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر از این هورمون موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با سطح شاهد شد. بین سطوح ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج مرتبط با اثرات ساده دما بر این صفت نشان داد که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بالاترین درصد جوانه‌زنی مشاهده شد که نسبت به دو سطح دمایی دیگر افزایش معنی‌داری داشت. در مقایسه بین دمای ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی بذر خرفه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). در بررسی اثرات ساده هورمون ژیبرلین بر سرعت جوانه‌زنی، نتایج نشان داد که سطوح ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر هورمون ژیبرلین به صورت معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی را در مقایسه با سطح شاهد افزایش داد. بین سطوح ژیبرلین مورد استفاده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در بین تیمارهای دمایی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین

و کمترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به تیمارهای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۵ درجه سانتی‌گراد اختصاص داشت که نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. در شرایط دمایی ۳۵ درجه سانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش و در مقایسه با تیمار ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌دار داشت (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر خرفه (رقم بهبهان) در سطوح مختلف هورمون گیاهی ژیبرلین

کود زیستی ژیبرلین	درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (درصد در روز)
سطح شاهد (صفر)	۴۱/۷۸ b	۰/۷۳۸ b
سطح ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر	۷۳/۱۱ a	۰/۹۶۴ a
سطح ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر	۸۴/۳۳ a	۱/۰۸۵ a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر خرفه (رقم بهبهان) در سطوح مختلف **دمایی**

تیمارهای دمایی (سانتی‌گراد)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد	۳۰/۶۷ c	۰/۶۰۵ c
دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۹۳/۳۴ a	۱/۱۹۴ a
دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد	۶۶/۶۷ b	۰/۷۹۶ b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل (ژیبرلین×دما) بر قدرت جوانه‌زنی نشان داد که بیشترین قدرت جوانه‌زنی بذر در سطح ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر از هورمون ژیبرلین در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که به جز سطح ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر در همین شرایط دمایی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین قدرت جوانه‌زنی بذر خرفه در شرایط دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد و در سطح شاهد هورمون ژیبرلین مشاهده شد که به جز سطح ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر در همین شرایط دمایی در مقایسه با سایر تیمارها کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۴). نتایج اثرات متقابل تیمارها بر شاخص بنیه بذر (ژیبرلین×دما) نشان داد که در شرایط دمایی ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد، سطوح ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر هورمون ژیبرلین توانستند شاخص بنیه بذر را نسبت به سطح شاهد به صورت معنی‌داری افزایش دهند. کمترین شاخص بنیه بذر نیز به تیمار دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد در سطح شاهد هورمون ژیبرلین اختصاص داشت که به جز سطح ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر در همین شرایط دمایی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذر خرفه (رقم بهبهان) در سطوح مختلف هورمون ژیبرلین و تیمارهای دمایی

کود زیستی ژیبرلین	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد		
سطح شاهد (صفر)	۰/۰۵۱ d	۱/۶۴ d
سطح ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۵۵ d	۲/۱۲ cd

سطح ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۸۳ c	۲/۸۲ c
دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد		
سطح شاهد (صفر)	۰/۱۱۱ b	۲/۷۱ c
سطح ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۴۰ a	۷/۱۲ ab
سطح ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۴۵ a	۸/۶۵ a
دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد		
سطح شاهد (صفر)	۰/۰۸۹ c	۲/۱۵ cd
سطح ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۰۹ b	۶/۴۱ b
سطح ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۱۰ b	۶/۵۵ b

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جوانه‌زنی بذر یکی از مراحل حیاتی و تعیین کننده در چرخهٔ رشدی گونه‌های گیاهی است چرا که تضمین کننده استقرار موفق گیاه و عملکرد نهایی آن است. جوانه‌زنی بذر ۳ مرحله اصلی دارد که عبارتند از: ۱- مرحله جذب آب (مرحله آماس بذر) توسط بذر که در صورت کمبود آب قابل دسترس سایر واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی انجام نمی‌شود (احمدپور و وهاب نزاد، ۱۴۰۰). ۲- مرحله بیوشیمیایی که در این مرحله فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی و شروع فعالیت‌های فیزیولوژیک بوده که با اهمیت‌ترین و حساس‌ترین مرحله به شمار می‌رود. ۳- مرحله گیاهچه‌ای که در این مرحله با خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه از پوسته بذر آغاز شده و با طویل شدن این اندامک‌ها همراه است (Hosseinzadeh, 2015). تمامی مراحل ذکر شده به صورت مستقیم یا غیر مستقیم با دمای محیط مرتبط است. در مراحل واکنش‌های بیوشیمیایی نظیر فعالیت هورمون‌ها (ژیبرلین) و فعالیت آنزیم‌ها (آمیلاز، پروتئاز و لیپاز) حساسیت به دما بسیار بیشتر است و در صورت هرگونه تغییر دمایی در محدوده بالا و پایین دمای بهینه می‌تواند در کاهش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی مانند درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی و شاخص‌های رشدی مانند طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه موثر باشد (Parsa et al., 2013). محققان گزارش کردند که دمای محیط نقش اصلی در فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی دارد و در صورت عدم کنترل دما به طور قطع جوانه‌زنی بذر دچار اختلال می‌شود (Sink et al., 2004). در یک مطالعه که بر روی دو ژنوتیپ عدس انجام شد، گزارش شد این گیاه در دامنه وسیع از دما ۱۰ تا ۳۶ سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی بوده اما دمای مطلوب و بهینه برای مرحله جوانه‌زنی بین ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌گراد گزارش شد (Azari et al., 2020). در آزمایشی دیگر بر روی گیاهان دارویی گزارش شد که دمای مطلوب جوانه‌زنی بین ۲۳ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد است که در این محدوده گیاهان مورد بررسی بیشترین نرخ جوانه‌زنی را داشتند (Bannayan et al., 2006). مشخص نمودن دمای مطلوب در تحقیقات مرتبط با جوانه‌زنی بذر در کشاورزی مدرن بسیار اهمیت دارد و از اهداف این تحقیق نیز به شمار می‌رود. نتایج این مطالعه نشان داد که دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد موجب کاهش معنی‌دار در تمامی صفات مورد بررسی (هم شاخص‌های جوانه‌زنی و هم خصوصیات رشدی بذر) شد. در این زمینه برخی مطالعات گزارش کردند که بذرهای در دماهای پایین تر از نقطه بهینه با کاهش فعالیت آنزیمی و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها مواجه می‌شوند که دلیل اصلی کاهش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذر محسوب می‌شود (احمدپور و همکاران، ۱۴۰۰؛ احمدپور و همکاران، ۱۴۰۱). در این مطالعه مشخص شد که برای شاخص‌های جوانه‌زنی بهترین دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد و برای شاخص‌های رشدی بهترین دما ۳۵ درجه سانتی‌گراد است و در کل محدوده دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد را می‌توان به عنوان دمای مطلوب جوانه‌زنی به کشاورزان منطقه در فصل بهار

پیشنهاد داد. در این ارتباط تحقیقی بر روی جوانه‌زنی بذر خرفه در استان خراسان رضوی گزارش کرد که دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بهترین دما برای جوانه‌زنی بذر خرفه است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (پورطوسی و همکاران، ۱۳۸۷).

۴. نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دماهای ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد و سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر) شد. در این مطالعه مشخص شد که برای شاخص‌های جوانه‌زنی بهترین دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. کاربرد هورمون ژیبرلین در سطوح ۱/۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش معنی‌داری بر تمامی شاخص‌های مورد بررسی داشت که سطح ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر عملکرد بهتری نسبت به سطح ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر داشت. بر مبنای نتایج این پژوهش در محدوده دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد (دمای بهینه)، استفاده از هورمون ژیبرلین به عنوان یک کود زیستی و طبیعی قابل دسترس و ارزان قیمت جهت بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی بذر خرفه و نیز استقرار مناسب گیاهچه پیشنهاد می‌گردد.

۵. منابع

۱. احمدپور، راهله و پاک‌روان، عاطفه. ۱۳۹۵. بررسی اثرات توأم هورمون ژیبرلین و اکسین بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه عدس. سومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست. (مقاله کامل)

۲. احمدپور، راهله و محمد وهاب نزاد. ۱۴۰۰. ارزیابی مهمترین پارامترهای جوانه‌زنی بذر نخود (رقم آزاد) تحت تاثیر عصاره ورمی‌کمپوست و تنش خشکی. مجله تحقیقات بذر. جلد ۱۱ شماره ۳: ۳۴-۴۶

۳. احمدپور، راهله.، قلاوند، رویا.، حسین زاده، سعیدرضا و آرمند، نظام. ۱۴۰۱. تعیین بهترین دما در جوانه‌زنی ارقام گیاه عدس جهت کشت پاییزه در استان خوزستان. مجله یافته های نوین در علوم زیستی. جلد ۹ شماره ۴: ۳۰۷-۳۱۶.

۴. احمدپور، راهله.، نصیری، پرتو.، حسین زاده، سعیدرضا و آرمند، نظام. ۱۴۰۰. اثر پیش تیمار زیستی بر خصوصیات جوانه زنی عدس در دماهای مختلف. مجله تحقیقات بذر. جلد ۱۱ شماره ۲: ۶۲-۷۴.

۵. احمدپور، راهله، آرمند، نظام، حسین زاده، سعیدرضا، و چاشیانی، سمیه. ۱۳۹۵. گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی گیاه عدس از طریق سنجش پارامترهای جوانه زنی، مجله علوم و تحقیقات بذر ایران، دوره سوم، شماره سوم، ۷۵-۸۷

۶. آرمند، نظام.، امیری، حمزه و اسماعیلی، احمد. ۱۳۹۵. تاثیر متانول بر شاخص های جوانه زنی و رشد گیاهچه ای لوبیا در شرایط تنش خشکی، مجله تنش های محیطی در علوم زراعی بیرجند، دوره نهم، شماره سوم، ۲۲۹-۲۳۹

۷. پورطوسی، نرگس.، راشد محصل، محمدحسن و ایزدی دربندی، ابراهیم. ۱۳۸۷. تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذرهای خرفه، سلمه و علف خرچنگ. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد ۶ شماره ۲: ۲۵۵-۲۶۱

8. Hosseinzadeh, S.R. 2015. Effect of vermicompost on germination, morphophysiological and biochimical characteristics of chickpea cultivars (Cicer arietinum L., cv. Pirouz) and (Cicer arietinum L., cv. Karaj) under drought stress. Ph.D Dissertation, Lorestan University, Iran.
9. ISTA: International Seed Testing Association. (2009). International rules for seed testing. Seed Science and Technology. Vol. 5. No. 49. 41-86.
10. Saberi, M. and Karimian, V. 2018. Effect of chemical stimulants on improvement of growth, support, and Reproduction of Datura stramonium Medicinal Plant under stress with Allopathic compounds of Eucalyptus Camaladulensis. J. Range. 12: 4. 401-410.

11. Seefeldet, S.S., Kidwell, K.K., and Waller, J.E. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth responses of contemporary spring wheat (Triticum aestivum.L) cultivars from the USA pacific North West. Field Crops Research, 75: 47-52.
12. Sink, M., Reickhoff, D. and A. Erbershobler. 2004. Effect of low temperatures on the germination of different field pea genotypes. Seed Science Technology. 32: 331- 339.
13. Tipirdamaz, R. and Gomurgen, A.N. 2000. The effect of temperature and gibberellic acid on germination of Eranthis hyemalis (L.) salisb. Seeds.Turk Journal Botany. 24, 143-145.
14. Zakaria, M.S., Ashraf, H.F. and Serag, E.Y. 2009. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. Acta Ecology Science. 29: 116-123.

Study of priming *Portulaca* seeds with gibberellin under different temperature conditions in Behbahan

Raheleh Ahmadpour [1*]
1- Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran
* Corresponding author email: **Ahmadpour@bkatu.ac.ir**

Abstract

Seed germination is the main factor in proper establishment and seedling performance. Information on how seeds germinate in response to temperature changes during planting and the use of biological compounds to increase seed germination ability is a strategy for successful germination and ultimately increasing yield and crop in plants. In this study, the effects of gibberellin hormone application and temperature changes on germination and growth parameters of *Portulaca* plant were investigated in an experimental design with 3 replications at Khatam Al-Anbiya University, Behbahan. The treatments studied included: gibberellin at levels of 0, 1.5 and 2.5 mg/L and temperature at 3 levels of 15, 25 and 35 degrees Celsius (°C). Temperature treatments similar to natural spring conditions in Behbahan County were selected. The results of this study showed that 25 °C significantly increased germination indices (germination percentage and rate, germination strength, seed vigor index) compared to 15 and 35 °C. In this study, it was found that the best temperature for germination indices was 25 (°C), which can be introduced as the optimal germination temperature to farmers in the region in the spring. The application of gibberellin hormone at levels of 1.5 and 2.5 mg/L significantly increased all the studied indices, with the 2.5 mg/L level performing better than the 1.5 mg/L level. Based on the results of this study, in the temperature range of 25 to 35 degrees Celsius (optimal temperature), the use of gibberellin hormone as an accessible and inexpensive biological and natural fertilizer is recommended to improve the germination and growth indices of purslane seeds as well as proper seedling establishment.

Keywords: Biological pretreatment, Khuzestan Province, Medicinal plants, Plant growth hormone

مطالعه مصارف سنتی مهمترین گیاهان دارویی در شهرستان بهبهان

راهله احمدپور*[1]، فیروزه بدره[2]، سعیدرضا حسین زاده[3] و متین مظفری [4]

۱- عضو هیات علمی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

۲- دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران

۳- دکتری زیست شناسی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران

۴- دبیرستان رسول اکرم (ص)، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران

*نویسنده مسئول: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

چکیده

مطالعات اتنوبوتانی به بررسی نحوه استفاده افراد یک منطقه از گیاهان دارویی پرداخته و با معرفی خواص درمانی این گیاهان، سعی بر ترویج فرهنگ استفاده از گیاهان دارویی دارد. از گذشته های دور تاکنون گیاهان دارویی به صورت خودرو یا کاشته شده به عنوان منبع دارویی مهمی در طب سنتی مورد استفاده بشر قرار داشته است. پژوهش های متعدد در حوزه طب سنتی نشان می دهد که در حال حاضر میزان استفاده از طب سنتی بستگی به شناخت و باور مردم دارد. این پژوهش با استفاده از باور ها، اطلاعات مردمی و مطالعات کتابخانه ای انجام شد. با توجه به اینکه روش ها و موارد مصرف گیاهان دارویی در مناطق مختلف کشور متفاوت است. هدف اصلی از این پژوهش، ارائه اطلاعات کامل از گیاهان دارویی مورد بررسی بود. این اطلاعات شامل نام علمی، نام فارسی، نام محلی، خواص دارویی و نحوه استفاده از گیاه به صورت خوراکی می باشد. در این مطالعه ۱۲ نوع از گیاهان دارویی شهرستان بهبهان شامل جعفری کوهی، گشنیز کوهی، جعفری وحشی، گل پر، شکرتیغال، خاکشیر ایرانی، کاسنی، سیاهدانه، کرچک، خارشتر، پنیرک و آویشن به طور کامل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمامی گیاهان دارویی مورد بررسی به صورت خوراکی قابل مصرف هستند. در بیشتر گیاهان مورد بررسی تمامی اندام های گیاه می تواند مورد استفاده دارویی قرار گیرد اما در گیاه کرچک روغن آن و در سیاهدانه و خاکشیر بذر آن مورد استفاده دارویی قرار دارد. در کاسنی و خارشتر مشاهده شد که عموم افراد، مصرف آنها را به صورت عصاره (عرق) ترجیح می دهند. بیشترین کاربرد دارویی این گیاهان در رفع بیماری های گوارشی، ضد سرفه و حساسیت های تنفسی می باشد. بررسی دقیق گیاهان دارویی در هر منطقه می تواند نقش مهمی در استفاده بهتر از گیاهان دارویی آن منطقه در جهت درمان بیماری ها و کمک شایانی به کاهش هزینه های درمانی افراد جامعه از طریق طب سنتی داشته باشد. از سوی دیگر چنین پژوهش هایی می تواند در علاقه مندی کشاورزان منطقه به کشت و توسعه گیاهان دارویی کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: حساسیت های تنفسی، درمان سنتی، گیاهان دارویی، شهرستان بهبهان

۱. مقدمه

اتنوبوتانی از دو واژه اتنو به معنی قوم و بوتانی به معنی گیاهشناسی می باشد. این علم نحوه استفاده مردم در یک منطقه خاص از گیاهان بومی را شرح می دهد. این مطالعات با استفاده از اطلاعات به دست آمده از زندگی طبیعی مردم یک منطقه انجام می شود و موجب آگاهی و شناخت بیشتر گیاهان دارویی منطقه در سطح عمومی می شود (Ghanadi et al., 2011). در بسیاری از مکان های دور افتاده و مکان هایی که به پزشک و دارو دسترسی ندارند، مردم از طب خانگی و درمان های

عامیانه استفاده می کنند. امروزه گیاهان دارویی، با توجه به جایگاه ویژهای که در بهداشت و سلامت جامعه دارند، همواره مورد توجه مراکز علمی و تحقیقاتی هستند. طب سنتی با فرهنگ مردم آمیخته است و در درمان بسیاری از بیماری ها نقش مهمی دارد. پژوهش های متعدد در حوزه طب سنتی نشان می دهد که در حال حاضر میزان استفاده از طب سنتی بستگی به شناخت و باور مردم دارد. بیشتر مردم برای درمان دردهای ساده و شناخته شده مانند دل درد، سردرد، سرماخوردگی و غیره توسط گیاهان دارویی، خود درمانی می کنند. ولی برای درمان دردهای مشکل و ناشناخته به پزشک و یا طبیب خانواده روی می آورند و مسلماً در جاهای دور افتاده که به پزشک دسترسی نیست و یا دستیابی مشکل است، مردم بیشتر به طبیب محلی روی می آورند و برای معالجه از آن ها استمداد می طلبند که در بین این افراد کسانی هم یافت می شوند که برای سودجویی با شناخت جزیی از گیاهان دارویی و طب سنتی دست به معالجاتی می زنند که برای بیمار زیانبخش است و خطرات جدی در بردارد (خدادادی، ۱۳۷۶). با توجه به گسترش تقاضا برای گیاه درمانی، بررسی و تحقیق در این زمینه ضروری است. استفاده از گیاهان دارویی در مکان های مختلف دارای آداب، رسوم و روشهای متفاوتی است، همچنین روش ها و موارد مصرف این گیاهان دارویی در مناطق مختلف متفاوت است. امروزه داروهای فرآوری شده از گیاهان دارویی به عنوان نوآوری زیستی در عرصه پزشکی جایگزینی مناسب برای داروهایی شیمیایی هستند. یکی از علل مهم این جایگزینی عوارض جانبی کمتر داروی گیاهی نسبت به داروی شیمیایی است (صالحی، ۱۳۸۷). در یک پژوهش در شهر اصفهان گزارش شد که درصد قابل توجهی از افراد طبقات ثروتمند، متوسط و فقیر جامعه از گیاهان دارویی استفاده نموده اند و فقط ۱۱ درصد افراد این طبقات نسبت به استفاده از این ترکیبات تمایلی نشان ندادند. در بین اقشار مردم مورد بررسی در این مطالعه بیشترین میزان مصرف گیاهان دارویی بین طبقه متوسط و کمترین درصد مصرف در طبقه فقیرگزارش شد (باقری، ۱۳۸۴).

بسیاری از اقشار جامعه علاقه مند به داشتن اطلاعات کامل و صحیح در مورد گیاهان دارویی هستند که پژوهش های مربوط به معرفی گیاهان دارویی در هر منطقه می تواند نقش مهمی در ترویج استفاده از گیاهان دارویی در کشور داشته باشد. طی دهه گذشته احیای علاقه بیماران، پزشکان، محققین، صنعتگران و دانشمندان به گیاهان دارویی مشهود بوده و به همین دلیل مطالعات در زمینه معرفی کامل گیاهان دارویی در کشور گسترش یافته است. در چند سال اخیر پژوهشگران کشور مطالعاتی را در زمینه شناسایی، معرفی و نحوه ی مصرف گیاهان دارویی و معطر مناطق مختلف انجام داده اند که به برخی اشاره می گردد: در بررسی گیاهان دارویی استان کهکیلویه و بویراحمد ۵۲ نوع گیاه دارویی در سطح استان معرفی شد که بیشترین کاربرد آنها در رفع اختلالات گوارشی و سیستم تنفسی بود (Mosadegh et al., 2012). در بررسی بر روی گیاهان دارویی استان چهارمحال و بختیاری نیز ۶۰ گونه گیاهان دارویی در سطح استان معرفی شد که بسیاری از آنها مورد مصرف اهالی بومی قرار دارد و اطلاعات کاملی در طب سنتی از آنها وجود ندارد (Ghasemi pirbalouti, 2009).

این پژوهش با هدف آشنایی به فرهنگ استفاده سنتی از گیاهان دارویی محلی جهت معالجه بیماری ها و همچنین آشنایی با نحوه مصرف گیاهان دارویی و کاربردهای محلی آنها در شهرستان بهبهان در استان خوزستان انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

در مطالعات اتنوبوتانی افراد بومی، آگاه و مطلع مهمترین منبع برای بدست آوردن اطلاعات در مورد گیاهان دارویی منطقه به شمار می روند. به همین دلیل از افراد آگاه و آشنا به گیاهان دارویی نظیر عطاری ها و برخی از مردم منطقه استفاده شد. با یافتن افراد مطلع، ضمن مصاحبه حضوری با آنان اطلاعات مورد نظر در مورد برخی گیاهان دارویی پرکاربرد در شهرستان بهبهان جمع آوری شد. اطلاعات جمع آوری شده از افراد فوق شامل ویژگی های درمانی گیاه دارویی، اندام مورد استفاده و نحوه استفاده از گیاه دارویی به صورت خوراکی بود. بعد از گرد آوری این اطلاعات با استفاده از منابع معتبر علمی

(شامل مقالات معتبر و سایت های معتبر گیاهان دارویی) نام علمی، نام فارسی و نام محلی گیاهان مورد مطالعه یادداشت شد.

۳. نتایج و بحث

در این مطالعه بر اساس اطلاعات دریافتی از افراد آگاه و مطلع ۱۲ گیاه دارویی مهم که بیشترین استفاده را در شهرستان بهبهان داشت، مورد بررسی کامل قرار گرفت. برای هر گونه گیاهی، نام علمی، نام فارسی، نام محلی، اندام مورد استفاده، خاصیت درمانی رایج، فرم تهیه و مصرف داروی گیاهی در جدول ۱ تدوین شد.

جدول ۱- مشخصات کامل گیاهان دارویی مورد بررسی

ردیف	نام علمی گیاه	نام محلی	نام فارسی	اندام مورد استفاده	خواص دارویی	نحوه استفاده
۱	*Anthriscus nemorosa*	جعفری کوهی	جعفری	تمام گیاه	برگ و ساقه جعفری برای رفع کک و مک و جوش های صورت، هضم غذا و خوشبوکننده دهان	خام و به صورت ادویه همراه با غذا
۲	*Bifora testiculata*	گشنیز کوهی	گشنیزک	تمام گیاه	تقویت معده، نرم کننده سینه، معده و روده را ضدعفونی می کند، برطرف کننده تب و سرماخوردگی	خام (خوراکی)
۳	*Anthriscus cerefolium*	جعفری	جعفری وحشی	تمام گیاه	ریشه جعفری اشتها آور، سنگ کلیه را دفع می کند، برای درمان تنگی نفس و درمان سرخک	خام و معطرکننده غذا
۴	*Heracleum persicum*	گل پر	گل پر	تمام گیاه	ضد نفخ، تقویت روده، میکروب کش و ضدعفونی کننده، هضم کننده غذا	خام و معطر جهت استفاده در ترشی
۵	*Echinopus ritro*	شکرتیغال	شکرتیغال	تمام گیاه	مسکن، نرم کننده صدا و سرفه	جوشانده و خام
۶	*Descurainia sophia*	خاکشیر	خاکشیر ایرانی	بذر	باز کننده عروق، تصفیه کننده خون و برطرف کننده اسهال	خیسانده،جوشانده، مخلوط با آب و عسل
۷	*Cichorium intybus*	کاسنی	کاسنی	تمام گیاه	داشتن طبع سرد، پایین آورنده قند خون، چربی و فشار	عرق، خام، دم کرده و پخته و معطرکننده لبنیات
۸	*Nigella sativa*	سیاهدانه	سیاهدانه	بذر	موجب تأخیر زمان شروع تشنج و کاهش مدت آن، کاهش نفخ شکم و دفع گازهای معده،	آسیاب شده و مخلوط با عسل و معطرکننده

۹	*Ricinus communis*	کرچک	کرچک	روغن	برای رفع یبوست	ترشی مخلوط با آب
۱۰	*Alhagi mannifera*	خارشتر	خارشتر	تمام گیاه	کمک به دفع شن و سنگ کلیه، تب بر، رفع کننده سرفه	عرق و جوشانده
۱۱	*Malva sylvestris*	توله	پنیرک	تمام گیاه	ضد سرفه و سرماخوردگی های شدید، بازکننده مجاری تنفسی	خام و پخته
۱۲	*Thymus*	اوشوم باریکو	آویشن	اندام هوایی	ضدسرفه و حساسیت های تنفسی، درمان نارسایی کبد، تسکین درد سرفه	دم کرده و جوشانده

دسترسی به منابع دارویی سنتی و مقرون به صرفه بودن آن، باعث شده است تا مردم گرایش زیادی به استفاده از داروهای گیاهی و سنتی داشته باشند. نحوه استفاده از گیاهان دارویی در هر منطقه ممکن است متفاوت باشد و دانش استفاده از آنها در اختیار مردم بوده و نسل به نسل منتقل می گردد. برای حفظ این اطلاعات ارزشمند ضروری است، دانش مذکور ثبت و نگهداری شود (Gholipour et al., 2014). در این پژوهش موارد جالب توجه ای توسط افراد آگاه و مطلع به گیاهان دارویی در شهرستان بهبهان بیان شد که در منابع علمی کمتر مشاهده شد و به نوعی ویژه شهرستان بهبهان بود. به عنوان مثال یکی از خواص درمانی گلپر برای افزایش شیر مادر عنوان شد. در مورد بذر خاکشیر نیز گزارش شد که بذر این گیاه را داخل پارچه و در داخل آب قرار می دهند و سپس روی زخم قرار می دهند که علاوه بر ضدعفونی کردن ناحیه زخم، در بهبود آن نیز موثر است. در طب عامیانه شهرستان بهبهان از سیاهدانه همراه با عسل جهت تسکین درد زایمان استفاده می شود. در این شهرستان از عرق کاسنی به عنوان تصفیه کننده کبد به وفور استفاده می شود. اندام های هوایی گیاه کاسنی برای تب بر کاربرد فراوان دارد. در طب سنتی این شهرستان از آویشن علاوه بر مطالبی که در جدول ۱ آورده شده است، به عنوان آرام بخش و ضد عفونی کننده مطرح است و از بخور آن نیز برای رفع سرماخوردگی استفاده می شود. مشاهدات میدانی در سطح شهرستان نشان داد که از روغن کرچک برای تقویت موی سر و رفع شوره استفاده می شود اما خصوصیت اصلی درمانی آن رفع یبوست است.

در جوامع امروزی به دلیل دسترسی آسان، هزینه کم و مهمتر از همه عدم ایجاد عوارض جانبی، مردم توجه خاص و ویژه ای نسبت به گیاهان دارویی دارند (Sartavi et al., 2004). از سوی دیگر بزرگان علم داروسازی نیز قرن حاضر را قرن بازگشت به طبیعت نام گذاری کرده اند و نشان دهنده این است که استفاده از گیاهان دارویی سهم بزرگی در درمان بسیاری از بیماری ها دارد (Razmjoei et al., 2018). مطالعات اتنوبوتانی نقش بسیار مهمی در شناسایی پتانسیل منطقه مورد مطالعه و مصارف سنتی گیاهان دارویی دارد و می تواند زمینه ساز گسترش فعالیت های تحقیقاتی و استفاده بهتر از دانش افراد بومی در حوزه گیاهان دارویی باشد.

۴. نتیجه‌گیری نهایی

محققان حوزه گیاهان دارویی اثبات کردند که گسترش علم اتونوبوتانی (گیاه درمانی) در سطح جهان و معرفی مصارف سنتی گیاهان دارویی هر منطقه می تواند در کاهش مصرف داروهای شیمیایی نقش مهمی ایفا کند. تحقیقات در این زمینه نیز نشان می دهد که تمایل به استفاده از گیاهان دارویی و تجارت این گیاهان در حال افزایش است. در این مطالعه ۱۲ نوع از پرکاربردترین گیاهان دارویی شهرستان بهبهان بر اساس اطلاعات افراد آگاه و بومی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اندام های هوایی شامل برگ، گل و ساقه گیاهان مورد بررسی به حالت جوشانده و خوراکی در میان مردم از بیشترین مصرف برخوردار است. در ۹ نوع از گیاهان دارویی مورد بررسی (شامل جعفری کوهی، گشنیز کوهی، جعفری وحشی، گل پر، شکرتیغال، کاسنی، خارشتر، پنیرک و آویشن) تمامی اندام های گیاه می تواند مورد استفاده دارویی قرار گیرد اما در گیاه کرچک روغن آن و در سیاهدانه و خاکشیر بذر آن مورد استفاده دارویی قرار دارد. در کاسنی و خارشتر مشاهده شد که عموم

مصرف این گیاهان را به صورت عصاره (عرق) ترجیح می دهند. بر اساس نتایج این پژوهش، بیشترین استفاده دارویی گیاهان مورد بررسی در سطح شهرستان، در رفع بیماری های گوارشی، ضد سرفه و حساسیت های تنفسی بود. در حالت کلی کاربردهای مختلف گیاهان دارویی در این منطقه (بهبهان) در مقایسه با سایر نقاط ایران مشابه بود و اختلاف چندانی نداشت. بررسی دقیق گیاهان دارویی در هر منطقه می تواند نقش مهمی در استفاده بهتر از گیاهان دارویی آن منطقه در جهت درمان بیماری ها و کمک شایانی به کاهش هزینه های درمانی افراد جامعه از طریق طب سنتی داشته باشد. از سوی دیگر چنین پژوهش هایی می تواند در علاقه مندی کشاورزان منطقه به کشت و توسعه گیاهان دارویی کمک نماید.

۵. منابع

۱) خدادادی، ع. ۱۳۷۶ . بررسی گیاهان دارویی متداول در درمان سنتی در گنبد کاوس. پایان نامه داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۷۸ صفحه.

۲) صالحی، م. ۱۳۸۷ . گیاهان دارویی و گیاه درمانی. جلد اول. انتشارات دنیای تغذیه. ۴۰۶ صفحه.

۳) باقری، ا .۱۳۸۴ . بررسی رویکرد زنان شهر اصفهان در استفاده از طب گیاهی. فصلنامه گیاهان دارویی. ۴:۸۱-۹۳.

4) Ghasemi Pirbalouti, A. 2009. Medicinal plants used in Chaharmahal and Bakhtyari districts, Iran. Herba Polonica., 55: 69-75.

5) Mosaddegh, M., Naghibi, F., Moazzeni, H., Pirani A. and Esmaeili S. 2012. Ethnobotanical survey of herbal remedies traditionally used in Kohghiluyeh va Boyer Ahmad province of Iran. Journal of Ethnopharmacology. 141: 80-95.

6) Ghandi AR, Zolfaghari B and Shmashyan Sh. Necessity, Importance and Application of Traditional knowledge in Different Ethnicities. Journal of Islamic and Iranian Traditional Medicine 2011; 2 (2): 161 - 176.

7) Gholipour A, Ghorbaninohooji M, Rasuli N and Habibi M. 2014. Ethnobotanical study on the medicinal plants of Zarm-rood Rural district of Neka (Mazandaran Province) Journal of. Medicine Plants. 4 (52):101-21.

8) Razmjoue D, Zarei Z, Armand R. Ethnobotanical Study (Identification, Medical Properties and How to Use) of some Medicinal Plants of Behbahan city of Khuzestan Province, Iran. Journal of. Medicine Plants. 2018; 4 (64): 33-49.

9) Sartavi, K and Gholamian F. 2004. Medicinal plants of Bushehr province. Iranian J. of Medical and Aromatic Plants. 20(2): 213-27.

Study of traditional uses of the most important medicinal plants in Behbahan

Raheleh Ahmadpour[1]*, Firuzeh Badreh[2], Saeed Reza Hosseinzadeh[3] and Matin Mozafari[4]
1. Depatment of Biology, Faculty of Basic Sciences, Behbahan KhatamAlanbia Technology, Behbahan, Iran
2. Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran
3. Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran
4. PhD of Biology, Education Research Institute, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran

Corresponding Author: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

Abstract

Ethnobotany studies investigate how people in a region use medicinal plants and, by introducing the therapeutic properties of these plants, try to promote the culture of using medicinal plants. Since ancient times, medicinal plants have been used by humans as an important source of medicine in traditional medicine. Numerous studies in the field of traditional medicine show that the current level of use of traditional medicine depends on people's knowledge and beliefs. This study was conducted using beliefs, popular information, and library studies. Given that the methods and uses of medicinal plants differ in different regions of the country, the main goal of this study was to provide complete information about the medicinal plants under study. This information includes the scientific name, Persian name, local name, medicinal properties, and how to use the plant orally. In this study, 12 types of medicinal plants in Behbahan County, including mountain parsley, mountain coriander, wild parsley, marigold, sugar-sweet, Persian marigold, chicory, black seed, castor, fennel, cheese, and thyme, were fully evaluated. The results showed that all the medicinal plants studied can be consumed orally. In most of the plants studied, all parts of the plant can be used medicinally, but in the castor plant, its oil and in black seed and fenugreek, its seeds are used medicinally. In Cichorium and Alhagi, it was observed that most people prefer to consume them in the form of extract (sweat). The most common medicinal use of these plants is in treating digestive diseases, coughs, and respiratory allergies. A detailed study of medicinal plants in each region can play an important role in better using medicinal plants in that region to treat diseases and contribute significantly to reducing the medical costs of the community through traditional medicine. On the other hand, such research can help interest farmers in the region in cultivating and developing medicinal plants.

Key Words: Respiratory allergies, Traditional treatment, Medicinal plants, Khuzestan province

اثر تنش خشکی بر صفات مرفولوژیکی گیاه دارویی مریم گلی(*Salvia officinalis*)

فرهاد باقری فرد شربیانی[۱،۱]، اصغر استاجی [۲]، مهدی محب الدینی [۳]، راحله قنبری محب سراج[۴]، ندا تاریوردی زاده[۴].

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳- استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان دارویی را محدود می‌سازد. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis*)، آزمایشی مزرعه‌ای در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی اردبیل طی فصل رشد انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (شاهد)، ۷۰٪ ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و ۴۰٪ ظرفیت زراعی (تنش شدید) در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اعمال گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، قطر ساقه اصلی، فاصله میانگره و طول گل‌آذین دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین مقادیر تمامی صفات در تیمار شاهد و کمترین مقادیر در تیمار تنش شدید مشاهده شد. کاهش صفات مورفولوژیک تحت خشکی بیانگر محدودیت توسعه سلولی و کاهش توانایی گیاه در گسترش اندام‌های رویشی و زایشی است. این نتایج ضمن تأیید یافته‌های پیشین، اهمیت مدیریت آبیاری و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم را برای افزایش پایداری تولید مریم‌گلی در شرایط کم‌آبی برجسته می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: مریم‌گلی، تنش خشکی، صفات مورفولوژیک، ظرفیت زراعی، گیاهان دارویی

۱. مقدمه

گیاهان دارویی به گروهی از گیاهان اطلاق می‌شود که اندام‌های مختلف آن‌ها حاوی ترکیباتی با خواص درمانی هستند. این گیاهان، به دلیل اثرات مثبت بر سلامت انسان و دام، در صنایع داروسازی کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند (سعادتی و همکاران، ۱۴۰۱). از دیرباز، انسان‌ها برای درمان انواع بیماری‌ها به طب طبیعی و استفاده از گیاهان دارویی روی آورده‌اند. در مراحل اولیه، بهره‌گیری از این گیاهان عمدتاً بر پایه تجربه‌های فردی و شرایط زمانه صورت می‌گرفت، زیرا اطلاعات کافی درباره علل بیماری‌ها در دسترس نبود با گذشت زمان، استفاده از گونه‌های گیاهی به تدریج در چارچوبی مبتنی بر تجربه‌های مستند و واقعیت‌های علمی شکل گرفت. در قرن شانزدهم، گیاهان دارویی به عنوان نخستین گزینه‌های درمانی برای پیشگیری و مقابله با اختلالات مختلف مورد توجه قرار گرفتند.(Akacha et al., 2024)

ایران با برخورداری از طبیعت و اقلیم متنوع، میزبان گونه‌های گیاهی فراوانی است که بخش قابل توجهی از آن‌ها دارای خواص دارویی هستند .این تنوع زیستی، به‌ویژه در حوزه گیاهان دارویی، موجب شده است که ساکنان بومی مناطق مختلف

[۱] نویسنده مسئول: bagherifardfarhad@gmail.com

کشور از دیرباز برای درمان بسیاری از بیماری‌ها به استفاده از این گیاهان روی آورند. کشت و فرآوری گیاهان دارویی به دلیل بهره‌گیری از ترکیبات طبیعی به جای مواد شیمیایی مصنوعی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان، گونه‌های مختلف تیره نعناع (Lamiaceae) توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده‌اند. این تیره شامل حدود ۴۰۰۰ گونه است که در قالب ۲۰۰ جنس طبقه‌بندی شده‌اند و تقریباً در سراسر جهان، به‌ویژه در نواحی مدیترانه‌ای، رشد می‌کنند. اغلب اعضای این تیره دارای اسانس‌های معطر بوده و به همین دلیل در صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی کاربرد گسترده‌ای دارند (گلمقانی و همکاران، ۱۳۹۴).

جنس سالویا (Salvia) با پراکنش وسیع و گونه‌های متعدد، شامل گیاهان یک‌ساله و چندساله است و به عنوان بزرگ‌ترین جنس از تیره نعناعیان(Lamiaceae)، همواره به صورت بوته‌ای شناخته می‌شود. مریم‌گلی (Salvia) یکی از مهم‌ترین جنس‌های این تیره به شمار می‌رود که بیش از ۱۰۰۰ گونه در سراسر جهان دارد. این جنس از تنوع بالایی برخوردار است؛ به‌گونه‌ای که در ایران ۵۸ گونه گیاه علفی یک‌ساله و چندساله از آن گزارش شده و ۱۷ گونه به صورت انحصاری (اندمیک) در کشور وجود دارند. نسبت گونه‌های اندمیک مریم‌گلی در ایران حدود ۲۹ درصد برآورد شده است (رئیسی منفرد و همکاران، ۱۳۹۹). اکثر گونه‌های سالویا به دلیل دارا بودن ترکیبات مؤثر، در صنایع غذایی، دارویی و معطره کاربرد گسترده‌ای دارند. با توجه به اهمیت ترکیبات موجود در اسانس گونه‌های مختلف مریم‌گلی و نقش کلیدی اسانس گیاهان دارویی در صنایع گوناگون، انجام پژوهش‌های دقیق برای شناسایی گونه‌هایی با بیشترین میزان اسانس و بالاترین کیفیت، از نظر ارتقای تولید فرآورده‌های گیاهی و توسعه صادرات غیرنفتی، اهمیت فراوانی دارد (گلمقانی و همکاران، ۱۳۹۴).

مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) از خانواده نعناعیان(Lamiaceae) ، گیاهی چندساله و پرشاخه است که ارتفاع آن بین ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متر می‌رسد .(Ghorbani, 2016) از نظر ویژگی‌های مورفولوژیک، این گیاه دارای قاعده‌ای چوبی و منشعب بوده و ساقه‌های افراشته آن بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر ارتفاع دارند. برگ‌ها به صورت خطی با حاشیه‌ای کنگره‌ای تا شانه‌ای مشاهده می‌شوند (Raeisi et al., 2018; Talebi et al., 2019). برگ‌ها متقابل، به رنگ سبز روشن، ضخیم و دارای شبکه‌ای از رگبرگ‌ها هستند (گلمقانی و همکاران، ۱۳۹۵). دمبرگ‌ها که برگ را به ساقه متصل می‌کنند، حدود ۴٫۵ سانتی‌متر طول داشته و سطح آن‌ها پوشیده از کرک است(American Botanical Council, 2016) .

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد و عملکرد گیاهان دارویی و زراعی در میان تنش‌های محیطی به شمار می‌رود. برآوردها نشان می‌دهد که این تنش حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد زمین‌های کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار داده اس در میان انواع تنش‌های محیطی، خشکی به عنوان عامل اصلی محدودکننده رشد گیاهان شناخته می‌شود و می‌تواند واکنش‌های بیولوژیکی و فیزیولوژیکی متعددی را در گیاهان القا کند. این تنش با کاهش توسعه سلولی، از رشد و نمو گیاه می‌کاهد؛ در حالی که تأثیر چندانی بر تقسیم سلولی ندارد. همچنین، خشکی با کاهش بیان ژن‌های دخیل در توسعه دیواره سلولی، توانایی سلول‌ها را برای نمو محدود می‌سازد که این امر در نهایت به کاهش توان رشد گیاه در شرایط تنش منجر می‌شود(Sankar et al., 2007)

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات تیمارهای تنش خشکی متوسط و شدید بر صفات مورفولوژیک گیاه مریم گلی تحت شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

۲. مواد و روش ها

در این پژوهش، گونه چندساله *Salvia officinalis* تحت شرایط مزرعه‌ای در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی اردبیل طی فصل رشد مورد بررسی قرار گرفت تا اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیک آن ارزیابی شود. پیش از

آغاز تیمارها، در تاریخ ۲۰ اردیبهشت کل زمین به‌طور یکنواخت تا ظرفیت کامل آبیاری گردید و سپس اعمال تنش خشکی آغاز شد که تا ۱۷ مرداد ادامه یافت. سه سطح آبیاری شامل ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (شرایط آبیاری کامل)، ۷۰٪ ظرفیت زراعی (تنش خشکی متوسط) و ۴۰٪ ظرفیت زراعی (تنش خشکی شدید) اعمال گردید. طرح آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد و در هر تکرار سه بوته قرار داشت. در طول دوره تنش، گیاهان تحت مدیریت زراعی یکسان نگهداری شدند تا اثرات خشکی به‌طور مستقیم بر صفات گیاه آشکار گردد. پس از پایان دوره اعمال تیمارها، اندام‌های هوایی شامل ساقه، برگ و گل در مرحله گلدهی کامل برداشت شدند و اندازه‌گیری‌های مورفولوژیک نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، سطح برگ و وزن تر و خشک اندام‌ها انجام گرفت. این داده‌ها به منظور مقایسه واکنش‌های گیاه تحت شدت‌های مختلف خشکی و تعیین تغییرات ساختاری ناشی از کاهش آب در دسترس مورد استفاده قرار گرفتند.

۳. نتایج و بحث:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد بر صفات ارتفاع بوته، طول برگ، عرض برگ، قطر ساقه اصلی، فاصله میانگره معنی دار بوده و صفت طول گل آذین در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری را نشان داد. (جدول ۱).

جدول(۱) تجزیه واریانس داده های اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی

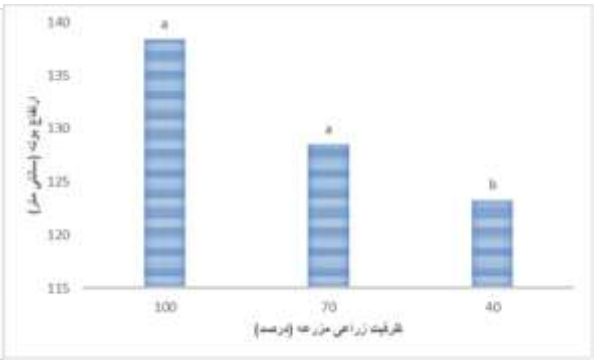
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته (cm)	طول برگ (mm)	عرض برگ (mm)	قطر ساقه اصلی (mm)	فاصله میانگره (mm)	طول گل اذین (mm)
بلوک	2	1.098^{ns}	4.712^{*}	0.368^{ns}	0.006^{ns}	23.536^{ns}	34.737^{ns}
تیمار	2	16.021^{**}	9.139^{**}	8.455^{**}	0.101^{**}	45.214^{**}	187.349^{*}
خطای آزمایش	4	0.721	0.434	0.306	0.003	5.006	26.628
ضریب تغییرات٪		2.15	0.94	2.20	0.89	3.43	5.31

Ns،*و**به‌ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشند

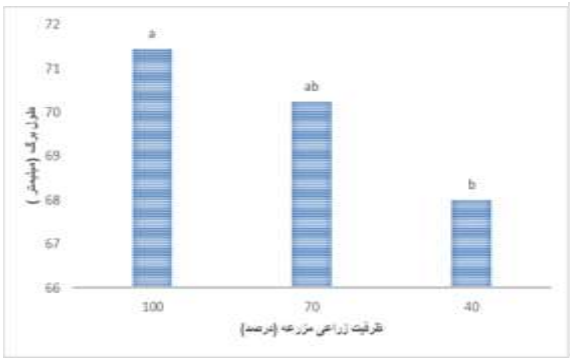
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقادیر صفات مورفولوژیک در تمامی صفات، مربوط به تیمار شاهد (ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد) بوده است.

ارتفاع بوته

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصـــد ظرفیت زراعی مزرعه ارتفاع گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ در صد بی شترین ارتفاع می با شد و به ترتیب ۷۰ در صد و ۴۰ در صد ظرفیت زراعی بی شترین ارتفاع رو ن شان دادند(نمودار ۱)



نمودار ۱: تاثیر تنش خشکی در میزان ارتفاع بوته



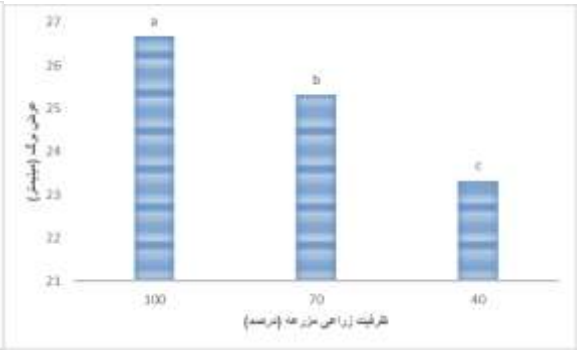
نمودار ۲: تاثیر تنش خشکی در میزان طول برگ

طول برگ

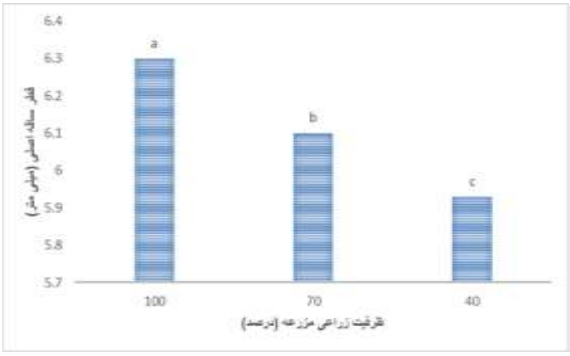
با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصـــد ظرفیت زراعی مزرعه طول برگ گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۲)

عرض برگ

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصـــد ظرفیت زراعی مزرعه عرض برگ گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۳)



نمودار ۳: تاثیر تنش خشکی در میزان عرض برگ



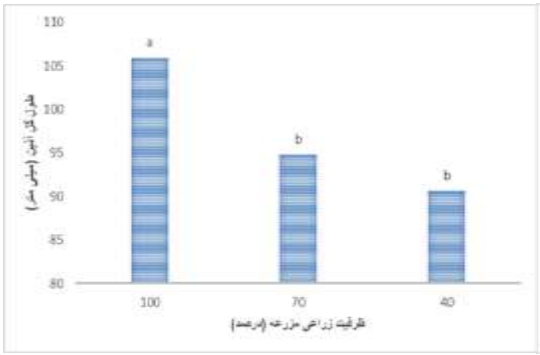
نمودار ۴: تاثیر تنش خشکی در میزان قطر ساقه اصلی

قطر ساقه اصلی

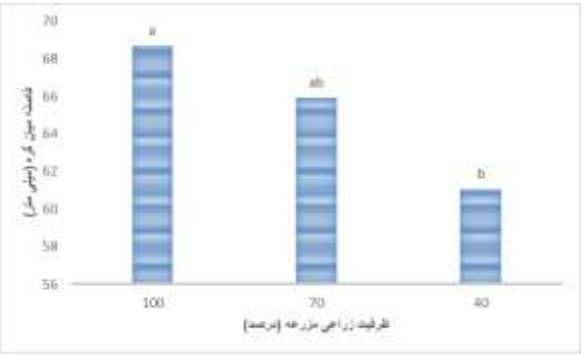
با توجه به میانگین مربعات، با کاهش در صد ظرفیت زراعی مزرعه قطر ساقه ا صلی گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۴)

فاصله میانگره

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصد ظرفیت زراعی مزرعه فاصله میانگره گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۵).



نمودار ۶: تاثیر تنش خشکی در میزان طول گل آذین



نمودار ۵: تاثیر تنش خشکی در میزان فاصله میانگره

طول گل آذین

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصد ظرفیت زراعی مزرعه طول گل آذین گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۶).

نمودار ۶: تاثیر تنش خشکی در میزان طول گل آذین

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری صفات مورفولوژیکی مریم‌گلی *(Salvia officinalis)* شامل ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، قطر ساقه اصلی، فاصله میانگره و طول گل‌آذین را کاهش می‌دهد. این یافته‌ها بیانگر آن است که محدودیت آب در دسترس، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر مستقیم قرار داده و توانایی گیاه در تولید اندام‌های هوایی را کاهش می‌دهد.

مطالعات مشابه نیز نتایج همسو ارائه کرده‌اند. به‌طور مثال، غیاث و همکاران (2023) گزارش کردند که اعمال تنش خشکی در مریم‌گلی موجب کاهش رشد و عملکرد شد، اما استفاده از اصلاح‌کننده‌هایی مانند بیوچار و هیدروژل توانست بخشی از اثرات منفی خشکی را جبران کند. این یافته نشان می‌دهد که کاهش صفات مورفولوژیک نه تنها ناشی از کمبود آب بلکه مرتبط با تغییرات در ساختار خاک و توانایی گیاه در جذب آب است.

از سوی دیگر، مزاری و همکاران (2022) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش طول برگ و سطح برگ در مریم‌گلی شد، اما تیمار با اسید ژاسمونیک توانست بخشی از این اثرات را تعدیل کند. این موضوع بیانگر نقش تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در کاهش اثرات منفی خشکی و حفظ کارایی فتوسنتزی است. بنابراین، تغییرات مورفولوژیک تحت خشکی ارتباط نزدیکی با تنظیمات هورمونی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دارد.

علاوه بر این، پژوهش‌های اخیر روی هیبریدهای سالویا نشان داده‌اند که گونه‌های مختلف این جنس واکنش‌های متفاوتی به خشکی نشان می‌دهند. برای مثال، هیبریدهای حاصل از تلاقی *S. officinalis* با گونه‌های دیگر مقاومت بیشتری در برابر

خشکی داشتند و توانستند رشد بهتری در شرایط محدودیت آب نشان دهند. این یافته‌ها اهمیت انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم و توسعه برنامه‌های اصلاحی را برای افزایش تحمل خشکی در مریم‌گلی برجسته می‌کند.

از نظر فیزیولوژیک، کاهش صفات مورفولوژیک احتمالاً ناشی از محدودیت در توسعه سلولی و کاهش بیان ژن‌های دخیل در ساخت دیواره سلولی است. این امر منجر به کاهش توانایی گیاه در گسترش اندام‌های رویشی می‌شود. همچنین، کاهش سطح برگ و ارتفاع بوته می‌تواند به کاهش ظرفیت فتوسنتزی و در نتیجه کاهش تولید زیست‌توده منجر شود.

۴. نتیجه گیری کلی:

نتایج این پژوهش تأیید می‌کند که خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد مریم‌گلی است. کاهش صفات مورفولوژیک می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی حساسیت یا مقاومت ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه‌ای استفاده شود. مقایسه با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک (بیوچار، هیدروژل)، محرک‌های هورمونی (اسید ژاسمونیک) و توسعه هیبریدهای مقاوم می‌تواند راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی خشکی باشد. بنابراین، نتایج حاضر علاوه بر تأیید یافته‌های پیشین، چشم‌اندازهای جدیدی برای مدیریت زراعی و اصلاح ژنتیکی مریم‌گلی در شرایط کم‌آبی ارائه می‌دهد.

۵. منابع

سعادتی، ر.ستاریان، ع.دانشور،الف. امینی، الف. نصرالهی، ف. (۱۴۰۱). بررسی عرضه و مصرف گیاهان داروئی موجود در عطاری های شرق استان گلستان. نشریه علمی تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران. جلد ۳۸، شماره ۲. ۳۴۴-۳۳۲ .

رئیسی منفرد، الف. یاوری،ع. مرادی،ن. (۱۳۹۹). ارزیابی ریخت شناسی اکوتیپ های مریم گلی خلیجی (*salvia santolina*) رویش یافته در استان گرگان. نشریه پژوهش های تولید گیاهی . جلد ۲۷. شماره ۳. صفحه ۲۹۶-۲۷۹ .

گلمقانی،د. کاملی،م. عمویی،ع. (۱۳۹۴). بسته کارآفرینی تولید مریم گلی .

باختری، س.، خواجویی نژاد، غ. و محمدی نژاد، ق. ۱۳۹۵. بررسی اثر قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلولپاشی اسپرمیدین بر برخی خصوصیات کمی و کیفی اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز. نشریه علوم باغبانی. ۳۰: ۳۰۳-۳۱۵

Akach, B. M., Kacaniova, I., Generalić Mekinić, W., Kukula, W., & Koch, I. (2024). [Article title missing]. South African Journal of Botany, [volume unknown], 361–382.

American Botanical Council. 2016. Salvia officinalis L. American Botanical Council.

Ghias et al., 2023. Effect of Biochar and Hydrogel on Morphophysiological and Biochemical Characteristics of Salvia officinalis under Drought Stress

Ghorbani, A. (2016). Chapter 19: Sage. In D. C. Ambrose, A. Manickavasagan, & R. Naik (Eds.), Leafy medicinal herbs: Botany, chemistry, postharvest technology and uses (pp. 224–236). Oxfordshire, UK: CABI.

Mazarie et al., 2022. Effects of Jasmonic Acid on Morphophysiological Traits and Essential Oil Yield of Salvia officinalis under Drought Stress

MDPI, Hybrids Development between Greek Salvia Species and Their Drought Resistance 2021

Raeisi, M. A., Moradi, N., & Yavari, A. (2018). Study on chemical composition of essential oil of some Salvia santolinifolia Boiss. ecotypes. Iranian Journal of Horticultural Science, 50(3), 745–754.

Sankar, B.E., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2007. Drought induced biochemical modification and proline metabolism in Abelmoschus esculentus Moench. Acta Botanica Croatica. 66, 43-56.

Talebi, S. M., Yadegari Tavassoli, A., Esmaeili, A., Akbarzadeh, M., & Ebrahimzadeh, M. A. (2010). Investigating the chemical composition of the essential oil of Salvia glutinosa L. and its application in medicine. National Conference of Medicinal Plants.

Effect of Drought Stress on Morphological Traits of the Medicinal Plant Sage (Salvia officinalis)

Farhad Bagheri Fard Sharbiani[1], Asghar Estaji[2], Mehdi Mohebodini[3], Raheleh Ghanbari Moheb Seraj[4], Neda Tariverdizadeh[4]

1. Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University
2. Associate Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University
3. Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University
4. Ph.D., Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University

* Corresponding author email: **bagherifardfarhad@gmail.com**

Abstract

Drought is one of the most important environmental stresses that limits the growth and productivity of medicinal plants. To evaluate the effects of different drought stress levels on the morphological traits of sage (Salvia officinalis), a field experiment was conducted at the Ardabil Medicinal Plants Research Center during the growing season. Irrigation treatments included 100% field capacity (control), 70% field capacity (moderate stress), and 40% field capacity (severe stress), arranged in a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. Analysis of variance revealed that drought stress had significant effects on plant height, leaf length and width, stem diameter, internode distance, and inflorescence length. Mean comparisons indicated that the highest values of all traits were observed under the control treatment, while the lowest values occurred under severe drought stress. The reduction in morphological traits under drought conditions reflects limitations in cell expansion and a decline in the plant's ability to develop vegetative and reproductive organs. These findings, consistent with previous studies, highlight the importance of irrigation management and the selection of drought-tolerant genotypes to enhance the sustainability of sage production under water-limited conditions.

Keywords: Sage, drought stress, morphological traits, field capacity, medicinal plants

ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی *Salvia verticillata* تحت شرایط تنش خشکی

فرهاد باقری فرد شربیانی[۱،۱]، اصغر استاجی [۲]، مهدی محب الدینی [۳]، راحله قنبری محب سراج[۴]، ندا تاریوردی زاده[۴].

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳- استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در کشاورزی محسوب می‌شود که با ایجاد محدودیت در جذب و انتقال آب، تغییرات قابل توجهی در صفات مورفولوژیکی گیاهان ایجاد می‌کند. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی *Salvia verticillata*، آزمایشی مزرعه‌ای در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی اردبیل طی فصل رشد ۱۴۰۴ اجرا گردید. تیمارهای آبیاری شامل ٪۱۰۰ ظرفیت زراعی (شاهد)، ٪۷۰ ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و ٪۴۰ ظرفیت زراعی (تنش شدید) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اعمال شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، قطر ساقه اصلی، فاصله میانگره و طول گل‌آذین داشت. مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۶۱/۷۷ سانتی متر)، طول برگ (۱۱۰/۹۴ میلی متر)، عرض برگ (۶۱/۳۰ میلی متر)، قطر ساقه اصلی (۶/۴۵ میلی متر)، فاصله میان گره (۹۲/۵۹ میلی متر) و طول گل آذین (۱۵۲/۵۳ میلی متر) در تیمار شاهد مشاهده شد و با کاهش سطح آبیاری، صفات مورفولوژیکی به‌طور قابل توجهی کاهش یافتند. این تغییرات بیانگر سازوکارهای اجتنابی گیاه برای کاهش سطح تبخیر و تعرق و افزایش کارایی مصرف آب است. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که *S. verticillata* با وجود کاهش رشد رویشی و زایشی تحت خشکی شدید، توانایی نسبی برای حفظ بخشی از صفات مورفولوژیکی دارد. این ویژگی می‌تواند این رقم را به گزینه‌ای مناسب برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک تبدیل کند و زمینه‌ساز مطالعات تکمیلی در حوزه فیزیولوژی و ترکیبات ثانویه گردد.

واژه‌های کلیدی: مریم‌گلی خوشه‌ای، تنش خشکی، صفات مورفولوژیکی، سازگاری گیاه، کم‌آبی

۱. مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین چالش‌های اقلیمی در کشاورزی جهان است که حدود ۴۰ درصد اراضی زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به‌عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان شناخته می‌شود (Anjum et al., 2024; Yang et al., 2021). این تنش با ایجاد عدم تعادل در جذب و انتقال آب، کاهش فشار تورژسانس سلولی و محدودیت در تقسیم و توسعه سلول‌ها، تغییرات قابل‌توجهی در صفات مورفولوژیکی گیاهان ایجاد می‌کند(Zahedi et al., 2025) . پاسخ‌های مورفولوژیکی گیاهان به خشکی شامل کاهش ارتفاع ساقه، کوچک شدن سطح برگ، افزایش ضخامت برگ، تغییر در نسبت ریشه به ساقه و تغییر در معماری بوته است که همگی با هدف کاهش اتلاف آب و افزایش کارایی مصرف آن رخ می‌دهند(Ghias et al., 2023).

[۱] **نویسنده مسئول:** bagherifardfarhad@gmail.com

جنس Salvia از خانواده Lamiaceae با بیش از ۱۰۰۰ گونه در جهان، یکی از مهم‌ترین گروه‌های گیاهان دارویی و زینتی محسوب می‌شود. گونه‌ها و ارقام مختلف این جنس به دلیل داشتن اسانس‌های معطر و ترکیبات ثانویه، کاربرد گسترده‌ای در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی دارند (Yashaswini et al., 2019). در میان آن‌ها، *Salvia verticillata* که با نام مریم‌گلی خوشه‌ای یا Lilac sage شناخته می‌شود، گیاهی چندساله با گل‌آذین‌های خوشه‌ای بنفش و برگ‌های معطر است که علاوه بر ارزش زینتی، به‌عنوان منبع ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نیز معرفی شده است (Missouri Botanical Garden, 2025). این گونه به دلیل داشتن ریشه‌های ریزوم‌دار و توانایی رشد در خاک‌های نسبتاً فقیر، سازگاری بیشتری با شرایط کم‌آبی نشان می‌دهد، اما اطلاعات موجود درباره واکنش‌های مورفولوژیکی آن تحت شرایط مزرعه‌ای محدود است.

مطالعات پیشین روی گونه‌های مختلف سالویا نشان داده‌اند که خشکی موجب کاهش رشد رویشی، تغییر در تعداد شاخه‌های جانبی، کاهش طول میانگره و تغییر در شاخص سطح برگ می‌شود (Abdollahi et al., 2012; Sankar et al., 2007). با این حال، بررسی دقیق واکنش‌های مورفولوژیکی *S. verticillata* تحت سطوح مختلف خشکی می‌تواند شکاف علمی موجود را پر کند و اطلاعات ارزشمندی برای مدیریت کشت این گیاه در مناطق خشک فراهم آورد.

بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی *Salvia verticillata* طراحی شد تا ضمن شناسایی تغییرات سازگاری این گونه، امکان مقایسه آن با سایر گونه‌های جنس سالویا فراهم گردد و راهکارهایی برای افزایش پایداری تولید در شرایط کم‌آبی ارائه شود.

۲. مواد و روش ها

در این مطالعه، گونه چندساله *Salvia verticillata* طی فصل رشد در مزرعه تحقیقاتی مرکز گیاهان دارویی اردبیل تحت شرایط مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت تا اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی آن مشخص شود. پیش از آغاز تیمارها، در تاریخ ۲۰ اردیبهشت کل مزرعه تا ظرفیت کامل زراعی آبیاری شد و سپس اعمال تیمارهای خشکی آغاز گردید و تا ۱۷ مرداد ادامه یافت. سه سطح آبیاری شامل ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی (آبیاری کامل)، ۷۰٪ ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و ۴۰٪ ظرفیت زراعی (تنش شدید) در نظر گرفته شد. آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد و در هر تکرار سه بوته کشت گردید. در طول دوره اعمال تیمارها، تمامی گیاهان تحت مدیریت زراعی یکنواخت قرار گرفتند تا اثرات خشکی به‌طور مستقیم بر صفات مورفولوژیک آشکار شود. پس از پایان دوره تنش، اندام‌های هوایی شامل ساقه، برگ و گل در مرحله گلدهی کامل برداشت شدند و اندازه‌گیری‌های مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، سطح برگ و وزن تر و خشک اندام‌ها انجام گرفت. داده‌های حاصل برای مقایسه واکنش‌های گیاه در شدت‌های مختلف خشکی و تحلیل تغییرات ساختاری ناشی از کاهش آب در دسترس مورد استفاده قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Spss26 استفاده شد. قبل از آنالیزهای آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام گردید. سپس مقایسه میانگین‌ها با روش چند دامنه‌ای Duncan در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

۳. نتایج و بحث:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر سطوح مختلف تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد بر صفت عرض برگ، و صفات طول برگ، عرض برگ، قطر ساقه اصلی، فاصله میانگره در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری را نشان داد. (جدول ۱).

جدول(۱) تجزیه واریانس داده های اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته (cm)	طول برگ (mm)	عرض برگ (mm)	قطر ساقه اصلی (mm)	فاصله میانگره (mm)	طول گل اذین (mm)
بلوک	2	5.203^{ns}	15.924^{ns}	1.563^{ns}	0.024^{ns}	0.045^{ns}	4.308^{ns}
تیمار	2	49.210*	129.230*	23.413**	0.185*	7.677*	32.374*
خطای آزمایش	4	1.856	3.831	1.096	0.169	0.940	1.736
ضریب تغییرات٪		3.192	3.654	1.861	2.743	1.033	1.166

ns،*و**به‌ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشند

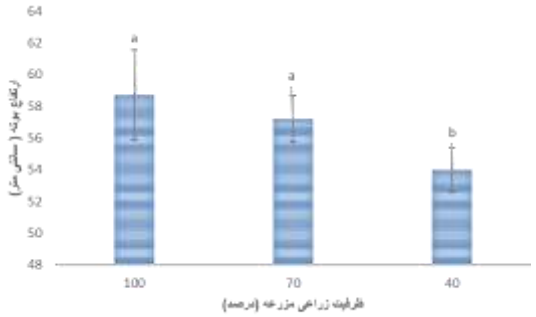
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقادیر صفات مورفولوژیک در تمامی صفات، مربوط به تیمار شاهد (ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد) بوده است.

ارتفاع بوته

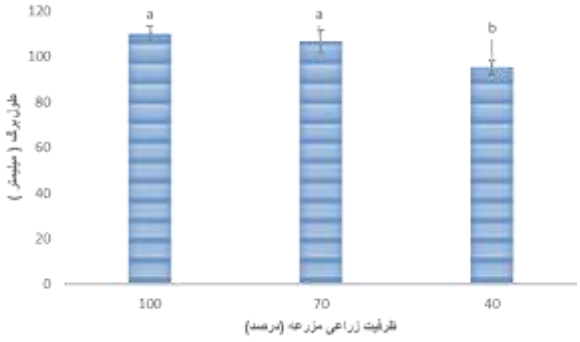
با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصـــد ظرفیت زراعی مزرعه ارتفاع گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۱)

طول برگ

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصـــد ظرفیت زراعی مزرعه طول برگ گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۲)



نمودار ۱: تاثیر تنش خشکی در میزان ارتفاع بوته



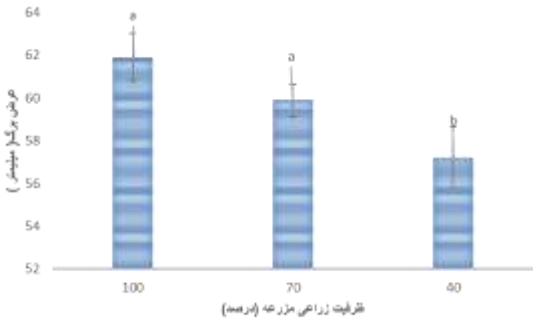
نمودار ۲: تاثیر تنش خشکی در میزان طول برگ

عرض برگ

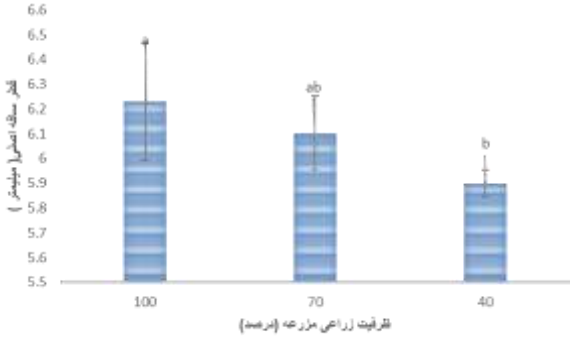
با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصـــد ظرفیت زراعی مزرعه عرض برگ گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۳)

قطر ساقه اصلی

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصد ظرفیت زراعی مزرعه قطر ساقه اصلی گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۴)



نمودار ۳: تاثیر تنش خشکی در میزان عرض برگ



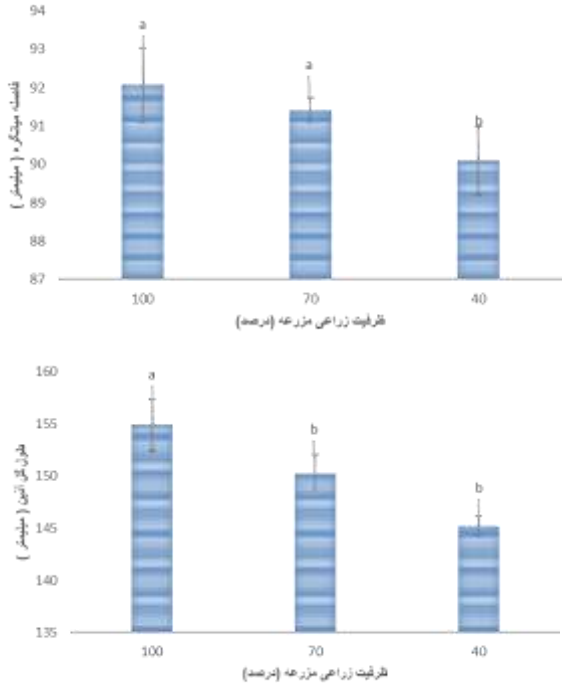
نمودار ۴: تاثیر تنش خشکی در میزان قطر ساقه اصلی

فاصله میانگره

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش درصد ظرفیت زراعی مزرعه فاصله میانگره گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۵).

طول گل آذین

با توجه به میانگین مربعات، با کاهش در صد ظرفیت زراعی مزرعه طول گل آذین گیاه نیز کاهش پیدا میکند بطوریکه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بیشترین ارتفاع می باشد و به ترتیب ۷۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع رو نشان دادند(نمودار ۶).



نمودار ۵: تاثیر تنش خشکی در میزان فاصله میانگره

نمودار ۶: تاثیر تنش خشکی در میزان طول گل آذین

نتایج این پژوهش نشان داد که کاهش ظرفیت زراعی خاک به‌طور معنی‌داری موجب کاهش ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، قطر ساقه اصلی، فاصله میانگره و طول گل‌آذین در *Salvia verticillata* گردید. این یافته‌ها بیانگر آن است که رقم مورد مطالعه در شرایط خشکی با تغییرات مورفولوژیکی آشکار پاسخ می‌دهد. کاهش ارتفاع و طول میانگره احتمالاً ناشی از محدودیت تقسیم سلولی و کاهش فشار تورژسانس در بافت‌های مریستمی است که پیش‌تر نیز در مطالعات مشابه گزارش شده است (Zahedi et al., 2025).

کاهش سطح برگ و عرض برگ در تیمارهای خشکی شدید نشان‌دهنده یک سازوکار اجتنابی برای کاهش سطح تبخیر و تعرق است. چنین تغییراتی در گونه‌های مختلف سالویا و سایر گیاهان دارویی تحت خشکی مشاهده شده و به‌عنوان راهبردی برای حفظ وضعیت آبی گیاه شناخته می‌شود (Yang et al., 2021; Zafar et al., 2024). علاوه بر این، کاهش قطر ساقه اصلی می‌تواند به کاهش نیاز آبی گیاه و هدایت منابع به سمت حفظ اندام‌های حیاتی منجر شود.

یکی از نکات قابل توجه در این مطالعه، کاهش طول گل‌آذین تحت شرایط خشکی بود. این تغییر نه تنها بر عملکرد زایشی گیاه اثر می‌گذارد بلکه می‌تواند کیفیت و کمیت مواد مؤثره دارویی را نیز تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که خشکی با تغییر در معماری گل‌آذین و کاهش تعداد گل‌ها، ترکیب متابولیت‌های ثانویه را نیز دگرگون می‌سازد (Azizzadeh Namin et al., 2025). بنابراین، بررسی همزمان صفات مورفولوژیکی و ترکیبات شیمیایی در آینده می‌تواند دیدگاه جامع‌تری درباره سازگاری *S. verticillata* ارائه دهد.

در مقایسه با گونه *S. officinalis* که در پژوهش‌های قبلی واکنش‌های شدیدتری به خشکی نشان داده است (Sharma et al., 2019)، رقم Verticillata با وجود کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیکی، توانست بخشی از رشد خود را حفظ کند. این موضوع احتمالاً به وجود ریشه‌های ریزوم‌دار و توانایی این رقم در استفاده بهتر از رطوبت خاک مرتبط است (Thorat et al., 2025).

۴. نتیجه گیری کلی:

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی اثرات قابل توجهی بر صفات مورفولوژیکی *Salvia verticillata* دارد و موجب کاهش ارتفاع بوته، سطح برگ، قطر ساقه و طول گل‌آذین شد. این تغییرات بیانگر آن است که گیاه با کاهش رشد رویشی و زایشی تلاش می‌کند کارایی مصرف آب را افزایش دهد و از اتلاف رطوبت جلوگیری کند. با وجود کاهش محسوس در شرایط خشکی شدید، این گونه توانست بخشی از رشد خود را حفظ کند که نشان‌دهنده ظرفیت نسبی آن برای سازگاری با کم‌آبی است. بنابراین، *S. verticillata* می‌تواند به‌عنوان یک گونه دارویی مقاوم‌تر در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد توجه قرار گیرد و یافته‌های این پژوهش چشم‌اندازهای جدیدی برای مدیریت زراعی و توسعه کشت پایدار این گیاه فراهم می‌آورد.

۵. منابع

Abdollahi, J., Tafaroji, S.H., Ebrahimi, M., Ramshini, H.A., Tafti, A.R.D., Mortazavian, M., and Bagheri, A., 2012. Effect of drought stress on germination and seedling growth of Salvia species. African Journal of Agricultural Research 7(43): 5719–5725.

Azizzadeh Namin, S., Behnamian, M., and Heshmati, S., 2025. Effect of biochar on flower yield and growth and physiological characteristics of Althaea officinalis L. under drought stress. Journal of Plant Production Research 32(2): 193–212.

Sankar, B., Gopinathan, P., Karthishwaran, K., and Somasundaram, R., 2016. Variation in growth of peanut plants under drought stress condition and in combination with paclobutrazol and ABA. Current Botany 5: 14–21.

Sharma, Y., Fagan, J., Schaefer, J., and Sharma, C.Y., 2019. Ethnobotany, phytochemistry, cultivation and medicinal properties of Garden sage (Salvia officinalis L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 8(3): 3139–3148.

Thorat, B.R., Mali, S.N., Yadav, S., Gambhire, V., and Nagre, D.T., 2025. An ethnopharmacological survey on medicinally important plants of genus Salvia. Combinatorial Chemistry and High Throughput Screening 28(12): 2000–2046.

Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., and Chen, S., 2021. Response mechanism of plants to drought stress. Horticulturae 7(3): 50.

Zafar, S., Khan, M.K., Aslam, N., and Hasnain, Z., 2024. Impact of different stresses on morphology, physiology, and biochemistry of plants. In: Molecular Dynamics of Plant Stress and its Management. Springer Nature Singapore, pp. 67–91.

Zahedi, S.M., Karimi, M., Venditti, A., Zahra, N., Siddique, K.H., and Farooq, M., 2025. Plant adaptation to drought stress: The role of anatomical and morphological characteristics in maintaining the water status. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 25(1): 409–427.

Evaluation of Morphological Changes in Salvia verticillata under Drought Stress " Conditions

Farhad Bagheri Fard Sharbiani[1], Asghar Estaji[2], Mehdi Mohebodini[3], Raheleh Ghanbari Moheb Seraj[4], Neda Tariverdizadeh[4]

1. Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University
2. Associate Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University
3. Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University
4. Ph.D., Department of Horticultural Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University

* Corresponding author email: **bagherifardfarhad@gmail.com**

Abstract

Drought is considered one of the most important environmental stresses in agriculture, which by limiting water uptake and transport, induces significant changes in plant morphological traits. To investigate the effects of different levels of drought stress on the morphological characteristics of Salvia verticillata, a field experiment was conducted at the Medicinal Plants Research Center of Ardabil during the 2025 growing season. Irrigation treatments included 100% field capacity (control), 70% field capacity (moderate stress), and 40% field capacity (severe stress), arranged in a randomized complete block design with three replications. Analysis of variance revealed that drought stress had a significant effect on plant height, leaf length and width, main stem diameter, internode length, and inflorescence length. Mean comparisons showed that the highest values of plant height (61.77 cm), leaf length (110.94 mm), leaf width (61.30 mm), main stem diameter (6.45 mm), internode length (92.59 mm), and inflorescence length (152.53 mm) were observed in the control treatment, while morphological traits decreased markedly with reduced irrigation levels. These changes indicate the plant's avoidance mechanisms to reduce transpiration and enhance water-use efficiency. Overall, the results suggest that S. verticillata, despite reductions in vegetative and reproductive growth under severe drought, has a relative ability to maintain part of its morphological traits. This characteristic may render this species a suitable candidate for cultivation in arid and semi-arid regions and provide a basis for further studies on physiology and secondary metabolites.

Keywords: Lilac sage, drought stress, morphological traits, plant adaptation, water deficit

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

ارزیابی پاسخ‌های جوانه‌زنی گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) تحت تنش سمیت نیکل

سهیلا افکار*[۱]، زهرا نوری[۲]

[۱]گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[۲]کارشناس آزمایشگاه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، خرم آباد، ایران

چکیده

نیکل فلز ضروری برای گیاهان محسوب می‌شود و نقش مهمی در متابولیسم گیاهان ایفا می‌کند. با وجود این، افزایش میزان آن در محیط رشد سبب آسیب به گیاه می‌شود. بهره‌گیری از گیاهان برای استخراج فلزات سنگین از خاک روشی نو و امیدبخش برای به‌سازی خاک می‌باشد و اصطلاحاً گیاه به‌سازی نامیده می شود. با توجه به لزوم حذف آلودگی‌های خاک و مشخص شدن توانایی جذب برخی فلزات سنگین در گیاه شاهی در این آزمایش جوانه زنی گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) در غلظت‌های (۰، ۱، ۲، ۳ و ۱۰ گرم در لیتر) نیترات نیکل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین غلظت‌های مختلف نیترات نیکل برای صفات اندازه‌گیری‌شده تفاوت معنی‌داری وجود دارد، بعبارتی دیگر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل باعث تفاوت معنی‌دار در شاخص‌های جوانه‌زنی در گیاه شاهی شد. کمترین سرعت جوانه‌زنی در بالاترین غلظت نیترات نیکل یعنی ۱۰ گرم بر لیتر مشاهده شد و بالاترین میانگین جوانه‌زنی هم در همین تیمار مشاهده شد در حالیکه کمترین درصد جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی در غلظت ۳ گرم بر لیتر نیترات نیکل مشاهده شد. برای مشخص کردن نوع مکانیسم شاهی به نیترات نیکل پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده غلظت این عنصر در برگ و ریشه این گیاه اندازه‌گیری شود.

کلید واژه: نیترات نیکل، شاهی، آلودگی خاک، شاخص جوانه‌زنی

مقدمه

جذب فلزات سنگین توسط گیاهان، علاوه بر ایجاد اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی، می‌تواند با انتقال این آلاینده‌ها به زنجیره غذایی، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و دیگر جانداران محسوب شود (امینی‌فرد و بیات، ۱۴۰۲). در میان این فلزات، عناصری مانند کادمیم، سرب، جیوه و نیکل به‌دلیل پایداری و سمیت بالا، بیشترین نگرانی‌ها را به‌وجود آورده‌اند (Nagajyoti et al., 2010). اگرچه نیکل به‌عنوان یک ریزمغذی ضروری در متابولیسم گیاهان نقش دارد، افزایش غلظت آن در محیط رشد به یک عامل تنش‌زا تبدیل شده و موجب آسیب‌های قابل‌توجهی می‌شود (Pandey and Sharna, 2002) . سمیت ناشی از غلظت‌های بالای نیکل، طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیک، به‌ویژه مراحل حساس جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۸۹). ازاین‌رو، ارزیابی پاسخ جوانه‌زنی بذرها در محیط‌های آلوده، روشی مؤثر برای درک مکانیسم‌های سمیت و تحمل گیاهان محسوب می‌شود. در این زمینه، برخی از گونه‌های گیاهی موسوم به ابرانباشت‌گرها توانایی قابل‌توجهی در جذب و تجمع فلزات سنگین در بافت‌های خود دارند بدون آن‌که آسیب جدی ببینند درحالی‌که گونه‌های حساس، حتی در غلظت‌های پایین نیز دچار مسمومیت و کاهش رشد می‌شوند (Baycu et al., 2006). بر این اساس فناوری گیاه‌پالایی به‌عنوان روشی نوین، اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست برای پالایش خاک‌های

[۱]Corresponding Author email: Dr.afkar@pnu.ac.ir

آلوده مطرح شده است (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۰). گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) با سابقه طولانی در طب سنتی و دارا بودن ترکیبات موثره از دیرباز مورد توجه بوده (Radwan et al., 2007) و علاوه بر خواص درمانی اخیراً پتانسیل آن در جذب آلاینده‌هایی مانند آرسنیک نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Robinson et al., 2003). بنابراین با هدف بررسی پاسخ این گیاه به تنش فلز سنگین نیکل و ارزیابی اولیه پتانسیل آن در گیاه‌پالایی این پژوهش به مطالعه جوانه‌زنی بذرهای شاهی تحت غلظت‌های مختلف نیترات نیکل پرداخته است.

مواد و روش ها

بذر شاهی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذور با هیپوکلریدسدیم ۵٪ به مدت سه دقیقه ضدعفونی کرده سپس چندین بار با آب مقطر شستشو داده شدند. در این آزمایش از چهار غلظت نیترات نیکل به همراه شاهد (۰، ۱، ۲، ۳ و ۱۰ گرم در لیتر) استفاده شد. از هر گیاه ۳۰ بذر با سه تکرار برای هر تیمار داخل پتریدیش روی کاغذ صافی کشت شد. سپس برای انجام آزمون جوانه‌زنی از غلظت‌های مختلف نیترات نیکل به مقدار ۲ml به هر پتریدیش اضافه شد. نمونه‌ها به ژرمیناتوری ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۱ درجه سانتیگراد، ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲۳ درجه سانتیگراد، رطوبت ۶۰٪ منتقل گردید و تعداد بذر جوانه‌زده روزانه یادداشت گردید. ظهور ریشه‌چه به اندازه یک میلی‌متر بعنوان معیار جوانه‌زنی بذرها در نظر گرفته شد. درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی از فرمول‌های زیر (جدول ۱) محاسبه گردید:

جدول ۱ -روابط محاسباتی پارامترهای جوانه‌زنی

شماره معادله Equation number	شاخص Index	رابطه Equation	منابع مورد استفاده References
(۱)	GP درصد جوانه‌زنی	$\sum(NG/NT)\times ۱۰۰$	Salehzadeh *et al*., 2009
(۲)	GR سرعت جوانه‌زنی	$\sum(Ni/Di)\times ۱۰۰$	Salehzadeh *et al*., 2009
(۳)	MGT میانگین مدت جوانه‌زنی	$\Sigma(DiNi)/\Sigma NG$	Salehzadeh *et al*., 2009
(۴)	GI شاخص جوانه‌زنی	$(gn\times i1)+(gn\text{-}1\times i2)+\ldots.+(n-(n\text{-}1)\times in)$	Zadeh Bagheri, 2014

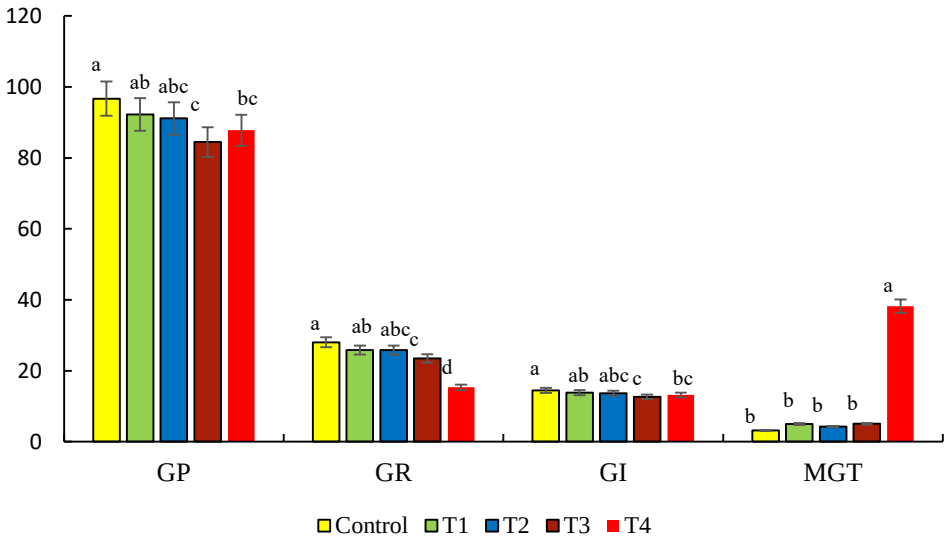
NG: تعداد کل بذرهای جوانه‌زده طی دوره NT: تعداد بذرهای کاشته‌شده، Ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک فاصله زمانی مشخص، Di: تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنیT

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین غلظت‌های مختلف نیترات نیکل برای صفات اندازه‌گیری‌شده تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). بعبارتی دیگر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل باعث تفاوت معنی‌دار در شاخص‌های جوانه‌زنی در گیاه شاهی شد. کمترین سرعت جوانه‌زنی در بالاترین غلظت نیترات نیکل یعنی ۱۰ گرم بر لیتر مشاهده شد و بالاترین میانگین جوانه‌زنی هم در همین تیمار مشاهده شد در حالیکه کمترین درصد جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی در غلظت ۳ گرم بر لیتر نیترات نیکل مشاهده شد (شکل ۱). این نتایج نشان داد که دو غلظت ۳ و ۱۰ گرم بر لیتر نیترات نیکل باعث کاهش شاخص‌های

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی مورد مطالعه در گیاه شاهی

منبع تغییرات S.O.V	Df	MS میانگین مربعات			
		درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی(بذر/روز)	شاخص جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)
غلظت نیترات نیکل	۴	۶۴/۱۲*	۷۳/۲۲***	۱/۴۴*	۶۸۸/۶۶***
خطا	۱۰	۱۴/۰۷	۲/۲۵	۰/۳۲	۵۲/۰۲



شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر شاخص‌های جوانه زنی گیاه شاهی

جوانه‌زنی اندازه‌گیری شده نسبت به غلظت‌های پایین‌تر شد. مطالعات گذشته نشان می‌دهد که گونه شاهی در جذب کادمیوم موجود در خاک می‌تواند فعال باشد و در کاهش غلظت این عنصر در خاک مثمرالثمر واقع شود. بنابراین پتانسیل مناسبی در حذف کادمیوم از محیط دارد (جهانبخشی و همکاران، ۱۳۹۳). فلز سنگین نیکل در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بر تمامی صفات رویشی جوانه‌زنی بجزء وزن ساقه‌چه شاهی تاثیر مثبتی نشان داد (امینی‌فرد و بیات، ۱۴۰۲). با توجه به این نتایج و مطالعات گذشته می‌توان گفت گیاه شاهی قابلیت جوانه‌زنی در خاک‌های آلوده به فلز سنگین نیکل را دارد و نیکل در غلظت‌های پایین تاثیر مثبتی بر جوانه‌زنی گیاه شاهی دارد. پاسخ گیاهان در محیط‌هایی با غلظت زیاد فلزات سنگین به دو صورت است. مکانیسم اول اجتناب است که گیاهان از جذب و انتقال فلزات به درون خود جلوگیری می‌کنند و این گیاهان غیر انباشت کننده نامیده می‌شوند. مکانیسم دوم تجمع فلزات است که گیاهان دارای این مکانیسم ظرفیت بسیار بالایی برای جذب فلزات توسط ریشه‌ها و انتقال و ذخیره آن در اندام‌های هوایی دارا می‌باشند. این گیاهان را بیش از حد انباشت‌کننده می‌نامند (Baker , 1981). برای مشخص کردن نوع مکانیسم شاهی به نیترات نیکل پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده غلظت این عنصر در برگ و ریشه این گیاه اندازه‌گیری شود.

نتیجه‌گیری کلی: این یافته‌ها حاکی از آن است که گیاه شاهی در غلظت‌های پایین‌تر ممکن است توانایی نسبی برای تحمل این فلز را داشته باشد اما در غلظت‌های بسیار بالا (مانند ۱۰ گرم بر لیتر) این مکانیسم تحمل تحت الشعاع اثرات سمی شدید قرار می‌گیرد. بنابراین اگرچه گیاه شاهی ممکن است پتانسیل اولیه‌ای برای استفاده در برنامه‌های گیاه‌پالایی نیکل از خاک‌های با آلودگی کم تا متوسط را داشته باشد اما برای تأیید قطعی این امر و درک مکانیسم دقیق جذب و تحمل آن انجام مطالعات تکمیلی از جمله اندازه‌گیری غلظت نیکل در بخش‌های هوایی و ریشه‌ای گیاه ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

امینی‌فرد، م.ج.، بیات، ح. ۱۴۰۲. تاثیز فلزهای سنگین سرب و نیکل بر خصوصیات رشد گیاهچه‌های شاهی. سیزدهمین کنگره ملی باغبانی ایران. گرگان.

جهانبخشی، ش.، رضایی، م.ر.، سیاری زهان، م.ج. ۱۳۹۳. مقایسه کارآیی برخی پارامترها در افزایش قابلیت دسترسی کادمیوم در گیاه پالایی توسط شاهی (*Lepidium sativum*).نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۴ (۱): ۱-۱۸.

محمدزاده، ا.، توکلی، م.، چایی‌چی، م. ۱۳۸۹،بررسی تاثیر تنش فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، مس و سرب بر جوانه زنی و رشد گیاهچه جو. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول. اصفهان.

مهرابی، گ.، موسی نژاد، ا.، موسی نژاد،م. ۱۳۹۰. استفاده از گیاهان جهت رفع آلودگی خاکها. اولین همایش ملی گیاه پالایی، کرمان، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی.

Al-Yemni, M.N., Sher ,H., El-Sheikh, M.A., Eid, E.M. 2011.Bioaccumulation of nutrient and heavy metals by Calotropis procera and Citrullus colocynthis and their potential use as contamination indicators. Scientific Research and Essays, 6(4): 966-976.

Amini, F. and Amirjani, M. R. 2013. Effect of Ni and Pb on chlorophyll content and metals accumulation in *Medicago sativa*. Journal of Crop Production and Processing 2(6): 11-20

Baker, A.J.M. 1981. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals. J. Biorecovery. 3: 643-654

Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., Günebakan, S. 2006. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. Environmental Pollution, 143(3):545-54.

Nagajyoti, P.C., Lee, K.D., Sreekanth, T.V.M. 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review. Environmental Chemistry Letters, 8(3):199- 216.

Pandey, N., Sharma, C. P. 2002. Effect of heavy metals Co2+, Ni2+ and Cd2+ on growth and metabolism of cabbage. Plant Science 163(4): 753-758

Radwan, H.M., El-ssiry, M.M., Al-Said, W.M., Ismail, A.S., Shafeek, K.A.A.و Seif El-Nasr, M.M. 2007. Investigation of glucosinolates of *Lepidium sativum* growing in Egypt and their biological activity. Journal of Medicine Science, 2: 127-132

Robinson, B., C. L. Duwig, N. Bolan, M. Kannathasan, Saravanan, A. 2003. Uptake of arsenic by New Zealand watercress (*Lepidium sativum*). J. Sci. Total Enviro n. 301: 67–73.

Salehzade, H., Izadkhah shishvan, M., Ggiyasi, M., Forozani, F. and Abbasi siyahjani, A. 2009. Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (Triticum aestivum L.). Research Journal of Biological Science., 4(5): 629-631.

Evaluation of germination responses of watercress (*Lepidium sativum*) under nickel toxicity stress

Soheila afkar[1], Zahra noori [2]
[1]Agriculture Department, Payame Noor University, Tehran, Iran
[2]laboratory expert, Agricultural and Natural Resources Research Centre of lorestan, Khorramabad, Iran

Abstract:
Nickel is an essential metal for plants and plays an important role in plant metabolism. However, its increased levels in the growing medium cause damage to the plant. Using plants to extract heavy metals from soil is a new and promising method for soil improvement and is called plant improvement. Due to the need to remove soil contaminants and determine the ability of watercress to absorb some heavy metals, in this experiment, the germination of watercress (*Lepidium sativum*) was investigated at concentrations of (0, 1, 2, 3, and 10 g/L) of nickel nitrate. The results of variance analysis showed that there was a significant difference between different concentrations of nickel nitrate for the measured traits. In other words, different concentrations of nickel nitrate caused a significant difference in germination indices in watercress. The lowest germination rate was observed at the highest concentration of nickel nitrate, i.e. 10 g/L, and the highest average germination was also observed in the same treatment, while the lowest germination percentage and germination index were observed at a concentration of 3 g/L of nickel nitrate. To determine the mechanism of watercress's response to nickel nitrate, it is suggested that future research measure the concentration of this element in the leaves and roots of this plant.

Keyword: Nickel nitrate, watercress, soil contamination, germination index

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

فلز سنگین نیکل و اختلال در الگوی رشد گیاه کتان (***Linum usitatissimum***) در مراحل اولیه

سهیلا افکار*[۱]، زهرا نوری[۲]، اسفندیار حسنی مقدم[۳]

[۱]گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[۲]کارشناس آزمایشگاه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، خرم آباد، ایران

[۳]استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

عمدتا کشت کتان جهت تولید فیبر، الیاف، روغن و مواد مغذی صورت می‌گیرد اما تولید آن تحت‌تأثیر دامنه وسیعی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی از جمله تنش ناشی از فلزات سنگین قرار دارد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی شاخص‌های رشد گیاه کتان در سطوح مختلف نیترات نیکل (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. جوانه‌زنی بذور بررسی و ظهور ریشه‌چه به اندازه یک میلی‌متر بعنوان معیار جوانه‌زنی بذرها در نظر گرفته شد. طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه با خط کش بر اساس میلی‌متر اندازه‌گیری شد و وزن تر گیاهچه با ترازو با واحد میلی‌گرم محاسبه شد. تجزیه واریانس داده‌ها مشخص کرد که اختلاف بین غلظت‌های مختلف نیترات نیکل باعث تفاوت معنی‌دار در طول ریشه‌چه شده در حالیکه تاثیر معنی‌داری در طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه ایجاد نکرد. بیشترین طول ریشه‌چه در شاهد مشاهده شد و کمترین طول ریشه‌چه در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات نیکل دیده شد. چون ریشه‌های گیاهان اولین نقطه‌ی تماس با فاکتورهای سمی فلزات می‌باشند کاهش طول ریشه در غلظت بالای نیترات نیکل در این آزمایش مشهود بود که می‌تواند به دلیل اختلال در جذب عناصر غذایی و آب توسط فلز سنگین باشد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین، پرولین و مالون‌دی آلدئید و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در گیاهچه تحت تنش نیترات نیکل بررسی شود.

کلیدواژه: نیترات نیکل، کتان، شاخص رشد، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه

مقدمه

گیاه کتان روغنی (*Linum usitatissimum L.*) از تیره کتانیان (Linaceae) بوده و گیاهی علفی و یک‌ساله محسوب می‌شود (Mohammadi et al., 2019). این گونه گیاهی عمدتاً به منظور تولید فیبر، الیاف، روغن و مواد مغذی تحت کشت قرار می‌گیرد (Gandova et al., 2023) . تولید کتان روغنی تحت تأثیر طیف وسیعی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار دارد از جمله تنش ناشی از فلزات سنگین، آلودگی خاک‌های زراعی به فلزات سنگین به عنوان یکی از چالش‌های جدی زیست‌محیطی در سطح جهانی مطرح است که نه تنها باعث کاهش کمّی و کیفی محصولات کشاورزی می‌شود بلکه پایداری سیستم‌های تولید غذایی را نیز با مخاطره مواجه می‌سازد (Ali et al., 2014; Qasemzade et al., 2021) . سمیت فلزات سنگین در گیاهان می‌تواند منجر به بروز ناهنجاری‌های فیزیولوژیک و در نهایت کاهش رشد شود. تجمع تدریجی این عناصر در خاک به‌ویژه در اراضی کشاورزی ممکن است به حدی افزایش یابد که امنیت غذایی انسان را به خطر اندازد (Kaur and Jhanji, 2016). در میان فلزات سنگین، نیکل و سرب نقش عمده‌ای در آلودگی محیط‌زیست ایفا می‌کنند. شواهد پژوهشی متعددی حاکی از آن است که گیاهان قادر به جذب این فلزات از محیط بوده و آن‌ها را در ریشه و اندام‌های هوایی خود

[۱]Corresponding Author email: Dr.afkar@pnu.ac.ir

انباشته می‌کنند (آزادبخت و همکاران، ۱۳۹۷). بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی شاخص‌های رشد گیاه کتان در سطوح مختلف نیترات نیکل طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بذر کتان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذور با هیپوکلریدسدیم ۵٪ به مدت سه دقیقه ضدعفونی کرده سپس چندین بار با آب مقطر شستشو داده شدند. در این آزمایش از چهار غلظت نیترات نیکل به همراه شاهد (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) استفاده شد. از هر گیاه ۳۰ بذر با سه تکرار برای هر تیمار داخل پتریدیش روی کاغذ صافی کشت شد. سپس برای انجام آزمون جوانه‌زنی از غلظت‌های مختلف نیترات نیکل به مقدار ۲ml به هر پتریدیش اضافه شد. نمونه‌ها به ژرمیناتوری ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۱ درجه سانتیگراد، ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲۳ درجه سانتیگراد، رطوبت ۶۰٪ منتقل گردید و تعداد بذر جوانه‌زده روزانه یادداشت گردید. ظهور ریشه‌چه به اندازه یک میلی‌متر بعنوان معیار جوانه‌زنی بذرها در نظر گرفته شد. طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه با خط کش بر اساس میلی‌متر اندازه‌گیری شد و وزن تر گیاهچه با ترازو بر اساس میلی‌گرم محاسبه شد.

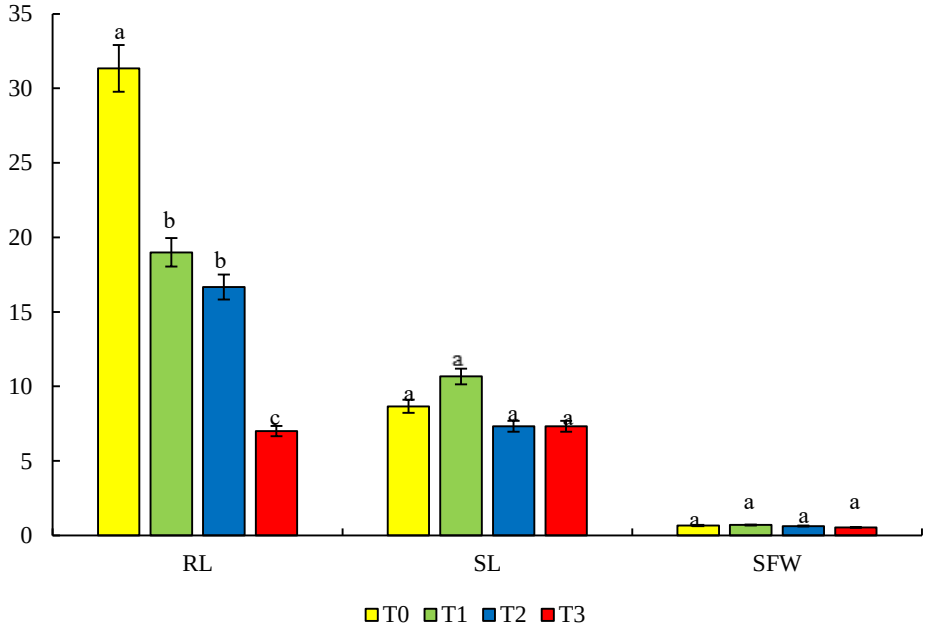
نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده معنی دار بودن اختلاف بین غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر طول ریشه‌چه بود در حالیکه تفاوت معنی‌داری در طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد (جدول ۱). بیشترین طول ریشه‌چه در شاهد مشاهده شد و کمترین طول ریشه‌چه در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات نیکل دیده شد (شکل ۱). چون ریشه‌های گیاهان اولین نقطه‌ی تماس با فاکتورهای سمی فلزات می‌باشند کاهش طول ریشه در گیاهان در مقایسه با رشد شاخساره‌ها هنگامی که در معرض تیمارهای مختلف کادمیوم و سرب قرار می‌گیرند چشمگیر است (Kabir et al., 2008). در بررسی اثر سمیت مس بر لوبیا چشم بلبلی مشاهده نمودند که در غلظت‌های بالای مس رشد ریشه‌ها کاهش یافت (Kopittke and Menzies, 2006). محققان کاهش طول ریشه در لوبیا در حضور کادمیوم (Howladar, 2014) و کاهش طول ریشه گندم را در حضور فلزات کادمیوم و مس گزارش نمودند (Gajewska E and Skłodowska). گزارشات ذکر شده در بالا تاییدی بر نتایج این تحقیق است که با افزایش

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی مورد مطالعه در گیاه کتان

منبع تغییرات S.O.V	Df	MS میانگین مربعات		
		طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر گیاهچه
غلظت نیترات نیکل	۳	۳۰۰/۵۶^{ns}	۷/۴۴*	۰/۰۱۵^{ns}
خطا	۸	۲۵/۹۲	۵/۳۳	۰/۰۱

^{ns} غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵



شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات نیکل بر شاخص‌های جوانه زنی بذر کتان

غلظت نیترات نیکل کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه نسبت به کنترل مشاهده شد. در تحقیقی که روی گیاهان لوبیا انجام شد دلیل کاهش وزن ریشه و اندام هوایی تحت تنش کادمیوم به ایجاد اختلال در جذب عناصر غذایی و آب توسط کادمیوم نسبت داده شد (Gouia et al., 2001; Wu et al. 2007). پیشنهاد می شود در تحقیقات آینده میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین، پرولین و مالون‌دی آلدئید و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در گیاهچه تحت تنش نیترات نیکل بررسی شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، تنش نیکل به‌ویژه در غلظت‌های بالا (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب بازدارندگی معنادار رشد ریشه‌چه گیاه کتان گردید، در حالی که بر طول ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه تأثیر قابل‌توجهی نداشت. این کاهش رشد ریشه می‌تواند ناشی از اختلال در جذب آب و مواد مغذی و ایجاد سمیت سلولی باشد. بنابراین به منظور درک دقیق‌تر مکانیسم‌های تحمل کتان، بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مانند پرولین، مالون‌دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

منابع

آزادبخت، ف.، سهیل‌نژاد، ع.، مرادیان، ز.، احمدی، خ.، بازمکانی، ر.، کریمی، ط.، علیپور، س. ۱۳۹۷. ارزیابی اثر فلزات سنگین بر ویژگی های جوانه زنی بذر گیاه کتان (*Linum usitatissimum*).نشریه تحقیقات بذر، ۸ (۲) : ۱-۱۰

Ali, B., Gill, R.A., Yang, S., Gill, M.B., Ali, S., Rafiq, M.T., Zhou, W., 2014. Hydrogen sulfide alleviates cadmium induced morpho-physiological and ultrastructural changes in *Brassica napus*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 110, 197–207.https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.08.027

Gajewska E and Skłodowska M, 2010. Differential effect of equal copper, cadmium and nickel concentration on biochemical reactions in wheat seedlings. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 996-1003

Gandova, V., Teneva, O., Petkova, Z., Iliev, I., Stoyanova, A., 2023. Lipid composition and physicochemical parameters of flaxseed oil (*Linum usitatissimum* L.) from Bulgaria. Appl. Sci. 13(18), 10141. https://doi.org/10.3390/app131810141.

Ghasemzade, A., Karimi, A., Ziyaee, A., Fotovat, A., 2021. Pollution assessment and source of selected heavy metals in agricultural soils, Southern Sabzevar, Northeastern Iran. J. Soil Manag. Sustain. Prod. 11(1), 1–26. doi: 10.22069/ejsms.2021.17932.1943

Howladar SM, 2014. A novel moringa oleifera leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseoulus vulgaris* L.) plants. Ecotoxicology and Environmental Safety, 100: 69-75.

Kabir M, Zafar Iqbal M, Shafiq M and Farooqi ZR, 2008. Reduction in germination and seedlikg growth of Thespesia populnea L. caused by lead and cadmium treatments. Pakistanian Botany, 40: 2419-2426.

Kaur, N., Jhanji, S., 2016. Effect of soil cadmium on growth, photosynthesis and quality of *Raphanus sativus* and *Lactuca sativa*. J. Environ. Biol. 37(5), 993–997.

Kopittke PM and Menzies NW, 2006. Effect of Cu toxicity on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). Plant and Soil, 279: 287-296

Heavy metal nickel and disruption of *Linum usitatissimum* plant growth pattern in early stages

Soheila afkar[1], Zahra noori [2], Esfandiar Hassani Moghaddam [3]
[1]Agriculture Department, Payame Noor University, Tehran, Iran
[2]laboratory expert, Agricultural and Natural Resources Research Centre of Lorestan, Khorramabad, Iran
[3]Assistance professeor, Seed and Plant Certification Research Institute, Karaj (SPCRI), Iran

Abstract

Flax (*Linum usitatissimum*) is primarily cultivated for fiber, oil, and nutritional purposes; however, its production is affected by a wide range of biotic and abiotic stresses, including heavy metal stress. The present study was conducted to evaluate the growth indices of flax plants under different concentrations of nickel nitrate (0, 100, 200, and 500 mg/l). Seed germination was assessed, and the emergence of a 1-mm radicle was considered the criterion for germination. Radicle length and plumule length were measured in millimeters using a ruler, and seedling fresh weight was determined in milligrams using a balance. Analysis of variance revealed that different concentrations of nickel nitrate resulted in a significant difference in radicle length, while no significant effect was observed on plumule length or seedling fresh weight. The highest radicle length was recorded in the control group, and the lowest was observed at 500 mg/L nickel nitrate. Since plant roots are the primary point of contact with toxic metal factors, a reduction in root length at high nickel nitrate concentrations was evident in this experiment, which may be attributed to the disruption of nutrient and water uptake due to the heavy metal. It is suggested that future research investigate the levels of photosynthetic pigments, protein, proline, malondialdehyde, and the activity of antioxidant enzymes in seedlings under nickel nitrate stress.

Key words: Plumule length, Radicle length, Nickel nitrate, growth index, Flax

تأثیر آسکوربیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گلرنگ تحت تنش شوری

شیما رمضانی*[۱]، سید مسعود ضیایی[۱]، میلاد رمضانی[۱]

۱- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه

نویسنده مسئول:shima.rmzani.2@gmail.com

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده جوانه‌زنی و استقرار گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود و می‌تواند با ایجاد تنش‌های اسمزی و تجمع یون‌های سمی، فرایندهای اولیه رشد گیاه را مختل کند. این پژوهش با هدف بررسی اثر آسکوربیک اسید بر بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) تحت تنش شوری انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار شامل دو سطح شوری (۰ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح آسکوربیک اسید (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در سال ۱۴۰۴ در آزمایشگاه دانشگاه تربت‌حیدریه اجرا گردید. صفاتی شامل درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه و وزن ریشه‌چه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی گردید. در شرایط بدون تنش، کاربرد آسکوربیک اسید به‌ویژه در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر و رشد گیاهچه شد. در شرایط تنش نیز استفاده از ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید بدون اختلاف معنی‌دار باعث بهبود درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول گیاهچه و وزن ریشه‌چه نسبت به شاهد گردید. به طور کلی، نتایج بیانگر آن است که تیمار بذر با آسکوربیک اسید می‌تواند به عنوان روشی مؤثر برای کاهش اثرات زیان‌بار شوری و بهبود استقرار اولیه گلرنگ مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شوری، تنظیم‌کننده رشد، ویتامینC

۱. مقدمه

شوری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به شمار می‌رود و با ایجاد تنش‌های اسمزی و یونی، موجب کاهش جوانه‌زنی و اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌شود. مرحله جوانه‌زنی به‌عنوان حساس‌ترین مرحله رشد گیاه، به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار داشته و کاهش آن می‌تواند استقرار اولیه گیاه و عملکرد نهایی محصول را دچار اختلال کند (Ranjbar and Pirasteh-Anosheh. 1394). گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به عنوان یک گیاه زراعی با ارزش اقتصادی بالا و سازگار با اقلیم‌های خشک، در بسیاری از کشورها به‌ویژه ایران کشت می‌شود؛ با این‌حال، جوانه‌زنی و رشد اولیه آن نیز تحت سطوح بالای نمک دچار کاهش محسوس می‌گردد (پیرزاده و همکاران، ۱۳۹۰).

در سال‌های اخیر، استفاده از ترکیبات تنظیم‌کننده رشد و مواد آنتی‌اکسیدانی باهدف کاهش صدمات ناشی از تنش‌های غیرزیستی مورد توجه قرار گرفته است. آسکوربیک اسید (ویتامینC) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی، نقش مؤثری در خنثی‌سازیROS ، بهبود تعادل اکسیداسیختگی، تقویت پایداری غشاها و افزایش کارایی متابولیکی سلول‌ها ایفا می‌کند (نجار و همکاران، ۱۳۹۴). تحقیقات نشان داده‌اند که کاربرد برون‌زاد آسکوربیک اسید می‌تواند تحمل گیاهان به

تنش شوری را در مراحل مختلف رشد از طریق بهبود جوانه‌زنی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، و کاهش آسیب‌های اسمزی و یونی ارتقا دهد (نریمانی و همکاران، ۱۳۹۸).

۲. مواد و روش‌ها

این پژهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار در سال۱۴۰۴ در آزمایشگاه دانشگاه تربت حیدریه انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو سطح تنش شوری (۰و ۸ دسی زیمنس بر متر) و سطح آسکوربیک اسید (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر) بود.

ابتدا بذرها به وسیله هیپوکلرید سدیم ۵ درصد به مدت۶۰ ثانیه ضد عفونی گردید. سپس با آب مقطر سه مرتبه شستشو داده شد. پس از تیمار، از هر تیمار۳۰ عدد بذر در پتری‌دیش داخل اتاقک رشد روی کاغذ صافی واتمن قرار داده بعد از پانزده روز پارامترهایی زیر مورد بررسی قرار گرفت:

شاخص بنیه بذر : با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$SVI = (\text{میانگین طول گیاهچه}) \times (\text{درصد جوانه‌زنی})$$

درصد جوانه زنی: با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$GC(\%) = \left(\frac{GS}{TS}\right) \times 100$$

که در این معادله: GC، GS و TS به ترتیب نشان دهنده درصدجوانه زنی، تعدادکل بذر جوانه زده در انتهای آزمایش و تعدادکل بذرکشت شده در هر پتری‌دیش می‌باشند (Ikic et al., 2012).

طول گیاهچه: با استفاده از خط کش در روز پانزدهم اندازه گیری شد.

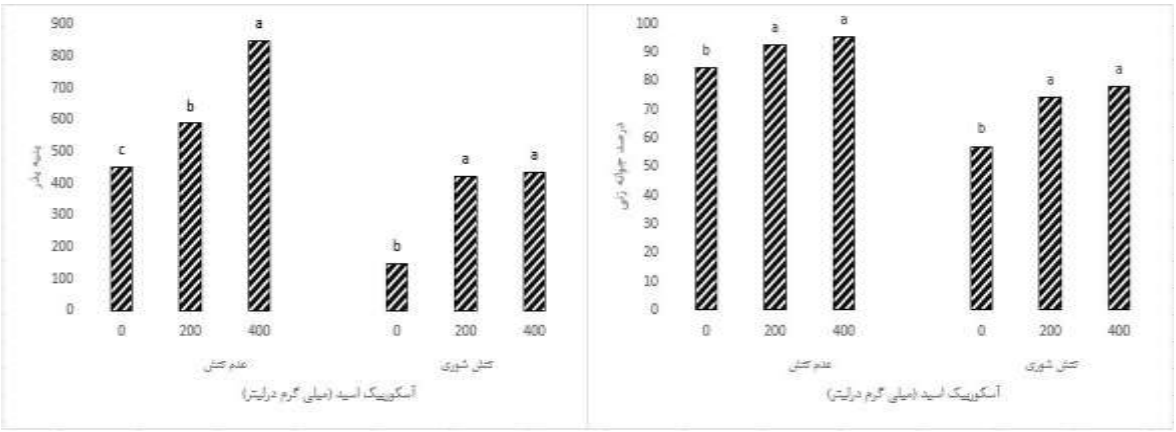
وزن ریشه چه: با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۰۱ اندازه گیری شد.

داده‌های حاصل از آزمایش بر اساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد جهت مقایسه میانگین استفاده شد.

۳. نتایج

درصد جوانه زنی:

تنش شوری باعث کاهش معنی دار درصد جوانه زنی در تمامی سطوح استفاده از آسکوربیک اسید گردید (شکل ۱). در شرایط نرمال استفاده از آسکوربیک اسید در هر دو سطوح بدون اختلاف معنی دار باعث افزایش درصد جوانه زنی نسبت به عدم استفاده از آسکوربیک اسید شدند. همچنین استفاده از ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر آسکوربیک اسید بدون اختلاف معنی دارد نسیت به هم به ترتیب باعث افزایش ۳۰ و ۳۷ درصدی درصد جوانه زنی گلرنگ نسبت به شاهد در شرایط تنش شدند.



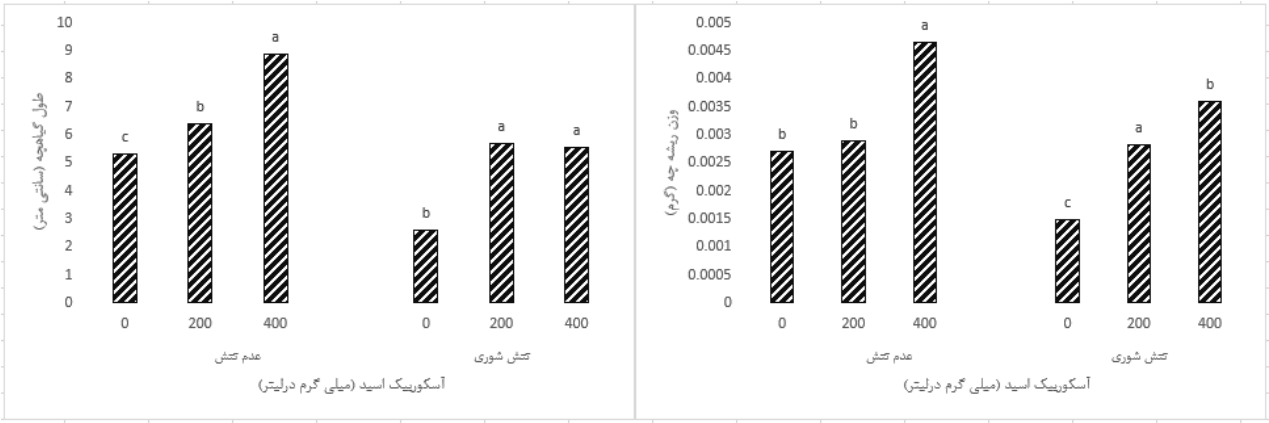
شکل ۱- شاخص های جوانه زنی گلرنگ

شاخص بنیه بذر:

در شرایط عدم تنش بنیه بذر با افزایش غلظت آسکوربیک اسید افزایش یافت. به طوری که غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر آسکوربک اسید باعث افزایش درصدی بنیه بذر نسبت به شاهد در شرایط نرمال شد. در شرایط تنش استفاده از ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر آسکوربیک اسید بدون اختلاف معنی دار باعث افزایش ۱۸۴ و ۱۹۱ درصدی بنیه بذر نسبت به شاهد شد.

طول گیاهچه:

طول گیاهچه در تمامی تیمار های استفاده از آسکوربیک اسید در شرایط تنش کاهش معنی دار نسبت به عدم تنش داشت (شکل ۲). در شرایط عدم تنش افزایش میزان استفاده از آسکوربیک اسید باعث افزایش معنی دار طول گیاهچه نسبت به عدم استفاده از آن گردید. در شرایط تنش هر دو غلظت آسکوربیک اسید بدون اختلاف معنی دار نسبت به هم باعث افزایش طول گیاهچه شدند به طوری که به ترتیب باعث افزایش ۱۱۹ و ۱۱۳درصدی طول گیاهچه نسبت به شاهد شدند.



شکل ۲- صفات رشدی گیاهچه گلرنگ

وزن ریشه چه:

در شرایط تنش وزن ریشه چه در تمامی تیمارهای آسکوربیک اسید کاهش معنی داری نسبت به عدم تنش یافت (شکل ۲). در شرایط عدم تنش استفاده از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر آسکوربیک اسید اختلاف معنی داری در وزن ریشه چه با شاهد

نداشت در صورتی که استفاده از ۴۰۰ میلی گرم آسکوربیک اسید باعث افزایش ۷۷ درصدی وزن ریشه چه نسبت به شاهد شد. در شرایط تنش شوری وزن ریشه چه با افزایش استفاده از آسکوربیک اسید افزایش یافت.

۴. بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری به‌طور معنی‌داری ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گلرنگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول گیاهچه و وزن ریشه‌چه شد. این کاهش در گیاهان زراعی پدیده‌ای شناخته‌شده است و می‌تواند به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی محیط، محدودیت جذب آب توسط بذر، تجمع یون‌های سمی و اختلال در فعالیت آنزیمی در مراحل اولیه جوانه‌زنی باشد (Kanwal et al.,2024). نتایج حاضر با یافته‌های گزارش‌شده درباره حساسیت مراحل اولیه رشد گیاه به تنش شوری مطابقت دارد. کاربرد آسکوربیک اسید توانست تا حد زیادی اثرات منفی شوری را کاهش دهد. در شرایط بدون تنش، مصرف آسکوربیک اسید به‌ویژه در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر شد. این موضوع بیانگر آن است که آسکوربیک اسید حتی در شرایط مساعد نیز می‌تواند با بهبود فرایندهای متابولیکی، افزایش تعادل هورمونی و بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کارایی جوانه‌زنی را ارتقا دهد. افزایش طول گیاهچه و وزن ریشه‌چه در این شرایط نیز مؤید اثرات مثبت آسکوربیک اسید بر رشد اولیه و توان متابولیک گیاهچه است (Xing et al., 2024). در شرایط تنش شوری، کاربرد ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر باعث بهبود درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر نسبت به شاهد شد. این یافته احتمالاً ناشی از نقش آسکوربیک اسید در خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها و پایداری غشاها در تنش شوری است. از آنجا که تنش شوری معمولاً موجب افزایش استرس اکسیداتیو می‌شود، وجود یک آنتی‌اکسیدان قوی مانند آسکوربیک اسید می‌تواند از تخریب سلولی جلوگیری کرده و شرایط بهتری برای تداوم جوانه‌زنی فراهم آورد (Chen et Al.,2024). افزایش طول گیاهچه و وزن ریشه‌چه نیز نشان داد که آسکوربیک اسید می‌تواند بر سیستم رشد اولیه اثرات حفاظتی داشته باشد و مانع کاهش شدید رشد در اثر شوری شود (Hameed et al.,2015). مشاهده اینکه در شرایط تنش، هر دو غلظت آسکوربیک اسید رفتار مشابهی نشان دادند و اختلاف معنی‌داری نداشتند، می‌تواند ناشی از رسیدن غلظت مؤثر آسکوربیک اسید به حد اشباع برای اعمال بیشینه اثر حفاظتی آن باشد. این موضوع نشان می‌دهد که مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز توان لازم برای کاهش فشار شوری بر روند جوانه‌زنی را دارد.

۵. نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش شوری اثر منفی قابل توجهی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گلرنگ دارد، اما تیمار بذر با آسکوربیک اسید به‌ویژه در غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند با کاهش اثرات زیانبار شوری و بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک بذر، عملکرد جوانه‌زنی و بنیه بذر را بهبود دهد. بنابراین، استفاده از آسکوربیک اسید به‌عنوان یک راهکار ساده و مقرون‌به‌صرفه می‌تواند در افزایش تحمل بذر و گیاهچه گلرنگ به تنش شوری مؤثر باشد.

۶. منابع

Ranjbar G, Pirasteh-Anosheh H. A glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. Iranian Journal of Crop Sciences. 2015; 17 (2) :165-178

Kanwal, R., Maqsood, M. F., Shahbaz, M., Naz, N., Zulfiqar, U., Ali, Q., … Alsakkaf, W. A. A. (2024). Exogenous ascorbic acid as a potent regulator of antioxidants, osmo-protectants, and lipid peroxidation in pea under salt stress. BMC Plant Biology, 24, Article 247. https://doi.org/10.1186/s12870-024-04947-3

Xing, J., & Liu, H. (2024). Ascorbic acid mitigates salt stress in tomato seedlings by enhancing chlorophyll synthesis pathways. Agronomy, 14(8), 1810. https://doi.org/10.3390/agronomy14081810

Chen, X., Han, H., Cong, Y., Li, X., Zhang, W., Cui, J., Xu, W., Pang, S., & Liu, H. (2024). Ascorbic acid improves tomato salt tolerance by regulating ion homeostasis and proline synthesis. Plants, 13(12), 1672. https://doi.org/10.3390/plants13121672

Hameed, A., Gulzar, S., Aziz, I., Hussain, T., Gul, B., & Khan, M. A. (2015). Effects of salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial halophyte. AoB Plants, 7, plv004. https://doi.org/10.1093/aobpla/plv004

پیرزاد، ع ر، درویش زاده، ر، ناصری، ل.ع، صدقی، م، خوشبخت، م، و مشکوه، ا. (۱۳۹۰). جوانه زنی و رشد گیاهچه گلرنگ تحت شوری ناشی از کلریدسدیم در دماهای مختلف رشد. تولید گیاهان زراعی (مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی)، ۴(۱)، ۲۱۷-۲۲۷. SID.

نجار خدابخش,آ و چاپارزاده,ن . (۱۳۹۴). نقش آسکوربیک اسید در تقلیل اثرات اکسیداتیو شوری روی گیاه شاهی .مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران) (علمی) *28*(1), 175-185. doi: 28117 ,

نریمانی، رسول، مقدم، م، و قاسمی پیربلوطی، ع. (۱۳۹۸). بررسی تغییرات فیتوشیمیایی اسانس گیاه دارویی *Dracocephalum moldavica* L. تحت تنش های مختلف شوری و کاربرد هیومیک و آسکوربیک اسید. اکوفیتو شیمی گیاهان دارویی، ۷(۴ (پیاپی ۲۸))، ۳۳-۴۸.

Effect of Ascorbic Acid on Seed Germination and Early Seedling Growth of Safflower Under Salinity Stress

Shima Ramezani[1], Seyed Masoud Ziaei, Milad Ramezani[1]*

[1] Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Torbat Heydarieh University, Torbat Heydarieh, Iran

* Corresponding author email: shima.rmzani.2@gmail.com

Abstract

Salt stress is one of the major limiting factors affecting seed germination and plant establishment in arid and semi-arid regions, and by inducing osmotic stress and toxic ion accumulation, it can disrupt the early growth processes of plants. This study was conducted to evaluate the effect of ascorbic acid on improving germination and early seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius*) under salt stress. The experiment was carried out as a factorial arrangement in a completely randomized design with three replications, including two salinity levels (0 and 8 dS m^{-1}) and three concentrations of ascorbic acid (0, 200, and 400 mg L^{-1}), in 2024 at the Laboratory of Torbat-Heydariyeh University. Traits such as germination percentage, seed vigour index, seedling length, and radicle weight were measured. The results showed that salt stress significantly reduced all the evaluated traits. Under non-stress conditions, the application of ascorbic acid—especially at 400 mg L^{-1}—increased germination percentage, seed vigour, and seedling growth. Under salt stress, the use of 200 and 400 mg L^{-1} ascorbic acid, with no significant difference between them, improved germination percentage, seed vigour, seedling length, and radicle weight compared with the control. Overall, the findings indicate that seed treatment with ascorbic acid can be used as an effective approach to mitigate the deleterious effects of salinity and enhance early establishment of safflower.

Keywords: Salinity, growth regulator, vitamin C

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

تاثیر دور آبیاری بر رشد و عملکرد کشت مخلوط زنیان و پیاز

مصطفی شمس الدینی[1]، مرضیه اتحادپور[*2]، اسماء نجارزاده[3]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشدگیاهان دارویی دانشگاه شهید باهنر کرمان،دانشکده کشاورزی بردسیر

۲-استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- کارشناس آزمایشگاه، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر دور آبیاری بر رشد و عملکرد کشت مخلوط زنیان و پیاز، در منطقه کم‌آب نگار (استان کرمان) انجام شده است. با توجه به اینکه ایران سرزمینی کم‌آب است و بخش زیادی از آب کشاورزی مصرف می‌شود، و همچنین نگرانی‌ها در مورد آلودگی‌های شیمیایی، استفاده از گیاهان دارویی مقاوم به عنوان جایگزینی مناسب اهمیت می‌یابد. گیاه زنیان یک گیاه دارویی با خواص دارویی متعدد (مانند برطرف کننده نفخ معده و تسکین‌دهنده دردها) است و نسبت به شوری و قلیایی بودن خاک مقاومت بالایی دارد، بنابراین کشت گسترده آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای محصولات با مصرف آب زیاد باشد.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در بهار ۱۴۰۳ در منطقه نگار انجام شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های خرد شده با سه تکرار طراحی شد. فاکتورهای آزمایشی شامل نوع کشت (A) در دو سطح (a1: کشت مخلوط با پیاز وa2 : کشت جداگانه زنیان) و دور آبیاری (B) در دو سطح (b1: شش روزه و :b2 دوازده روزه) بودند. برای جلوگیری از اثرات منفی مواد شیمیایی بر کیفیت مواد مؤثره، از روش‌های جایگزین مانند وجین دستی علف‌های هرز استفاده شد.

نتایج و بحث: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر فاکتور آبیاری بر روی تمام صفات مورفولوژیکی معنی‌دار بود. دور آبیاری ۶ روزه (b1) نسبت به دور آبیاری ۱۲ روزه (b2) در مورد تمام صفات مورد بررسی، به‌طور معنی‌داری برتری داشت و باعث بهبود عملکرد شد. کشت مخلوط زنیان و پیاز (a2) نسبت به کشت جداگانه زنیان (a1) کارایی بالاتری از خود نشان داد. این نتیجه مؤید دانش بومی کشاورزان منطقه نگار است که برهم‌کنش این دو محصول را باعث بهبود کارایی تولید می‌دانند. تیمار کشت مخلوط و دور آبیاری ۶ روزه (a2b1) بیشترین مقادیر را در صفات مورفولوژیکی زنیان تولید کرد. این تیمار بالاترین میزان وزن بوته، تعداد چتر، وزن دانه و ارتفاع بوته را در زنیان ایجاد نمود. کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کشت جداگانه زنیان با دور آبیاری ۱۲ روزه بود.[1]

نتیجه‌گیری: کشت مخلوط نه تنها باعث بهبود بیوماس زنیان شد، بلکه موجب افزایش معنی‌دار وزن دانه نیز گردید. این دانش بومی و برتری کشت مخلوط در این پژوهش تأیید شد و پیشنهاد می‌شود در سایر نواحی که زنیان کشت می‌شود، مورد توجه و استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: زنیان، مورفولوژی، کشت مخلوط، تنش

[1] نویسنده مسئول: etehadpour@uk.ac.ir

مقدمه

ایران سرزمین کم آبی است، بخش زیادی از آب مصرفی در قسمت کشاورزی وزراعت مورد استفاده قرار می‌گیرد، و بخش زیادی از این آب با آبیاری‌های سنتی از بین می‌رود، کشاورزان با استفاده از کود شیمیایی، محلول پاش‌ها و سم باعث آلودگی آب‌های سطحی می شوند، استفاده از گیاهان دارویی می‌تواند گزینه مناسبی برای جایگزینی محصولات زراعی با مصرف آب زیاد باشد یعقوب زاده و همکاران (۱۴۰۰) گزارش نمودند.

در منطقه کرمان با توجه کم آبی و تبخیرد زیاد، ضرورت دارد تصمیم‌هایی اتخاذ شود، تا در زمینه کشاورزی به طرفی حرکت کند، گیاهانی کشت شود که هم باعث حفظ رطوبت خاک شود، هم مقاوم به خشکی باشد، و کشت گیاهان دارویی می‌تواند گزینه مناسبی برای این کار باشد دروش زاده و همکاران (۱۴۰۰) گزارش نمودند. با توجه به اینکه رویکرد جهانی به سمت داروهای گیاهی و فاصله گرفتن از داروهای شیمیایی پیش می رود، توجه پیش از پیش به گیاهان دارویی ایجاب می‌کند، با توجه به فرسایش ژنتیکی که در سال‌های اخیر اغلب نباتات مرتعی و به خصوص دارویی به آنها دچار شده اند اصلاح برخی گونه ها ضروری است. برخی از این گونه‌ها را می‌توان فقط در مناطقی خاص پیدا نمود، یکی از مشکلات گیاهان دارویی محدود بودن آنها در طبیعت است، که با برداشت بی‌رویه شاهد انقراض برخی از گونه‌ها بوده‌ایم. برای همین مورد باید با کاشت گیاهان دارویی در مزرعه مشکلات کمبود آنها در طبیعت را برطرف نمود و همچنین بتوان نیاز گیاه دارویی منطقه را برطرف کرد، برای همین منظور، رشد و عملکرد کشت مخلوط زنیان و پیاز تحت تاثیر دور آبیاری متفاوت در منطقه نگار بررسی شد.

گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن ارزش افزوده بالا حمایت دولت و داشتن بازار مناسب می‌توان گزینه‌ای خوب در شرایط منطقه باشد، از این رو با استفاده از این پژوهش با اهلی کردن این گیاهان و همچنین با توجه به فشارها و تحریم‌های ایران می‌توان به خود کفایی به بهترین اسانس‌ها و بیشترین ماده موثر دست یافت ،و نسبت به حفظ و احیا و توسعه این گونه در منطقه اقدام نمود استان کرمان به دلیل برخورداری از تنوع اقلیمی محل و رویشگاه طبیعی تعداد زیادی از گیاهان دارویی می‌باشد، و زنیان از جمله گیاهانی است که می‌توان در تولید داروهای برطرف کننده نفخ معده،(امید بیگی ۱۳۷۹) ناراحتی گلو و سرفه و تسکین دهنده دردهای رماتیسمی مورد استفاده قرار گیرد امید بیگی (۱۳۷۹) گزارش نمود. این گیاه هم در پاییز و هم در بهار قابل کشت است (Goyal et al., 2022) در بررسی کشت گونه های اقتصادی گیاهان دارویی در منطقه به این نتیجه رسیدند که کشت پاییزه این گیاه نسبت به کشت بهاره از مواد موثره بیشتری برخوردار است . اما با توجه به این که دوره رشد این گیاه در بهار کوتاهتر است به دلیل شرایط دمایی مناسب ،عدم نیاز به آبیاری زیاددر این فصل نسبت به کشت پاییزه که محدودیت آبی در ای فصل سبب اختلال رشد می شود حایز اهمیت است. در کشت بهاره گیاه زنیان رشد خود را از اوایل فروردین ماه شروع و تا اواخر خردادماه رشد رویشی و بعد از آن رشد زایشی و گلدهی شروع شده ورسیدگی میوه ها به تدرج تا اواخر شهریور صورت می گیرد.

بر اساس نتایج زنیان از مقاوم ترین گیاهان دارویی نسبت به شوری وقلیایی خاک می باشد بنابر این در منطقه نگار با تراکم بالا قابل کشت است با توجه به گستردگی منطقه می توان کشت این گیاه دارویی را جایگزین کشت محصولات با مصرف آب زیاد کرد.

مواد و روش ها

این تحقیق در بهار ۱۴۰۳ در منطقه نگار بردسیر انجام شده است. منطقه نگار در طول جغرافیایی ۵۶ درجه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه واقع شده است. شهر نگار در ارتفاع ۲۰۹۱ متری از سطح دریا واقع شده است، دارای آب و هوای نسبتاً گرم در تابستان در روز و شب‌های خنک تا سرد می‌باشد، زمستان‌های شهر نگار نسبتاً سرد است. شهر نگار در

دشت وسیع قرار گرفته است. متوسط بارندگی شهرنگار ۱۶۰ میلی‌متر است. حداکثر دمای شهر نگار در فصل گرم سال ۳۲ درجه ومتوسط دمای فصل سرد سال منفی ۵ درجه است . در این منطقه بیش از ۲۲۰ روز تابش خورشید وروز آفتابی داریم. میزان تبخیر ۴۰۰۰تا ۴۵۰۰میلیمتر می باشد.

ویژگیهای خاک وبستر رشد گیاه از لحاظ خواص فیزیکی (ساختار و بافت) شیمیایی بیولوژیکی از عوامل مهم وتاثیر گذار بر چگونگی رشد و نمو و ماده موثره گیاه دارویی زنیان هستند. خاک این منطقه شنی رسی و لومی رسی است.

آزمایش به صورت کرتهای خرد شده در سه بلوک طراحی شده است ،که فاکتورهای b برای آبیاری و فاکتورa برای انواع کشت نام‌گذاری شده است.

بذور زنیان و پیاز به ترتیب با تراکم ۳۷ و ۵۰ بذر در متر مربع بر رور زمین پاشیده شد عمق کار بسیار کم و بذور با لایه نازکی از خاک پوشانده شدند. به دلیل احتمال اثرات منفی مواد شیمیایی روی کیفیت مواد موثره و ترکیبات گیاهان دارویی بجای مبارزه شیمیایی از روش های جایگزین و بوم شناختی نظیر بوجاری کامل بذر وجین دستی علفهای هرز مورد استفاده قرار گرفت. برای دستیابی به تراکم های مورد نیاز گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی تنک شده اند.

فاصله بلوکها از هم ۳متر و فاصله کرتها در هر ردیف ۲ متر است، فاکتور a1کشت جداگانه ، فاکتور a2 کشت مخلوط با پیاز، فاکتور b1 آبیاری ۶ روزه، فاکتور b2 آبیاری ۱۲ روزه نامگذاری شدند.

نقشه طرح به صورت زیر است:

A2B1	A1B1	A2B2	A1B2
A1B2	A2B2	A2B1	A1B1
A2B2	A2B1	A1B1	A1B2

کاشت در تاریخ۱۵ اردیبهشت انجام شد، بذرها به صورت ردیفی با فاصله ۵ سانتی متر وفاصله بین ردیفها ۳۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است ، عمق کاشت ۵ سانتی متر و کرتها به صورت ۳ در ۳ می باشند. الگوی کشت مخلوط به صورت ۱۰۰درصد پیاز و ۱۰۰درصد زنیان بوده است. هنگام کاشت به دلیل ریز بودن بذرها تراکم بوته بیش تر در نظر گرفته شد ،اولین آبیاری بعد از کاشت انجام شد و آبیاری های بعدی طبق برنامه به صورت ۶ روزه و ۱۲روزه انجام می شود، در طی فصل رشد سم پاشی انجام نمی شود. اولین تنش در مرحله چهار برگی انجام گرفت.

شاخص های فیزیولوژیکی رشد اندازه گیری شد و تجزیه وتحلیل داده ها با نرم افزار R انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی های خاک محل آزمایش طبق جدول زیر است.

CE(ds.m-1)	pH	نیتروژن کل	رس	سیلت	شن	سنگریزه
۱،۶۶	۷،۸۳	۱،۶۵	۲۰٪	۲۵٪	۶۵٪	۳۰-۳۵

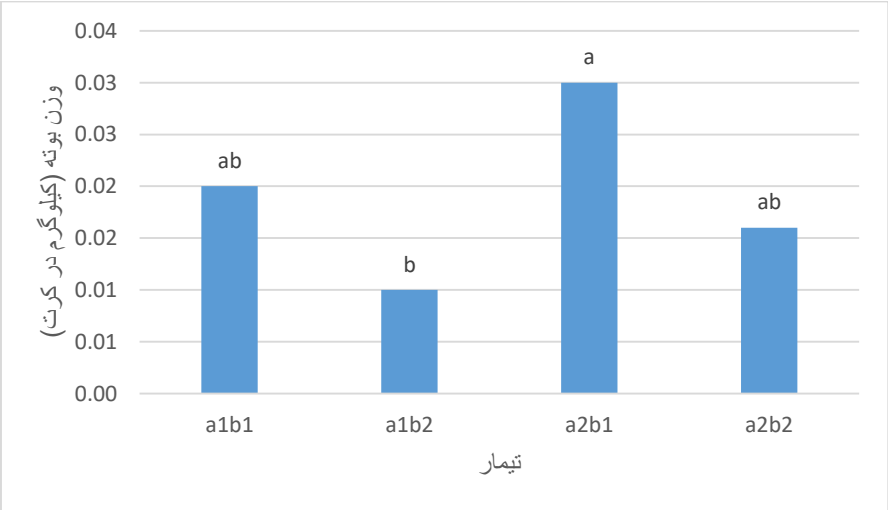
تجزیه واریانس داده ها نشان داد تاثیر فاکتور آبیاری بر روی تمام صفات معنی داری است، ولی نوع کشت و اثر متقابل برای تمام صفات معنی‌دار نبود (جدول ۱). این نتایج اهمیت آبیاری در کشت مخلوط پیاز و زنیان را نشان می‌دهد در مورد تمام صفات آبیاری ۶ روز نسبت به ۱۲ روز برتری داشت و همه صفات را طور معنی داری بهبود بخشید. زمین های منطقه نگار به دلیل داشتن شن زیاد ،آب سریع در خاک نفوذ می کندکشت مخلوط این ویژگی را دارد که رطوبت خاک در آن بهتر حفظ می شود.

جدول ۱ – تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی گیاه زنیان در کشت مخلوط با پیاز و دور آبیاری ۶ و ۱۲ روز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن بوته	تعداد چتر	وزن بذر	ارتفاع بوته
بلوک	۲	0.0000121 ns	39.1 ns	5.833e-05 ns	116.19 ns
نوع کشت	۱	0.0000667 ns	41.6 ns	3.333e-05 ns	3.00 ns
آبیاری	1	0.0004667 *	412.4**	1.333e-04*	225.33 *
نوع کشت * آبیاری	1	0.0000000 ns	14.1 ns	0.000e+00 ns	104.08 ns
خطا	۶	0.0000667	8.9	1.389e-05	28.76

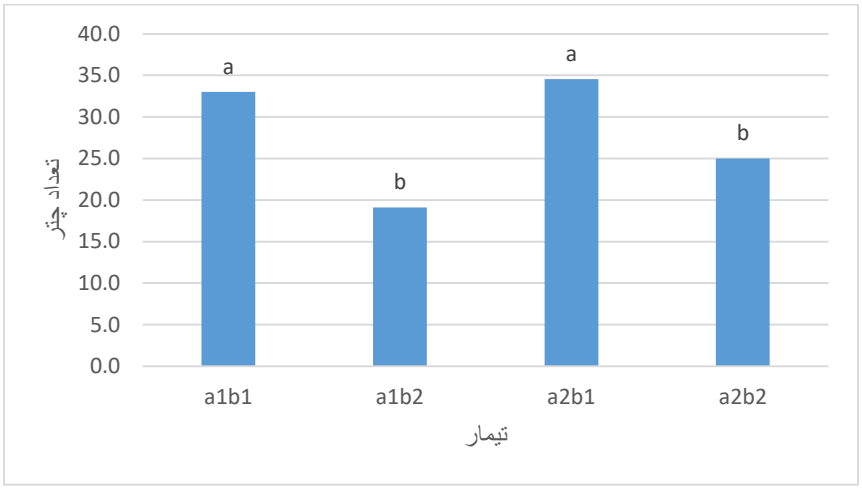
*و** به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد و ns عدم معنی داری را نشان می دهد.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد کشت مخلوط و دور آبیاری ۶ روز بیشترین وزن بوته زنیان را تولید نمود و اختلاف میانگین این تیمار با سایر تیمارها به جز کشت زنیان و دور آبیاری ۱۲ روز معنی دار نبود (شکل ۱). نکته جالب توجه این پژوهش این است که کشت مخلوط زنیان و پیاز نسبت به کشت جداگانه زنیان کارائی بالاتری داشته است. کشاورزان منطقه نگار بر اساس تجربه ای که سینه به سینه نقل شده است از روزگاران کهن تا کنون از مزایای کشت مخلوط پیاز و زنیان بهره برده اند. برهم کنش این دو محصول باعث بهبود کارائی تولید زنیان شده است.



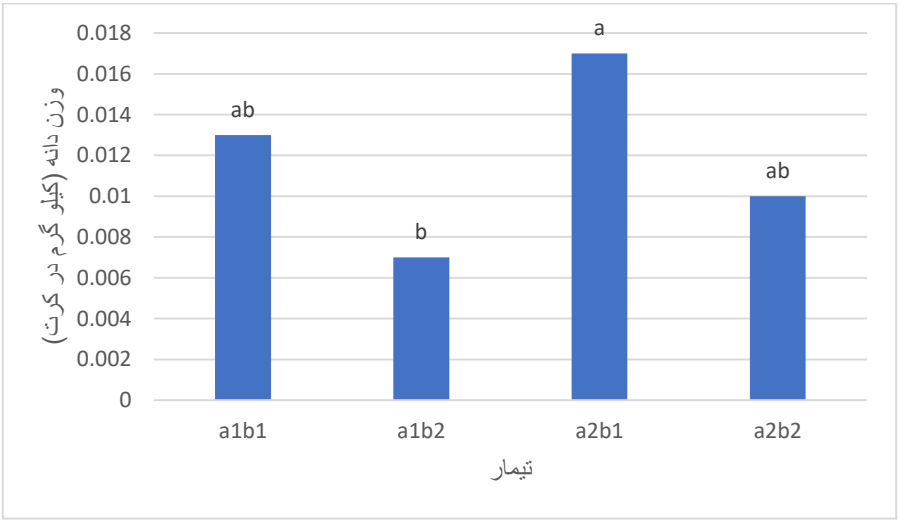
شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارها برای وزن بوته زنیان در تیمارهای مختلف. در این شکل a1 و a2 به ترتیب کشت جداگانه زنیان و کشت مخلوط (زنیان و پیاز) و b1 و b2 به ترتیب دور آبیاری ۶ و ۱۲ روز را نشان می دهد.

همانند وزن بونه زنیان، میانگین تیمار کشت مخلوط و دور آبیاری ۶ روز بیشترین تعداد چتر را در زنیان تولید نمود. در رابطه با این صفت اختلاف میانگین تعداد چتر با تیمار کشت زنیان و دور آبیاری ۶ روز معنی دار نبود. دو تیمار دیگر با هم اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۲).



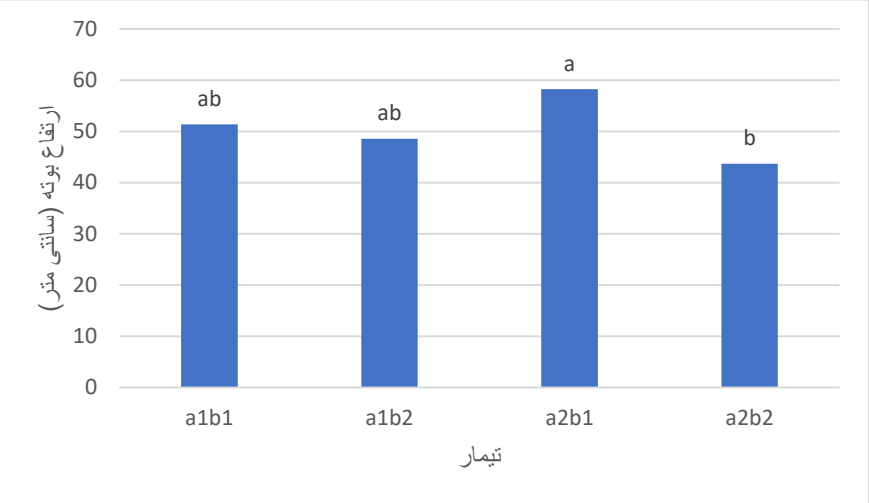
شکل ۲- مقایسه میانگین تیمارها برای تعداد چتر بوته زنیان در تیمارهای مختلف. در این شکل a1 و a2 به ترتیب کشت جداگانه زنیان و کشت مخلوط (زنیان و پیاز) و b1 و b2 به ترتیب دور آبیاری ۶ و ۱۲ روز را نشان می دهد.

همانند وزن بونه زنیان و تعداد چتر، میانگین تیمار کشت مخلوط و دور آبیاری ۶ روز بیشترین وزن دانه را در زنیان تولید نمود (شکل ۳). این نتایج نشان داد کشت مخلوط نه تنها باعث بهبود بیوماس زنیان بلکه باعث بهبود وزن دانه نیز می‌گردد. این دانش بومی که برتری آن در این پژوهش مورد تایید قرار گرفت بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد و در سایر نواحی که زنیان مورد کشت قرار می‌گیرد نیز استفاده شود.



شکل ۳- مقایسه میانگین تیمارها برای وزن بوته زنیان در تیمارهای مختلف. در این شکل a1 و a2 به ترتیب کشت جداگانه زنیان و کشت مخلوط (زنیان و پیاز) و b1 و b2 به ترتیب دور آبیاری ۶ و ۱۲ روز را نشان می دهد.

همانند صفات قبل، میانگین تیمار کشت مخلوط و دور آبیاری ۶ روز بیشترین ارتفاع بوته زنیان را ایجاد نمود و گم ترین ارتفاع مربوط به کشت جداگانه زنیان و دور آبیاری ۱۲ روز بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین تیمارها برای ارتفاع بوته زنیان در تیمارهای مختلف. در این شکل a1 و a2 به ترتیب کشت جداگانه زنیان و کشت مخلوط (زنیان و پیاز) و b1 و b2 به ترتیب دور آبیاری ۶ و ۱۲ روز را نشان می دهد.

نتیجه‌گیری: دور آبیاری ۶ روزه (b1) نسبت به دور آبیاری ۱۲ روزه (b2) در مورد تمام صفات مورد بررسی، به‌طور معنی‌داری برتری داشت و باعث بهبود عملکرد شد. کشت مخلوط زنیان و پیاز (a1) نسبت به کشت جداگانه زنیان (a2) کارایی بالاتری از خود نشان داد. این نتیجه مؤید دانش بومی کشاورزان منطقه نگار است که برهم‌کنش این دو محصول را باعث بهبود کارایی تولید می‌دانند. تیمار کشت مخلوط و دور آبیاری ۶ روزه (a2b1) بیشترین مقادیر را در صفات مورفولوژیکی زنیان تولید کرد. این تیمار بالاترین میزان وزن بوته، تعداد چتر، وزن دانه و ارتفاع بوته را در زنیان ایجاد نمود. کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کشت جداگانه زنیان با دور آبیاری ۱۲ روزه بود. این دانش بومی و برتری کشت مخلوط در این پژوهش تأیید شد و پیشنهاد می‌شود در سایر نواحی که زنیان کشت می‌شود، مورد توجه و استفاده قرار گیرد.

منابع

امیدبیگی، ر. ۱۳۷۹. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی، به‌نشر. جلد اول

درویش‌زاده، ر.، قلی‌نژاد، ا. و ابهری، ع. ۱۴۰۰. تنش خشکی و راهکارهای مقابله با آن در گیاهان زراعی. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*.17(67): 152-184 .

میریعقوب‌زاده، م. و خسروی، س.ا. ۱۳۹۹. مروری بر شاخص‌های خشکسالی و بررسی عملکرد آن‌ها. نشریه علوم و مهندسی آب. ۱۳(۴): ۴۵-۶۰

Goyal, S., Chaturvedi, V., Dhingra, G., Tanwar, S., Sharma, K., Singh, S. 2022. *Trachyspermum ammi: A review on traditional and modern pharmacological aspects.* Biological Sciences. 2(4): 45-60

The effect of irrigation intervals on growth and yield of intercropping Ajwain and Onion

Mostafa Shamseddini [1], Marzieh Etehadpour *[2], Asma Najarzadeh[3]

1-M.Sc. student, Department of Plant Productions, Shahid Bahonar University of kerman
2- Associate Professor, Department of Plant Productions, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran
3- Laboratory Specialist, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

* Corresponding author email:etehadpour@uk.ac.ir

Abstract

This study aimed to investigate the effect of irrigation intervals on the growth and yield of intercropping Ajwain (*Trachyspermum ammi*) and Onion (*Allium cepa*) in the water-scarce region of Negar (Kerman Province, Iran). Given that Iran is a dry country where a large portion of water resources is consumed in agriculture, and considering concerns about chemical pollution, the use of drought-tolerant medicinal plants as suitable alternatives is of great importance. Ajwain is a medicinal plant with multiple therapeutic properties (such as relieving stomach bloating and alleviating pain) and exhibits high tolerance to soil salinity and alkalinity. Therefore, its widespread cultivation can serve as a suitable substitute for water-intensive crops.

Materials and Methods: The experiment was conducted in spring 2024 in Negar region. A split-block design with three replications was employed. Experimental factors included cropping type (A) at two levels (a1: intercropping with onion, a2: sole cropping of Ajwain) and irrigation interval (B) at two levels (b1: six-day interval, b2: twelve-day interval). To avoid negative effects of chemical inputs on the quality of active compounds, alternative practices such as manual weeding were applied.

Results and Discussion: Analysis of variance revealed that the irrigation factor had a significant effect on all morphological traits. The six-day irrigation interval (b1) significantly outperformed the twelve-day interval (b2) across all studied traits, leading to improved yield. Intercropping Ajwain with onion (a2) showed higher efficiency compared to sole cropping (a1). This finding supports the indigenous knowledge of farmers in Negar, who believe that the interaction between these two crops enhances production efficiency. The intercropping treatment with six-day irrigation (a2b1) produced the highest values in Ajwain morphological traits, including plant weight, number of umbels, seed weight, and plant height. The lowest plant height was observed in sole cropping of Ajwain under twelve-day irrigation.

Conclusion: Intercropping not only improved Ajwain biomass but also significantly increased seed weight. This study confirmed the indigenous knowledge and superiority of intercropping, and it is recommended that this practice be considered and applied in other regions where Ajwain is cultivated.

Keywords: Ajwain (*Trachyspermum ammi*), Morphology, Intercropping, stress

امکان استفاده از هالوفیت های فلور ایران به عنوان گیاه دارویی

محمد کافی[1]، نازنین میری[2]، راضیه نودهی[3]

۱. استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده مهندسی کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده

هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که به دلیل سازگاری طبیعی با محیط‌های دارای شوری بالا، توانایی تولید طیف وسیعی از متابولیت‌های ثانویه ارزشمند را دارند. این سازگاری موجب انباشت ترکیبات فعالی همچون فنولیک‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ساپونین‌ها و ترپنوئیدها می‌شود که نقش مهمی در فعالیت‌های زیست‌دارویی ایفا می‌کنند. با این حال، مشابه داروهای رایج، این ترکیبات در مقادیر بالا می‌توانند اثرات ضدتغذیه‌ای نیز ایجاد کنند و این مهم باید مورد توجه قرار گیرد. ایران با برخورداری از اکوسیستم‌های شور گسترده در نواحی ساحلی، بیابانی و مرکزی، تنوع قابل توجهی از هالوفیت‌ها را در خود جای داده است. مرور مطالعات نشان می‌دهد که گونه‌های متعددی از خانواده‌های Chenopodiaceae، Amaranthaceae، Plumbaginaceae و Asteraceae دارای خواص دارویی قابل‌توجهی هستند و اثراتی نظیر فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی، ضدمیکروبی و تنظیم‌کنندگی فرآیندهای متابولیک از خود بروز می‌دهند. همچنین کاربرد درمانی برخی از این گیاهان در نظام‌های سنتی مختلف، اهمیت زیست‌فعالی آن‌ها را تأیید می‌کند نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که هالوفیت‌های بومی ایران، با تنوع زیستی چشمگیر و توان بالای تولید ترکیبات فعال، ظرفیت بالایی برای توسعه داروهای طبیعی، مکمل‌های سلامت و فرآورده‌های درمانی نوآورانه دارند و می‌توانند به‌عنوان منابع مهم و آینده‌دار در گسترش داروهای گیاهی و استخراج مواد موثره مبتنی بر سازگاری با اکوسیستم‌های تحت تنش شوری مطرح شوند.

کلمات کلیدی: اکوسیستم‌های شور، زراعت هالوفیت‌ها، زیست دارویی، متابولیت ثانویه

مقدمه

رشد پیش‌بینی‌شده جمعیت جهان تا حدود ۹,۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ باعث افزایش چشمگیر تقاضا برای مواد غذایی و ترکیبات حاصل از گیاهان خواهد شد؛ نیازی که با شیوه‌های سنتی کشاورزی قابل تأمین نیست (Barkla et al., 2024). هم‌اکنون حدود ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان درجاتی از شوری را تجربه می‌کنند و مجموع زمین‌های شور به حدود ۱۱۲۵ میلیون هکتار می‌رسد. حدود ۲۰ درصد این اراضی تحت آبیاری قرار دارند و در مناطق خاورمیانه، آمریکای شمالی و اقیانوسیه این مقدار تا ۳۰ درصد نیز گزارش شده است (Liu & Wang, 2021). خاک‌های شور به سه دسته شامل مرداب‌های شور ساحلی، اراضی شور درون‌سرزمینی و خاک‌های شور ناشی از آبیاری تقسیم می‌شوند؛ دو مورد نخست منشأ طبیعی و نوع سوم منشأ انسانی دارد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰ بیش از نیمی از خاک‌های جهان ممکن

[1] - نویسنده مسئول: Email: m.kafi@um.ac.ir

است درجاتی از شوری را نشان دهند. سالانه حدود ۱,۵ میلیون هکتار زمین بر اثر شور شدن از چرخه تولید خارج و حدود ۵۰ میلیون هکتار با کاهش عملکرد مواجه می‌شود.

تحمل شوری در گیاهان هر چند طیفی پیوسته دارد ولی در دو گروه کلی گلایکوفیت‌ها (گیاهان حساس به شوری) و هالوفیت‌ها (گیاهان مقاوم یا دوست‌دار نمک) تقسیم‌بندی می‌شود. هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که به‌صورت طبیعی در زیستگاه‌های شور رشد می‌کنند و قادرند در محیط‌هایی با غلظت نمک حدود ۲۰۰ میلی‌مول یا بیشتر زنده مانده و چرخه زندگی خود را کامل کنند. این گیاهان حدود دو درصد از کل گونه‌های گیاهی کره زمین را تشکیل می‌دهند. توانایی چشمگیر آن‌ها برای بقا در شرایط تنش شدید شوری به‌دلیل سازوکارهای فیزیولوژیکی و مولکولی ویژه‌ای نظیر تقسیم‌بندی یونی، تنظیم اسمزی، گوشتی شدن بافت‌ها، سیستم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی، حفظ هموستازی اکسیداسیون و احیا، و تنظیم بیان ژن‌های مرتبط با حذف یا تجمع نمک است(Mann et al., 2023).

هالوفیت‌ها افزون بر سازگاری با تنش شوری، از منظر دارا بودن ترکیبات فیتوشیمیایی نیز حائز اهمیت هستند. متابولیت‌های ثانویه تولیدشده در این گیاهان در پاسخ به تنش‌های محیطی و دفاعی، دارای اثرات بیولوژیکی و پتانسیل درمانی در برابر بیماری‌های واگیر و غیرواگیر از جمله عفونت‌های میکروبی، تنش اکسیداتیو، اختلالات متابولیک و سرطان هستند. این گیاهان منابع بالقوه ترکیبات فعالی مانند آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، ایریدوئیدها، استرول‌ها، ترپنوئیدها، روغن‌های فرار و ترکیبات تلخ محسوب می‌شوند(Mann et al., 2023). اهمیت هالوفیت‌ها و سایر گیاهان دارویی به‌ویژه در جوامع سنتی و در مناطق دارای محدودیت دسترسی به داروهای مدرن دوچندان می‌شود. از این‌رو، استفاده از هالوفیت‌ها به‌عنوان راهکاری پایدار در کشاورزی شور مورد توجه ویژه قرار گرفته است (Barkla et al., 2024). این گیاهان حاوی ترکیباتی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدتکثیرمیکروبی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی، برای کمک به درمان بیماری‌های مزمن از جمله عفونت‌های باکتریایی، بیماری‌های قلبی- عروقی، و سرطان فراهم می‌کنند (Atzori, et al., 2025) در این راستا، بخش‌های مختلف گیاه مانند برگ‌ها، ساقه‌های جوان، بذرها، جوانه‌های گل، ریشه و میوه هالوفیت‌ها از نظر دارویی و تغذیه‌ای قابل استفاده‌اند (Lombardi et al., 2022).

تنوع و پراکنش گیاهان شورزیست و مقاوم به شوری در ایران

در ایران شوری خاک و آب به‌ویژه با توجه به اقلیم عمدتاً خشک و نیمه‌خشک کشور نگران کننده است. از ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت ایران، تنها ۱۸,۲ میلیون هکتار زیر کشت قرار دارد که شامل ۱۶,۱ میلیون هکتار اراضی قابل کشت گیاهان یک ساله و ۱,۲ میلیون هکتار زیر کشت گیاهان چند ساله است؛ بااین‌حال تنها ۸,۵ میلیون هکتار از این اراضی تحت آبیاری بوده و ۲,۲ میلیون هکتار آن به‌صورت آیش نگهداری می‌شود. با وجود افزایش سطح اراضی زراعی از سال ۱۳۶۸، این مقدار تنها ۱۱ درصد کل سطح کشور را تشکیل می‌دهد. حدود نیمی از اراضی آبی کشور تحت تأثیر درجات مختلف شوری قرار دارند و گسترده‌ترین مناطق شور در نواحی مرکزی ایران متمرکز شده‌اند، جایی که کاهش عملکرد محصولات کشاورزی بیش از ۵۰ درصد گزارش شده است. با توجه به محدودیت منابع آب و خاک، ادامه این روند تهدیدی جدی برای پایداری تولید غذایی کشور محسوب می‌شود(Qureshi et al., 2007).

براساس جدیدترین فهرست منتشرشده ، تعداد گیاهان شورزیست و گیاهان مقاوم به شوری در ایران در حدود ۴۶۰ گونه گزارش شده است که از این تعداد ۳۲ گونه (در حدود ۷٪) انحصاری ایران هستند و بیشتر آن‌ها عضو خانواده

تاج‌خروسیان می‌باشند. ۲۳ گونه انحصاری و ۲۱ گونه نیمه‌انحصاری (شامل گونه‌هایی از خانواده تاج‌خروسیان و گز فقط در ایران و برخی از کشورهای همسایه قرار دارند. از نظر تیپ‌های جغرافیای گیاهی، بخش بزرگی از این گونه‌ها (در حدود ۳۸/۹٪) متعلق به منطقه ایران-تورانی است. این غنای گونه‌ای وتوزیع جغرافیایی نشان می‌دهد که ایران از مراکز مهم تنوع شورزیستان در جهان است (Asri, 2025).

به‌طور کلی در میان خانواده‌های گیاهی، خانواده تاج‌خروسیان با ۴۱ جنس و ۱۵۳ گونه گیاهی بیشترین تنوع را دارد و پس از آن خانواده گندمیان، با دارا بودن ۲۹ جنس و ۵۶ گونه و خانواده گز با دو جنس و ۳۴ گونه گیاهی قرار دارند. بیشترین تعداد گونه‌در یک جنس متعلق به گز (۲۸ گونه گیاهی)، سیاه‌شور (۱۷ گونه گیاهی) و ماچوهه (۱۵ گونه گیاهی) است. این ترکیب جنس‌ها نشان‌دهنده تنوع اکولوژیک و روش‌های تطبیقی مختلف با محیط‌های شور است؛ به‌طور مثال، جنس گز به‌طور معمول در زیستگاه‌های خشک‌تر و خاک‌های سنگین‌تر یافت می‌شود، اما ماچوهه در حاشیه تالاب‌ها و خاک‌های شنی شور رشد می‌کند (Asri, 2025).

ترکیبات فعال زیستی هالوفیت‌ها

استفاده از هالوفیت‌ها به عنوان گیاهان خوراک انسان و دام نیازمند بررسی‌های دقیق است، زیرا تحمل شوری شدید ممکن است منجر به انباشت مقادیر بالای فلزات سنگین دراین گیاهان شود. به عنوان مثال، چندین گونه از جنس سالیکرنیا قابلیت جذب قابل توجهی برای فلزات سنگین مانند آرسنیک(As) ، کادمیوم(Cd) ، مس(Cu) ، سرب (Pb) و جیوه (Hg) دارند و به همین دلیل در احیای مرداب‌های شور مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Atzori et al., 2025).

هالوفیت‌ها حاوی ترکیبات فعال زیستی متنوعی هستند که شامل متابولیت‌های اولیه مانند آمینواسیدها، پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدهای بیواکتیو، لیپیدها و لیگنین، و همچنین فیبرهای غذایی و مواد معدنی مانند Mg ، Ca، Fe و K می‌شوند. این ترکیبات، به ویژه پروتئین‌ها، پپتیدها و پلی‌ساکاریدهای تعدیل‌کننده ایمنی، نقش مهمی در اثرات درمانی گیاهان دارند و می‌توانند توضیح‌دهنده کاربردهای سنتی آن‌ها در درمان بیماری‌ها، از جمله سرطان باشند(Im et al., 2006).

ترکیبات ثانویه یا فیتوشیمیایی شامل آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، فنول‌ها، کینون‌ها، تانن‌ها، ترپنوئیدها، استروئیدها، ساپونین‌ها و کومارین‌ها هستند که دارای اهمیت دارویی و بیولوژیکی می‌باشند. مقدار این ترکیبات به زیستگاه گیاه و شرایط محیطی بستگی دارد و دسته‌بندی آن‌ها اغلب بر اساس مسیرهای بیوسنتزی شامل فنول‌ها، ترپنوئیدها و استروئیدها و آلکالوئیدها انجام می‌شود (Bodas et al., 2012).

فنول‌ها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های مهم شناخته می‌شوند و توانایی حذف رادیکال‌های آزاد را دارند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها به تعداد گروه‌های هیدروکسیل و ساختار مولکولی مرتبط است. ترکیباتی مانند کاتچین‌ها و دیمرهای اسید فرولیک، ظرفیت بالای حذف رادیکال‌های آزاد سوپراکسید را دارند و می‌توانند در پیشگیری از آسیب سلولی، اختلالات متابولیک، سرطان و بیماری‌های نورودژنراتیو نقش داشته باشند

مسیرهای آنزیمی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز می‌توانند رادیکال‌های آزاد را خنثی کنند، اما در برخی شرایط کافی نیستند و استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های تغذیه‌ای غیرآنزیمی ضروری است. مصرف رژیم‌های غذایی مبتنی بر گیاهان می‌تواند وضعیت متابولیک بیماران، به‌ویژه بیماران مبتلا به دیابت ملیتوس را بهبود بخشد، جایی که افزایش استرس اکسیداتیو و التهاب مزمن مشاهده می‌شود(Unguriano et al., 2019). ترکیبات گیاهی حاوی آنتی‌اکسیدان‌ها قادر به افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی سرم و بهبود وضعیت ردوکس و عملکرد HDL هستند.

فلاونوئیدها که بیش از ۵۰۰۰ نوع از آن‌ها شناسایی شده، خانواده‌ای بزرگ از ترکیبات پلی‌فنولی هستند و شامل زیرگروه‌هایی مانند فلاوان-۳-اول، فلاونول‌ها، فلاوانون‌ها، فلاون‌ها، ایزوفلاون‌ها و فلاونول‌های گلیکوزیله می‌شوند. این ترکیبات، منبع مهمی از آنتی‌اکسیدان‌ها در رژیم غذایی انسان هستند و اثرات ضد سرطان و محافظت در برابر بیماری‌هایی مانند آترواسکلروز را نشان داده‌اند. لوتئولین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی، اثرات ضدسرطانی قدرتمندی دارد (Giordano et al., 2021).

مطالعات همچنین نشان می‌دهند که ترکیبات گلوکوپیرانوزید مشتق از *S. herbacea* به عنوان عوامل ضد چاقی عمل کرده و تجمع چربی در بدن را کاهش می‌دهند. با وجود گستره وسیع ترکیبات زیست فعال کلیدی در هالوفیت‌ها، نیاز به تحقیقات بالینی بیشتر وجود دارد تا میزان و ترکیب این ترکیبات در گونه‌های خاص مشخص شود و اثرات زیست دارویی آن‌ها بر سلامت و بیماری به‌طور دقیق ارزیابی گردد(kim et al., 2009).

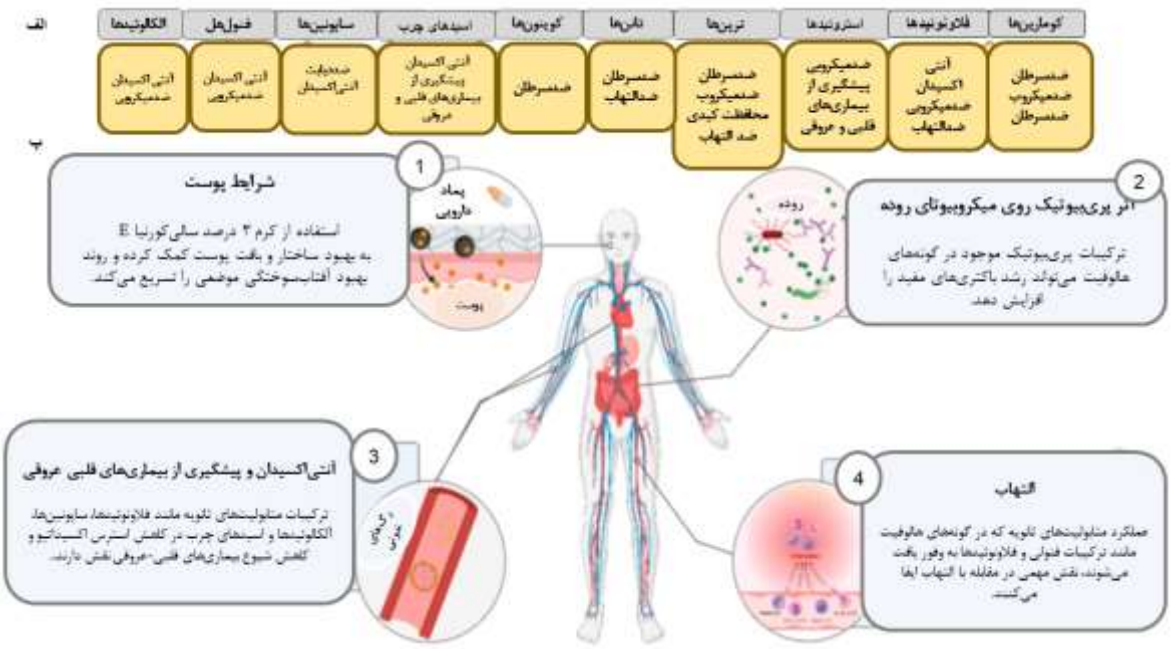
ترکیبات ثانویه و کاربردهای غذا دارویی هالوفیت‌ها

گیاهان خوراکی وحشی منابع مهمی از ترکیبات ضروری برای رژیم غذایی انسان، شامل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و همچنین ترکیبات جزئی مانند فنول‌ها، ویتامین‌ها و کاروتنوئیدها هستند. حضور فنول‌ها در این گیاهان ممکن است اثر پیشگیرانه در برابر پیری و استرس‌های اکسیداتیو داشته باشد. استفاده از فیتوشیمیایی‌ها اغلب بر کاربرد غذا دارو تمرکز دارد و اثرات دارویی آن‌ها شامل فعالیت‌های محافظت عصبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد درد، تعدیل ایمنی، ضد میکروبی، ضد دیابت و محافظت‌کننده قلبی است (Balkrishna er al., 2020)

مکانیسم‌های محافظت عصبی و آنتی‌اکسیدانی به سطح بالای آنتی‌اکسیدان‌ها مانند کوئرستین و اسید کلروژنیک نسبت داده می‌شود، که قادر به حذف مؤثر گونه‌های فعال اکسیژن مانند هیدروژن پراکسید هستند. این ترکیبات نه تنها فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند، بلکه با فعال‌سازی مسیر سیگنالینگ Nrf2، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را تحریک کرده و از آسیب سلول‌های عصبی ناشی از ROS محافظت می‌کنند. فعال شدن Nrf2 همچنین در فرآیندهای ضدالتهابی نقش دارد و می‌تواند از بیماری‌های مزمن ریه و کبد، اختلالات خودایمنی، تخریب کننده اعصاب، متابولیک و حتی آغاز سرطان محافظت کند . (Giordano et al., 2021)

کاربردهای ضد پیری و محافظتی ترکیبات مشتق از هیدروکسی‌سینامیک (HCAs) علاوه بر فعالیت‌های نورومحافظتی، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد کلاژناز، ضدالتهابی، ضد میکروبی و ضد تیروزیناز دارند و می‌توانند اثرات محافظتی در برابر اشعه UV ارائه دهند. به‌عنوان مثال، استخراج‌های آبی S. europaea می‌توانند از آسیب‌های UVB به پوست جلوگیری کرده و سلول‌های کراتینوسیت پایه‌ای را محافظت کنند. این ویژگی‌ها نشان می‌دهد که HCAs و مشتقات آن‌ها می‌توانند به‌عنوان

عوامل ضد پیری، ضدالتهابی، نگهدارنده و اصلاح‌کننده لکه‌های رنگی پوست مورد استفاده قرار گیرند (شکل۱) (Giordano et al., 2021).



شکل ۱: (الف) فرآیندهای فیزیولوژیکی اصلی که تحت تأثیر متابولیت‌های ثانویه هالوفیت‌ها قرار می‌گیرد (بیماری‌های قلبی-عروقی).

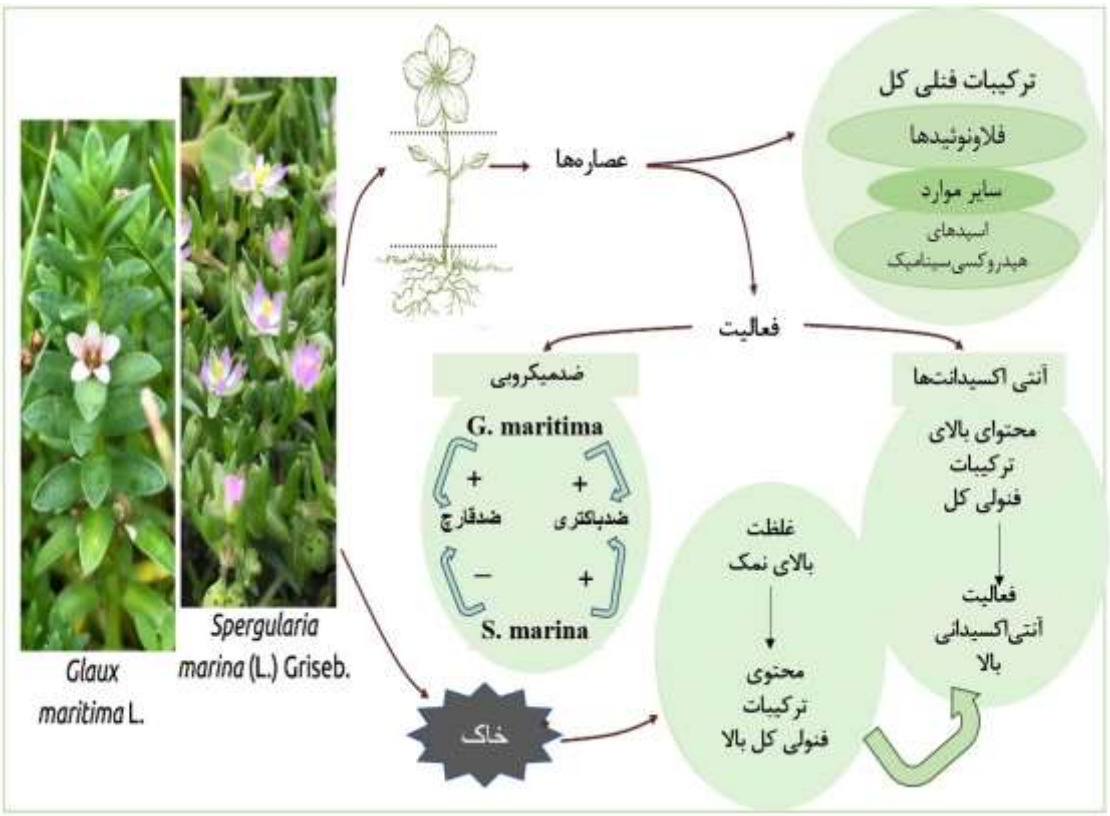
(ب): مکانیسم‌های زیست‌دارویی اصلی فعالیت‌های متابولیت‌های ثانویه هالوفیت‌ها

مطالعه ترکیبات درون‌سلولی با اثرات تغذیه‌ای و خواص دارویی در گیاهان هالوفیت

دامنه‌ی اثرات زیستی گیاهان هالوفیت بسیار گسترده است و شامل فعالیت‌های ضدباکتری، ضدقارچ، ضدویروس و ضدسرطان می‌شود. این گیاهان همچنین در طب سنتی برای درمان بیماری‌های مزمن کبد، کلیه و قلب از جمله یرقان، فشار خون بالا، دیابت، نارسایی و سنگ کلیه توسط جوامع محلی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Mann et al., 2023). با وجود این کاربردها، مستندسازی تاریخی استفاده از هالوفیت‌ها در طب سنتی محدود است. برای نمونه، روغن *Cynometra ramiflora* خاصیت ضدباکتریایی داشته و برای درمان مشکلات پوستی به‌کار می‌رود؛ *Salvadora persica*، *Salsola baryosma* و *S. kali* دارای اثرات ضدانگلی، محرک قاعدگی و ادرارآور هستند؛ *Tamarix articulata* در درمان اگزما، زخم، بواسیر، گلودرد، اسهال و اختلالات کبدی استفاده می‌شود و *Cress cretica* به عنوان محرک معده کاربرد (Mann et al., 2023) دارد. افزون بر این، پلی‌ساکاریدهای سولفاته استخراج‌شده از جلبک‌های شورزیست به‌عنوان مولکول‌های بالقوه برای مهار ویروس SARS-CoV-2 در دوران پاندمی COVID-19 معرفی شده‌اند (Mann et al., 2023) .

ترکیبات فنولیک، از جمله فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و تانن‌ها، نه تنها در حفاظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی و عوامل اکسیداتیو نقش دارند، بلکه فعالیت‌های بیولوژیکی متعددی از جمله ضدالتهاب، ضدسرطان و محافظت سلولی را نیز

نشان می‌دهند این خاصیت آنتی‌اکسیدانی و بیواکتیو این ترکیبات پایه‌ای برای اثرات ضدالتهابی و ضد میکروبی عصاره‌های هالوفیت‌ها مانند *Atriplex tripolium*، *Cakile maritimum* و *Salicornia europaea* فراهم می‌کند که در شکل۲ نمایش داده شده است. در این عصاره‌ها، ترکیبات ثانویه با مهار مسیرهای اکسیدانی و تنظیم پاسخ‌های ایمنی، فعالیت ضدالتهابی و ضد میکروبی ایجاد می‌کنند و می‌توانند به محافظت از گیاه و نیز ارائه پتانسیل دارویی برای انسان کمک کنند. با این حال، برخی از این ترکیبات مانند تانن‌ها و فیتات‌ها به دلیل توانایی در اتصال به پروتئین‌ها و فلزات، می‌توانند جذب مواد معدنی مهمی مانند آهن، روی و منیزیم را کاهش دهند و اثرات ضدمغذی نیز داشته باشند، که نشان‌دهنده تعادل پیچیده بین فواید بیولوژیکی و محدودیت‌های تغذیه‌ای این ترکیبات است (Pungin et al., 2022).



شکل ۲: فعالیت‌های ضدالتهابی و ضد میکروبی ترکیبات ثانویه در هالوفیت‌ها

افزون بر این، گیاهان هالوفیت طیف وسیعی از ترکیبات آلی فرّار (VOCs) تولید می‌کنند که در سیگنال‌دهی و دفاع گیاه نقش دارند. این ترکیبات شامل ایزوپرنوئیدها، فنل‌پروپانوئیدها و مشتقات اسیدهای چرب هستند و معمولاً به‌صورت روغن‌های اسانسی استخراج می‌شوند. روغن‌های اسانسی هالوفیت‌ها نه تنها موجب ایجاد عطر و طعم خاص می‌شوند، بلکه دارای فعالیت‌های ضدباکتری، ضدقارچ، ضدویروس، ضدتومور و آنتی‌اکسیدانی نیز هستند (Atzori et al., 2025).

در نتیجه، گونه‌های هالوفیت نه تنها به‌عنوان منابع بالقوه برای مقابله با تنش‌های محیطی، بلکه به‌عنوان گیاهان دارویی و خوراکی با ارزش نیز شناخته می‌شوند. این گیاهان غنی از ترکیبات زیست‌فعال شامل اسیدهای چرب غیراشباع ،کاروتنوئیدها، ویتامین‌ها، استرول‌ها، روغن‌های ضروری (ترپن‌ها)، پلی‌ساکاریدها گلیکوزیدها و ترکیبات فنولی هستند. ترکیبات مذکور

دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، ضدالتهابی و ضدتوموری هستند و نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌های مزمن نظیر سرطان، التهاب، آترواسکلروز و بیماری‌های قلبی‌عروقی ایفا می‌کنند (Ksouri et al., 2012).

کاربردهای تغذیه‌ای و دارویی هالوفیت‌ها به عنوان منبع ترکیبات زیست‌فعال و غذاهای عملکردی

تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که هالوفیت‌ها می‌توانند به‌عنوان منبعی نوظهور برای تولید محصولات سالم شامل غذاهای عملکردی (Functional Foods) ، غذا دارو (Nutraceuticals) و ترکیبات فعال زیستی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند. اهمیت این محصولات طبیعی سلامت‌بخش در ارتقای سلامت، کاهش خطر بروز بیماری‌ها و کاهش هزینه‌های درمانی به‌خوبی شناخته شده است(Ksouri et al., 2012) .

اصطلاح غذا دارو حدود دو دهه پیش برای توصیف پیوند میان تغذیه و داروسازی مطرح شد، دو حوزه‌ای که نقش حیاتی در سلامت انسان دارند، در حالی که مرز میان داروهای غذایی و غذاهای عملکردی همواره کاملاً مشخص نیست، تفاوت اصلی آن‌ها در نحوه مصرف است؛ دارو غذاها معمولاً به‌صورت کپسول، قرص یا ژل مصرف می‌شوند، در حالی که غذاهای عملکردی به‌صورت مواد غذایی معمولی در رژیم روزانه انسان گنجانده می‌شوند (Ksouri et al., 2012). متابولیت‌های فعال زیستی موجود در این گیاهان ممکن است نسبت به داروهای شیمیایی قدرت کمتری داشته باشند، اما مصرف منظم آن‌ها از طریق رژیم غذایی می‌تواند اثرات فیزیولوژیکی بلندمدتی بر سلامت انسان برجای گذارد (Ksouri et al., 2012). یکی از چالش‌های عمده در استفاده از داروهای غذایی طبیعی، تغییرپذیری ترکیبات فعال است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی (گونه و ژنوتیپ)، عوامل فیزیولوژیکی (مرحله رشد و اندام گیاهی) و محیطی (دما، شوری، شدت نور و نوع خاک) قرار دارد (Ksouri et al., 2012).

لیپیدها از ترکیبات طبیعی کلیدی در هالوفیت‌ها هستند که شامل چربی‌ها، موم‌ها، فسفولیپیدها، کاروتنوئیدها، استرول‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی مانندA ، D، E و K می‌شوند. این ترکیبات علاوه بر نقش ساختاری و متابولیکی، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی بوده و می‌توانند به‌عنوان اجزای ارزشمند در توسعه محصولات سلامت‌محور مورد استفاده قرار گیرند.(Ksouri et al., 2012)

در مناطق مدیترانه‌ای، شبه‌جزیره عربستان، جنوب‌غرب آسیا (از جمله پاکستان، هند و افغانستان) و شرق آسیا (به‌ویژه چین و تایلند)، هالوفیت‌ها قرن‌هاست که در طب سنتی برای درمان بیماری‌های عفونی و غیرعفونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نواحی مدیترانه شرقی، خانواده‌هایAmaranthaceae، Asteraceae، Chenopodiaceae، Apiaceae، Brassicaceae، Capparaceae، Plantaginaceae، Portulacaceae و Zygophyllaceae از مهم‌ترین گیاهان دارویی هستند که برای درمان بیماری‌های پوستی، تنفسی و گوارشی به کار می‌روند. در عربستان سعودی، گونه‌هایی مانند Ziziphus spina-christi و Calotropis proceraبیشترین کاربرد درمانی را دارند، در حالی که Datura stramonium و Withania somnifera نیز به طور گسترده مصرف می‌شوند. در سواحل دریای عرب و پاکستان، خانواده‌هایChenopodiaceae ، Capparidaceae، Amaranthaceae، Zygophyllaceae، Poaceae و Boraginaceae بیشترین تنوع گونه‌ای را دارند. گونه‌های *Solanum virginianum* و *Citrullus colocynthis* از پرکاربردترین گیاهان برای درمان اختلالات گوارشی، پوستی، تنفسی و کبدی محسوب می‌شوند. در چین نیز بیش از صد گونه هالوفیت در داروسازی سنتی استفاده می‌شوند که از میان آن‌ها Apocynum venetum، Astragalus membranaceus، Glycyrrhiza uralensisو Nitraria tangutorum از شناخته‌شده‌ترین هستند. در

تایلند نیز گونه‌های خانواده Fabaceae عمدتاً برای درمان تب، بیماری‌های پوستی و اختلالات گوارشی کاربرد دارند (Ferreira ..et al., 2022)

برخی از ترکیبات فنولی موجود در هالوفیت‌ها مانند کورستین و اسید کلروژنیک (CGA) دارای اثر محافظت عصبی هستند و از طریق حذف گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) از آسیب اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند. مسیر Nrf2–ARE نیز در این فرآیند نقش کلیدی دارد، زیرا با فعال‌سازی ژن‌های آنتی‌اکسیدانی موجب تنظیم پاسخ‌های ضدالتهابی و سیتوحفاظتی در سلول‌ها می‌شود. مشتقات اسیدهای هیدروکسی‌سینامیک (HCAs) نیز دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدکلاژنازی، ضد میکروبی و ضدتیروزینازی هستند و می‌توانند در محافظت پوست در برابر پرتو فرابنفش مؤثر باشند (Giordanu et al., 2021).

گیاه *Aster tripolium* (Syn. *Tripolium pannonicum*) از خانواده Asteraceae یکی از هالوفیت‌های خوراکی پرکاربرد در اروپا است که علاوه بر ارزش غذایی بالا، به‌عنوان سبزی خوراکی یا خوراک دام نیز استفاده می‌شود. این گیاه غنی از ترکیبات زیست‌فعال، به‌ویژه ایزومرهای اسید کلروژنیک (CGA) است که اثرات ضدالتهابی، ضدفشارخونی و افزایش حساسیت به انسولین مشابه داروی متفورمین نشان داده‌اند. هیدرولیز CGA منجر به تولید اسید کوئینیک و اسید کافئیک می‌شود که ترکیب دوم دارای خاصیت ضدباکتریایی قوی در برابر باکتری‌های گرم مثبت و منفی است (Giordanu et al., 2021).

مطالعات نشان داده‌اند که اسید کافئیک نسبت به سایر اسیدهای فنولی مانند p-کوماریک فعالیت ضدباکتریایی بیشتری دارد که این ویژگی احتمالاً به وجود گروه‌های هیدروکسیل اضافی در ساختار آن مربوط است. از آنجا که این ترکیب خاصیت چربی‌دوستی دارد، می‌تواند نفوذپذیری غشای سلولی باکتری را تغییر داده و در متابولیسم هوازی آن‌ها اختلال ایجاد کند، که این امر منجر به مرگ سلولی مستقیم می‌شود (Giordanu et al., 2021).

روغن‌های اسانسی استخراج‌شده از گونه *Crithmum maritimum* شامل ترکیبات فراری مانند لیمونن، β-پینن، سابینن، p-سیمن، γ-ترپینن، تیمول و کارواکرول هستند. ترکیبات زیست‌فعال اصلی این گیاه شامل اسیدهای هیدروکسی‌سینامیک و CGAاست که نقش مهمی در پاسخ‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌های محیطی و گونه‌های فعال اکسیژن دارند. مطالعات متعدد اثرات ضدالتهابی، ضدمیکروبی و کاهنده فشار خون CGA را تأیید کرده‌اند (Giordanu et al., 2021).

در گونه *Salicornia europaea* که در نواحی بسیار شور رشد می‌کند، مقادیر بالایی از فلاونوئیدها، ساپونین‌ها و آلکالوئیدها وجود دارد که موجب فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدتوموری، ضددیابتی و محافظت عصبی می‌شوند. گونه *Arthrocnemum macrostachyum* نیز دارای اثر مهاری وابسته به غلظت بر آزادسازی آنزیم ماتریکس متالوپروتئیناز-۱ (MMP-1) در فیبروبلاست‌های پیر است، در حالی که در گونه *Salicornia herbacea* ترکیب هسپرتین (Hesperetin) شناسایی شده است که با مهار مسیر MAPK و کاهش سیتوکین‌های التهابی مانند IL-1β وIL-6 ، در کاهش التهاب عصبی مرتبط با بیماری‌های عصبی نقش مؤثری دارد(Giordanu et al., 2021).

نتیجه‌گیری

هالوفیت‌ها به‌عنوان گروهی از گیاهان مقاوم به شوری، ظرفیت بالقوه‌ای برای بهره‌برداری از اراضی شور و قلیایی فراهم می‌آورند و می‌توانند نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار ایفا کنند. استفاده از این گیاهان نه‌تنها رویکردی کارآمد برای بازگرداندن کاربری اراضی غیرقابل‌کشت به شمار می‌رود، بلکه با اهداف زیست‌محیطی و توسعه سبز نیز هم‌راستا است. با این

وجود، بهره‌برداری مؤثر از منابع طبیعی هالوفیت‌ها مستلزم مدیریت دقیق، حفاظت از گونه‌های نادر و جلوگیری از برداشت بی‌رویه است تا پایداری زیست‌بوم‌های شور حفظ شود.

افزون بر کاربردهای زراعی، هالوفیت‌ها از منظر دارویی و زیست‌فناوری نیز ارزش قابل‌توجهی دارند. ترکیبات شیمیایی متنوع موجود در این گیاهان شامل فلاونوئیدها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و سایر متابولیت‌های ثانویه است که اثرات ضدباکتریایی، ضدویروسی و آنتی‌اکسیدانی آن‌ها به اثبات رسیده است. این ویژگی‌ها هالوفیت‌ها را به منبعی امیدبخش برای توسعه داروهای طبیعی و درمان‌های نوین در برابر بیماری‌های عفونی و غیرعفونی تبدیل کرده است.

از سوی دیگر، افزایش جهانی مقاومت میکروبی به داروهای متعارف، اهمیت جست‌وجوی ترکیبات ضدمیکروبی جدید با منشأ گیاهی را دوچندان کرده است. در این راستا، شناسایی و استخراج مولکول‌های زیست‌فعال از هالوفیت‌ها می‌تواند مسیر کشف داروهای جدید و کارآمد را هموار سازد. با این حال، دستیابی به این هدف نیازمند تحقیقات عمیق‌تر در زمینه روش‌های استخراج، خالص‌سازی، ارزیابی سمیت و کارآزمایی‌های بالینی است تا بتوان از پتانسیل واقعی این گیاهان در صنایع دارویی، غذایی و زیست‌محیطی بهره‌برداری کرد.

در مجموع، هالوفیت‌ها به‌عنوان منابعی چندمنظوره با توانایی سازگاری بالا، فرصت‌های جدیدی برای توسعه پایدار جوامع محلی در مناطق شور و نیمه‌خشک فراهم می‌کنند. گسترش مطالعات بین‌رشته‌ای در زمینه زیست‌فناوری، اصلاح ژنتیکی، کشاورزی و داروسازی می‌تواند آینده‌ای روشن برای استفاده از این گیاهان در بهبود امنیت غذایی و سلامت انسان رقم زند.

منابع

Asri, Y. 2025. A checklist of halophytes and salt-tolerant plants of Iran: characteristics, distribution and potential economic values. Rostaniha, *26*(1): 77-101.

Atzori, G., Garcia Caparros, P., Castagna, A., Custódio, L., Lazazzara, V., Madsen, C. K., Menicucci, F., Rodrigues, M. J., Solymosi, K., and Acosta Motos, J. R. 2025. Salt-induced nutritional and metabolic shifts in halophytes: implications for food security. Journal of the Science of Food and Agriculture. https://doi.org/10.1002/jsfa.70212.

Barkla, B. J., Farzana, T., and Rose, T. J. 2024. Commercial cultivation of edible halophytes: the issue of oxalates and potential mitigation options. Agronomy, *14*(2), 242.

Balkrishna, A., Thakur, P., and Varshney, A. 2020. Phytochemical profile, pharmacological attributes and medicinal properties of convolvulus prostratus–A cognitive enhancer herb for the management of neurodegenerative etiologies. Frontiers in Pharmacology. 11: 1663-9812

Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., and Giráldez, F.J. 2012. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. Animal Feed Science and Technology. 176, 78–93.

Ferreira, M. J., Pinto, D. C., Cunha, Â., and Silva, H. 2022. Halophytes as medicinal plants against human infectious diseases. Applied Sciences. 12(15), 7493

Giordano, R., Saii, Z., Fredsgaard, M., Hulkko, L. S. S., Poulsen, T. B. G., Thomsen, M. E., Henneberg, N., Zucolotto, S. M., Arendt-Nielsen, L., and Papenbrock, J. 2021. Pharmacological insights into halophyte bioactive extract action on anti-inflammatory, pain relief and antibiotics-type mechanisms. Molecules. *26*(11): 3140

Im, S.A., Kim, K., and Lee, C.K. 2006. Immunomodulatory activity of polysaccharides isolated from Salicornia herbacea. Intional Journal of Immunopharmacolgy 6: 1451–1458

Kim, Y.A., Kong, C.S., Um, Y.R., Lim, S.Y., Yea, S.S., Seo, Y. 2009. Evaluation of Salicornia herbacea as a potential antioxidant and anti-inflammatory agent. Journal of Medicinal Food. 12: 661–668.

Ksouri, R., Ksouri, W. M., Jallali, I., Debez, A., Magné, C., Hiroko, I., & Abdelly, C. 2012. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. Critical Reviews in Biotechnology. *32*(4): 289-326

Liu, L., and Wang, B. 2021. Protection of halophytes and their uses for cultivation of saline-alkali soil in China. Biology: 10(5): 353.

Lombardi, T., Bertacchi, A., Pistelli, L., Pardossi, A., Pecchia, S., Toffanin, A., & Sanmartin, C. 2022. Biological and agronomic traits of the main halophytes widespread in the Mediterranean region as potential new vegetable crops. Horticulturae. *8*(3):195

Mann, A., Lata, C., Kumar, N., Kumar, A., Kumar, A., & Sheoran, P. 2023. Halophytes as new model plant species for salt tolerance strategies. Frontiers in plant science. 14: 1137211

Qureshi, A. S., Qadir, M., Heydari, N., et al. (2007). A Review of Management Strategies for Salt-prone Land and Water Resources in Iran. International Water Management Institute, 30 p.

Pungin, A., Lartseva, L., Loskutnikova, V., Shakhov, V., Krol, O., Popova, E., Kolomiets, A., Nikolaeva, N., & Volodina, A. 2022. The content of certain groups of phenolic compounds and the biological activity of extracts of various halophyte parts of Spergularia marina (L.) Griseb. and Glaux maritima L. at different levels of soil salinization. Plants. 11(13): 173

Ungurianu, A.; ¸Seremet, O.; Gagniuc, E.; Olaru, O.T.; Gu¸tu, C.; Gradinaru, D.; Ionescu-Tirgovi¸ste, C.; Margin ˇ a, D.; D ˇ anciulescu- ˇ Miulescu, R. 2019. Preclinical and clinical results regarding the effects of a plant-based antidiabetic formulation versus well established antidiabetic molecules. Pharmacolical. Research. 150: 104522.

Potential Use of Halophytes in Iranian Flora as Medicinal Plants

Mohammad Kafi [1*], Nazanin Miri[2], Razieh Nodehi[2]

1- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2– Phd student in Crop Plant Physiology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3– Phd student in Crop Plant Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Engineering, Shahrood University of Technology

* Corresponding author email: m.kafi@um.ac.ir

Abstract

Halophytes are plants that thrive in high-salinity environments and accumulate a variety of secondary metabolites with notable bioactive potential. These metabolites such as phenolics, flavonoids, alkaloids, saponins, and terpenoids are responsible for multiple bio-pharmaceuticals effects. However, like conventional pharmaceuticals, excessive consumption of these substances can lead to antinutritional or toxic effects. Iran is characterized by extensive saline habitats that include coastal zones, deserts, and arid inland regions, which are home to a diverse flora of halophytes. Thorough analysis of phytochemical and pharmacological studies reveals that several species within the Chenopodiaceae, Amaranthaceae, Plumbaginaceae, and Asteraceae families exhibit significant bioactivities, such as antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, antimicrobial, and metabolic regulatory effects. Additionally, the historical and ethnomedicinal use of many halophytes highlights their intrinsic therapeutic significance. This evidence indicates that Iranian halophytes have considerable potential as valuable sources for developing phytopharmaceuticals, functional health products, and bioactive natural compounds, which could lead to innovative approaches in drug discovery for salinity-adapted plants.

Keywords: Bio-pharmaceuticals, Cultivation of halophytes, Saline Ecosystems, Secondary Metabolites,

بررسی اکولوژی، مکانیزاسیون و تولید و اصلاح گیاهان دارویی

طاهره چامه[1]، احسان اله زیدعلی[2]

۱-دانشجوی دکتری، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲-استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

گیاهان دارویی به‌عنوان منابع غنی ترکیبات زیست‌فعال، نقش مهمی در سلامت انسان و کشاورزی پایدار دارند. افزایش تقاضای جهانی برای محصولات باکیفیت، نیاز به رویکردهای تلفیقی مبتنی بر اکولوژی، اصلاح ژنتیکی و مکانیزاسیون را برجسته می‌کند. شرایط محیطی مانند دما، بارندگی، نوع خاک و تابش نور بر رشد و سنتز متابولیت‌های ثانویه تأثیرگذارند. مدیریت مزرعه از طریق انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم، تناوب زراعی بهینه و کنترل تنش‌های محیطی می‌تواند کیفیت ترکیبات فعال را افزایش دهد. مکانیزاسیون متناسب با نوع گیاه دارویی موجب افزایش بهره‌وری و ارتقای کیفیت محصول می‌شود و فناوری‌های هوشمند مانند حسگرهای محیطی مدیریت دقیق منابع را ممکن می‌سازند. با این حال، هزینه بالا، محدودیت فنی و کمبود آموزش مانع بهره‌برداری کامل از مکانیزاسیون و اصلاح ژنتیکی است. اصلاح ژنتیکی با روش‌هایی چون انتخاب ژنوتیپ، دورگ‌گیری و مارکرهای مولکولی، مقاومت به تنش و غلظت ترکیبات فعال را افزایش می‌دهد. تلفیق اکولوژی، اصلاح ژنتیکی هدفمند و مکانیزاسیون هوشمند، راهبردی مؤثر برای تولید پایدار و توسعه تجاری گیاهان دارویی است.

کلید واژه‌ها :اصلاح ژنتیکی، اکولوژی، تولید پایدار، گیاهان دارویی، ترکیبات فعال

مقدمه

گیاهان دارویی از مهم‌ترین منابع ترکیبات زیستی فعال‌اند و نقش اساسی در سلامت انسان و توسعه کشاورزی پایدار دارند. افزایش گرایش جهانی به محصولات طبیعی، نیاز به تولید سازگار با محیط‌زیست را تقویت کرده استشرایط اکولوژیکی مانند دما، ارتفاع و ویژگی‌های خاک بر سنتز متابولیت‌های ثانویه تأثیرگذارند (Pant *et al.,* 2021). اصلاح ژنتیکی با هدف افزایش عملکرد، مقاومت به تنش و بهبود ترکیبات فعال، بخش مهمی از برنامه‌های به‌نژادی را تشکیل می‌دهد. فناوری‌های نوین مانند بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک زمینه تولید ژنوتیپ‌های مقاوم را فراهم کرده‌اند ، هرچند نبود بانک‌های ژرم‌پلاسم جامع از چالش‌های اصلی است (Alami *et al.,* 2022؛ شکل- ۱). در کنار این عوامل، مکانیزاسیون نقش مهمی در افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه و بهبود کیفیت محصول دارد استفاده از ماشین‌آلات تخصصی در برداشت گیاهانی چون آویشن و نعناع موجب کاهش آسیب مکانیکی و حفظ کیفیت اسانس‌ها می‌شود (Kumar *et al.,* 2025؛ شکل- ۱). فناوری‌های جدید مانند آبیاری مکانیزه، خشک‌کن‌های صنعتی و حسگرهای هوشمند نیز پایداری ترکیبات دارویی را افزایش داده‌اند با این حال، هزینه بالا و کمبود آموزش‌های فنی مانع توسعه مکانیزاسیون در این حوزه است ازاین‌رو، پژوهش‌های میان‌رشته‌ای برای بررسی اثرات اکولوژیکی، اصلاحی و فنی ضروری است (Zhou *et al.,* 2024).

[1] **نویسنده مسئول:** t_chameh@yahoo.com

شکل۱- عوامل موثر بر اکولوژی، مکانیزاسیون و اصلاح گیاهان دارویی

۱- اکولوژی گیاهان دارویی

الف) تنوع زیستی و پراکنش طبیعی گیاهان دارویی ایران و جهان

تنوع زیستی گیاهان دارویی، رکن اساسی پایداری اکولوژیکی است. بیش از ۳۰ هزار گونه دارویی در جهان شناسایی شده که ۱۰ تا ۱۵ درصد پوشش گیاهی زمین را شامل می‌شوند، ایران با حدود ۲۵۰۰ گونه دارویی، از غنی‌ترین مناطق جهان در این حوزه است پراکنش این گیاهان تحت‌تأثیر عواملی مانند ارتفاع، pHخاک و دما قرار دارد (Zhang *et al.*, 2023). در سطح جهانی، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی مهم‌ترین تهدید برای تنوع گیاهان دارویی هستند نبود داده‌های ژنتیکی و نقشه‌های زیستگاه از چالش‌های حفاظت و مدیریت در ایران به شمار می‌رود (Sarker *et al.*, 2022).

ب- تأثیر عوامل محیطی بر رشد و متابولیت‌های ثانویه

عوامل محیطی چون نور، دما، بارندگی و ویژگی‌های خاک مسیرهای متابولیکی گیاه را تنظیم می‌کنند و بر کیفیت ترکیبات فعال اثرگذارند شدت نور زیاد باعث افزایش ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی و استرس آبی در مناطق خشک موجب افزایش آلکالوئیدها می‌شود (Qaderi *et al.*, 2023). نوع خاک و pH نیز در فعالیت آنزیم‌های متابولیک و تولید متابولیت‌های ثانویه نقش دارند. اگرچه داده‌های گسترده‌ای در این زمینه وجود دارد، بررسی اثر هم‌زمان چند عامل محیطی هنوز محدود است (Chaouqi *et al.*, 2023).

پ- اکولوژی تنش‌ها در گیاهان دارویی

گیاهان دارویی در برابر تنش‌هایی مانند خشکی، شوری و دما واکنش‌های فیزیولوژیکی متنوعی نشان می‌دهند که گاه منجر به افزایش متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Khan *et al.*, 2025). برای نمونه، تنش خشکی غلظت فلاونوئیدها را در نعناع افزایش می‌دهد. شوری نیز ضمن کاهش رشد، تولید آلکالوئیدها را تحریک می‌کند. با این حال، مکانیسم‌های مولکولی این پاسخ‌ها هنوز به‌طور کامل شناخته نشده‌اند و مطالعات تلفیقی بیشتری نیاز است (Tahmasebpour *et al.*, 2024).

ت- روابط اکولوژیکی و هم‌زیستی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی

گیاهان دارویی در جوامع گیاهی متنوعی رشد می‌کنند و تعاملات میان‌گونه‌ای مانند رقابت و همزیستی نقش مهمی در عملکرد آن‌ها دارد همزیستی با قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های ریزوسفری باعث بهبود جذب مواد مغذی، مقاومت به تنش و افزایش ترکیبات دارویی می‌شود(Zhao *et al.*, 2022). رقابت نیز می‌تواند تولید ترکیبات دفاعی را افزایش دهد کمبود

داده‌های بلندمدت درباره تأثیر این روابط بر کیفیت دارویی از چالش‌های پژوهشی این حوزه است (Fernandez *et al.*, 2016).

ث- اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش و کیفیت گیاهان دارویی

تغییرات اقلیمی با افزایش دما و کاهش بارندگی بر پراکنش، ترکیب و کیفیت گیاهان دارویی اثر منفی می‌گذارد. گونه‌های بومی و حساس در معرض جابه‌جایی ارتفاعی و کاهش جمعیت هستند. تلفیق مدیریت اکولوژیکی، بانک‌های ژرم‌پلاسم و کشاورزی حفاظتی می‌تواند اثرات منفی اقلیم را کاهش دهد. با این حال، اطلاعات جامع درباره اثر همزمان چند عامل اقلیمی هنوز محدود است(TakuBessi *et al.*, 2025).

ج- حفاظت منابع ژنتیکی و توسعه پایدار گیاهان دارویی خودرو

گیاهان دارویی خودرو منبع ژنتیکی ارزشمندی برای تولید گونه‌های مقاوم و باکیفیت محسوب می‌شوند حفاظت این منابع از طریق ذخیره‌سازی ژرم‌پلاسم و کشت کنترل‌شده، مانع از برداشت بی‌رویه و تخریب زیستگاه‌ها می‌شود در ایران شناسایی و حفظ جمعیت‌های بومی گیاهانی مانند زعفران وحشی و آویشن اهمیت ویژه‌ای دارد چالش‌هایی چون برداشت غیرمجاز، تغییر کاربری زمین و نبود پایگاه داده‌های ژنتیکی، مدیریت پایدار این منابع را محدود کرده است(Salgotra *et al.*, 2023).

۲ -تولید و اصلاح گیاهان دارویی

الف) اصول زراعت و کاشت گیاهان دارویی

اصول زراعت و کاشت، بنیان تولید پایدار گیاهان دارویی محسوب می‌شود. آماده‌سازی صحیح خاک، انتخاب بذر یا نشای سالم و زمان کاشت مناسب، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و سنتز متابولیت‌های ثانویه دارد. روش‌های اصلاح خاک از طریق شخم، افزودن مواد آلی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی، جوانه‌زنی و رشد اولیه را تسهیل می‌کند(Hao *et al.*, 2023). انتخاب بذر با کیفیت نیز موجب کاهش بیماری‌ها و افزایش عملکرد نهایی می‌شود. زمان کاشت متناسب با اقلیم، طول روز و نیاز نوری گیاه، بیشترین تأثیر را بر تولید ترکیبات فعال دارد(Mehriya *et al.*, 2022). علاوه بر این، تناوب زراعی مناسب با گیاهان غیرهم‌خانواده موجب حفظ حاصل‌خیزی خاک، کاهش آفات و افزایش پایداری تولید می‌شود. با وجود این، نبود دستورالعمل‌های منطقه‌ای دقیق، محدودیت بذرهای اصلاح‌شده و کمبود داده‌های بومی درباره زمان و روش کاشت، همچنان از چالش‌های اساسی تولید گیاهان دارویی است. در نتیجه، توسعه دستورالعمل‌های محلی و پژوهش‌های میدانی برای سازگاری اقلیمی ضروری است(Zhang *et al.*, 2023).

ب) تغذیه و آبیاری بهینه در تولید گیاهان دارویی

مدیریت تغذیه و آبیاری، نقش مستقیمی در رشد و کیفیت ترکیبات فعال دارد. استفاده متعادل از کودهای شیمیایی و آلی سبب افزایش رشد رویشی و تولید اسانس، فلاونوئید و فنول می‌شود. آبیاری قطره‌ای و کنترل‌شده، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، کیفیت اسانس را بهبود می‌بخشد (Albakry *et al.*, 2022). تحقیقات نشان داده‌اند که تعادل در کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌تواند غلظت ترکیبات فعال در آویشن و ریحان را افزایش دهد. استرس آبی ملایم نیز به‌عنوان یک عامل

تحریک‌کننده سنتز متابولیت‌های ثانویه شناخته شده است. در کنار این عوامل، استفاده از کودهای زیستی و میکروارگانیسم‌های مفید خاک باعث افزایش جذب عناصر غذایی و پایداری عملکرد می‌شود(Liang *et al.*, 2021). با این حال، اطلاعات جامع درباره تأثیر متقابل نوع خاک، کود و الگوی آبیاری در گونه‌های مختلف هنوز ناکافی است. بنابراین، طراحی الگوهای بهینه آبیاری و تغذیه متناسب با اقلیم‌های گوناگون، لازمه ارتقای کیفیت و پایداری تولید است(Heydarzadeh *et al.*, 2023).

پ) مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز

مدیریت آفات و بیماری‌ها در گیاهان دارویی باید با کمترین استفاده از سموم شیمیایی انجام گیرد تا کیفیت و ایمنی محصول حفظ شود. کاربرد کنترل بیولوژیک با استفاده از باکتری‌ها، قارچ‌ها و حشرات شکارگر، روش مؤثری برای کاهش جمعیت آفات بدون اثرات منفی زیست‌محیطی است همچنین، عصاره‌ها و روغن‌های طبیعی به‌عنوان جایگزین‌های مؤثر آفت‌کش‌های مصنوعی شناخته شده‌اند (Jiang *et al.*, 2023). رعایت تناوب زراعی، کنترل مکانیکی و مصرف کودهای آلی از اصول تولید ارگانیک است که موجب بهبود کیفیت اسانس و کاهش فشار آفات می‌شود. با وجود این، کمبود استانداردهای کاربردی، محدودیت مطالعات میدانی بلندمدت و ناپایداری برخی ترکیبات طبیعی از موانع توسعه مدیریت ارگانیک محسوب می‌شوندتدوین دستورالعمل‌های جامع برای کنترل زیستی آفات در گیاهان دارویی از نیازهای فوری این حوزه است (Greff *et al.*, 2023).

ت) برداشت، خشک‌کردن و نگهداری مواد گیاهی

زمان و روش برداشت تأثیر مستقیمی بر غلظت مواد مؤثره دارد. برداشت در مرحله گل‌دهی یا اندکی پیش از آن، معمولاً بیشترین میزان اسانس و آلکالوئید را فراهم می‌کند. پس از برداشت، خشک‌کردن در شرایط کنترل‌شده با دمای پایین و تهویه مناسب موجب حفظ ترکیبات فرّار و جلوگیری از تخریب حرارتی می‌شود. استفاده از خشک‌کن‌های صنعتی، کارایی و یکنواختی فرآیند را افزایش می‌دهد (Eapen *et al.*, 2025). بسته‌بندی در ظروف مقاوم به رطوبت و اکسیژن نیز برای حفظ کیفیت ضروری است. با این حال، فقدان استانداردهای بومی برای زمان برداشت، روش خشک‌کردن و نگهداری در اقلیم‌های مختلف، از محدودیت‌های موجود است توسعه فناوری‌های کم‌هزینه و قابل‌کاربرد در مقیاس مزرعه می‌تواند کیفیت نهایی محصول را ارتقا دهد(Rawat *et al.*, 2024).

ث) اصلاح گیاهان دارویی به روش‌های کلاسیک و نوین

اصلاح گیاهان دارویی با هدف افزایش عملکرد، مقاومت و غلظت ترکیبات فعال، از راهبردهای کلیدی تولید است. روش‌های کلاسیک مانند انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، دورگ‌گیری و جهش‌زایی شیمیایی، موجب تنوع ژنتیکی و بهبود صفات اقتصادی شده‌اند (Agrawal *et al.*, 2021). فناوری‌های نوین مانند کشت بافت و استفاده از نشانگرهای مولکولیSSR ، AFLP نیز شناسایی دقیق تنوع ژنتیکی و برنامه‌ریزی اصلاحی هدفمند را تسهیل کرده‌اند. با این حال، بسیاری از طرح‌های اصلاحی در سطح آزمایشگاهی باقی مانده‌اند و انتقال آن‌ها به شرایط مزرعه با چالش‌هایی چون هزینه، تطبیق اقلیمی و درک ناقص از تعامل ژنتیک و محیط مواجه است(Wawrosch *et al.*, 2021).

ج) به‌نژادی برای بهبود ترکیبات مؤثره و مقاومت به تنش‌ها

به‌نژادی هدفمند، ابزاری مؤثر برای افزایش غلظت متابولیت‌های ثانویه و مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی است. انتخاب ژنوتیپ‌های دارای اسانس بالا در گیاهانی مانند آویشن، ریحان و گاوزبان، کیفیت دارویی را به‌طور معنادار ارتقا داد است (Tohidi *et al.,* 2021). مطالعات مولکولی نیز ژن‌های مرتبط با مقاومت به خشکی، شوری و آفات را شناسایی کرده‌اند با وجود پیشرفت‌ها، محدودیت در بانک‌های ژنتیکی و نبود داده‌های میدانی بلندمدت درباره اثرات متقابل تنش‌ها، از چالش‌های اصلی این حوزه است تلفیق به‌نژادی و فناوری‌های نوین می‌تواند مسیر تولید پایدار و باکیفیت را هموار کند (Niazian *et al.,* 2023).

۳ -مکانیزاسیون گیاهان دارویی

الف) مکانیزاسیون عملیات کاشت و داشت

کاربرد ماشین‌آلات تخصصی در کاشت و داشت گیاهان دارویی موجب افزایش یکنواختی، کاهش هزینه و بهبود کیفیت محصول می‌شود. ماشین‌های کاشت دقیق بذر و نشاکارهای خودکار در گیاهانی مانند آویشن و ریحان، تراکم مطلوب و کاهش خسارت مکانیکی را به همراه دارند(Khater *et al.,* 2023). همچنین، وجین مکانیزه با تنظیم فاصله و ارتفاع کاری، مصرف انرژی و مواد شیمیایی را کاهش می‌دهد. چالش‌های اصلی شامل هزینه بالا، طراحی محدود برای گونه‌های حساس و کمبود آموزش‌های فنی است تحقیقات میدانی برای بهینه‌سازی ماشین‌آلات متناسب با ویژگی‌های هر گیاه ضروری است(Xiang *et al.,* 2024).

ب) فناوری‌های نوین آبیاری و تغذیه هوشمند

ادغام حسگرهای رطوبت خاک، پهپادها و سامانه‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء، مدیریت دقیق منابع آب و مواد غذایی را ممکن ساخته است. این فناوری‌ها مصرف آب را تا ۳۰٪ کاهش داده و کیفیت اسانس را افزایش می‌دهند (Vallejo-Gomez *et al.,* 2023). پهپادهای مجهز به تصویربرداری طیفی نیز وضعیت سلامت گیاه را به‌صورت بلادرنگ ارزیابی می‌کنند. با وجود این مزایا، هزینه بالا، نیاز به آموزش تخصصی و کمبود استانداردهای اجرایی از چالش‌های توسعه این فناوری‌هاست بومی‌سازی سامانه‌های هوشمند برای گونه‌ها و اقلیم‌های مختلف ضروری است (Kouadio *et al.,* 2023).

پ) مکانیزاسیون برداشت و کاهش تلفات پس از برداشت

برداشت دقیق و به‌موقع از مهم‌ترین عوامل حفظ کیفیت مواد مؤثره است. استفاده از ماشین‌های برداشت حساس به ساختار بافتی در گونه‌هایی مانند آویشن، ریحان و گل گاوزبان، موجب کاهش آسیب و حفظ اسانس می‌شود. فناوری‌های نیمه‌مکانیزه با سنجش رنگ و رطوبت اندام‌های گیاه، کیفیت پس از برداشت را بهبود می‌دهند (Hazrati *et al.,* 2024). با این حال، بیشتر ماشین‌ها برای مقیاس کوچک طراحی شده‌اند و مطالعات اندکی درباره اثر مکانیزاسیون بر کیفیت بلندمدت ترکیبات دارویی وجود دارد. توسعه ماشین‌های چندمنظوره برای گونه‌های حساس، از اولویت‌های آینده است (Qingxu *et al.,* 2022).

ت) خشک‌کردن، فرآوری و بسته‌بندی مکانیزه

خشک‌کردن و فرآوری مکانیزه از مراحل کلیدی در زنجیره ارزش گیاهان دارویی است. استفاده از خشک‌کن‌های خورشیدی، هوای گرم و مادون قرمز موجب حفظ ترکیبات فنولی و اسانس‌ها می‌شود (Xu *et al.,* 2022). همچنین، آسیاب، غربال و بسته‌بندی خودکار با کنترل رطوبت و اکسیژن، کیفیت و ماندگاری محصول را ارتقا می‌دهد. با وجود مزایا، هزینه بالا و کمبود استانداردهای عملی برای انتخاب فناوری مناسب بر اساس نوع گیاه و حجم تولید، مانع گسترش این سیستم‌هاست (Marcelino *et al.,* 2023).

ث) فناوری‌های پس از برداشت و کنترل کیفیت

استفاده از روش‌های تحلیلی پیشرفته مانند کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی مادون قرمز، کنترل دقیق کیفیت اسانس‌ها و ترکیبات فعال را ممکن ساخته است. همچنین، حسگرهای نانویی و سیستم‌های خودکار آنالیز ترکیبات، سرعت و دقت پایش را افزایش داده‌اند(Zorpeykar *et al.,* 2022). رعایت استانداردهایGMP ، WHOو ISO برای اطمینان از ایمنی و صادرات الزامی است. با این حال، هزینه بالا و نبود زیرساخت‌های فنی در مزارع کوچک از چالش‌های اجرایی محسوب می‌شود (Parameswari *et al.,* 2024).

ج) ارزیابی اقتصادی و بهینه‌سازی مکانیزاسیون

ارزیابی اقتصادی مکانیزاسیون، راهنمایی مؤثر برای تصمیم‌گیری در کشاورزی دارویی است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که استفاده از ماشین‌آلات کاشت تا فرآوری، موجب کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری تا ۲۵٪ می‌شود. آموزش و ترویج فناوری‌های بومی، پذیرش و بهره‌وری را افزایش می‌دهد(Ranabhat *et al.,* 2025). با این وجود، محدودیت منابع مالی، مقاومت فرهنگی و نبود آموزش‌های عملی، مانع استفاده گسترده از فناوری‌های نوین است. برنامه‌ریزی اقتصادی و حمایت دولتی می‌تواند توسعه مکانیزاسیون در گیاهان دارویی را تسریع کند(Ersen *et al.,* 2024).

نتیجه‌گیری

تولید پایدار گیاهان دارویی نیازمند رویکردی تلفیقی میان اکولوژی، اصلاح ژنتیکی و مکانیزاسیون هوشمند است. به‌کارگیری فناوری‌های نوین در مدیریت مزرعه، اصلاح ژنوتیپ‌ها و فرآوری صنعتی، علاوه بر افزایش کیفیت ترکیبات فعال، موجب کاهش ضایعات و حفاظت از منابع طبیعی می‌شود. توسعه فناوری‌های بومی، آموزش فنی و حمایت اقتصادی از کشاورزان، مسیر حرکت به‌سوی کشاورزی دارویی پایدار و مبتنی بر دانش را هموار می‌کند.

منابع

Agrawal, L., & Kumar, M., 2021. Improvement in ornamental, medicinal, and aromatic plants through induced mutation. J Appl Biol Biotechnol, 9(4), 162-169.

Alami, M. M., Ouyang, Z., Zhang, Y., Shu, S., Yang, G., Mei, Z., & Wang, X., 2022. The current developments in medicinal plant genomics enabled the diversification of secondary metabolites' biosynthesis. International journal of molecular sciences, 23(24), 15932.

Albakry, A., & Sakara, H., 2022. Productivity of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) as Influenced by Organic and Biological Fertilizers. Middle East Journal of Agriculture Research, 11(02), 574-582.

Chaouqi, S., Moratalla-López, N., Alonso, G. L., Lorenzo, C., Zouahri, A., Asserar, N., ... & Guedira, T., 2023. Effect of soil composition on secondary metabolites of moroccan saffron (*Crocus sativus* L.). Plants, 12(4), 711.

Eapen, A. S., Bhosale, Y. K., & Roy, S., 2025. A Review on Novel Techniques Used for Drying Medicinal Plants and Its Applications. International Journal of Biomaterials, 2025(1), 4533070.

Ersen, N., 2024. Assessment of medicinal and aromatic plants' contribution to the country's economy by hybrid multi-criteria decision-making approach: The case of Turkey. Journal of Agricultural Sciences, 30(2), 304-316.

Fernandez, C., Monnier, Y., Santonja, M., Gallet, C., Weston, L. A., Prévosto, B., ... & Bousquet-Mélou, A., 2016. The impact of competition and allelopathy on the trade-off between plant defense and growth in two contrasting tree species. Frontiers in plant science, 7, 594.

Greff, B., Sáhó, A., Lakatos, E., & Varga, L., 2023. Biocontrol activity of aromatic and medicinal plants and their bioactive components against soil-borne pathogens. Plants, 12(4), 706.

Hao, D. C., Li, C. X., Xiao, P. G., Xie, H. T., Bao, X. L., & Wang, L. F., 2023. Conservation tillage in medicinal plant cultivation in China: what, why, and how. Agronomy, 13(7), 1890.

Hazrati, S., Mousavi, Z., & Nicola, S., 2024. Harvest time optimization for medicinal and aromatic plant secondary metabolites. Plant Physiology and Biochemistry, 212, 108735

Heydarzadeh, S., Arena, C., Vitale, E., Rahimi, A., Mirzapour, M., Nasar, J., ... & Gitari, H., 2023. Impact of different fertilizer sources under supplemental irrigation and rainfed conditions on eco-physiological responses and yield characteristics of dragon's head (Lallemantia iberica). Plants, 12(8), 1693.

Jiang, M., Wang, T., Simal-Gandara, J., Siddaiah, C. N., Dai, X., Chen, J., ... & Kong, Z., 2023. Overview of the control of plant fungal pathogens by natural products derived from medicinal plants. Plant Protection Science, 59(4), 303-316

Khan, A., Kanwal, F., Ullah, S., Fahad, M., Tariq, L., Altaf, M. T., ... & Zhang, G., 2025. Plant secondary metabolites—Central regulators against abiotic and biotic stresses. Metabolites, 15(4), 276.

Khater, A. E., Ali, T. H., AbdelMohsen, K. H., Azab, A. E., & Hamed, A. R., 2023. Design and manufacture of a handy tool for transplanting the medicinal and aromatic seedling. Mukt Shabd Journal, 12, 385-406.

Kouadio, L., El Jarroudi, M., Belabess, Z., Laasli, S. E., Roni, M. Z. K., Amine, I. D. I., ... & Lahlali, R., 2023. A review on UAV-based applications for plant disease detection and monitoring. Remote Sensing, 15(17), 4273

Kumar, V., Zadokar, A., Kumar, P., Sharma, R., Sharma, R., Siddiqui, M. W., ... & Chandora, R., 2025. Advancing medicinal plant agriculture: integrating technology and precision agriculture for sustainability. PeerJ, 13, e19058.

Liang, J. P., Xue, Z. Q., Yang, Z. Y., Chai, Z., Niu, J. P., & Shi, Z. Y., 2021. Effects of microbial organic fertilizers on Astragalus membranaceus growth and rhizosphere microbial community. Annals of Microbiology, 71(1), 11.

Marcelino, S., Hamdane, S., Gaspar, P. D., & Paço, A., 2023. Sustainable agricultural practices for the production of medicinal and aromatic plants: evidence and recommendations. Sustainability, 15(19), 14095.

Mehriya, M. L., Singh, D., Verma, A., Saxena, S. N., Alataway, A., Al-Othman, A. A., ... & Mattar, M. A., 2022. Effect of date of sowing and spacing of plants on yield and quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) grown in an arid environment. Agronomy, 12(12), 2912.

Niazian, M., Torkamaneh, D., & Hesami, M., 2023. Advances in biotechnology-based breeding of medicinal plants. Frontiers in Plant Science, 14, 1228951.

Pant, P., Pandey, S., & Dall'Acqua, S., 2021. *The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review.* **Natural Product Communications, 16**(6), 1–15.

Parameswari, P., Belagalla, N., Singh, B. V., Abhishek, G. J., Rajesh, G. M., Katiyar, D., ... & Paul, S., 2024. Nanotechnology-based sensors for real-time monitoring and assessment of soil health and quality: A review. Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 10(2), 157-173.

Qaderi, M. M., Martel, A. B., & Strugnell, C. A., 2023. Environmental factors regulate plant secondary metabolites. Plants, 12(3), 447.

Qingxu, Y., Guangqiao, C., Bin, C., Yan, L., Yan, G., & Xiaobing, C., 2022. Application and research status of harvesting mechanization of Rhizome Chinese herbal medicine. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 43(8), 15.

Ranabhat, S., Bastola, A., Shrestha, A., & Tiwari, N., 2025. Farm mechanization and factors affecting its adoption among wheat growing farmers in Rupandehi, Nepal. Nepal Agriculture Research Journal, 16(1), 43-53.

Rawat, A., Kholiya, S., Chauhan, A., Srivastava, D., Pal, A., Verma, R. S., ... & Padalia, R. C., 2024. Effect of post-harvest drying period on the chemical composition of Zingiber zerumbet Sm. Rhizomes essential oil and its biological activities. Physiology and Molecular Biology of Plants, 30(6), 957-967.

Salgotra, R. K., & Chauhan, B. S., 2023. Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. Genes, 14(1), 174

Sarker, M., Afrin, S., Rahman, M. Z., Hasan, M. M., & Vines, K. A., 2022. Farmers' Innovation Capacity in Adoption of Farm Machinery in Bangladesh.

Tahmasebpour, B., Jahanbakhsh Godehkahriz, S., Tarinejad, A., Mohammadi, H., & Ebadi, A., 2024. Study of Physiological Traits and Gene Expression Changes in Four Drought Sensitive and Tolerant Genotypes under Water Deficit. Iranian Journal of Field Crop Science, 55(2), 13-28.

TakuBessi, J., Jalil, B., & Heinrich, M., 2025. The impact of climate change on medicinal plants and natural products: A scoping review. Frontiers in Pharmacology, 16, 1697581. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1697581

Tohidi, B., Rahimmalek, M., & Arzani, A., 2021. Variation in phytochemical, morphological, and ploidy levels of Iranian Thymus species. Chemistry & Biodiversity, 18(2), e2000911.

Vallejo-Gomez, D., Osorio, M., & Hincapie, C. A., 2023. Smart irrigation systems in agriculture: A systematic review. Agronomy, 13(2), 342.

Wawrosch, C., & Zotchev, S. B., 2021. Production of bioactive plant secondary metabolites through in vitro technologies—status and outlook. Applied Microbiology and Biotechnology, 105(18), 6649-6668.

Xiang, M., Qu, M., Wang, G., Ma, Z., Chen, X., Zhou, Z., ... & Jia, H., 2024. Crop detection technologies, mechanical weeding executive parts and working performance of intelligent mechanical weeding: a review. *Frontiers in Plant Science*, *15*, 1361002.

Xu, H., Wu, M., Wang, Y., Wei, W., Sun, D., Li, D., ... & Gao, F., 2022 . Effect of combined infrared and hot air drying strategies on the quality of Chrysanthemum (Chrysanthemum morifolium Ramat.) cakes: Drying behavior, aroma profiles and phenolic compounds. Foods, 11(15), 2240.

Zhang, M., Shi, Z., Chen, G., Cao, A., Wang, Q., Yan, D., ... & Li, Y. ,2023,. Detection and identification methods and control techniques for crop seed diseases. Agriculture, 13(9), 1786.

Zhao, Y., Cartabia, A., Lalaymia, I., & Declerck, S., 2022. Arbuscular mycorrhizal fungi and production of secondary metabolites in medicinal plants. Mycorrhiza, 32(3), 221-256.

Zhou, J., Gao, S., Du, Z., Xu, T., Zheng, C., & Liu, Y., 2024. The Impact of Harvesting Mechanization on Oolong Tea Quality. Plants, 13(4), 552.

Zorpeykar, S., Mirzaee-Ghaleh, E., Karami, H., Ramedani, Z., & Wilson, A. D., 2022. Electronic nose analysis and statistical methods for investigating volatile organic compounds and yield of mint essential oils obtained by hydrodistillation. *Chemosensors*, *10*(11), 486

Survey of Ecology, Mechanization, and Production and Breeding of Medicinal Plants

Tahereh Chameh[1*], Ehsan Zeidali[2]

1-PhD Student, Crop Ecology, University of Ilam, Ilam, Iran

2-Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran

*Corresponding author Email**:** t_chameh@yahoo.com

Abstract

Medicinal plants, as rich sources of bioactive compounds, play an important role in human health and sustainable agriculture. The increasing global demand for high-quality products highlights the need for research topics based on ecology, genetic breeding, and mechanization. Environmental conditions such as temperature, rainfall, soil type, and light irradiation affect growth and synthesis of secondary metabolites. Farm management through selection of resistant genotypes, optimal crop rotation, and control of environmental stresses can increase active compounds. Different mechanization according to the type of medicinal plant increases productivity and improves product quality, and smart technologies such as environmental sensors enable precise resource management. However, cost is a technical and impractical limitation to fully utilize the mechanism and genetic modification. Genetic modification by methods such as genotyping, rounding and molecular markers increases stress resistance and active compounds. The integration of ecology, targeted genetic modification and intelligent mechanization is a strategy for sustainable production and commercial development of medicinal plants.

Keywords: Genetic modification, ecology, sustainable production, medicinal plants, active compounds

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine

بررسی نقش فناوری نانو در مدیریت اکولوژیک کشت گیاهان دارویی

طاهره چامه[1]، احسان اله زیدعلی[2]

۱-دانشجوی دکتری، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲-استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

افزایش تقاضای جهانی برای گیاهان دارویی و ضرورت بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی، توجه پژوهشگران را به سوی به‌کارگیری فناوری‌های نوین در مدیریت اکولوژیک جلب کرده است. در این میان، فناوری نانو با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود مانند اندازه بسیار کوچک، سطح ویژه بالا و قابلیت کنترل آزادسازی عناصر، به‌عنوان ابزاری مؤثر در بهینه‌سازی فرآیندهای زیستی و مدیریتی گیاهان دارویی مطرح شده است. استفاده از نانوکودها موجب افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، آزادسازی تدریجی مواد مغذی، بهبود جذب ریشه‌ای و ارتقای سلامت خاک می‌شود. این فرآیندها در نهایت تعادل تغذیه‌ای گیاه را حفظ کرده و بهره‌وری اکوسیستم زراعی را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، نانوذرات فلزی و اکسیدی با تأثیر بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی، فتوسنتز و تنظیم سامانه‌های آنتی‌اکسیدانی، باعث بهبود عملکرد کلی گیاه و ارتقای کیفیت ترکیبات مؤثره می‌شوند. ترکیب اصول مدیریت اکولوژیک با فناوری نانو، یک رویکرد تلفیقی و پایدار برای تولید گیاهان دارویی فراهم می‌کند که ضمن کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، به حفظ تنوع زیستی، سلامت خاک و بهره‌وری آب کمک می‌نماید. این هم‌افزایی سبب افزایش مقدار و کیفیت متابولیت‌های ثانویه مانند اسانس‌ها، فنول‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان دارویی می‌شود. در مجموع، کاربرد هدفمند فناوری نانو در مدیریت اکولوژیک، رویکردی نوین و کارآمد برای افزایش کمیت و کیفیت تولید گیاهان دارویی به‌شمار می‌رود و می‌تواند بستر مناسبی برای توسعه کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست فراهم سازد.

کلید واژه: بهینه‌سازی فرآیندها، پایداری زیستی، ترکیبات مؤثره، متابولیت‌های ثانویه، نانوکودها.

مقدمه

ایران از نظر شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی در زمینه رویش گیاهان دارویی یکی از مستعدترین مناطق جهان محسوب می‌شود (باباذکری و همکاران، ۱۳۹۸). علاوه بر تأثیر تغییرات آب و هوایی بر رویشگاه‌های طبیعی، برداشت بی‌رویه و چرای خارج از توان مراتع باعث کاهش پوشش گیاهی و تخریب مراتع مختلف کشور شده است. این مسئله به ویژه برای گیاهان خاص از جمله گیاهان دارویی در دهه اخیر شدت بیشتری یافته است (Sefidkon, 2021). گیاهان دارویی نقش حیاتی در تغذیه، درمان و اقتصاد جهانی دارند و حفظ عملکرد و کیفیت آن‌ها برای توسعه کشاورزی پایدار و ارتقای سلامت انسان اهمیت فراوانی دارد. عوامل زیستی و محیطی می‌توانند رشد و کیفیت گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار دهند. شرایط محیطی نامطلوب، مانند کمبود آب، نوسانات دما، یا حمله آفات و بیماری‌ها، می‌تواند تولید ترکیبات فعال و عملکرد گیاهان دارویی را محدود کند. دسترسی به فناوری‌های نوین، به ویژه فناوری نانو، می‌تواند بسیاری از چالش‌های کشاورزی در این حوزه را برطرف کند (حسینی و پوراسحقی، ۱۴۰۰). این فناوری با افزایش دسترسی گیاه به مواد مغذی و تقویت رشد اندام‌های مختلف، بهره‌وری و کیفیت محصولات را بهبود می‌بخشد. از سوی دیگر، مدیریت اکولوژیک به عنوان رویکردی پایدار و سازگار با محیط زیست، کاهش مصرف سموم شیمیایی، بهبود شرایط خاک و حفظ تنوع میکروارگانیسم‌های مفید

[1] **نویسنده مسئول:** t_chameh@yahoo.com

را ممکن می‌سازد (ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۱). در سال‌های اخیر، ترکیب فناوری نانو با مدیریت اکولوژیک به عنوان یک رویکرد نوین در کشت پایدار گیاهان دارویی مورد توجه قرار گرفته است. نانوذرات می‌توانند جذب عناصر غذایی را افزایش دهند، رشد ریشه و برگ را بهبود بخشند و مقاومت گیاه در برابر شرایط محیطی نامطلوب را تقویت کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از نانوکودها و مواد زیست‌سازگار می‌تواند به تنظیم بهتر آب در سلول‌های گیاهی، کاهش آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کمک کند(Zaman *et al.*, 2025; Lv *et al.*, 2023). مدیریت اکولوژیک شامل بهره‌گیری هماهنگ از منابع طبیعی، کاهش مصرف مواد شیمیایی و حفظ میکروارگانیسم‌های مفید خاک است که می‌تواند اثرات فناوری نانو را در افزایش پایداری کشت گیاهان دارویی تقویت کند. ترکیب این دو رویکرد، راهکاری نو برای افزایش بهره‌وری و پایداری تولید گیاهان دارویی ارائه می‌دهد (Elsayed *et al.*, 2025). بنابراین، با شناسایی جوامع گیاهی و تحلیل ویژگی‌های اکولوژیکی هر گونه، می‌توان برنامه‌ریزی دقیق و منطبق بر اصول اکولوژیک برای زمان حاضر و آینده انجام داد. شناخت روابط بین گیاهان دارویی و عوامل محیطی برای مدیریت گونه‌های در معرض خطر، ارزیابی موفقیت گونه‌های غیربومی در محیط‌های جدید، بررسی پاسخ گونه‌ها به تغییرات محیطی و تضمین ثبات و پایداری آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (رحیمی مقدم، ۱۴۰۲).

فناوری نانو و اسانس گیاهان دارویی

فناوری نانو امکان تولید نانوذرات حامل اسانس‌ها و ترکیبات فعال گیاهان دارویی را فراهم کرده است که با انتقال هدفمند این ترکیبات، عملکرد و کیفیت گیاهان دارویی را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد و پایداری محصولات را بهبود می‌بخشد (Awlqadr *et al.*, 2025). استفاده از نانوذرات به‌عنوان حامل‌های دارویی و انتقال‌دهنده اسانس‌های گیاهان دارویی، حوزه‌ای نوین در داروسازی و علوم زیستی است که علاوه بر اثرات درمانی، می‌تواند سلامت اکوسیستم‌های زراعی را نیز ارتقا دهد (Bilia et al., 2014). اسانس‌های گیاهان دارویی به دلیل ویژگی‌هایی مانند فراریت بالا و حلالیت کم، در شرایط طبیعی سریعاً تجزیه می‌شوند؛ این محدودیت، کاربرد آن‌ها در کشاورزی و داروسازی را دشوار می‌کند(Yihan, 2025). نانوذرات حامل، پایداری و اثر بخشی این ترکیبات را افزایش داده و امکان آزادسازی کنترل‌شده آن‌ها در محیط‌های زیستی را فراهم می‌کنند (Adeyemi, 2023). به‌عنوان نمونه، نانوذرات پلیمری و لیپیدی می‌توانند اسانس‌ها را در برابر تخریب نوری و اکسیداسیون محافظت کنند و طول عمر و اثرگذاری آن‌ها در محصولات گیاهان دارویی را افزایش دهند(Swain, 2023). علاوه بر کاربردهای دارویی، نانوذرات حامل اسانس‌های گیاهان دارویی می‌توانند در مدیریت اکولوژیک کشاورزی نیز نقش موثری داشته باشند؛ این ذرات به‌عنوان عوامل ضد میکروبی طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر، جایگزینی پایدار برای سموم شیمیایی فراهم می‌کنند و سلامت خاک و آب را بهبود می‌بخشند (Ghosh, 2025). استفاده از نانوذرات همراه با اسانس‌های گیاهی، تنوع میکروبی خاک را تقویت کرده و با کاهش رشد عوامل بیماری‌زا، تعادل زیستی را در اکوسیستم‌های کشاورزی حفظ می‌کند(Eguchi, 2023). آزادسازی تدریجی اسانس‌ها از نانوذرات، امکان کنترل علف‌های هرز و آفات را بدون آسیب به گونه‌های غیر هدف فراهم می‌آورد (Sharifi-Rad *et al.*, 2021). نانوذرات معدنی مانند اکسید روی و طلا، در ترکیب با اسانس‌های گیاهان دارویی، فعالیت ضد میکروبی و ضد قارچی آن‌ها را افزایش می‌دهند، در حالی که اثرات منفی زیست‌محیطی نانوذرات سنتزی کاهش یافته است (Achagar, 2024). همچنین، نانوذرات حساس به pH یا مغناطیسی، آزادسازی هدفمند اسانس‌ها را در محل‌های مشخص مانند ریشه گیاهان دارویی یا خاک آلوده فراهم می‌کنند(Ding *et al.*, 2023). این فناوری با کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی، فشار انسانی بر اکوسیستم‌ها را کاهش داده و با قابلیت تجزیه زیستی، کمترین اثر منفی را بر محیط زیست برجای می‌گذارد (Oliveira *et al.*, 2018; Bilia *et al.*, 2014). با توجه به توانایی نانوذرات در افزایش پایداری، اثرات درمانی و حفاظت از محیط زیست، این فناوری نوظهور پلی میان داروسازی گیاهی و مدیریت اکولوژیک پایدار ایجاد می‌کند (Yihan, 2025). با این حال، بررسی‌های بلندمدت درباره اثرات نانوذرات حامل

اسانس بر اکوسیستم‌ها و گونه‌های غیر هدف ضروری است تا کاربرد گسترده آن در کشاورزی پایدار ایمن و مؤثر باشد (Eguchi, 2023).

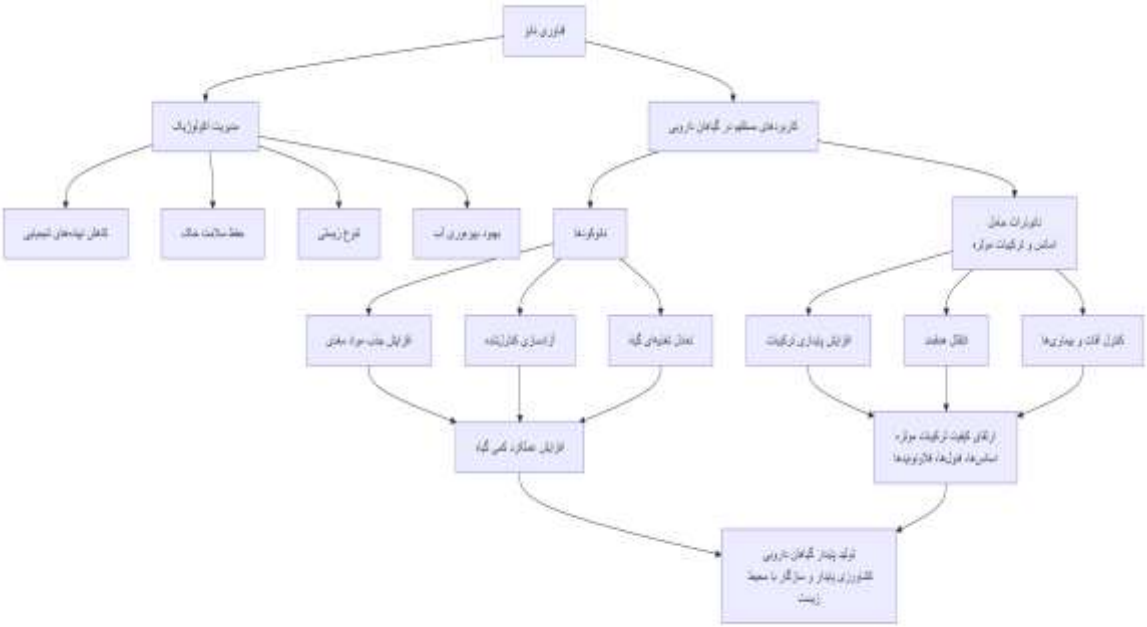
اکولوژیکی و پایداری در تولید گیاهان دارویی

مدیریت اکولوژیک به‌عنوان روشی پایدار برای کشت گیاهان دارویی، بر حفظ تعادل زیستی و افزایش تنوع گونه‌ها تمرکز دارد. این رویکرد شامل استفاده از کودهای آلی و زیستی، کشت تلفیقی، محافظت بیولوژیک از گیاهان دارویی و بهبود ساختار خاک است که به کاهش اثرات منفی محیطی و ارتقای کیفیت محصولات گیاهان دارویی می‌انجامد(Jiang et al., 2022). مدیریت اکولوژیک و کشاورزی پایدار، به‌عنوان رویکردهایی جامع در کشاورزی، هدفشان تأمین نیازهای غذایی بشر با کمترین آسیب به محیط زیست و حفظ منابع طبیعی است (Ayamga, 2025). این رویکردها بهره‌برداری بهینه از منابع خاک، آب و تنوع زیستی را ممکن می‌سازند و مصرف سموم و کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند، امری که مستقیماً به بهبود کیفیت و کمیت تولید گیاهان دارویی کمک می‌کند(Robinson, 2024). در چارچوب مدیریت اکولوژیک، کشاورزان با استفاده از روش‌هایی مانند تناوب زراعی، کشت مخلوط و به‌کارگیری پوشش گیاهی، سلامت خاک را حفظ کرده و بازده محصول گیاهان دارویی را افزایش می‌دهند. این اقدامات همچنین فرسایش خاک را کاهش داده، ظرفیت نگهداری آب را بهبود بخشیده و فعالیت میکروبی مفید در خاک را تقویت می‌کنند(Kumar, 2025). کشاورزی پایدار، علاوه بر تأمین غذای ایمن، نقش مهمی در کاهش تغییرات اقلیمی دارد. بهبود مدیریت کودها و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده و کربن را در خاک ذخیره می‌کند، که نهایتاً بر کیفیت و پایداری تولید گیاهان دارویی اثرگذار است(Hiywotu, 2025). کنترل طبیعی آفات و بیماری‌ها، از طریق استفاده از دشمنان طبیعی، گونه‌های مقاوم و اسانس‌های گیاهی، جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی است و تنوع زیستی و سلامت محصولات گیاهان دارویی را تقویت می‌کند(Varyvoda, 2025). در کشاورزی پایدار، مدیریت منابع آبی با استفاده از آبیاری قطره‌ای، جمع‌آوری آب باران و کنترل رواناب‌ها، مصرف آب را بهینه کرده و از خشک‌شدگی و شوری خاک جلوگیری می‌کند(Sharma, 2024). بهره‌گیری از کودهای زیستی و کمپوست نیز مواد مغذی خاک را تأمین کرده و نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، که مستقیماً به بهبود رشد و کیفیت گیاهان دارویی کمک می‌کند(Sadiq, 2025). مدیریت اکولوژیک به کشاورزان امکان می‌دهد با به‌کارگیری تکنیک‌های کشاورزی دقیق و فناوری‌های نوین، بازده محصول گیاهان دارویی را بدون آسیب به محیط زیست افزایش دهند (Kumar, 2025). این سیستم‌ها نه تنها پایدار هستند، بلکه می‌توانند معیشت کشاورزان و تولید گیاهان دارویی را نیز بهبود بخشند. در نهایت، ترکیب مدیریت اکولوژیک با کشاورزی پایدار، راهکاری مؤثر برای تأمین غذای سالم، حفظ تنوع زیستی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقای کیفیت و پایداری تولید گیاهان دارویی فراهم می‌آورد. توسعه این رویکرد نیازمند آموزش کشاورزان، حمایت‌های مالی و تحقیقات کاربردی گسترده است (Ayamga, 2025).

فناوری نانو و مدیریت اکولوژیک

مدیریت اکولوژیک در کشت گیاهان دارویی، به‌عنوان رویکردی پایدار، بر حفظ تنوع زیستی، ارتقای حاصلخیزی خاک و کاهش اثرات منفی کشاورزی بر محیط زیست تمرکز دارد. ادغام فناوری نانو با این رویکرد، امکان انتقال دقیق مواد مغذی و بهبود عملکرد گیاهان را فراهم می‌کند(Khan *et al.*, 2023). استفاده از نانوکودها و نانوذرات حامل مواد مغذی، حتی در مقادیر کم، موجب تقویت رشد گیاه و افزایش سنتز ترکیبات فعال ثانویه مانند فنول‌ها و فلاونوئیدها می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نانوذرات فلزی و نانوکودهای معدنی، رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان دارویی را افزایش داده و کیفیت ترکیبات زیست‌فعال آن‌ها را بهبود می‌بخشند(Singh *et al.*, 2023) .ادغام فناوری نانو با روش‌های مدیریت اکولوژیک، مانند استفاده از کودهای آلی، کمپوست و آبیاری بهینه، می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کیفیت محصول کمک کند (Patel *et al.*, 2023). این ترکیب، اثرگذاری کودها و داروهای زیستی را تقویت کرده و سلامت اکوسیستم‌های پیرامونی را نیز حفظ می‌کند. استفاده

هدفمند از فناوری نانو در سیستم‌های کشاورزی اکولوژیک، ضمن کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی، عملکرد محصولات را ارتقا می‌دهد و به توسعه کشاورزی پایدار کمک می‌کند. مطالعات نشان می‌دهند که کاربرد همزمان نانوکودها و روش‌های اکولوژیک، رشد گیاهان دارویی را بهبود می‌بخشد، کیفیت متابولیت‌های ثانویه را حفظ می‌کند و بهره‌وری تولید را افزایش می‌دهد (Garg *et al.*, 2023). از جمله راهبردهای مهم مدیریت اکولوژیک می‌توان به استفاده از کودهای زیستی، کشت تلفیقی، کنترل بیولوژیک آفات و بهبود ساختار خاک اشاره کرد که سلامت خاک و تنوع زیستی را تضمین می‌کنند (ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۱). ترکیب فناوری نانو با این روش‌ها، اثرات مثبت هر دو رویکرد را تقویت کرده و باعث افزایش چشمگیر بهره‌وری و پایداری تولید گیاهان دارویی می‌شود. فناوری نانو با ارتقای عملکرد کودها و داروهای زیستی و مدیریت اکولوژیک با حفظ سلامت محیط زیست، مصرف نهاده‌های شیمیایی را کاهش داده، بازده محصول را افزایش داده و کیفیت خاک و محیط زیست را تضمین می‌کند (Balusamy *et al.*, 2023; شکل -۱).



شکل۱- شماتیکی از نقش فناوری نانو در مدیریت اکولوژیک کشت گیاهان دارویی

نتیجه‌گیری

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که ترکیب فناوری نانو با مدیریت اکولوژیک، رویکردی مؤثر و پایدار برای بهبود تولید گیاهان دارویی ارائه می‌دهد. نانوکودها و نانوذرات، با افزایش جذب عناصر غذایی، بهینه‌سازی فرآیندهای فیزیولوژیکی و ارتقای سنتز ترکیبات فعال گیاهان، ظرفیت تولید را افزایش می‌دهند و کیفیت متابولیت‌های ثانویه مانند اسانس‌ها، فنول‌ها و فلاونوئیدها را بهبود می‌بخشند. این اثرات در صورتی بیشینه می‌شوند که با مدیریت اکولوژیک ترکیب شوند؛ رویکردی که سلامت خاک، تنوع زیستی و بهره‌وری منابع آب را حفظ کرده و مصرف نهاده‌های شیمیایی را کاهش می‌دهد. ادغام این دو روش، نه تنها بهره‌وری و کیفیت محصول را افزایش می‌دهد، بلکه امکان تولید پایدار و دوستدار محیط زیست را فراهم می‌کند. استفاده از نانوذرات حامل اسانس‌ها و ترکیبات فعال، آزادسازی کنترل‌شده مواد مغذی و دارویی را ممکن ساخته و اثرگذاری کودها و مواد زیستی را بهبود می‌بخشد. به این ترتیب، فشار انسانی بر اکوسیستم‌ها کاهش یافته و تعادل زیستی حفظ می‌شود. علاوه

بر این، ترکیب فناوری نانو و مدیریت اکولوژیک زمینه را برای توسعه استراتژی‌های کشاورزی دقیق و کاهش اثرات منفی محیطی فراهم می‌کند. با توجه به ظرفیت‌های بالقوه این رویکرد، تحقیقات آینده می‌تواند به بررسی اثرات بلندمدت نانوذرات بر اکوسیستم‌ها، بهینه‌سازی مقادیر کاربرد و طراحی سیستم‌های یکپارچه کشاورزی اکولوژیک بپردازد. در نهایت، این رویکرد تلفیقی می‌تواند به عنوان الگویی عملی و پایدار برای ارتقای کیفیت، بهره‌وری و پایداری تولید گیاهان دارویی در ایران و سایر مناطق جهان مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

ابراهیمی, محمد علی , قوامی, نسرین , دادمهر, مهدی , کلانتری, هادی , شقاقی, جواد , قادری, اردشیر و زرین پنجه, نسیم . (۱۴۰۱). مروری بر کاربرد نانو زیست فناوری در کشاورزی .فصلنامه علمی زیست فناوری گیاهان زراعی ، ۱۱(۴)، ۳۵-۶۰.

باباذکری، فاطمه، نوری پور، مهدی، شریفی، زینب. (۱۳۹۸). تعیین راهبردهای توسعه تولید گیاهان دارویی در استان کهگیلویه و بویر احمد با استفاده از مدل سوات (SWOT) ، *راهبردهای توسعه روستایی*، (۱)۶ ، ۷۳-۶۳.

حسینی، سید مهدی و پوراسحقی، فاطمه. (۱۴۰۰). مروری بر کاربرد نانوذرات در فراوری اسانس‌های گیاهان دارویی مرتعی و جنگلی .زیست فناوری , ۱۳(۱)، ۴۶-۲۷.

رحیمی مقدم، سجاد. (۱۴۰۲). ارزیابی اکولوژیک کشت گیاهان دارویی در مراتع مختلف استان لرستان، *فصلنامه علوم محیطی*، (۳)۲۱، ۲۶۶-۲۴۹.

Achagar, R. (2024). A comprehensive review of essential oil-based nanoparticles for dermocosmetic applications. *Cosmetics*, *11*(2), 48. https://doi.org/10.3390/cosmetics11020048.

Adeyemi, S. B. (2023). Polymeric nanoparticles for enhanced delivery and controlled release of essential oils. *Heliyon*, *9*(3), e13750. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13750.

Awlqadr, F. H., Majeed, K. R., Altemimi, A. B., Hassan, A. M., Qadir, S. A., Saeed, M. N., ... & Abedelmaksoud, T. G. (2025). Journal of Agriculture and Food Research. Journal of Agriculture and Food Research, 19, 101661 .

Ayamga, M. (2025). Strategizing ecological sustainability in agricultural systems: A review of 105 studies. ScienceDirect. ScienceDirect.

Balusamy, S. R., Joshi, A. S., Perumalsamy, H., Mijakovic, I., & Singh, P. (2023). Advancing sustainable agriculture: a critical review of smart and eco-friendly nanomaterial applications. *Journal of Nanobiotechnology*, *21*(1), 372.

Bilia, A. R., Bergonzi, M. C., & Gallori, S. (2014). Essential oils loaded in nanosystems: A developing strategy for the treatment of skin disorders. *Pharmacological Research*, *87*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2014.03.006.

Ding, Y., Yuan, J., Mo, F., Wu, S., Ma, Y., Li, R., & Li, M. (2023). A pH-responsive essential oil delivery system based on metal–organic framework (ZIF-8) for preventing fungal disease. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71(47), 18312-18322

Eguchi, H. (2023). Magnetic drug delivery systems: Recent developments and future perspectives. *Scientific Reports*, *13*(1), 1–15. https://doi.org/10.1038/s41598-023-12345-6.

Elsayed, A. A., Ahmed, E. G., Taha, Z. K., Farag, H. M., Hussein, M. S., & AbouAitah, K. (2022). *Hydroxyapatite nanoparticles as novel nano-fertilizer for production of rosemary plants.* Scientia Horticulturae, 295, 110851

Elsayed, M. E. A., Ayoub, H. A., Helal, M. I. D., Sang, W., Shen, Z., & Abdelhafeez, I. A. (2025). *Nanotechnology-enabled soil management for sustainable agriculture: Interactions, challenges, and prospects. Environmental Science: Nano, 12*(3), 2128-2153. https://doi.org/10.1039/D4EN00943F

Garg, D., Sridhar, K., Stephen Inbaraj, B., Chawla, P., Tripathi, M., & Sharma, M. (2023). Nano-biofertilizer formulations for agriculture: A systematic review on recent advances and prospective applications. *Bioengineering*, *10*(9), 1010.

Ghosh, S. (2025). Nanomaterials for delivery of medicinal plant extracts and phytochemicals. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *25*(1), 1–15. https://doi.org/10.1166/jnn.2025.12345.

Hiywotu, A. M. (2025). Advancing sustainable agriculture for goal 2: zero hunger-a comprehensive overview of practices, policies, and technologies. Agroecology and Sustainable Food Systems, 1-29.

Jiang, L., Chen, Y., Wang, X., Guo, W., Bi, Y., Zhang, C., ... & Li, M. (2022). New insights explain that organic agriculture as sustainable agriculture enhances the sustainable development of medicinal plants. Frontiers in plant science, 13, 959810.

Khan, M., Ali, S., & Raza, H. (2023). Nanotechnology in sustainable medicinal plant production: An ecological approach. *Journal of Cleaner Production*, *400*, 136706. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136706

Kumar, A. (2025). Recent advances in regenerative sustainable agricultural practices. ScienceDirect

Lv, X., Sha, H., Ye, Z., Wang, Y., & Mao, B. (2023). *Nanomaterials in plant management: Functions, mechanisms and prospects. Environmental Science: Nano, 10*(12), 3232-3252. https://doi.org/10.1039/D3EN00014A

Oliveira, J. L. D., Campos, E. V., Pereira, A. E., Pasquoto, T., Lima, R., Grillo, R., ... & Fraceto, L. F. (2018). Zein nanoparticles as eco-friendly carrier systems for botanical repellents aiming sustainable agriculture. Journal of agricultural and food chemistry, 66(6), 1330-1340.

Patel, A., Verma, R., & Kumar, S. (2023). Integration of nanotechnology with ecological management in aromatic plant cultivation. *Agricultural Systems*, *208*, 103461. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103461

Robinson, G. M. (2024). Global sustainable agriculture and land management: Strategies and outcomes. ScienceDirect

Sadiq, F. K. (2025). A review of impacts, benefits, and future directions of biofertilizers in sustainable agriculture.

Sefidkon, F., 2021. The role of the Forests, Rangelands, and Watershed Management Organization in the development of medicinal plants. Iran Nature. 6(2), 117-117. (In Persian with English abstract).

Sharifi-Rad, J., Rodrigues, C. F., & Efferth, T. (2021). Chitosan nanoparticles as a promising tool in nanomedicine with particular emphasis on oncological treatment. *Cancer Cell International, 21*(1), 1–13. https://doi.org/10.1186/s12935-021-01840-0.

Sharma, S. (2024). Sustainable agriculture and its practices: A review. ResearchGate. ResearchGate

Singh, R., Sharma, V., & Mehta, P. (2023). Effects of nano-fertilizers on growth and secondary metabolites in medicinal plants. *Industrial Crops and Products, 200*, 117152. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117152

Swain, S. S. (2023). Nanotechnology platforms to increase the antibacterial efficacy of essential oils. *Materials Science & Engineering: C, 134*, 112669. https://doi.org/10.1016/j.msec.2022.112669

Varyvoda, Y. (2025). Factors influencing the adoption of sustainable agricultural practices: A review.

Yihan, W. (2025). Advances in plant essential oils and drug delivery systems. *Frontiers in Pharmacology, 15*, 1578280. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1578280.

Zaman, W., Ayaz, A., & Park, S. (2025). *Nanomaterials in agriculture: A pathway to enhanced plant growth and abiotic stress resistance. Plants, 14*(5), 716. https://doi.org/10.3390/plants14050716.

Evaluating the Role of Nanotechnology in the Ecological Management of Medicinal Plant Cultivation

Tahereh Chameh1*, Ehsan Zeidali2

1-PhD Student, Crop Ecology, University of Ilam, Ilam, Iran

2-Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran

*Corresponding author Email: t_chameh@yahoo.com

Abstract:

The increasing global demand for medicinal plants and the need for sustainable utilization of natural resources have directed researchers toward the application of modern technologies in ecological management. Among these, nanotechnology, with its unique properties such as nanoscale dimensions, high specific surface area, and controlled nutrient release, has emerged as an effective tool for optimizing the biological and management processes of medicinal plants. The use of nanofertilizers enhances nutrient use efficiency, enables gradual nutrient release, improves root absorption, and promotes soil health. These processes collectively help maintain plant nutritional balance and increase agroecosystem productivity. Moreover, metallic and oxide nanoparticles, by influencing physiological activities, photosynthesis, and antioxidant regulation, improve overall plant performance and enhance the quality of bioactive compounds.Integrating the principles of ecological management with nanotechnology provides an integrated and sustainable approach to medicinal plant production that reduces dependence on chemical inputs while preserving biodiversity, soil health, and water-use efficiency. This synergistic interaction increases the quantity and quality of secondary metabolites such as essential oils, phenols, and flavonoids in medicinal plants. Overall, the targeted application of nanotechnology within ecological management frameworks represents a novel and efficient strategy for improving both the quantity and quality of medicinal plant production, offering a promising pathway toward environmentally friendly and sustainable agriculture.

Keywords: Bioactive Compounds; Ecological Sustainability; Nanofertilizers; Process Optimization; Secondary Metabolites.

افزودنی‌های خوراک فیتوژنیک در تغذیه طیور: از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد تا راهکارهای پایدار (گذشته، حال و آینده)

حسن صالح[۱،۲،۱] و محسن کاظمی[۳]

۱- دانشیار تغذیه طیور، گروه علوم دامی دانشگاه سراوان، سراوان، ایران

۲- دانشیار تغذیه طیور، گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- محسن کاظمی، دانشیار تغذیه نشخوارکنندگان، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران

چکیده

صنعت طیور با فشار فزاینده‌ای برای حذف آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد (AGPs) به دلیل نگرانی‌های جهانی در مورد مقاومت ضدمیکروبی و تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات سالم‌تر و پایدارتر مواجه است. در این راستا، افزودنی‌های خوراک گیاهی (فیتوژنیک‌ها) که شامل گیاهان دارویی، ادویه‌ها و عصاره‌های آن‌ها می‌باشند، به عنوان یک جایگزین طبیعی، ایمن و چندمنظوره، توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده‌اند. این مقاله مروری به بررسی جامع اثرات این ترکیبات فعال زیستی (مانند پلی‌فنول‌ها، آلکالوئیدها و اسانس‌ها) بر سلامت و عملکرد طیور می‌پردازد. مکانیسم‌های اصلی عملکرد فیتوژنیک‌ها شامل فعالیت‌های ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، تعدیل سیستم ایمنی، و بهبود سلامت دستگاه گوارش از طریق اصلاح مورفولوژی روده و تعدیل میکروبیوتای آن می‌باشد. همچنین، ضمن مرور گذشته (عصر آنتی‌بیوتیک‌ها)، به بررسی وضعیت حال (پژوهش‌های فعلی و سازوکارهای‌های شناخته‌شده) و ترسیم چشم‌انداز آینده این افزودنی‌ها در صنعت طیور پرداخته خواهد شد. روند رو به رشد بازار جهانی فیتوژنیک‌ها و تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات پرورش‌یافته بدون آنتی‌بیوتیک اشاره خواهد شد. با این حال، چالش‌هایی نظیر استانداردسازی محصولات، تعیین سطح بهینه، پایداری در فرآیند تولید خوراک و هزینه، همچنان از موانع اصلی استفاده گسترده از آن‌ها هستند. فناوری‌های نوین مانند میکروانکپسولاسیون به عنوان راهکارهایی برای غلبه بر این محدودیت‌ها در حال توسعه هستند. در نهایت، این مقاله نتیجه‌گیری می‌کند که فیتوژنیک‌ها نه تنها یک جایگزین مؤثر برای آنتی‌بیوتیک‌ها هستند، بلکه ابزاری کلیدی برای دستیابی به تولید پایدار، بهبود سلامت حیوان و تأمین امنیت غذایی در آینده صنعت طیور محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: فیتوژنیک، طیور، آنتی بیوتیک، عملکرد، اقتصاد

۱. مقدمه

صنعت طیور در دهه‌های گذشته با هدف تأمین تقاضای جهانی برای پروتئین حیوانی، شاهد رشد و تراکم بی‌سابقه‌ای بوده است. برای دستیابی به حداکثر بازده تولید، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد (Antibiotic Growth Promoters - AGPs) به یک استراتژی رایج در جیره‌های غذایی تبدیل شد. این ترکیبات با بهبود ضریب تبدیل خوراک، افزایش نرخ رشد و کنترل بیماری‌های تحت بالینی، به ویژه عفونت‌های روده‌ای، نقش مهمی در موفقیت اقتصادی این صنعت ایفا کردند (موندی و سومپای، ۲۰۲۱ و وانگ و همکاران، ۲۰۲۴). این دوره را می‌توان "عصر طلایی آنتی‌بیوتیک‌ها" در تولید حیوانات نامید. با این حال، استفاده گسترده و بی‌رویه از AGPs پیامدهای ناگواری به همراه داشت که مهم‌ترین آن‌ها ظهور و گسترش سویه‌های باکتریایی مقاوم به آنتی‌بیوتیک بود. این پدیده، که به عنوان مقاومت ضدمیکروبی (Antimicrobial Resistance - AMR) شناخته می‌شود، به یک بحران جهانی بهداشت عمومی تبدیل شد، زیرا اثربخشی آنتی‌بیوتیک‌های حیاتی برای درمان عفونت‌ها در انسان را به شدت تهدید می‌کند. علاوه بر این، نگرانی‌ها در مورد باقی‌مانده‌های دارویی در گوشت و

[۱] **نویسنده مسئول:** Email:hsaleh.um@gmail.com

تخم‌مرغ و تأثیرات منفی آن‌ها بر سلامت مصرف‌کنندگان، فشار عمومی و قانونی را برای بازنگری در این رویه افزایش داد (آبدالی و همکاران،۲۰۲۱). در پاسخ به این چالش‌ها، یک تغییر پارادایم جهانی آغاز شد. اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۶ پیشگام شد و استفاده از تمام آنتی‌بیوتیک‌ها به عنوان محرک رشد را ممنوع کرد. این اقدام به سرعت توسط بسیاری از کشورهای دیگر دنبال شد و صنعت طیور را با یک خلاء بزرگ مواجه ساخت: چگونه می‌توان سلامت و عملکرد گله را بدون تکیه بر AGPs حفظ و بهبود بخشید؟ این ضرورت، محققان و صنعت را به سمت جستجوی جایگزین‌های طبیعی، ایمن و پایدار سوق داد (موندی و سومپای، ۲۰۲۱).

در میان گزینه‌های مختلف، افزودنی‌های خوراک گیاهی (Phytogenic Feed Additives - PFAs)، که شامل گیاهان دارویی، ادویه‌ها، عصاره‌ها و اسانس‌های آن‌ها می‌شود، به عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین راهکارها ظهور کرده‌اند. این ترکیبات، که گاهی فیتوبیوتیک (Phytobiotics) نیز نامیده می‌شوند، مجموعه‌ای غنی از ترکیبات فعال زیستی مانند پلی‌فنول‌ها، ترپنوئیدها، آلکالوئیدها و فلاونوئیدها را در خود جای داده‌اند. برخلاف آنتی‌بیوتیک‌ها که معمولاً عملکردی تک‌هدفی دارند، فیتوژنیک‌ها به دلیل ماهیت چندوجهی خود می‌توانند به طور همزمان اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی را اعمال کنند (لین و همکاران، ۲۰۲۱). هدف از این پژوهش، ارائه یک مرور جامع بر نقش افزودنی‌های فیتوژنیک در تغذیه طیور با نگاهی به گذشته (عصر آنتی‌بیوتیک‌ها و دلایل حذف آن‌ها)، حال (بررسی مکانیسم‌های علمی شناخته‌شده و تأثیر آن‌ها بر عملکرد) و آینده (چالش‌ها، نوآوری‌ها و چشم‌انداز بازار) می‌باشد. ما به دنبال آن هستیم تا نشان دهیم که فیتوژنیک‌ها دیگر تنها یک "جایگزین" صرف نیستند، بلکه یک "راهکار استراتژیک و کلیدی " برای دستیابی به تولیدی پایدار، سالم و اقتصادی در صنعت طیور مدرن محسوب می‌شوند.

۲. وضعیت حال: مکانیسم‌های کلیدی عملکرد افزودنی‌های فیتوژنیک

اثربخشی افزودنی‌های خوراک فیتوژنیک در تغذیه طیور، ریشه در عملکرد چندوجهی و هم‌زمان ترکیبات فعال زیستی آن‌ها دارد. این ترکیبات برخلاف آنتی‌بیوتیک‌ها که معمولاً یک هدف مولکولی خاص دارند، می‌توانند بر چندین مسیر فیزیولوژیک به طور همزمان تأثیر بگذارند. در ادامه، چهار مکانیسم اصلی و شناخته‌شده‌ی آن‌ها تشریح می‌شود.

۲-۱. تعدیل میکروبیوتای روده و فعالیت ضدمیکروبی: یکی از اصلی‌ترین دلایل جایگزینی آنتی‌بیوتیک‌ها با فیتوژنیک‌ها، خاصیت ضدمیکروبی آن‌هاست. این اثر از دو طریق اعمال می‌شود:

الف) مهار مستقیم پاتوژن‌ها: اسانس‌ها (Essential Oils) و ترکیبات فنلی موجود در گیاهانی مانند آویشن، پونه کوهی و دارچین (سرشار از تیمول، کارواکرول و سینامالدئید) به دلیل ماهیت آب‌گریز خود، توانایی نفوذ به غشای سلولی باکتری‌ها را دارند. آن‌ها با تخریب ساختار لیپیدی غشا، نفوذپذیری آن را افزایش داده و منجر به نشت یون‌ها و محتویات حیاتی سیتوپلاسم و در نهایت مرگ سلول باکتری می‌شوند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۴). این مکانیسم به ویژه در برابر باکتری‌های بیماری‌زای مهمی مانند کلستریدیوم پرفرینجنس (عامل انتریت نکروتیک)، سالمونلا و ای. کولای مؤثر است (موندی و سومپای، ۲۰۲۱).

ب) ارتقاء جمعیت میکروبی مفید: فیتوژنیک‌ها علاوه بر مهار باکتری‌های مضر، به رشد و تکثیر باکتری‌های مفید مانند *لاکتوباسیلوس‌ها* و *بیفیدوباکتریوم‌ها* کمک می‌کنند. این باکتری‌ها با تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFAs) مانند بوتیرات، محیط روده را اسیدی کرده و از رشد پاتوژن‌ها جلوگیری می‌کنند. این تعادل میکروبی، که به آن یوبیوسیس (Eubiosis) گفته می‌شود، برای سلامت کلی دستگاه گوارش ضروری است (لین و همکاران، ۲۰۱۹).

۲-۲. بهبود سلامت و عملکرد دستگاه گوارش: فیتوژنیک‌ها به طور مستقیم بر ساختار و عملکرد دستگاه گوارش تأثیر مثبت می‌گذارند:

الف) تحریک ترشحات گوارشی: برخی ترکیبات گیاهی می‌توانند تولید و ترشح آنزیم‌های گوارشی (مانند آمیلاز، لیپاز و پروتئاز) و همچنین اسیدهای صفراوی را تحریک کنند. این امر منجر به هضم بهتر و کامل‌تر مواد مغذی خوراک، به ویژه پروتئین و چربی می‌شود (امین الله و همکاران، ۲۰۲۵).

ب) بهبود مورفولوژی روده: مطالعات متعدد نشان داده‌اند که فیتوژنیک‌ها می‌توانند باعث افزایش ارتفاع پرزها و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در روده کوچک شوند. پرزهای بلندتر به معنای سطح جذب بیشتر برای مواد مغذی است که این امر مستقیماً به بهبود ضریب تبدیل خوراک منجر می‌شود (ابوئنونا و همکاران، ۲۰۲۴؛ امین الله و همکاران، ۲۰۲۵)

ج) تقویت سد روده‌ای (Gut Barrier): سلامت روده به یکپارچگی اتصالات بین سلول‌های اپیتلیال بستگی دارد. فیتوژنیک‌ها می‌توانند بیان پروتئین‌های کلیدی این اتصالات (مانند Occludin و Claudin) را افزایش داده و همچنین تولید لایه محافظ موکوسی (Mucin) را تحریک کنند. این سد فیزیکی قوی از نفوذ پاتوژن‌ها و توکسین‌ها به جریان خون (پدیده روده نشت‌کننده یا Leaky Gut) جلوگیری می‌کند (آبدالی و همکاران،۲۰۲۱).

۲-۳. خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی جوجه‌های گوشتی صنعتی به دلیل رشد سریع و تراکم بالا، همواره در معرض استرس اکسیداتیو قرار دارند.

الف) فعالیت آنتی‌اکسیدانی: ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها (موجود در گیاهانی مانند رزماری، زردچوبه و چای سبز) آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی قدرتمندی هستند. این ترکیبات با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا در بدن پرنده (مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px))، از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کنند. کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید (MDA) در بافت‌ها، که شاخص پراکسیداسیون لیپیدی است، گواهی بر این مدعاست (وانگ و همکاران، ۲۰۲۵). این اثر نه تنها سلامت پرنده را بهبود می‌بخشد، بلکه کیفیت و ماندگاری گوشت را نیز افزایش می‌دهد.

ب) فعالیت ضدالتهابی: التهاب مزمن و خفیف در دستگاه گوارش، انرژی و مواد مغذی ارزشمندی را که باید صرف رشد شوند، هدر می‌دهد. فیتوژنیک‌ها می‌توانند با مهار مسیرهای پیش‌التهابی (مانند NF-κB)، تولید سایتوکاین‌های التهابی (مانند TNF-α و IL-6) را کاهش دهند. این اثر "صرفه‌جویی در انرژی" به بهبود عملکرد رشد کمک می‌کند (آبدالی و همکاران،۲۰۲۱).

۲-۴. تعدیل سیستم ایمنی (Immunomodulation): فیتوژنیک‌ها به جای سرکوب یا تحریک بیش از حد، سیستم ایمنی را "تنظیم" یا "تعدیل" می‌کنند تا پاسخی بهینه و کارآمد ارائه دهد.

- **تقویت ایمنی مخاطی:** این ترکیبات با افزایش تولید ایمونوگلوبولین A ترشحی (sIgA) در سطح مخاط روده، اولین خط دفاعی در برابر ورود پاتوژن‌ها را تقویت می‌کنند (آبدالی و همکاران،۲۰۲۱).
- **افزایش پاسخ ایمنی اکتسابی:** برخی مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از فیتوژنیک‌ها می‌تواند پاسخ ایمنی هومورال (تولید آنتی‌بادی‌هایی مانند IgG) را در برابر واکسیناسیون (مثلاً علیه بیماری نیوکاسل) بهبود بخشد. این بدان معناست که گله در برابر بیماری‌ها مقاوم‌تر خواهد بود (امین الله و همکاران، ۲۰۲۵؛ وانگ و همکاران، ۲۰۲۵)

۳. بازار جهانی و چشم‌انداز اقتصادی (The Market Landscape)

تغییر پارادایم از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد به سمت جایگزین‌های طبیعی، صرفاً یک تحول علمی نبوده، بلکه یک دگرگونی عظیم در بازار جهانی خوراک دام ایجاد کرده است. این تغییر، فرصتی تجاری بی‌نظیر برای افزودنی‌های نوآورانه، به‌ویژه فیتوژنیک‌ها، فراهم آورده و یک اکوسیستم اقتصادی جدید را شکل داده است.

۳-۱. محرک‌های اصلی بازار

دو نیروی محرکه قدرتمند، رشد انفجاری بازار فیتوژنیک‌ها را هدایت می‌کنند:

- **فشار مصرف‌کنندگان و تقاضا برای محصولات سالم:** آگاهی مصرف‌کنندگان در سراسر جهان نسبت به سلامت مواد غذایی و خطرات مقاومت آنتی‌بیوتیکی به شدت افزایش یافته است (دارماوان و همکاران، ۲۰۲۲). این امر منجر به تقاضای فزاینده برای محصولات پروتئینی با برچسب‌های " بدون آنتی‌بیوتیک (Antibiotic-Free) "،"طبیعی (Natural) " و " ارگانیک (Organic) " شده است. تولیدکنندگان برای حفظ سهم خود در بازار، ناگزیر به تطبیق با این تقاضا و حذف AGPs از زنجیره تولید خود هستند. جالب است که محبوبیت گسترده داروهای گیاهی در طب انسانی (لین و همکاران، ۲۰۱۹) نیز به پذیرش عمومی این ترکیبات در تغذیه دام کمک کرده است.
- **مقررات دولتی و فشار قانونی:** همانطور که در مقدمه اشاره شد، ممنوعیت کامل استفاده از AGPs در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۶، نقطه عطفی بود که موجی از قوانین مشابه را در سراسر جهان به راه انداخت. این قوانین، تولیدکنندگان را مجبور به جستجوی جایگزین‌های مؤثر کرد و به طور مستقیم بازار فیتوژنیک‌ها را تقویت نمود موندی و سومپای، ۲۰۲۱). این روند قانونی همچنان در حال گسترش است و به عنوان یک محرک پایدار برای بازار عمل می‌کند.

۳-۲. اندازه، رشد و جنبه‌های اقتصادی بازار

- بازار جهانی افزودنی‌های خوراک فیتوژنیک در حال تجربه رشد نمایی است. گزارش‌های معتبر بازار، نرخ رشد سالانه مرکب (CAGR) بالایی را برای این بخش پیش‌بینی می‌کنند که نشان‌دهنده آینده بسیار روشن آن است. این رشد سریع، سرمایه‌گذاری‌های عظیمی را در تحقیق و توسعه برای یافتن ترکیبات گیاهی جدید و مؤثرتر به دنبال داشته است. با این حال، یکی از چالش‌های اصلی، **جنبه اقتصادی** آن است. هزینه استفاده از عصاره‌های استاندارد شده گیاهی، در حال حاضر ممکن است بالاتر از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد سنتی باشد. اما توجیه اقتصادی (Return on Investment) استفاده از فیتوژنیک‌ها از چند طریق حاصل می‌شود:
- ب**هبود عملکرد:** بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن‌گیری، بخشی از هزینه را جبران می‌کند.
- **کاهش هزینه‌های درمانی:** با تقویت سلامت گله و کاهش بروز بیماری‌ها، نیاز به مصرف داروهای درمانی و هزینه‌های دامپزشکی کاهش می‌یابد.
- **ارزش افزوده محصول نهایی:** امکان فروش محصول با برچسب "بدون آنتی‌بیوتیک" با قیمت بالاتر، سودآوری را افزایش می‌دهد.

۳-۳. پذیرش در صنعت و بازیگران اصلی

در گذشته، فیتوژنیک‌ها یک محصول جانبی و حاشیه‌ای محسوب می‌شدند، اما امروزه به یک بخش اصلی و استراتژیک در فرمولاسیون خوراک تبدیل شده‌اند. در حال حاضر، اکثر تولیدکنندگان خوراک دام، افزودنی‌های فیتوژنیک را در محصولات خوراک طیور، خوک و نشخوارکنندگان خود لحاظ می‌کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۵). بازیگران اصلی این بازار را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: **شرکت‌های بزرگ و چندملیتی خوراک و افزودنی:** این شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، محصولات فیتوژنیک اختصاصی خود را تولید کرده و آن‌ها را به عنوان بخشی از راهکارهای جامع خود به بازار عرضه می‌کنند و **شرکت‌های تخصصی و نوآور:** این شرکت‌ها منحصراً بر روی توسعه و تولید ترکیبات فیتوژنیک تمرکز دارند و اغلب با ارائه فرمولاسیون‌های ترکیبی و نوآورانه، در بازار رقابت می‌کنند.

۳. ۴ بازار جهانی و چشم‌انداز اقتصادی

گذار از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد به سمت جایگزین‌های طبیعی، صرفاً یک تغییر علمی نبوده، بلکه یک تحول عظیم اقتصادی و بازاری را در سطح جهانی رقم زده است. بازار افزودنی‌های خوراک فیتوژنیک (PFAs) امروزه یکی از پویاترین و رو به رشدترین بخش‌های صنعت تغذیه دام و طیور محسوب می‌شود. این رشد سریع، توسط دو نیروی محرک اصلی هدایت می‌شود:

الف) فشارهای قانونی و سیاست‌های جهانی: ممنوعیت کامل استفاده از AGPs در اتحادیه اروپا از سال ۲۰۰۶ و به دنبال آن، اجرای سیاست‌های مشابه در بسیاری از کشورهای دیگر (مانند چین از سال ۲۰۲۰)، یک خلاء بزرگ در بازار ایجاد کرد که باید توسط جایگزین‌های مؤثر پر می‌شد. این مقررات، بزرگ‌ترین محرک اولیه برای سرمایه‌گذاری و تحقیق در زمینه فیتوژنیک‌ها بوده است (دارماوان و همکاران، ۲۰۲۲).

ب) تقاضای مصرف‌کننده و آگاهی عمومی: امروزه، مصرف‌کنندگان بیش از هر زمان دیگری به سلامت، ایمنی و پایداری مواد غذایی خود اهمیت می‌دهند. برچسب‌هایی مانند پرورش بدون آنتی‌بیوتیک، طبیعی و ارگانیکبه یک مزیت رقابتی قدرتمند برای تولیدکنندگان تبدیل شده‌اند. این تقاضای فزاینده از سوی مصرف‌کننده، تولیدکنندگان را تشویق می‌کند تا به صورت داوطلبانه به سمت استفاده از افزودنی‌های طبیعی مانند فیتوژنیک‌ها حرکت کنند. بر اساس گزارش‌های تحلیل بازار، اندازه بازار جهانی افزودنی‌های خوراک فیتوژنیک در حال حاضر بیش از ۸۰۰ میلیون دلار تخمین زده می‌شود و پیش‌بینی می‌شود که با نرخ رشد سالانه ترکیبی (CAGR) حدود ۷ تا ۹ درصد، تا پایان این دهه از مرز ۱,۲ میلیارد دلار فراتر رود. این آمار نشان‌دهنده یک فرصت اقتصادی قابل توجه برای شرکت‌های تولیدکننده خوراک و افزودنی‌هاست. با این حال، یک چالش کلیدی در این زمینه، توجیه اقتصادی است. هزینه استفاده از عصاره‌های استاندارد شده گیاهی معمولاً بالاتر از آنتی‌بیوتیک‌های سنتی است (موندی و سومپای، ۲۰۲۱). اما این هزینه اولیه باید در قالب یک سرمایه‌گذاری برای بازگشت سود دیده شود. بازگشت این سرمایه‌گذاری از طریق بهبود عملکرد (کاهش ضریب تبدیل خوراک)، کاهش هزینه‌های درمانی به دلیل سلامت بهتر گله، کاهش تلفات، و در نهایت، دستیابی به قیمت بالاتر برای محصولات نهایی با برچسب بدون آنتی‌بیوتیک محقق می‌شود.

۴. چالش‌ها و چشم‌انداز آینده

علی‌رغم پتانسیل عظیم و بازار رو به رشد فیتوژنیک‌ها، استفاده گسترده و مؤثر از آن‌ها با چالش‌هایی روبرو است که آینده این صنعت به نحوه غلبه بر آن‌ها بستگی دارد. چالش‌های فعلی:

۱-۴. چالش‌های فعلی

الف) استانداردسازی و تنوع ترکیبات: بزرگترین چالش، ناهمگونی در غلظت ترکیبات فعال است. عواملی مانند گونه گیاه، منطقه جغرافیایی، زمان برداشت، شرایط آب و هوایی و روش‌های فرآوری (مانند استخراج و تقطیر) می‌توانند به طور چشمگیری بر ترکیب شیمیایی و در نتیجه، اثربخشی محصول نهایی تأثیر بگذارند. این امر منجر به نتایج متناقض در مطالعات مختلف و دشواری در تکرارپذیری نتایج می‌شود (امین الله و همکاران، ۲۰۲۵).

ب) دوز بهینه و اثربخشی: برخلاف آنتی‌بیوتیک‌ها با دوزهای مشخص، تعیین دوز بهینه برای بسیاری از محصولات فیتوژنیک همچنان یک چالش است. حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) برای بسیاری از ترکیبات گیاهی بالاتر از میزانی است که از نظر اقتصادی در خوراک مقرون‌به‌صرفه باشد (آبدالی و همکاران،۲۰۲۱). این امر اهمیت یافتن ترکیبات هم‌افزا را دوچندان می‌کند.

ت) پایداری و فراهمی زیستی بسیاری از ترکیبات فعال، به ویژه اسانس‌ها، ماهیتی فرّار و حساس دارند. این ترکیبات ممکن است در طی فرآیندهای تولید خوراک مانند پلت کردن (که با حرارت و فشار همراه است) تخریب شده یا کارایی خود را از دست بدهند. علاوه بر این، بسیاری از این ترکیبات در بخش‌های بالایی دستگاه گوارش جذب یا تجزیه می‌شوند و به مقدار کافی به بخش‌های انتهایی روده (جایی که بیشترین فعالیت ضدمیکروبی مورد نیاز است) نمی‌رسند (آبدالی و همکاران،۲۰۲۱).

۲-۴. چشم‌انداز آینده و نوآوری‌ها

الف) فناوری‌های نوین پوشش‌دهی: برای غلبه بر مشکل پایداری و فراهمی زیستی، فناوری میکروانکپسولاسیون (Microencapsulation) به عنوان یک راهکار کلیدی مطرح شده است. این تکنیک با پوشش‌دهی ترکیبات فعال در یک ماتریکس محافظ (مانند پلیمرها یا لیپیدها)، آن‌ها را از تخریب در حین تولید و عبور از معده محافظت کرده و امکان آزادسازی هدفمند در روده را فراهم می‌کند. این امر هم اثربخشی را افزایش می‌دهد و هم نیاز به دوزهای بالا را کاهش می‌دهد کردند (موندی و سومپای، ۲۰۲۱).

- **ترکیبات سینرژیک:** آینده فیتوژنیک‌ها به احتمال زیاد در استفاده از ترکیبات هوشمندانه و هم‌افزا نهفته است. ترکیب چندین عصاره گیاهی با مکانیسم‌های مکمل، می‌تواند اثربخشی را به مراتب بیشتر از استفاده از یک ترکیب به تنهایی افزایش دهد.
- **ترکیب با اسیدهای آلی:** یکی از امیدوارکننده‌ترین استراتژی‌ها، ترکیب فیتوژنیک‌ها با اسیدهای آلی است. اسیدهای آلی می‌توانند غشای خارجی باکتری‌های گرم-منفی را مختل کرده و نفوذپذیری آن را برای ترکیبات آب‌گریز فیتوژنیک (مانند تیمول و کارواکرول) افزایش دهند. این اثر سینرژیک، کارایی ضدمیکروبی را به شدت تقویت کرده و یک جایگزین قدرتمند برای آنتی‌بیوتیک‌ها ایجاد می‌کند (موندی و سومپای، ۲۰۲۱).
- **رویکرد دقیق و درک عمیق مکانیسم‌ها**: با استفاده از ابزارهای "Omics" (مانند متاژنومیکس و ترانسکریپتومیکس)، تحقیقات آینده بر درک دقیق‌تر تعاملات بین ترکیبات فیتوژنیک، میکروبیوتای روده و سیستم ایمنی میزبان متمرکز خواهد شد. این دانش به طراحی فرمولاسیون‌های هدفمند و اختصاصی برای مقابله با چالش‌های خاص (مانند استرس گرمایی یا پاتوژن‌های مشخص) کمک خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

سیر تحول در صنعت طیور، از وابستگی به آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد تا پذیرش راهکارهای پایدار، نشان‌دهنده یک تغییر پارادایم عمیق در نگرش به سلامت حیوان، امنیت غذایی و بهداشت عمومی است. در این گذار، افزودنی‌های خوراک فیتوژنیک نه تنها به عنوان یک جایگزین، بلکه به عنوان یک راهکار استراتژیک و چندمنظوره ظهور کرده‌اند. شواهد علمی

انباشته‌شده به وضوح نشان می‌دهد که این ترکیبات طبیعی، از طریق مکانیسم‌های درهم‌تنیده‌ای همچون تعدیل میکروبیوتای روده، تقویت سد دفاعی روده، کاهش استرس اکسیداتیو و تنظیم پاسخ‌های ایمنی، به طور مؤثری سلامت و عملکرد طیور را بهبود می‌بخشند. همانطور که بحث شد، چالش‌هایی مانند تنوع در ترکیبات و پایداری آن‌ها همچنان وجود دارد، اما این موانع، مسیر را برای نوآوری‌های هیجان‌انگیز هموار کرده‌اند. فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند میکروانکپسولاسیون و طراحی ترکیبات سینرژیک، به ویژه ترکیب با اسیدهای آلی، افق‌های جدیدی را برای به حداکثر رساندن پتانسیل این ترکیبات گشوده‌اند. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که فیتوژنیک‌ها دیگر یک انتخاب حاشیه‌ای نیستند؛ آن‌ها یک جزء جدایی‌ناپذیر و کلیدی در جعبه‌ابزار متخصصان تغذیه برای دستیابی به تولید پایدار، سودآور و مسئولانه در صنعت طیور مدرن محسوب می‌شوند. سرمایه‌گذاری در تحقیقات بیشتر برای استانداردسازی این محصولات و درک عمیق‌تر مکانیسم‌های آن‌ها، گامی حیاتی در جهت تحقق کامل این پتانسیل و ساختن آینده‌ای سالم‌تر برای صنعت طیور و مصرف‌کنندگان خواهد بود.

منابع

-Wang, J., Deng, L., Chen, M., Che, Y., Li, L., Zhu, L., ... & Feng, T. (2024). Phytogenic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. *Animal Nutrition*, *17*, 244-264.

Mandey, J. S., & Sompie, F. N. (2021). Phytogenic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in poultry nutrition. In *Advanced studies in the 21st century animal nutrition*. IntechOpen.

Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phytogenic feed additives in poultry: achievements, prospective and challenges. *Animals*, *11*(12), 3471.

Lin, L., Luo, L., Zhong, M., Xie, T., Liu, Y., Li, H., & Ni, J. (2019). Gut microbiota: a new angle for traditional herbal medicine research. *RSC advances*, *9*(30), 17457-17472.

Aminullah, N., Mostamand, A., Zahir, A., Mahaq, O., & Azizi, M. N. (2025). Phytogenic feed additives as alternatives to antibiotics in poultry production: A review. *Veterinary World*, *18*(1), 141.

Obianwuna, U. E., Chang, X., Oleforuh-Okoleh, V. U., Onu, P. N., Zhang, H., Qiu, K., & Wu, S. (2024). Phytobiotics in poultry: revolutionizing broiler chicken nutrition with plant-derived gut health enhancers. *Journal of animal science and biotechnology*, *15*(1), 169.

Darmawan, A., Hermana, W., Suci, D. M., Mutia, R., Jayanegara, A., & Ozturk, E. (2022). Dietary phytogenic extracts favorably influence productivity, egg quality, blood constituents, antioxidant and immunological parameters of laying hens: a meta-analysis. *Animals*, *12*(17), 2278.

Phytogenic Feed Additives in Poultry Nutrition: From Antibiotic Growth Promoters to Sustainable Solutions (Past, Present, and Future)

Hassan Saleh[1,2], Mohsen Kazemi[3]

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Saravan University, Saravan, Iran
2- Associate Professor, Department of Animal Science, University of Birjand, Birjand, Iran
3- Associate Professor, Department of Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran

* Corresponding author email: Hsaleh.um@gmail.com

Abstract

The poultry industry is facing increasing pressure to phase out Antibiotic Growth Promoters (AGPs) due to global concerns over antimicrobial resistance and consumer demand for healthier, more sustainable products. In this context, phytogenic feed additives (phytogenics), which include medicinal plants, spices, and their extracts, have garnered widespread attention as a natural, safe, and multifunctional alternative. This review provides a comprehensive examination of the effects of these bioactive compounds (such as polyphenols, alkaloids, and essential oils) on poultry health and performance. The main mechanisms of action for phytogenics include antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory activities, as well as improving gastrointestinal health by modifying gut morphology and modulating its microbiota. Furthermore, this paper will review the past (the era of antibiotics), examine the present state (current research and known mechanisms), and outline the future perspective of these additives in the poultry industry. The growing trend of the global market for phytogenics and consumer demand for antibiotic-free raised products will be highlighted. However, challenges such as product standardization, determination of optimal levels, stability during feed processing, and cost remain major obstacles to their widespread use. Novel technologies like microencapsulation are being developed as solutions to overcome these limitations. Finally, this paper concludes that phytogenics are not only an effective alternative to antibiotics but are also a key tool for achieving sustainable production, improving animal health, and ensuring food security in the future of the poultry industry.

Keywords : Phytogenic, Poultry, Antibiotic, Performance, Economics

.

نقش گیاهان دارویی در تغذیه نشخوارکنندگان: تمرکز بر سیر، پونه کوهی و رزماری

محسن کاظمی[۱،۱]، حسن صالح[۲و ۳]

۱- دانشیار، گروه علوم دامی، مجتمع آموزش عالی تربت‌جام، تربت‌جام، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سراوان
۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

چکیده

افزایش تقاضای جهانی برای پروتئین حیوانی و نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید متان، جستجو برای جایگزین‌های طبیعی و پایدار برای افزودنی‌های مصنوعی در تغذیه دام را ضروری ساخته است. گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال ثانویه، گزینه‌ای امیدوارکننده برای تعدیل تخمیر شکمبه، بهبود عملکرد تولیدی و سلامت حیوان، و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. این مقاله به بررسی نقش سه گیاه دارویی آسیایی-مدیترانه‌ای مهم یعنی سیر (*Allium sativum* L.)، پونه کوهی (*Origanum vulgare* L.) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) در تغذیه نشخوارکنندگان می‌پردازد. در این مقاله همچنین اثرات این گیاهان بر ویژگی‌های شیر (مانند تولید، ترکیب و پروفیل اسیدهای چرب)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مدیریت دوره حساس از شیرگیری و همچنین نتایج مطالعات درون‌شیشه‌ای (*in vitro*) بر روی تخمیر شکمبه و تولید متان مورد بحث قرار گرفته است. علاوه بر این، ملاحظات اقتصادی مرتبط با استفاده از این گیاهان و پتانسیل آن‌ها برای افزایش سودآوری و پایداری محیطی در سیستم‌های پرورش نشخوارکنندگان مورد تحلیل قرار گرفته است. با وجود نتایج متفاوت که به دوز مصرف، فرمولاسیون و نوع حیوان بستگی دارد، شواهد محکمی وجود دارد که از پتانسیل بالای این گیاهان برای استفاده در جیره‌های غذایی به عنوان راهکاری طبیعی و کاربردی پشتیبانی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، تغذیه نشخوارکنندگان، تولید متان، کیفیت شیر، اقتصاد

۱. مقدمه

صنعت دامپروری جهانی با چالش دوگانه تأمین تقاضای فزاینده برای محصولات دامی و همزمان کاهش اثرات زیست‌محیطی خود، به‌ویژه تولید متان که یک گاز گلخانه‌ای قوی است، روبرو می‌باشد (Alao و همکاران، ۲۰۱۷؛ Abd El Tawab و همکاران، ۲۰۲۴). شکمبه نشخوارکنندگان میزبان جمعیت پیچیده‌ای از میکروارگانیسم‌ها است که تخمیر فیبر غذایی را امکان‌پذیر می‌کنند، اما در عین حال منجر به تولید مقادیر قابل توجهی متان به عنوان یک محصول جانبی می‌شوند (Ungerfeld و Newbold، ۲۰۱۸). برای دهه‌ها، افزودنی‌های مصنوعی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها و یونوفرها برای بهبود کارایی خوراک و مهار میکروب‌های نامطلوب به کار گرفته شده‌اند. با این حال، نگرانی‌های مربوط به مقاومت ضدِمیکروبی و مقررات سختگیرانه (مانند دستورالعمل ۱۸۳۱/۲۰۰۳ EEC/اتحادیه اروپا)، جستجو برای جایگزین‌های ایمن و طبیعی را شتاب بخشیده است (Iommelli و همکاران، ۲۰۲۵).

در این راستا، مواد غذایی فراسودمند که جزو ترکیبات زیست‌فعال با منشأ طبیعی محسوب می‌گردند، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند (Pandey و همکاران، ۲۰۲۳). گیاهان دارویی، با گنجینه غنی از متابولیت‌های ثانویه مانند ساپونین‌ها، تانن‌ها، فلاونوئیدها و اسانس‌های روغنی، نمونه‌ای بارز از این مواد غذایی فراسودمند هستند (Patra و همکاران، ۲۰۰۹). این ترکیبات می‌توانند با مداخله در جمعیت میکروبی شکمبه، تخمیر را به سمت مسیرهای مطلوب‌تر هدایت کرده،

[۱] **نویسنده مسئول:** **Email:** phd1388@gmail.com; m.kazemi@tjamcaas.ac.ir

تولید متان را کاهش داده و در عین حال خواص آنتی‌اکسیدانی و تعدیل‌کنندگی برای سیستم ایمنی داشته باشند (Iommelli و همکاران، ۲۰۲۵؛ Lopreiato و همکاران، ۲۰۲۰).

منطقه آسیا و مدیترانه با تنوع زیستی فوق‌العاده خود، منبع غنی از گیاهان دارویی است که قرن‌ها در طب سنتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (González-Tejero و همکاران، ۲۰۰۸). از میان این گیاهان، سیر، پونه کوهی و رزماری به دلیل خواص ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی و ضدِالتهابی قویِ خود و همچنین در دسترس بودن، بیشترین توجه را در تحقیقات علوم دامی به خود جلب کرده‌اند. این مقالهٔ مروری، با استناد به پژوهش‌های معتبر، به بررسی جامع اثرات عملکردی و اقتصادی استفاده از این سه گیاه در جیره نشخوارکنندگان می‌پردازد.

۲. گیاهان دارویی مورد مطالعه و مکانیسم‌های عمل

۱،۲. سیر (*Allium sativum* L.)

سیر متعلق به خانواده *Alliaceae* است و خواص درمانی آن عمدتاً ناشی از ترکیبات ارگانوسولفور موجود در آن از جمله آلیسین می‌باشد. آلیسین با مهار آنزیم‌های حاوی سولفیدریل در میکروب‌ها، فعالیت ضدِباکتریایی قوی از خود نشان می‌دهد (Bayan و همکاران، ۲۰۱۴). این مکانیسم می‌تواند بر جمعیت میکروبی شکمبه تأثیر گذاشته، تولید پروپیونات را افزایش داده و هیدروژن مورد استفاده برای متانوژنز را کاهش دهد. همچنین سیر دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ایمنی‌زایی قوی می‌باشد (Mirzaei-Aghsaghali و همکاران، ۲۰۱۲).

۲،۲. پونه کوهی (*Origanum vulgare* L.)

پونه کوهی از خانواده نعناعیان (*Lamiaceae*) است و ترکیبات زیست‌فعال اصلی آن در اسانس روغنی آن، یعنی کارواکرول و تیمول، متمرکز شده‌اند. این ترکیبات فِنلی با نفوذ به غشای سلولی باکتری‌ها و ایجاد نشت یون‌ها، باعث اختلال در عملکرد و مرگ سلولی می‌شوند (Yanishlieva و همکاران، ۱۹۹۹). این فعالیت ضدِمیکروبی غیرانتخابی می‌تواند بر باکتری‌های پروتئولیتیک و متانوژن‌های شکمبه تأثیر بگذارد و منجر به کاهش تولید آمونیاک و متان شود (Cobellis و همکاران، ۲۰۱۵).

۳،۲. رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)

رزماری نیز از خانواده نعناعیان است و فعالیت بیولوژیکی آن عمدتاً مربوط به ترکیبات پلی‌فنلی مانند اسید کارنوسیک، کارنوسول و اسید رزمارینیک است. این ترکیبات از طریق تخریب غشای سلولی میکروب‌ها و مهار تشکیل بیوفیلم عمل می‌کنند (Nieto و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این، رزماری به دلیل داشتن قدرت آنتی‌اکسیدانی بسیار بالا شناخته شده است که می‌تواند استرس اکسیداتیو در حیواناتِ تحت تنش (مانند انتقال به شیردهی) را کاهش دهد (Birtić و همکاران، ۲۰۱۵).

۳. اثرات بر عملکرد تولیدمثلی و کیفیت شیر

۱،۳. سیر

نتایج مطالعات در مورد تأثیر سیر بر تولید و ترکیب شیر متناقض بوده و به فرمولاسیون (پودر، اسانس، عصاره) و دوز مصرفی بستگی دارد. در گاوهای شیری برخی محققین گزارش کردند که افزودن اسانس سیر (۵ گرم در روز) به جیره، تمایل به افزایش چربی شیر را افزایش می‌دهد (Yang و همکاران، ۲۰۰۷). در مقابل، افزودن سیر خالص (تا ۱۷ گرم/کیلوگرم ماده خشک)، هیچگونه تأثیری بر تولید و ترکیب شیر گاوهای شیری نداشت (Rossi و همکاران، ۲۰۱۸). اما در مقابل در بزهای شیری، افزودن سیر خالص یا اسانس آن توانست غلظت چربی شیر را کاهش داده که احتمالاً این کاهش، مربوط به مهار تولید استات در شکمبه بود (Zakeri و همکاران، ۲۰۱۸). نکته حائز اهمیت دیگر اینکه افزایش اسید لینولئیک کونژوگه (CLA) و اسیدهای چرب امگا-۳ در شیر گوسفند و گاو با مکمل‌سازی سیر به جیره گزارش شده است (El Shereef، ۲۰۱۹؛ Yang و همکاران، ۲۰۱۶). در واقع، این اسیدهای چرب، جزو ترکیبات مفید برای سلامت انسان‌ها معرفی شده‌اند.

۲،۳. پونه کوهی

تأثیر پونه کوهی بر شیر اغلب کم‌تر از سیر و رزماری بوده و نتایج مطالعات متناقض است. در گاوهای شیری، بیشتر مطالعات با استفاده از پودر برگ پونه کوهی، حتی در دوزهای بالا تا ۷۵۰ گرم در روز، تغییر معنی‌داری در تولید شیر، ترکیب آن یا پروفیل اسیدهای چرب گزارش نکرده‌اند (Olijhoek و همکاران، ۲۰۱۹؛ Hristov و همکاران، ۲۰۱۳). با این حال، تنوع در نتایج دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که یک مطالعه افزایش جزئی در چربی شیر (Tekippe و همکاران، ۲۰۱۱) و مطالعه‌ای دیگر کاهش چربی شیر و نسبت چربی به پروتئین را گزارش کرد که احتمالاً به دلیل خواص ضدِمیکروبی آن و تغییر در فلور شکمبه می‌باشد (Kolling و همکاران، ۲۰۱۸). در نشخوارکنندگان کوچک مانند بز نیز مکمل‌سازی با پونه کوهی در دوزهای پایین (مانند ۳۰ گرم در روز) معمولاً تأثیری بر عملکرد شیردهی نداشته است (Paraskevakis، ۲۰۱۵).

۳،۳. رزماری

رزماری نتایج امیدوارکننده و نسبتاً پایدارتری در بهبود کیفیت شیر نشان داده است. در بزهای شیری، افزودن ۱۰ گرم در روز پودر رزماری خشک به جیره منجر به افزایش معنی‌دار تولید شیر و عملکرد چربی شیر شد (Kholif و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین، پروفیل اسیدهای چرب شیر به‌طور سودمندی تحت تأثیر قرار گرفت که شامل افزایش اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب غیراشباع دارای یک پیوند مضاعف و اسید لینولئیک کونژوگه (CLA) و کاهش غلظت اسیدهای چرب اشباع بود. در گوسفند شیری، تجویز عصاره رزماری (به میزان ۶۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرن در روز) منجر به افزایش تولید شیر و غلظت چربی، پروتئین، کازئین و لاکتوز شد (Chiofalo و همکاران، ۲۰۱۰). یک مطالعه جدیدتر در گاوهای هلشتاین نیز نشان داد که مکمل‌سازی با ۲۸ گرم در روز عصاره رزماری، تولید شیر و محتوای پروتئین شیر را به‌طور معنی‌داری بهبود می‌بخشد (Kong و همکاران، ۲۰۲۲). این اثرات مثبت احتمالاً ناشی از حضور ترکیبات پلی‌فنلی در رزماری است که می‌توانند با ایجاد یک محیط بی‌هوازی‌تر، فرآیندهای تخمیر شکمبه و قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود بخشند.

۴. فعالیت آنتی‌اکسیدانی و نقش در دوره انتقال و از شیرگیری

۱،۴. فعالیت آنتی‌اکسیدانی

هر سه گیاه دارویی مورد بحث به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال، از خواص آنتی‌اکسیدانی قوی برخوردارند که برای مقابله با استرس اکسیداتیو در دوره‌های پرتنش مانند انتقال به شیردهی بسیار حیاتی است. ترکیبات ارگانوسولفور موجود در سیر، از جمله آلیسین و مشتقات آن، به خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد کمک کرده و می‌توانند وضعیت آنتی‌اکسیدانی کلی حیوان را بهبود بخشند (Mirzaei-Aghsaghali و همکاران، ۲۰۱۲) و حتی به عنوان یک ضداِسترس در شرایط گرمایی عمل کنند (Lee و همکاران، ۲۰۱۹). کارواکرول و تیمول، ترکیبات اصلی پونه کوهی، با خنثی‌سازی آبشار رادیکال‌های آزاد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی از خود نشان می‌دهند (Yanishlieva و همکاران، ۱۹۹۹) و نشان داده شده که می‌توانند با مهار چسبندگی باکتری‌ها به سلول‌های اپیتلیال پستانی، خطر ورم پستان پس از زایش را کاهش دهند (Stivanin و همکاران، ۲۰۱۹). رزماری نیز به عنوان یکی از قوی‌ترین گیاهان آنتی‌اکسیدانی شناخته می‌شود که اسید کارنوسیک و کارنوسول موجود در آن با اهدای الکترون و خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کنند (Birtić و همکاران، ۲۰۱۵) و تزریق داخل وریدی اسید کارنوسیک در گاوهای دوره انتقال، اثرات مثبتی بر روی نشانگرهای التهاب و استرس اکسیداتیو داشته است (Michelotti و همکاران، ۲۰۲۱).

۲،۴. مدیریت دوره از شیرگیری

دوره از شیرگیری یک مرحله بحرانی است که این گیاهان دارویی می‌توانند با بهبود سلامت و عملکرد رشد، به عبور موفقیت‌آمیز از این دوره کمک شایانی کنند. مکمل‌سازی با پودر سیر یا عصاره آن در شیر یا خوراک گوساله‌ها و بره‌ها منجر به افزایش وزن بدن، مصرف خوراک، بهبود قوام مدفوع و کاهش دفعات و مدت اسهال شده است (Ghosh و همکاران، ۲۰۱۰؛

Toghdory و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین سطوح IgG سرمی و شاخص‌های ایمنی سلولی در پاسخ به مصرف سیر افزایش یافته‌اند. افزودن پودر برگ پونه کوهی به شیر گوساله‌ها نیز باعث افزایش افزایش وزن روزانه، افزایش وزن بدن و کارایی خوراک و کاهش مدت اسهال شد (Ansari و همکاران، ۲۰۲۲). جالب توجه است که عصاره پونه کوهی باعث تسریع در شروع نشخوار در گوساله‌ها شد که نشان‌دهنده توسعه سریع‌تر شکمبه و امکان از شیرگیری زودتر است (Heisler و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین، اسانس پونه کوهی به‌طور مؤثری شدت، بروز و مدت سندرم اسهال نوزادی در گوساله‌ها را کاهش داد (Katsoulos و همکاران، ۲۰۱۷). استفاده از اسانس رزماری در جیره گوساله‌ها نیز باعث افزایش مصرف خوراک آغازین و افزایش وزن روزانه و همچنین غلظت IgG سرمی شد (Bıyık و همکاران، ۲۰۲۳). در بزغاله‌ها، اگرچه عصاره آبی رزماری بر افزایش وزن روزانه تأثیری نداشت، اما منجر به افزایش گلبول‌های سفید و مقدار گلوبولین شد که نشان‌دهنده تحریک سیستم ایمنی است (Shokrollahi و همکاران، ۲۰۱۵).

۵. مطالعات درون‌شیشه‌ای (*in vitro*) و تأثیر بر تولید متان

مطالعات درون‌شیشه‌ای، ابزار ارزشمندی برای غربالگری سریع و کم‌هزینه دوزها و فرمولاسیون‌های مختلف هستند و بینش ارزشمندی در مورد تأثیر این گیاهان بر تخمیر شکمبه و تولید متان ارائه می‌دهند. یک مطالعه نشان داد که اسانس سیر و رزماری در دوز ۱ گرم در لیتر، کینتیک تخریب کربوهیدرات‌ها را در شکمبه تحت تأثیر قرار می‌دهند (Cavalheiro Junior و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعه دیگری نشان داد که اسانس پونه کوهی در دوز ۱/۵ گرم در لیتر یک مهارکننده قوی تولید متان و آمونیاک بود، در حالی که اسانس رزماری اثر کمتری بر متان داشت اما همچنان تولید آمونیاک را مهار می‌کرد (Cobellis و همکاران، ۲۰۱۵)؛ که این اثرات به ترکیبات اصلی آن‌ها (مانند کارواکرول در پونه کوهی) نسبت داده می‌شود. مقایسه بین اشکال مختلف عصاره‌گیری نیز حائز اهمیت است، به‌طوری‌که یک مطالعه نشان داد که اسانس‌های سیر، دارچین و رزماری به‌طور قابل توجهی تخمیر شکمبه و تولید متان را کاهش می‌دهند، درحالی‌که عصاره‌های آبی همان گیاهان اثرات کمتری داشتند (Molho-Ortiz و همکاران، ۲۰۲۱) که نشان‌دهنده اهمیت روش استخراج برای دستیابی به ترکیبات ثانویه مؤثر است. به‌طور کلی، مکانیسم عمل این ترکیبات گیاهی برای کاهش متان شامل مهار مستقیم آرکی‌های متانوژن، کاهش جمعیت پروتوزوا (که با متانوژن‌ها همزیستی دارند) و تغییر نسبت اسیدهای چرب فرار به نفع پروپیونات (که به عنوان یک پذیرنده هیدروژن رقابتی عمل می‌کند) می‌باشد (Abd El Tawab و همکاران، ۲۰۲۴؛ Patra و Saxena، ۲۰۰۹).

۶. ملاحظات اقتصادی و پایداری

استفاده از گیاهان دارویی می‌تواند علاوه بر مزایای سلامتی و زیست‌محیطی، از نظر اقتصادی نیز مقرون به‌صرفه بوده و به پایداری سیستم کمک کند. این گیاهان می‌توانند وابستگی به افزودنی‌های مصنوعی گران‌قیمت را کاهش دهند. اگرچه فرآیند استخراج و خالص‌سازی ترکیبات زیست‌فعال می‌تواند پرهزینه باشد، اما استفاده مستقیم از پودر گیاه یا پسماندهای کشاورزی آن می‌تواند گزینه اقتصادی‌تری باشد (Pai و همکاران، ۲۰۲۲). از سوی دیگر، بهبود عملکرد تولیدی (شیر و افزایش وزن)، بهبود سلامت حیوان (کاهش هزینه‌های درمانی و دامپزشکی) و دسترسی به بازارهای جهانی برای محصولات با برچسب "طبیعی" یا "کاهش‌دهنده کربن" می‌تواند درآمد نهایی مزرعه را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. برای جلوگیری از برداشت بی‌رویه و تخریب محیط زیست در اثر تقاضای فزاینده، توسعه یک زنجیره ارزش پایدار برای گیاهان دارویی با مشارکت بازیگران محلی ضروری است (Volenzo و Odyio، ۲۰۲۰). مطالعات اقتصادی خاص نیز این پتانسیل را تأیید می‌کنند: به عنوان مثال، استفاده از ۰/۸ درصد پونه کوهی در جیره گاوهای شیری با عملکرد ۱۲/۹ کیلوگرم شیر در روز، از نظر اقتصادی کارآمد ارزیابی شده است (de Oliveira و همکاران، ۲۰۱۴)؛ سیر باعث افزایش ۱/۲ لیتری تولید شیر روزانه در گاوها شده که می‌تواند توجیه‌کننده هزینه آن باشد (Kamra و همکاران، ۲۰۱۲)؛ استفاده از رزماری در جیره بره‌ها، با وجود افزایش هزینه خوراک، با افزایش وزن و سلامت بهتر جبران شده و سودآوری کلی را افزایش داده است (Allam و El-Elaime ،

۲۰۲۰)؛ و یک تحلیل شبیه‌سازی نشان داد که استفاده از اسانس‌های گیاهی می‌تواند درآمد اقتصادی گاوهای گوشتی را ۱/۴۴ درصد افزایش و ردپای کربن آن را تا ۰/۸۳ درصد کاهش دهد (Orzuna-Orzuna و همکاران، ۲۰۲۲).

۷. نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

گیاهان دارویی همچون سیر، پونه کوهی و رزماری پتانسیل چشمگیری به عنوان افزودنی‌های غذایی طبیعی، ایمن و پایدار در تغذیه نشخوارکنندگان نشان داده‌اند. این گیاهان می‌توانند با تعدیل تخمیر شکمبه، بهبود کیفیت و کمیت محصولات دامی، تقویت سیستم ایمنی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی، و کاهش قابل توجه انتشار متان، به بسیاری از چالش‌های پیش روی صنعت دامپروری مدرن پاسخ دهند. با این حال، چالش اصلی، ناهمگونی در نتایج مطالعات است که عمدتاً ناشی از متغیرهایی مانند گونه گیاهی، رقم، فرمولاسیون (پودر، اسانس، عصاره)، دوز مصرفی، روش استخراج، ترکیب جیره پایه و گونه حیوانی است. بنابراین، برای بهره‌برداری کامل و قابل پیش‌بینی از این پتانسیل بزرگ، تحقیقات آینده باید بر روی استانداردسازی فرمولاسیون‌ها و تعیین دوز بهینه برای هر گونه دامی، انجام مطالعات درون‌تنی بلندمدت بیشتر در شرایط مزرعه‌ای برای تأیید نتایج، بررسی اثرات سینرژیستی (هم‌افزایی) این گیاهان با یکدیگر یا با سایر افزودنی‌ها، و انجام تحلیل‌های دقیق چرخه عمر و اقتصادی استفاده از این گیاهان در مقیاس بزرگ متمرکز شوند. با وجود این چالش‌ها، ادغام هوشمندانه و مبتنی بر شواهد گیاهان دارویی در جیره نشخوارکنندگان، بدون شک گامی مهم و اجتناب‌ناپذیر به سوی تحقق دامپروری پایدارتر، سودآورتر و دوستدار محیط زیست است.

منابع

Abd El Tawab, A. M., Liu, Q., Xu, G., & Han, X. 2024. Feed additives strategies to control methanogenesis in ruminants, Review. Archiva Zootechnica 27: 90-125.

Alao, B. O., Falowo, A. B., Chulayo, A., & Muchenje, V. 2017. The potential of animal by-products in food systems: Production, prospects and challenges. Sustainability 9: 1089.

Allam, S., & El-Elaime, R. R. 2020. Impact of garlic, lemongrass, peepermint and rosemary as feed additives on performance of growing Barki lambs. Egyptian Journal of Nutrition and Feeds 23: 359-367.

Ansari, M., Kargar, S., Eslami, M. A., Falahati, R., Albenzio, M., Caroprese, M., & Kanani, M. 2022. Potential benefits of early-life supplementation of liquid feed with fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds or oregano (*Origanum vulgare*) leaves on growth, health, and blood metabolites in Holstein dairy calves. Journal of Dairy Science 105: 6639-6653.

Bayan, L., Koulivand, P. H., & Gorji, A. 2014. Garlic: a review of potential therapeutic effects. Avicenna Journal of Phytomedicine 4: 1-14.

Birtić, S., Dussort, P., Pierre, F. X., Bily, A. C., & Roller, M. 2015. Carnosic acid. Phytochemistry 115: 9-19.

Bıyık, F., Biricik, H., Ürkmez, E., Kara, C., Cetin, I., & Udum, D. 2023. Effects of rosemary essential oil as a feed additive on performance, rumen fermentation, and blood parameters in preweaning Holstein calves. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society 74: 6191-6199.

Cavalheiro Junior, E. R., Serafim, C. C., Rodrigues, E. R., Guerra, G. L., do Carmo, J. P. M., dos Santos, T. F., & Prado Calixto, O. P. 2021. Effect of Supplying Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and Garlic (*Allium sativum* L.) Essential Oils to Feedlot Lambs on *in vitro* Ruminal Fermentation. Frontiers in Animal Science 2: 764048.

Chiofalo, B., Riolo, E. B., Fasciana, G., Liotta, L., & Chiofalo, V. 2010. Organic management of dietary rosemary extract in dairy sheep: effects on milk quality and clotting properties. Veterinary Research Communications 34: 197-201.

Cobellis, G., Petrozzi, A., Forte, C., Acuti, G., Orrù, M., Marcotullio, M. C., & Trabalza-Marinucci, M. 2015. Evaluation of the effects of mitigation on methane and ammonia production by using *Origanum vulgare*

L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils on *in vitro* rumen fermentation systems. Sustainability 7: 12856-12869.

de Oliveira, J. S. O., da Silva, F. F., Costa, L. T., da Silva, G. M., de Almeida Meneses, M., & de Oliveira Rodrigues, E. S. 2014. Economic performance of dairy cows fed diets with different levels of oregano. Acta Scientiarum Animal Sciences 36: 393-398.

El Shereef, A. A. 2019. Blood serum biochemical changes and milk fatty acids profile due to using garlic plant as feed additives for sheep. Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences 4: 1-8.

Ghosh, S., Mehla, R.K., Sirohi, S.K., & Roy, B. 2010. The effect of dietary garlic supplementation on body weight gain, feed intake, feed conversion efficiency, faecal score, faecal coliform count, and feeding cost in crossbred dairy calves. Tropical Animal Health and Production 42: 961–968.

González-Tejero, M. R., Casares-Porcel, M., Sánchez-Rojas, C. P., Ramiro-Gutiérrez, J. M., Molero-Mesa, J., Pieroni, A., & ElJohrig, S. 2008. Medicinal plants in the Mediterranean area: synthesis of the results of the project Rubia. Journal of Ethnopharmacology 116: 341-357.

Heisler, G., Fischer, V., de Paris, M., Angelo, I. D. V., Panazzolo, D. M., & Zanela, M. B. 2020. Effect of green tea and oregano extracts fed to preweaned Jersey calves on behavior and health status. Journal of Veterinary Behavior 37: 36-40.

Hristov, A. N., Lee, C., Cassidy, T., Heyler, K., Tekippe, J. A., Varga, G. A., & Brandt, R. C. 2013. Effect of *Origanum vulgare* L. leaves on rumen fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 96: 1189-1202.

Iommelli, P., Spina, A. A., Vastolo, A., Infascelli, L., Lotito, D., Musco, N., & Tudisco, R. 2025. Functional and Economic Role of Some Mediterranean Medicinal Plants in Dairy Ruminants' Feeding: A Review of the Effects of Garlic, Oregano, and Rosemary. Animals 15: 657.

Kamra, D. N., Agarwal, N., Sakthivel, P. C., & Chaudhary, L. C. 2012. Garlic as a rumen modifier for eco-friendly and economic livestock production. Journal of Applied Animal Research 40: 90-96.

Katsoulos, P. D., Karatzia, M. A., Dovas, C. I., Filioussis, G., Papadopoulos, E., Kiossis, E., & Karatzias, H. 2017. Evaluation of the in-field efficacy of oregano essential oil administration on the control of neonatal diarrhea syndrome in calves. Research in Veterinary Science 115: 478-483.

Kholif, A. E., Matloup, O. H., Morsy, T. A., Abdo, M. M., Elella, A. A., Anele, U. Y., & Swanson, K. C. 2017. Rosemary and lemongrass herbs as phytogenic feed additives to improve efficient feed utilization, manipulate rumen fermentation and elevate milk production of Damascus goats. Livestock Science 204: 39-46.

Kolling, G. J., Stivanin, S. C. B., Gabbi, A. M., Machado, F. S., Ferreira, A. L., Campos, M. M., & Fischer, V. 2018. Performance and methane emissions in dairy cows fed oregano and green tea extracts as feed additives. Journal of Dairy Science 101: 4221-4234.

Kong, F., Wang, S., Dai, D., Cao, Z., Wang, Y., Li, S., & Wang, W. 2022. Preliminary investigation of the effects of rosemary extract supplementation on milk production and rumen fermentation in high-producing dairy cows. Antioxidants 11: 1715.

Lee, J. S., Kang, S., Kim, M. J., Han, S. G., & Lee, H. G. 2019. Dietary supplementation with combined extracts from garlic (*Allium sativum*), brown seaweed (*Undaria pinnatifida*), and pinecone (*Pinus koraiensis*) improves milk production in Holstein cows under heat stress conditions. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 33: 111.

Lopreiato, V., Mezzetti, M., Cattaneo, L., Ferronato, G., Minuti, A., & Trevisi, E. 2020. Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: a review. Journal of Animal Science and Biotechnology 11: 96.

Michelotti, T. C., Trevisi, E., & Osorio, J. S. 2021. An exploration of the effects of an early postpartum intravenous infusion with carnosic acid on physiological responses of transition dairy cows. Antioxidants 10: 1478.

Mirzaei-Aghsaghali, A., Syadati, S. A., Fathi, H., Rasouli, S., Sadaghian, M., & Tarahomi, M. 2012. Garlic in ruminants feeding. Asian Journal of Biological Sciences 5: 328-340.

Molho-Ortiz, A. A., Romero-Pérez, A., Ramírez-Bribiesca, E., Márquez-Mota, C. C., Castrejón-Pineda, F. A., & Corona, L. 2021. Effect of essential oils and aqueous extracts of plants on *in vitro* rumen fermentation and methane production. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology 10.

Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. 2018. Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A review. Medicines 5: 98.

Olijhoek, D. W., Hellwing, A. L. F., Grevsen, K., Haveman, L. S., Chowdhury, M. R., Løvendahl, P., & Lund, P. 2019. Effect of dried oregano (*Origanum vulgare* L.) plant material in feed on methane production, rumen fermentation, nutrient digestibility, and milk fatty acid composition in dairy cows. Journal of Dairy Science 102: 9902-9918.

Orzuna-Orzuna, J. F., Dorantes-Iturbide, G., Lara-Bueno, A., Miranda-Romero, L. A., Mendoza-Martínez, G. D., & Santiago-Figueroa, I. 2022. A meta-analysis of essential oils use for beef cattle feed: Rumen fermentation, blood metabolites, meat quality, performance and, environmental and economic impact. Fermentation 8: 254.

Pai, S., Hebbar, A., & Selvaraj, S. 2022. A critical look at challenges and future scopes of bioactive compounds and their incorporations in the food, energy, and pharmaceutical sector. Environmental Science and Pollution Research 29: 35518-35541.

Pandey, A., Patel, M., Ali, S., Verma, P., & Kumar, P. 2023. Nutraceuticals and its application in livestock. Pharma Innovation Journal 12: 1775–1779.

Paraskevakis, N. 2015. Effects of dietary dried Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum) supplementation on blood and milk enzymatic antioxidant indices, on milk total antioxidant capacity and on productivity in goats. Animal Feed Science and Technology 209: 90-97.

Patra, A. K., & Saxena, J. 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. Antonie Van Leeuwenhoek 96: 363-375.

Rossi, G., Schiavon, S., Lomolino, G., Cipolat-Gotet, C., Simonetto, A., Bittante, G., & Tagliapietra, F. 2018. Garlic (*Allium sativum* L.) fed to dairy cows does not modify the cheese-making properties of milk but affects the color, texture, and flavor of ripened cheese. Journal of Dairy Science 101: 2005-2015.

Shokrollahi, B., Amini, F., Fakour, S., & Andi, M. A. 2015. Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on weight, hematology and cell-mediated immune response of newborn goat kids. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics 116: 91-97.

Stivanin, S. C. B., Vizzotto, E. F., de Paris, M., Zanela, M. B., Passos, L. T., Angelo, I. D. V., & Fischer, V. 2019. Addition of oregano or green tea extracts into the diet for Jersey cows in transition period. Feeding and social behavior, intake and health status. Plant extracts for cows in the transition period. Animal Feed Science and Technology 257: 114265.

Tekippe, J. A., Hristov, A. N., Heyler, K. S., Cassidy, T. W., Zheljazkov, V. D., Ferreira, J. F. S., & Varga, G. A. 2011. Rumen fermentation and production effects of *Origanum vulgare* L. leaves in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 94: 5065-5079.

Toghdory, A., Ghoorchi, T., Asadi, M., & Zareie, J. 2023. The effect of adding garlic powder in milk on performance, nutrient digestibility, diarrhea status, and blood parameters in suckling Dalagh lambs. Animal Production 25: 389–398.

Ungerfeld, E. M., & Newbold, C. J. 2018. Engineering rumen metabolic pathways: where we are, and where are we heading. Frontiers in Microbiology 8: 2627.

Volenzo, T., & Odiyo, J. 2020. Integrating endemic medicinal plants into the global value chains: The ecological degradation challenges and opportunities. Heliyon 6: e04970.

Yang, W. Z., & He, M. L. 2016. Effects of feeding garlic and *juniper berry* essential oils on milk fatty acid composition of dairy cows. Nutrition and Metabolic Insights 9.

Yang, W. Z., Benchaar, C., Ametaj, B. N., Chaves, A. V., He, M. L., & McAllister, T. A. 2007. Effects of garlic and *juniper berry* essential oils on ruminal fermentation and on the site and extent of digestion in lactating cows. Journal of Dairy Science 90: 5671-5681.

Yanishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H., & Raneva, V. G. 1999. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. Food Chemistry 64: 59-66.

Zakeri, Z., Pirmohammadi, R., Anassori, E., & Tahmouzi, M. 2014. Feeding raw garlic to dairy goats: effects on blood metabolites and lactation performance. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 20: 399-404.

The role of medicinal plants in ruminant nutrition: A focus on garlic, oregano, and rosemary

Mohsen Kazemi [1*], Hassan Saleh [2,3]

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran
2- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Saravan, Saravan, Sistan and Baluchestan, Iran
3- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, 97175-331, Iran

* Corresponding author email: **phd1388@gmail.com; m.kazemi@tjamcaas.ac.ir**

Abstract

The rising global demand for animal protein and environmental concerns regarding methane emissions have necessitated the search for natural and sustainable alternatives to synthetic additives in livestock feed. Medicinal plants, due to their content of secondary bioactive compounds, represent a promising option for modulating rumen fermentation, improving production performance and animal health, and reducing greenhouse gas emissions. This article reviews the role of three important Asian Mediterranean medicinal plants: garlic (*Allium sativum* L.), oregano (*Origanum vulgare* L.), and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in ruminant nutrition. The effects of these plants on milk characteristics (such as yield, composition, and fatty acid profile), antioxidant activity, management of the critical weaning period, and the results of *in vitro* studies on rumen fermentation and methane production are discussed. Furthermore, the economic considerations associated with the use of these plants and their potential to enhance profitability and environmental sustainability in ruminant production systems are analyzed. Despite variable results, which are dependent on dosage, formulation, and animal species, strong evidence supports the significant potential of these plants for integration into diets as a practical and natural strategy.

Keywords: Medicinal Plants, Ruminant Nutrition, Methane Production, Milk Quality, Economics

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine
MEDCI6
وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربت حیدریه

فیتوبیوتیک‌ها: راهکاری پایدار برای بهبود بوم‌شناسی شکمبه و کاستن از ردپای زیست‌محیطی در تولیدات دامی

محسن کاظمی[۱،۱]، حسن صالح[۲و۳]

۱- دانشیار، گروه علوم دامی، مجتمع آموزش عالی تربت‌جام، تربت‌جام، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه سراوان
۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه بیرجند

چکیده

افزایش نگرانی‌ها در مورد تغییرات اقلیمی و مقاومت ضدمیکروبی، جستجو برای جایگزین‌های طبیعی و پایدار را در تغذیه دام ضروری ساخته است. فیتوبیوتیک‌ها یا افزودنی‌های فیتوژنیک، متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که پتانسیل فوق‌العاده‌ای در تغییر اکوسیستم میکروبی شکمبه نشان داده‌اند. این مقاله، با استناد به پژوهش‌های معتبر، به بررسی مکانیسم‌های عمل و اثرات چندجانبه این ترکیبات می‌پردازد. یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهند که فیتوبیوتیک‌ها، به‌ویژه تانن‌ها، ساپونین‌ها و اسانس‌ها، می‌توانند تولید متان را تا ۳۰ درصد و دفع نیتروژن را تا ۵۰ درصد کاهش دهند. این اثرات از طریق مهار مستقیم جمعیت متانوژن‌ها، کاهش پروتوزواها و هدایت هیدروژن به سمت مسیرهای تولید پروپیونات محقق می‌شود. علاوه بر مزایای زیست‌محیطی، این افزودنی‌ها با بهبود کارایی خوراک، افزایش سنتز پروتئین میکروبی، تقویت وضعیت آنتی‌اکسیدانی و سلامت حیوان، منجر به ارتقای عملکرد و کیفیت محصولات دامی می‌شوند. با وجود چالش‌هایی مانند تعیین دوز بهینه و تغییرپذیری منابع گیاهی، فیتوبیوتیک‌ها به عنوان راهکاری امیدبخش و همه‌جانبه برای نیل به دامپروری پایدار و کم‌کربن در آینده مطرح هستند.

واژه‌های کلیدی: افزودنی‌های فیتوژنیک، گازهای گلخانه‌ای، متان، تخمیر شکمبه، تغذیه پایدار، سلامت دام

۱. مقدمه

صنعت دامپروری نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد جهان ایفا می‌کند، اما در عین حال سهم بسزایی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. بر اساس گزارش‌ها، این صنعت مسئول انتشار تقریباً ۱۴/۵درصد از گازهای گلخانه‌ای جهانی است (Kristiansen و همکاران، ۲۰۲۱). بخش عمده‌ای از این آلایندگی ناشی از فرآیند تخمیر شکمبه‌ای در نشخوارکنندگان است که منجر به تولید مقادیر قابل توجهی متان (CH_4) و همچنین دفع نیتروژن به شکل اوره و در نهایت تولید نیتروس اکسید (N_2O) می‌شود (Tubiello و همکاران، ۲۰۱۳). متان نه تنها یک گاز گلخانه‌ای قوی با پتانسیل گرمایش جهانی ۲۸ برابر دی‌اکسیدکربن است (IPCC، ۲۰۱۳)، بلکه نمایانگر اتلاف ۸ تا ۹ درصد از انرژی خوراک دام نیز می‌باشد (Morgavi و همکاران، ۲۰۲۳). برای دهه‌ها، از آنتی‌بیوتیک‌ها و یونوفورها برای دستکاری تخمیر شکمبه و بهبود کارایی خوراک استفاده می‌شد، اما نگرانی‌های مربوط به مقاومت ضدمیکروبی و انتقال باقیمانده‌ها به زنجیره غذایی، استفاده از آن‌ها را در بسیاری از کشورها محدود کرده است (Abadi و همکاران، ۲۰۱۹). این چالش‌ها، محققان را به سمت جستجو برای جایگزین‌های طبیعی، ایمن و پایدار سوق داده است. در این میان، فیتوبیوتیک‌ها یا افزودنی‌های فیتوژنیک که از متابولیت‌های ثانویه گیاهان استخراج می‌شوند، به عنوان گزینه‌ای امیدبخش و همه‌جانبه مطرح شده‌اند (Flachowsky و Lebzien، ۲۰۱۲). این ترکیبات قادرند ضمن تعدیل تخمیر شکمبه و کاهش چشمگیر انتشار گازهای گلخانه‌ای، سلامت، عملکرد و کیفیت محصولات دامی

[۱] **نویسنده مسئول:** **Email:** phd1388@gmail.com; m.kazemi@tjamcaas.ac.ir

را نیز بهبود بخشند. هدف از این مقاله مروری، بررسی جامع مکانیسم‌های عمل، اثرات محیطی و تولیدی افزودنی‌های فیتوبیوتیک بر اساس جدیدترین یافته‌های علمی است.

۲. فیتوبیوتیک‌ها: تعریف، منابع و اشکال

فیتوبیوتیک‌ها به ترکیبات زیست‌فعالی اطلاق می‌شوند که از گیاهان، ادویه‌ها یا محصولات فرعی صنایع گیاهی استخراج شده و به خوراک دام افزوده می‌شوند (Franz و همکاران، ۲۰۲۰). این ترکیبات که تحت عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاهی نیز شناخته می‌شوند، عمدتاً در پاسخ به استرس‌های محیطی در بافت‌های گیاهی تولید می‌شوند (Sharma و همکاران، ۲۰۲۲). این افزودنی‌ها می‌توانند در قالب‌های مختلفی از جمله گیاهان کامل خشک و آسیاب‌شده، عصاره‌های خام، غلیظ یا خشک، اسانس‌ها (که از طریق تقطیر با بخار آب استخراج می‌شوند) و اولئورزین‌ها مورد استفاده قرار گیرند (O'Bryan و همکاران، ۲۰۱۵؛ An و همکاران، ۲۰۲۳).

از نظر ترکیب شیمیایی، مهم‌ترین گروه‌های فیتوبیوتیکی شامل تانن‌ها (متراکم و قابل هیدرولیز)، ساپونین‌ها، اسانس‌ها (حاوی ترکیباتی مانند تیمول، اوژنول و سینامالدئید)، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها هستند (Patra و Saxena، ۲۰۱۱؛ Cobellis و همکاران، ۲۰۱۶). منابع غنی از این ترکیبات شامل درختان و درختچه‌هایی مانند گلیریسیدیا (*Gliricidia sepium*)، کالیاندرا (*Calliandra calothyrsus*)، لوسنا (*Leucaena leucocephala*) و توت (*Morus alba*) و همچنین علوفه‌هایی مانند یونجه (*Medicago sativa*)، شبدر (*Trifolium* spp.) و لسپدزا (*Sericea lespedeza*) می‌باشند (Molina-Botero و همکاران، ۲۰۱۹؛ Hassan و همکاران، ۲۰۲۰).

۳. مکانیسم‌های کلی عمل فیتوبیوتیک‌ها در شکمبه

فیتوبیوتیک‌ها از طریق مکانیسم‌های متعددی بر اکوسیستم پیچیده شکمبه تأثیر می‌گذارند. این مکانیسم‌ها عمدتاً ناشی از خاصیت ضدمیکروبی این ترکیبات است. به‌طور کلی، ترکیبات زیست‌فعال گیاهی با افزایش نفوذپذیری و سیالیت غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها، باعث خروج متابولیت‌ها و یون‌ها شده و در نهایت منجر به مرگ سلولی می‌شوند (Lillehoj و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، این ترکیبات می‌توانند با مهار رونویسی ژن، سنتز پروتئین، فعالیت آنزیمی و تشکیل دیواره سلولی، فعالیت میکروب‌ها را مختل کنند (Lillehoj و همکاران، ۲۰۱۸). اثر فیتوبیوتیک‌ها بر جمعیت میکروبی شکمبه به عواملی مانند دوز، نوع ترکیب فعال، پروفیل شیمیایی گیاه و حتی نسبت بین انواع مختلف ترکیبات (مانند نسبت تانن‌های قابل هیدرولیز به تانن‌های متراکم) بستگی دارد (López و همکاران، ۲۰۱۰؛ Seradj و همکاران، ۲۰۱۶). این انتخاب‌پذیری امکان دستکاری هدفمند جمعیت میکروبی را فراهم می‌سازد.

۴. نقش فیتوبیوتیک‌ها در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

فیتوبیوتیک‌ها از طریق مکانیسم‌های مؤثر و چندجانبه، نقش بسزایی در کاهش انتشار دو گاز گلخانه‌ای مهم، یعنی متان (CH_4) و نیتروس اکسید (N_2O)، ایفا می‌کنند. این ترکیبات با هدف قرار دادن فرآیندهای میکروبی خاص در شکمبه و همچنین تغییر سرنوشت متابولیت‌ها در محیط، راهکاری طبیعی برای کاهش ردپای کربنی دامپروری ارائه می‌دهند.

۱،۴. کاهش تولید متان (CH_4)

متان محصول جانبی و ضروری تخمیر شکمبه‌ای است که توسط آرکی‌های متان‌زا تولید می‌شود. فیتوبیوتیک‌ها از سه مسیر اصلی و اغلب به صورت همزمان، باعث کاهش تولید متان در شکمبه می‌شوند. اولین مسیر، مهار مستقیم آرکی‌های متان‌زا است؛ به‌طوری‌که ترکیباتی مانند تانن‌ها به‌طور مستقیم جمعیت و فعالیت این میکروارگانیسم‌ها را سرکوب می‌کنند (Patra و Saxena، ۲۰۱۱)، به گونه‌ای که به عنوان مثال، عصاره‌های تانن استخراج شده از گیاه لوکائنا توانسته‌اند باعث کاهش باکتری‌های متان‌زاها در شرایط برون‌تنی شوند (Tan و همکاران، ۲۰۱۱). مسیر دوم از طریق کاهش جمعیت پروتوزواها (Defaunation) عمل می‌کند؛ ساپونین‌ها با تخریب غشای سلولی پروتوزواها که حاوی استرول است، جمعیت آن‌ها را به‌طور

مؤثری کاهش می‌دهند (Patra و Saxena، ۲۰۰۹) و از آنجا که پروتوزواها در رابطه همزیستی با متان‌زاها، هیدروژن مورد نیاز برای تولید متان را فراهم می‌کنند، کاهش آن‌ها به‌طور غیرمستقیم منجر به کاهش متان نیز می‌شود. سومین مکانیسم، هدایت هیدروژن به سمت مسیرهای تولید پروپیونات است؛ بدین صورت که برخی فیتوبیوتیک‌ها مانند اسانس‌ها، جمعیت باکتری‌های تولیدکننده پروپیونات (مانند *Succinivibrionaceae*) را افزایش می‌دهند (Khurana و همکاران، ۲۰۲۳) و از آنجا که تولید پروپیونات یک مسیر مصرف‌کننده هیدروژن است، رقابت برای این ماده بین باکتری‌ها و متان‌زاها افزایش یافته و در نتیجه هیدروژن کمتری برای تولید متان در دسترس قرار می‌گیرد (Boadi و همکاران، ۲۰۰۴).

۲،۴. کاهش انتشار نیتروس اکسید (N_2O)

کاهش انتشار نیتروس اکسید که گازی با پتانسیل گرمایش جهانی ۲۶۵ برابری نسبت به CO_2 است، عمدتاً از طریق تأثیر فیتوبیوتیک‌ها بر متابولیسم نیتروژن در حیوان و سرنوشت آن در محیط محقق می‌شود (IPCC، ۲۰۱۳). مهم‌ترین مکانیسم در این زمینه، تغییر مسیر دفع نیتروژن از ادرار به مدفوع است. تانن‌ها با تشکیل کمپلکس‌های پایدار با پروتئین‌های خوراک، از تجزیه سریع آن‌ها در شکمبه جلوگیری کرده و پروتئین عبوری را افزایش می‌دهند (Mueller-Harvey و همکاران، ۲۰۱۹). این امر منجر به کاهش غلظت آمونیاک در شکمبه و در نتیجه، کاهش دفع نیتروژن به شکل اوره از طریق ادرار می‌شود. از آنجا که پتانسیل تولید N_2O از نیتروژن موجود در مدفوع به مراتب کمتر از نیتروژن ادراری است (de Klein و Ledgard، ۲۰۰۵). این تغییر مسیر دفع، انتشار کلی N_2O را به شدت کاهش می‌دهد. مکانیسم دیگر، تولید متابولیت‌های بازدارنده در بدن حیوان است؛ تجزیه برخی ترکیبات مانند گلوکوزینولات‌ها (در گیاهان تیره کلم) و تانن‌ها در دستگاه گوارش، منجر به تولید متابولیت‌هایی مانند تیوسیانات‌ها و اسید هیپوریک می‌شود (Gao و Zhao، ۲۰۲۲). این ترکیبات پس از دفع در محیط، می‌توانند فرآیندهای نیترات‌سازی و تنفس میکروبی در خاک را مهار کرده و از تبدیل نیتروژن ادراری به N_2O جلوگیری کنند.

۵. تأثیر فیتوبیوتیک‌ها بر تخمیر شکمبه و عملکرد دام

۱،۵. بهبود پروفایل تخمیر شکمبه

فیتوبیوتیک‌ها می‌توانند پارامترهای تخمیر شکمبه را به نحو مطلوبی تغییر دهند. آن‌ها با مهار باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک، به حفظ pH متعادل شکمبه به ویژه در جیره‌های پرکنستانتره کمک کرده و از بروز اسیدوز تحت‌بالینی جلوگیری می‌کنند (Mickdam و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین، این ترکیبات با افزایش نسبت پروپیونات به استات، بازده انرژی حیوان را بهبود می‌بخشند، زیرا تولید پروپیونات نسبت به استات انرژی کمتری را به شکل گرما تلف می‌کند (Chen و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، فیتوبیوتیک‌ها با کاهش تجزیه پروتئین در شکمبه و افزایش پروتئین بای‌پاس، کارایی استفاده از نیتروژن و سنتز پروتئین میکروبی را افزایش می‌دهند که این امر منجر به تأمین اسیدآمینه بیشتر برای حیوان می‌شود (Abarghuei و Salem، ۲۰۲۱).

۲،۵. ارتقای عملکرد و سلامت حیوان

استفاده از فیتوبیوتیک‌ها در جیره به‌طور همزمان منجر به ارتقای عملکرد و سلامت حیوان می‌شود. بهبود عملکرد که خود ناشی از کاهش اتلاف انرژی به شکل متان، هدایت کارآمدتر انرژی به سمت بافت‌های تولیدی و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی است (Cohen-Zinder و همکاران، ۲۰۱۶)، به صورت عینی در قالب افزایش وزن روزانه و بهبود ضریب تبدیل خوراک در گاوهای پرواری و همچنین افزایش تولید و بهبود ترکیبات شیر در گاوهای شیری گزارش شده است (Costa و همکاران، ۲۰۲۱; Zhao و همکاران، ۲۰۲۳). افزون بر این، فیتوبیوتیک‌ها از طریق مکانیسم‌های مستقیم، سلامت عمومی دام را نیز تضمین می‌کنند. خواص ضدانگلی (Anthelmintic) آن‌ها، به ویژه در تانن‌ها و ساپونین‌ها، از طریق تشکیل کمپلکس با

پروتئین‌های سطحی کرم‌های دستگاه گوارش، بار انگلی را به‌طور مؤثری کاهش می‌دهد (Spiegler و همکاران، ۲۰۱۷). همزمان، ترکیباتی مانند فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها با دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی قوی، از یک سو با فعال کردن مسیرهای آنتی‌اکسیدانی درون‌زا (مانند NFE2L2/HMOX1) و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، استرس اکسیداتیو را به ویژه در دوره‌های حساسی مانند انتقال مهار می‌کنند (Ma و همکاران، ۲۰۱۹) و از سوی دیگر با تعدیل سیتوکین‌های پیش‌التهابی و تقویت سیتوکین‌های ضدالتهابی، یک پاسخ ایمنی متعادل و کارآمد را القا می‌نمایند (Ma و همکاران، ۲۰۲۱). در نهایت، این ترکیبات با تعدیل میکروبیوم روده و افزایش جمعیت باکتری‌های مفیدی مانند لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم در کنار کاهش پاتوژن‌ها، سلامت و یکپارچگی روده بزرگ را نیز به‌طور قابل توجهی بهبود می‌بخشند (Zhao و همکاران، ۲۰۲۳).

۳,۵. بهبود کیفیت محصولات دامی

تأثیر مثبت فیتوبیوتیک‌ها فراتر از بهبود عملکرد و سلامت حیوان بوده و به‌طور مستقیم بر کیفیت محصولات دامی تأثیر می‌گذارد. این ترکیبات با مهار مراحل نهایی فرآیند بیوهیدروژناسیون اسیدهای چرب غیراشباع در شکمبه، موجب تجمع اسیدهای چرب مفیدی مانند اسید لینولئیک کونژوگه (CLA) و اسید واکسنیک در شیر و گوشت می‌شوند (Vasta و همکاران، ۲۰۰۹؛ Denninger و همکاران، ۲۰۰۹). این اسیدهای چرب که به دلیل دارا بودن خواص سلامت‌بخش از جمله خواص ضدسرطانی و کاهنده کلسترول برای انسان حائز اهمیت هستند (Lin و همکاران، ۲۰۱۶) و ارزش تغذیه‌ای محصولات دامی را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهند. علاوه بر این، به دلیل دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی ذاتی، فیتوبیوتیک‌ها با به تأخیر انداختن اکسیداسیون لیپیدها در گوشت، موجب افزایش پایداری اکسیداتیو و در نتیجه بهبود ماندگاری و کیفیت ظاهری محصول نهایی می‌شوند (Uushona و همکاران، ۲۰۲۳).

۶. چالش‌ها و ملاحظات کاربردی

با وجود مزایای متعدد، استفاده گسترده از فیتوبیوتیک‌ها با چالش‌هایی روبرو است. تغییرپذیری در ترکیبات زیست‌فعال گیاهان بر اساس گونه، فصل، مرحله رشد و روش فرآوری، یکی از بزرگ‌ترین موانع است (Pech-Cervantes و همکاران، ۲۰۲۱). تعیین دوز بهینه نیز بسیار حساس است؛ به‌طوری‌که دوزهای پایین ممکن است بی‌اثر باشند و دوزهای بسیار بالا می‌توانند با مهار بیش از حد میکروفلور شکمبه، قابلیت هضم فیبر و عملکرد حیوان را به شدت کاهش دهند (Benchnar و همکاران، ۲۰۰۸). سازگاری میکروب‌های شکمبه با این ترکیبات در بلندمدت نیز موضوعی است که نیاز به مطالعه بیشتر دارد، زیرا ممکن است با گذشت زمان از اثرات آن‌ها کاسته شود (Smith و همکاران، ۲۰۰۵). از منظر ایمنی، اگرچه این ترکیبات طبیعی هستند، اما باید از عدم آلودگی آن‌ها به فلزات سنگین، سموم قارچی و آفت‌کش‌ها اطمینان حاصل کرد. همچنین رعایت مقررات و دستورالعمل‌های سازمان‌های نظارتی مانند EFSA و FDA در مورد استفاده از این افزودنی‌ها در خوراک دام ضروری است (Franz و همکاران، ۲۰۲۰).

۷. نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده

جمع‌بندی شواهد علمی موجود به وضوح نشان می‌دهد که فیتوبیوتیک‌ها پتانسیل فوق‌العاده‌ای به عنوان جایگزین‌های طبیعی برای آنتی‌بیوتیک‌ها و ایونوفورها در تغذیه نشخوارکنندگان دارند. این ترکیبات با مکانیسم‌های چندگانه و هدفمند، نه تنها قادر به کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای با منشأ دامی (متان و نیتروس اکسید) هستند، بلکه از طریق بهبود تخمیر شکمبه، کارایی خوراک، سلامت و عملکرد حیوان، بهره‌وری سیستم‌های دامپروری را افزایش می‌دهند. آن‌ها با ارتقای کیفیت محصولات دامی، منافعی را نیز برای مصرف‌کننده نهایی به ارمغان می‌آورند. بنابراین، ادغام فیتوبیوتیک‌ها در جیره نشخوارکنندگان می‌تواند گامی مهم در راستای تحقق دامپروری پایدار، سازگار با محیط‌زیست و پاسخگو به نگرانی‌های بهداشت عمومی باشد.

اگرچه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه فیتوبیوتیک‌ها انجام شده، اما حوزه‌های متعددی برای پژوهش‌های آینده وجود دارد. اولاً، انجام مطالعات بلندمدت *in vivo* برای ارزیابی اثرات واقعی این افزودنی‌ها بر تولید متان، عملکرد و سلامت دام تحت شرایط مختلف مدیریتی ضروری است. ثانیاً، شناسایی و استانداردسازی ترکیبات فعال و توسعه روش‌های دقیق برای تضمین کیفیت و یکنواختی محصولات فیتوبیوتیکی از نیازهای اصلی صنعت محسوب می‌شود. ثالثاً، کاوش در مکانیسم‌های مولکولی عمل فیتوبیوتیک‌ها در سطح ژنوم و متابولوم میکروبی شکمبه می‌تواند به بهینه‌سازی استراتژی‌های استفاده از آن‌ها کمک کند. علاوه بر این، بررسی اثرات سینرژیستی (هم‌افزایی) فیتوبیوتیک‌ها با سایر افزودنی‌ها مانند پروبیوتیک‌ها، اسیدهای آلی یا منابع مختلف نیتروژن، می‌تواند به توسعه فرمولاسیون‌های کارآمدتر بینجامد. در نهایت، ارزیابی اقتصادی استفاده از فیتوبیوتیک‌ها در مقیاس تجاری و توسعه زنجیره تأمین پایدار برای منابع گیاهی، از ملزومات پذیرش گسترده آن‌ها توسط صنعت دامپروری است.

منابع

Abadi, A.T.B., Rizvanov, A.A., Haertlé, T., & Blatt, N.L. 2019. World Health Organization Report: current crisis of antibiotic resistance. BioNanoScience 9: 778-788.

Abarghuei, M.J., & Salem, A.Z.M. 2021. Sustainable impact of pulp and leaves of *Glycyrrhiza glabra* to enhance ruminal biofermentability, protozoa population, and biogas production in sheep. Environmental Science and Pollution Research 28: 33371-33381.

An, Z., Zhao, J., Zhang, X., Gao, S., Chen, C., Niu, K., Nie, P., Yao, Z., Wei, K., Riaz, U., & Yang, L. 2023. Effects of *Capsicum oleoresin* inclusion on rumen fermentation and lactation performance in buffaloes (*Bubalus bubalis*) during summer: *in vitro* and *in vivo* studies. Fermentation 9: 232.

Benchnar, C., McAllister, T.A., & Chouinard, P.Y. 2008. Digestion, ruminal fermentation, ciliate protozoal populations, and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde, quebracho condensed tannin, or *Yucca schidigera* saponin extracts. Journal of Dairy Science 91: 4765-4777.

Boadi, D., Benchnar, C., Chiquette, J., & Massé, D. 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. Canadian Journal of Animal Science 84: 319-335.

Chen, J., Harstad, O.M., McAllister, T., Dörsch, P., & Holo, H. 2020. Propionic acid bacteria enhance ruminal feed degradation and reduce methane production *in vitro*. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science 69: 169-175.

Cobellis, G., Trabalza-Marinucci, M., & Yu, Z. 2016. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. Science of The Total Environment 545-546: 556-568.

Cohen-Zinder, M., Leibovich, H., Vaknin, Y., Sagi, G., Shabtay, A., Ben-Meir, Y., Nikbachat, M., Portnik, Y., Yishay, M., & Miron, J. 2016. Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of *Moringa oleifera*, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production. Animal Feed Science and Technology 211: 75-83.

Costa, E., Ribiero, C.V.D.M., Silva, T.M., Ribeiro, R.D.X., Vieira, J.F., de Lima, A.G.V.O., Barbosa, A.M., Silva Júnior, J.M.d., Bezerra, L.R., & Oliveira, R.L. 2021. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, serum metabolites and growth performance of lambs supplemented with Acacia mearnsii condensed tannin extract. Animal Feed Science and Technology 272: 114744.

de Klein, C.A., & Ledgard, S.F. 2005. Nitrous oxide emissions from New Zealand agriculture–key sources and mitigation strategies. Nutrient Cycling in Agroecosystems 72: 77-85.

Denninger, T.M., Schwarm, A., Birkinshaw, A., Terranova, M., Dohme-Meier, F., Münger, A., Eggerschwiler, L., Bcast, B., Wegmann, S., Clauss, M., & Kreuzer, M. 2020. Immediate effect of *Acacia mearnsii* tannins on methane emissions and milk fatty acid profiles of dairy cows. Animal Feed Science and Technology 261: 114388.

Flachowsky, G., & Lebzien, P. 2012. Effects of phytogenic substances on rumen fermentation and methane emissions: a proposal for a research process. Animal Feed Science and Technology 176: 70-77.

Franz, C.M., Baser, K.H.C., & Hahn-Ramssl, I. 2020. Herbs and aromatic plants as feed additives: aspects of composition, safety, and registration rules. In: Feed Additives, Academic Press, pp. 35-56.

Gao, J., & Zhao, G. 2022. Potentials of using dietary plant secondary metabolites to mitigate nitrous oxide emissions from excreta of cattle: impacts, mechanisms and perspectives. Animal Nutrition 9: 327–334.

Hassan, F.U., Ebeid, H.M., Tang, Z., Li, M., Peng, L., Peng, K., Liang, X., & Yang, C. 2020. A mixed phytogenic modulates the rumen bacteria composition and milk fatty acid profile of water buffaloes. Frontiers in Veterinary Science 7: 569.

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jia, P., Tu, Y., Liu, Z., Li, F., Yan, T., Ma, S., Dong, L., & Diao, Q. 2022. Diets supplementation with *Bacillus subtilis* and *Macleaya cordata* extract improve production performance and the metabolism of energy and nitrogen, while reduce enteric methane emissions in dairy cows. Animal Feed Science and Technology 294: 115481.

Khurana, R., Brand, T., Tapio, I., & Bayat, A.R. 2023. Effect of a garlic and citrus extract supplement on performance, rumen fermentation, methane production, and rumen microbiome of dairy cows. Journal of Dairy Science 106: 4608-4621.

Kristiansen, S., Painter, J., & Shea, M. 2021. Animal agriculture and climate change in the US and UK elite media: volume, responsibilities, causes and solutions. Environmental Communication 15: 153-172.

Lillehoj, H., Liu, Y., Calsamiglia, S., Fernandez-Miyakawa, M.E., Chi, F., Cravens, R.L., Oh, S., & Gay, C.G. 2018. Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health. Veterinary Research 49: 76.

Lin, N., Shi, J.J., Li, Y.M., Zhang, X.Y., Chen, Y., Calder, P.C., & Tang, L.J. 2016. What is the impact of n-3 PUFAs on inflammation markers in type 2 diabetic mellitus populations?: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Lipids in Health and Disease 15: 1-8.

López, S., Makkar, H.P.S., & Soliva, C.R. 2010. Screening plants and plant products for methane inhibitors. In: *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies. Springer, pp. 191-231.

Ma, Y., Feng, Y., Song, L., Li, M., Dai, H., Bao, H., Zhang, G., Zhao, L., Zhang, C., Yi, J., & Liang, Y. 2021. Green tea polyphenols supplementation alters immunometabolism and oxidative stress in dairy cows with hyperketonemia. Animal Nutrition 7: 206-215.

Ma, Y.F., Zhao, L., Coleman, D.N., Gao, M., & Loor, J.J. 2019. Tea polyphenols protect bovine mammary epithelial cells from hydrogen peroxide-induced oxidative damage *in vitro* by activating NFE2L2/HMOX1 pathways. Journal of Dairy Science 102: 1658-1670.

Mickdam, E., Khiaosa-ard, R., Metzler-Zebeli, B.U., Klevenhusen, F., Chizzola, R., & Zebeli, Q. 2016. Rumen microbial abundance and fermentation profile during severe subacute ruminal acidosis and its modulation by plant derived alkaloids *in vitro*. Anaerobe 39: 4-13.

Molina-Botero, I.C., Arroyave-Jaramillo, J., Valencia-Salazar, S., Barahona-Rosales, R., Aguilar-Pérez, C.F., Ayala-Burgos, A., Arango, J., & Ku-Vera, J.C. 2019. Effects of tannins and saponins contained in foliage of *Gliricidia sepium* and pods of *Enterolobium cyclocarpum* on fermentation, methane emissions and rumen microbial population in crossbred heifers. Animal Feed Science and Technology 251: 1-11.

Morgavi, D.P., Cantalapiedra-Hijar, G., Eugene, M., Martin, C., Noziere, P., Popova, M., & Boudra, H. 2023. Reducing enteric methane emissions improves energy metabolism in livestock: is the concept right? Animal 17: 100830.

Mueller-Harvey, I., Bee, G., Dohme-Meier, F., Hoste, H., Karonen, M., Kölliker, R., Lüscher, A., Niderkorn, V., Pellikaan, W.F., Salminen, J.P., Skøt, L., Smith, L.M.J., Thamsborg, S.M., Totterdell, P., Wilkinson, I., Williams, A.R., & Azuhnwi, B.N. 2019. Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: importance of structure, concentration, and diet composition. Crop Science 59: 861-885.

O'Bryan, C.A., Pendleton, S.J., Crandall, P.G., & Ricke, S.C. 2015. Potential of plant essential oils and their components in animal agriculture-*in vitro* studies on antibacterial mode of action. Frontiers in Veterinary Science 2: 35.

Patra, A.K., & Saxena, J. 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. Antonie van Leeuwenhoek 96: 363-375.

Patra, A.K., & Saxena, J. 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 24-37.

Pech-Cervantes, A.A., Terrill, T.H., Ogunade, I.M., & Estrada-Reyes, Z.M. 2021. Meta-analysis of the effects of dietary inclusion of sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) forage on performance, digestibility, and rumen fermentation of small ruminants. Livestock Science 253: 104707.

Seradj, A.R., Gimeno, A., Fondevila, M., Crespo, J., Armengol, R., & Balcells, J. 2016. Effects of the citrus flavonoid extract Bioflavex or its pure components on rumen fermentation of intensively reared beef steers. Animal Production Science 58: 553-560.

Sharma, A., Sharma, S., Kumar, A., Kumar, V., & Sharma, A.K. 2022. Plant secondary metabolites: an introduction of their chemistry and biological significance with physicochemical aspect. In: Plant Secondary Metabolites: Physico-Chemical Properties and Therapeutic Applications. Springer, pp. 1-45.

Smith, A.H., Zoetendal, E., & Mackie, R.I. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. Microbial Ecology 50: 197-205.

Spiegler, V., Liebau, E., & Hensel, A. 2017. Medicinal plant extracts and plant-derived polyphenols with anthelmintic activity against intestinal nematodes. Natural Product Reports 34: 627-643.

Stefańska, B., Sroka, J., Katzer, F., Goliński, P., & Nowak, W. 2021. The effect of probiotics, phytobiotics and their combination as feed additives in the diet of dairy calves on performance, rumen fermentation and blood metabolites during the preweaning period. Animal Feed Science and Technology 272: 114738.

Uushona, T., Chikwanha, O.C., Katiyatiya, C.L., Strydom, P.E., & Mapiye, C. 2023. Fatty acid and oxidative shelf-life profiles of meat from lambs fed finisher diets containing *Acacia mearnsii* leaf-meal. Meat Science 201: 109190.

Phytobiotics: a sustainable strategy for enhancing rumen ecology and mitigating environmental footprint in livestock production

Mohsen Kazemi [1*], Hassan Saleh [2,3]

1- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran
2- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Saravan, Saravan, Sistan and Baluchestan, Iran
3- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, 97175-331, Iran

* Corresponding author email: phd1388@gmail.com; m.kazemi@tjamcaas.ac.ir

Abstract

Growing concerns about climate change and antimicrobial resistance have made the search for natural and sustainable alternatives in animal nutrition essential. Phytobiotics, or phytogenic feed additives, are plant secondary metabolites that have demonstrated remarkable potential in modulating the rumen microbial ecosystem. This review, based on credible scientific research, examines the mechanisms of action and multifaceted effects of these compounds. Findings clearly indicate that phytobiotics, particularly tannins, saponins, and essential oils, can reduce methane production by up to 30% and nitrogen excretion by up to 50%. These effects are achieved through direct inhibition of methanogen populations, reduction of protozoa, and redirecting hydrogen toward propionate production pathways. Beyond environmental benefits, these additives enhance feed efficiency, increase microbial protein synthesis, improve antioxidant status and animal health, leading to enhanced performance and quality of animal products. Despite challenges such as determining optimal dosage and variability in plant sources, phytobiotics present a promising and holistic strategy for achieving sustainable and low-carbon livestock farming in the future.

Keywords: Phytogenic feed additives, Greenhouse gases, Methane, Rumen fermentation, Sustainable nutrition, Animal health

اثر مصرف عصاره اندام های مختلف زعفران بر میزان رشد و وزن اجزای داخلی جوجه گوشتی

احمد احمدیان[1*]، مسعود علی پناه[2] و مهدی تالقانی[3]

۱-۳ گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه

چکیده:

به منظور برر سی اثر کاربرد ع صاره بنه، برگ، کلاله و پرچم گیاه دارویی زعفران بر تولید و ر شد اجزای داخلی جوجه های گوشتی این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه تربت حیدریه در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتورهای ازمایشی شامل نوع اندام در چهار سطح (عصاره بنه، برگ، کلاله و پرچم زعفران) و فاکتور دوم غلظت های مختلف ع صاره در سه سطح (شامل تیمار شاهد یا عدم م صرف ع صاره، و غلظت های ۵ و ۱۰ در صد ع صاره) بود. وزن اندامهای مختلف جوجه از جمله وزن کل، وزن خالص گو شت، سنگدان، ران ،جگر، دل و همچنین مقدار ضایعات در دوره پایانی رشد اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که وزن جوجه هاو وزن اندام های مختلف جوجه ها تحت تاثیر بخش های مختلف زعفران قرار می گیرد ($p<0,05$). اثر غلظت ع صاره اندام های زعفران بر صفت مذکور در سطح احتمال ۰/۱در صد معنی دار بود. وزن جوجه ها و وزن ران جوجه ها هنگام استفاده از ۱۰درصد عصاره زعفران بیشترین مقدار را نشان داد($p<0,05$). نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از عصاره اندامهای مختلف زعفران می تواند باعث افزایش وزن جوجه گوشتی شود.

واژه‌های کلیدی: گیاه داروئی، مقاومت به بیماری، عصاره زعفران

۱. مقدمه

زعفران گیاهی است با نام علمی *Crocus Sativus* که از خانواده زنبق می‌باشد. این گیاه چند ساله، دارای پیاز کوچک، تقریبا کروی، و پوشیده شده از غشای قهوه ای رنگ می باشد. زعفران بومی نواحی مختلف آسیا به ویژه جنوب غربی آسیا ، جنوب اروپا و جنوب اسپانیا است، ولی در حال حاضر در نقاط دیگری از دنیا کشت و برداشت می شود. قسمت مورد استفاده ی گیاه که به نام زعفران در بازار تجارت موجود است انتهای خامه و کلاله ی گل (مادگی) می باشد که به رنگ قرمز متمایل به نارنجی است. چون زعفران دارای مصارف متعدد بوده و جایگاه ویژه ای را در تغذیه دارد ، از این رو اطلاعات مفیدی برای خوانندگان و مصرف کنندگان این ماده ی با ارزش ارائه می شود.

صنعت طیور گوشتی همواره به دنبال راهکارهایی برای بهبود کارایی تولید و سلامت گله است. پس از ممنوعیت استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد، تمرکز تحقیقات به سمت افزودنی‌های گیاهی معطوف شده است .(Sheikh et al., 2020) زعفران، یکی از ارزشمندترین گیاهان دارویی، حاوی ترکیبات فعال متعددی است که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و تعدیل‌کنندگی سیستم ایمنی را از خود نشان می‌دهند .(Bathaie and Mousavi, 2010) این بررسی به جمع‌بندی شواهد علمی موجود در مورد اثرات افزودن زعفران به جیره جوجه‌های گوشتی می‌پردازد.

در مطالعه‌ای توسط Rezaeipour et al. (2014) ، افزودن ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پودر زعفران به جیره جوجه‌های گوشتی منجر به افزایش معنی‌دار وزن بدن و بهبود ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با گروه شاهد شد. محققان بهبود در سلامت روده و جذب مواد مغذی را دلیل این امر ذکر کردند. در تحقیقات نشان داده شده است که استفاده از عصاره الکلی

زعفران در سطح ۱/۰ درصد جیره، باعث افزایش وزن گیری و مصرف خوراک بهتر در جوجه‌های گوشتی تحت شرایط استرس گرمایی شد (حسینی و همکاران ۱۳۹۴).

تقویت سیستم ایمنی یکی از بارزترین اثرات گزارش شده زعفران است. Sheikh et al. (2023) در پژوهش خود نشان دادند که جوجه‌های تغذیه شده با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم عصاره زعفران، دارای عیار آنتی‌بادی بالاتری علیه واکسن‌های نیوکاسل و گامبورو بودند. همچنین وزن اندام‌های لنفاوی مانند بورس فابریسیوس و طحال در این جوجه‌ها افزایش یافت که نشان‌دهنده فعال‌شدن سیستم ایمنی است.

اثر آنتی‌اکسیدانی زعفران به خوبی در مطالعات طیور به اثبات رسیده است. مطالعه Goli et al. (2019) نشان داد که افزودن زعفران به جیره، سطح مالون‌دی‌آلدئید (MDA) را در خون و بافت گوشت سینه به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. این امر نشان‌دهنده کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و افزایش پایداری اکسیداتیو گوشت است که به ماندگاری بیشتر محصول کمک می‌کند. Varmaghany et al. (2015) در تحقیق بر روی جوجه‌های گوشتی گزارش کردند که افزودن سطوح مختلف زعفران باعث افزایش ارتفاع پرزهای روده کوچک و کاهش عمق کریپت‌ها شد. این تغییرات مورفولوژیکی مطلوب، منجر به افزایش سطح جذب و در نهایت بهبود عملکرد رشد می‌شود.

بررسی منابع علمی موجود به وضوح نشان می‌دهد که زعفران دارای پتانسیل قابل توجهی به عنوان یک افزودنی چندمنظوره (عملکردی، ایمنی‌زایی و آنتی‌اکسیدانی) در جیره جوجه‌های گوشتی است. این گیاه می‌توانند به عنوان یک راهکار طبیعی برای کاهش وابستگی به آنتی‌بیوتیک‌ها و بهبود کیفیت کلی محصول نهایی عمل کند. با این حال، چالش اصلی، توجیه اقتصادی استفاده از آن در مقیاس صنعتی به دلیل قیمت بسیار بالای زعفران خالص است.

۲. مواد و روش

به منظور اثر عصاره کلاله و پرچم زعفران برعملکرد در جوجه های گوشتی از ۱۵ قطعه جوجه ی گوشتی در قالب یک طرح کاملا تصادفی با ۵ تیمار و۳ تکرار درهر تیمار استفاده شد.تیمار های ازمایشی شامل تیمار شاهد، تیمار ۰/۵درصد عصاره کلاله زعفران و تیمار ۰/۱۰ درصدعصاره کلاله زعفران، تیمار ۰/۵ درصد عصاره پرچم زعفران و تیمار ۰/۱۰ عصاره پرچم زعفران بود. در این طرح تعداد ۱۵ قطعه جوجه ۲۰ روزه با وزن یکسان جیره استاندار تغذیه شدند همچنین تیمارهای آزمایشی به همراه آب مصرفی در اختیار جوجه ها قرار گرفت.

ابتدا از کلاله و پرچم عصاره گیری شد و دو غلظت ۰/۵درصد و۰/۱۰ از این دو عصاره تهیه شد. تیمارها در کل دوره رشد در آب آشامیدنی در کنار خوراک مصرفی جوجه اعمال گردید. شرایط نگهداری جوجه های گوشتی در طول دوره مطابق جداول استاندار پرورش بود. در ۴۵روزگی اندام های مختلف از جمله، وزن کل، وزن خالص، سنگدان، ران، جگر، دل و ضایعات اندازه شد. برای تجزیه داده ها از نرم افزار SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر تیمار اندام زعفران بر صفت وزن کل جوجه در سطح احتمال ۰/۵درصد معنی دار بود . اثر غلظت عصاره اندام های زعفران بر صفت مذکور درسطح احتمال ۰/۱درصد معنی دار بود بر هم کنش تیمار ها بر وزن کل جوجه تاثیر معنی داری نداشت. در وزن خالص اندام زعفران تاثیر معنی داری نداشت.ولی در تیمار غلظت صفت مذکور در سطح۰/۵درصد معنی دار بود. بر هم کنش تیمار هابر وزن خالص جوجه تاثیر معنی داری نداشت. وزن سنگدان در تیمار های اندام، غلظت و برهم کنش تیمارها تاثیر معنی داری مشاهده نشد. وزن ران درتیمار غلظت درسطح۰/۵درصدمعنی دار

بود ولی تیمار های اندام وبر هم کنش تیماراندام وغلظت معنی دار نبود. وزن جگر در اثر تیمار اندام زعفران در سطح۰/۱درصد معنی دار بود.اثرتیمار غلظت وبرهم کنش اندام غلظت درسطح۰/۵درصد معنی دار بود.وزن دل در اثر تیمار اندام وغلظت زعفران تاثیر معنی داری نداشت.بر هم کنش تیمار ها بر وزن دل در سطح ۰/۵درصد معنی دار شد.وزن ضایعات در اثر تیمار اندام وغلظت زعفران تاثیر معنی داری نداشت. برهم کنش تیمارها بر وزن ضایعات در سطح ۰/۵ درصد معنی دار شد. نتایج این بررسی نشان داد که عصاره اندام و غلظت زعفران باعث افزایش وزن جوجه گوشتی می¬شود.

نتایج نشان داد که پرچم زعفران بیشترین تاثیر را روی وزن نهایی جوجه های گوشتی داشته است. وکمترین تاثیر را بنه زعفران بر وزن نهایی داشته است (جدول ۱). پرچم و گلبرگ روی وزن خالص بیشترین تاثیر را داشته است. همچنین پرچم زعفران اثر مثبتی بر وزن سنگدان، ران داشته است.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که وزن جوجه هاو وزن اندام های مختلف جوجه ها تحت تاثیر بخش های مختلف زعفران قرار می گیرد ($p<0,05$). اثر غلظت عصاره اندام های زعفران بر صفت مذکور درسطح احتمال ۰/۱درصد معنی دار بود. وزن جوجه ها و وزن ران جوجه ها هنگام استفاده از ۱۰درصد عصاره زعفران بیشترین مقدار را نشان داد($p<0,05$). نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از عصاره اندامهای مختلف زعفران می تواند باعث افزایش وزن جوجه گوشتی ¬شود.

۵. منابع

حسینی، م.، ناقوس، م. و حسینیان بیلندی، ح. (۱۳۹۴). اثر عصاره آبی پونه و گلبرگ زعفران بر عملکرد و کیفیت گوشت در جوجه گوشتی. پژوهش های زعفران، ۲(۱)، ۱-۱۴.

Bathaie, S. Z., & Mousavi, S. Z. (2010). New applications and mechanisms of action of saffron and its important ingredients. Critical reviews in food science and nutrition, 50(8), 761-786.

Goli, S. A. H., Mokhtari, F., & Rahimmalek, M. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity from saffron (Crocus sativus L.) petal. Journal of Agricultural Science, 4(10), 175.

Rezaeipour, M., Apanasenko, G. L., & Nychyporuk, V. I. (2014). Investigating the effects of negative-calorie diet compared with low-calorie diet under exercise conditions on weight loss and lipid profile in overweight/obese middle-aged and older men. Turkish journal of medical sciences, 44(5), 792-798.

Sheikh, G. G., Malik, N. A., Sheikh, A. A., Ganai, A. M., Khan, A. A., Haq, Z., ... & Rather, A. M. (2023). Saffron petals (Crocus sativus L.) enhance productive performance and carcass quality in broiler birds by improving their immunity, antioxidant status and biochemical profile. Journal of Agriculture and Food Research, 12, 100562.

Varmaghany, S., Torshizi, M. A. K., Rahimi, S., Lotfollahian, H., & Hassanzadeh, M. (2015). The effects of increasing levels of dietary garlic bulb on growth performance, systolic blood pressure, hematology, and ascites syndrome in broiler chickens. Poultry science, 94(8), 1812-1820.

The effect of consuming extracts of different saffron organs on growth rate and weight of internal organs of broiler chickens

Ahmad Ahmadian[1]*, Masoud Alipanah[2] and Mahdi Taleghani[3]
1-3 Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh

* Corresponding author email: a.ahmadian@torbath.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of using saffron extract on the production and growth of internal organs of broiler chickens, this experiment was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with 3 replications at Torbat Heydariyeh University in 2018. The experimental factors included the type of organ at four levels (saffron extract from leaf, stigma and flag) and the second factor was different concentrations of the extract at three levels (including control treatment, and concentrations of 5 and 10% of the extract). The weight of different organs of the chicken, including final weight, net weight of meat, gizzard, thigh, liver, heart, as well as the amount of waste in the final period of growth, was measured. The results showed that the weight of the chickens and the weight of different organs of the chickens were affected by different parts of saffron ($p<0.05$). The effect of the concentration of saffron organ extract on the mentioned trait was significant at the 0.1% probability level. The weight of chickens and the weight of chicken thighs showed the highest values when using 10% saffron extract ($p<0.05$). The results of this study showed that using extracts of different parts of saffron can increase the weight of broiler chickens.

Keywords: Medicinal plant, disease resistance, saffron extract

تحلیل مجدد داده‌های RNA-Seq برای شناسایی مسیرهای ژنی دخیل در کاهش سمیت کبدی تریپتولید توسط کرویسین با استفاده از نرم افزار تحت وب iDEP

حسین نعیمی‌پور یونسی[۱،۱]، مهدی ضیاء[۲]، مجید رعنایی[۳]

۱- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- کارشناس گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- کارشناس پردیس دانشکده کشاورزی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده

تریپتولید، با وجود خواص درمانی ارزشمند، به دلیل سمیت کبدی کاربرد بالینی محدودی دارد. کرویسین، ترکیب فعال زعفران و یک آنتی اکسیدان طبیعی قوی، اثرات محافظتی قابل‌توجهی در برابر آسیب‌های کبدی نشان داده است. هدف این مطالعه، شناسایی مکانیسم‌های مولکولی اثر محافظتی کرویسین در برابر سمیت کبدی تریپتولید، از طریق تحلیل مجدد داده‌های RNA-Seq با شماره دسترسی GSE202175 در پایگاه NCBI با استفاده از نرم‌افزار تحت وب iDEP انجام شد. در این آزمایش موش‌ها به‌طور تصادفی در سه گروه و هر گروه ۴ تکرار تقسیم شدند: گروه کنترل: سالین نرمال (NC)، گروه دریافت کننده تریپتولید با دوز متوسط (۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم؛ MTP) و گروه دریافت کننده تریپتولید با دوز متوسط (۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم همراه با کرویسین ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ MTP+CR) .تیمارها به مدت هفت روز به‌صورت گاواژ خوراکی روزانه انجام شد. پس از تحلیل بیان افتراقی ژن‌ها با روش DESeq2 و خوشه‌بندیk-means ، نتایج نشان داد از مجموع ۱۸۲۴۸ ژن شناسایی شده، تعداد ژن‌های بیان متفاوت برای همه مقایسه‌ها، به‌ترتیب ۲۳۲۹ و ۲۲۶۱ ژن‌های با بیان بالا و پائین بودند. نتایج غنی‌سازی مسیرهای زیستی (KEGG) نشان داد که مسیرهای مرتبط با، مسیرهای متابولیکی، بیوسنتز هورمون‌های استروئیدی، متابولیسم رتینول، سرطان‌زایی شیمیایی – اتصال مواد شیمیایی بهDNA ، متابولیسم اسید آراشیدونیک، متابولیسم اسید لینولئیک، متابولیسم داروها – سایر آنزیم‌ها، بیوسنتز اسیدهای صفراوی اولیه، متابولیسم ترکیبات خارجی (زنوبیوتیک‌ها) توسط سیتوکروم P450 ، بیوسنتز استروئیدها، تشکیل تله‌های خارج‌سلولی نوتروفیل(NETs) ، لوپوس سیستمیک، به‌طور معناداری غنی‌سازی شده‌اند. کرویسین با تثبیت و تنظیم مسیرهای متابولیسم دارو، سموم و واسطه‌های التهابی، نقش حفاظتی مؤثری در برابر سمیت کبدی تریپتولید ایفا می‌کند و وضعیت سلولی کبد را به حالت طبیعی نزدیک نموده است. این یافته‌ها مکانیسم محافظتی کرویسین در برابر سمیت کبدی ناشی از تریپتولید را تأیید کرده و آن را به‌عنوان راهبردی مؤثر برای کاهش عوارض جانبی داروهای سمی معرفی می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل مسیرهای ژنی، تریپتولید، سمیت کبدی، کرویسین

مقدمه

[۱] نویسنده مسئول:حسین نعیمی‌پور یونسی

Email: hnaeimipour@birjand.ac.ir

تریپتولید (Triptolide) یک دی‌ترپن اپوکسید فعال زیستی است که از گیاه *Tripterygium wilfordii Hook F* استخراج می‌شود و دارای اثرات ضدالتهابی، ضدسرطانی و ایمنی‌سرکوب‌گر قوی است (Yuan et al., 2019). با وجود خواص درمانی قابل توجه، استفاده بالینی از تریپتولید به دلیل سمیت شدید آن به‌ویژه در کبد و کلیه‌ها محدود شده است (Hu et al., 2022). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که سمیت کبدی ناشی از تریپتولید با افزایش استرس اکسیداتیو، القای آپوپتوز سلول‌های کبدی، اختلال در عملکرد میتوکندری و فعال‌سازی مسیرهای التهابی مانند NF-κB و MAPK مرتبط است (Shen et al., 2023)

کرویسین (Crocin)، ترکیب اصلی کاروتنوئیدی زعفران (*Crocus sativus L*)، به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی قوی شناخته می‌شود که اثرات محافظتی آن در برابر آسیب‌های بافتی ناشی از استرس اکسیداتیو به خوبی مستند شده است (Anaeigoudari. 2021). شواهد تجربی نشان می‌دهد که کرویسین می‌تواند از طریق فعال‌سازی مسیر Nrf2/HO-1 و مهار مسیر NF-κB، موجب کاهش التهاب و مرگ سلولی برنامه‌ریزی‌شده در سلول‌های کبدی شود (Chen et al., 2021).

با توجه به اثرات متقابل احتمالی بین تریپتولید و کرویسین، بررسی تغییرات الگوی بیان ژن‌ها در سطح mRNA می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد مسیرهای مولکولی مؤثر در کاهش سمیت کبدی ناشی از تریپتولید فراهم سازد. تحلیل داده‌های ترنسکریپتومی با استفاده از ابزارهای بیوانفورماتیکی قادر است مسیرهای سیگنالینگ، ژن‌های کلیدی و شبکه‌های تنظیمی را که در اثر درمان ترکیبی تغییر یافته‌اند، شناسایی کند (Zhan et al., 2019). نرم‌افزار تحت وب iDEP (integrated Differential Expression and Pathway analysis) یکی از ابزارهای کارآمد و کاربرپسند برای تحلیل داده‌های RNA-seq است که امکان شناسایی ژن‌های با بیان افتراقی، خوشه‌بندی، تحلیل غنی‌سازی مسیرها (GO و KEGG) و مصورسازی نتایج را بدون نیاز به برنامه‌نویسی فراهم می‌کند (Ge et al., 2018). هدف از این مطالعه، تحلیل مجدد داده‌های ترنسکریپتومی (RNA-Seq) جهت آنالیز بیان افتراقی ژن‌ها و شناسایی مسیرهای زیستی کلیدی مؤثر در کاهش سمیت کبدی القا شده توسط تریپتولید، در حضور کرویسین، با استفاده از نرم‌افزار تحت وب iDEP بود.

مواد و روش‌ها

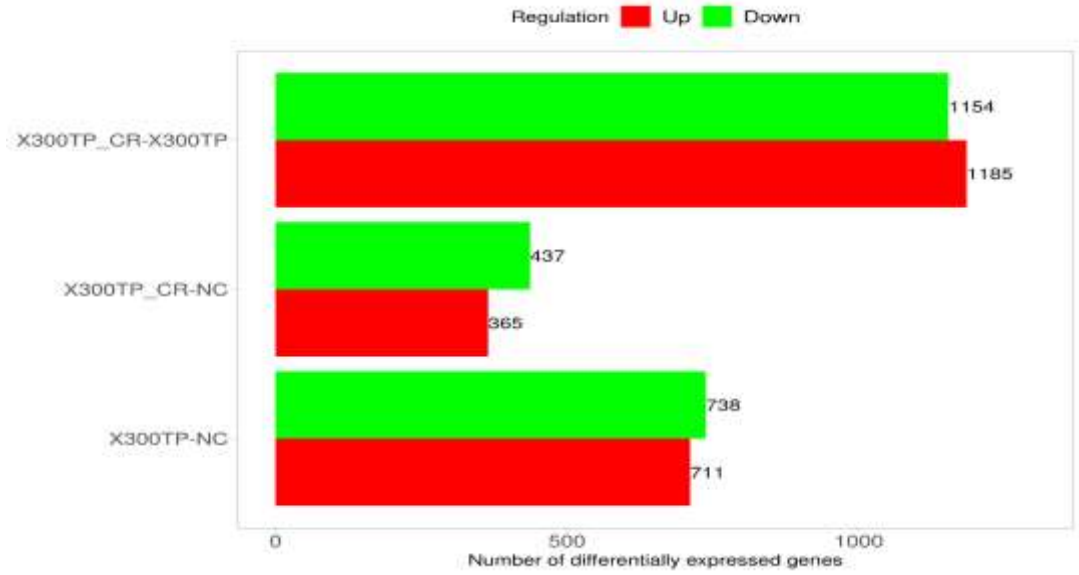
در این مطالعه از داده‌های حاصل از پژوهش Yan et al. (2022) استفاده شد که در آن موش‌های نر نژاد Kunming (وزن ۲۰ ± ۲ گرم) برای بررسی اثر ترکیب تریپتولید (TP) و کرویسین (CR) مورد استفاده قرار گرفتند. در این آزمایش موش‌ها به صورت تصادفی در سه گروه (هر گروه ۴ موش) تقسیم شدند: گروه A: سالین نرمال (گروه کنترل؛ NC)،گروه B: تریپتولید با دوز متوسط (۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم؛ MTP) و گروه C: تریپتولید با دوز متوسط (۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم) همراه با کرویسین (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ MTP+CR) .تیمار به مدت ۷ روز به‌صورت گاواژ خوراکی یک بار در روز و با حجم ۰/۲ میلی‌لیتر به ازای هر ۱۰ گرم وزن بدن انجام شده است. در پایان دوره تیمار، نمونه‌های کبد جمع‌آوری و RNA از بافت آنها استخراج گردید. کیفیت و خلوص RNA با استفاده از نانودراپ و ژل الکتروفورز ارزیابی شد. شناسایی مکانیسم‌های مولکولی اثر محافظتی کرویسین در برابر سمیت کبدی تریپتولید، از طریق تحلیل مجدد داده‌های RNA-Seq با شماره دسترسی GSE202175 که در پایگاه NCBI موجود است با استفاده از نرم‌افزار تحت وب iDEP انجام شد. آنالیز بیان افتراقی ژن‌های با استفاده از روش DEseq2 به صورت مقایسات زوجی انجام شد. داده‌های مورد استفاده در مرحله پیش پردازش فیلتر کردن ژن‌های با خوانش کم به‌صورت پیش‌فرض حداقل ۰/۵خوانش در میلیون (CPM)[1] حداقل در یک کتابخانه، انجام شد و در محله بعد تبدیل داده‌ها برای خوشه‌بندی و آنالیز PCA با استفاده از بسته edgeR (log2(CPM + c)) انجام شد. به صورت پیش فرض، ۴ در نظر گرفته شد (Ge et al., 2018). در مجموع ۵۵۴۸۷ ژن از ۱۲ نمونه استخراج و ۱۸۲۴۸ ژن از

[1] Counts Per Million (CPM)

فیلتر عبور کردند و ۱۸۱۲۱ ژن در پایگاه داده به شناسه ژن Ensembl تبدیل شدند. باقی‌مانده یعنی ۱۲۷ ژن به صورت اصلی استفاده شدند.

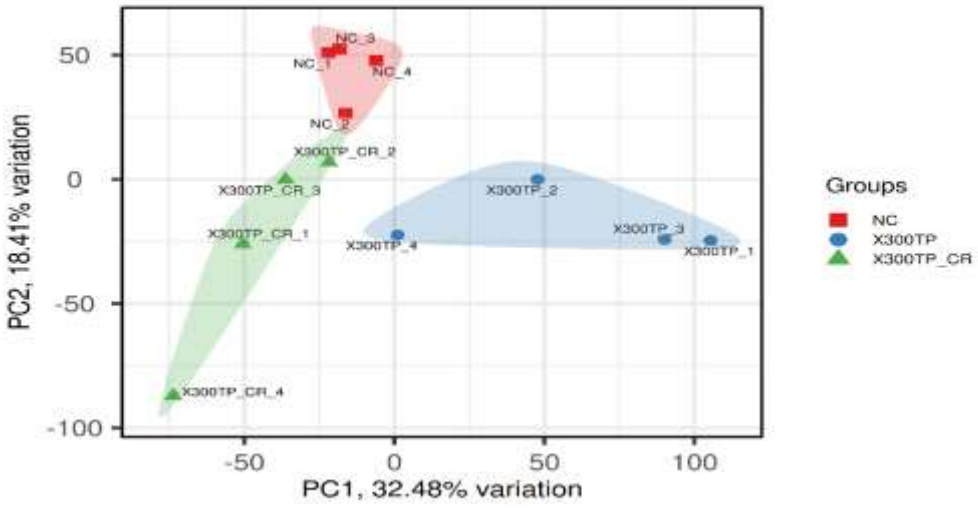
نتایج و بحث

از مجموع ۵۵۴۸۷ ژن که از۱۲ نمونه استخراج شد، ۱۸۲۴۸ ژن از فیلتر عبور کردند و ۱۸۱۲۱ ژن در پایگاه داده به شناسه ژن Ensembl تبدیل شدند. باقی‌مانده یعنی ۱۲۷ ژن با شناسه اصلی استفاده شدند. در تحلیل بیان افتراقی ژن‌ها، بیشترین تغییرات بیان ژنی در مقایسه‌ی تریپتولید همراه با کرویسین (X300TP_CR) با تریپتولید (X300TP) مشاهده شد (۲۳۳۹ ژن، شامل ۱۱۵۴ ژن افزایشی و ۱۱۸۵ ژن کاهشی)، که بیانگر تأثیر گسترده‌ی کرویسین بر بازآرایی بیان ژن‌ها و بازگشت نسبی آن‌ها به حالت طبیعی است. در مقایسه‌ی تریپتولید (X300TP) با کنترل (NC) نیز ۱۴۴۹ ژن با بیان متفاوت شناسایی شد (۷۳۸ افزایشی و ۷۱۱ کاهشی)، که منعکس‌کننده‌ی اثرات سمی تریپتولید بر الگوی بیان ژن‌ها می‌باشد. در حالی‌که در مقایسه‌ی تریپتولید همراه با کرویسین (X300TP_CR) با کنترل (NC) تعداد ژن‌های تغییریافته به‌طور قابل‌توجهی کمتر بود (۸۰۲ ژن)، که نشان‌دهنده‌ی کاهش آسیب و بازگشت نسبی هموستاز ژنی در حضور کرویسین است.



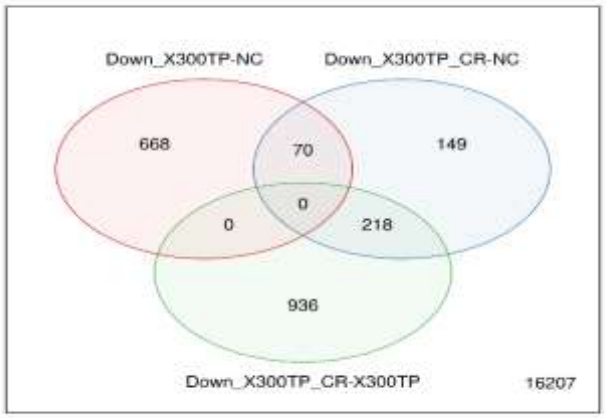
شکل ۱: آمار ژن‌های با بیان متفاوت (DEGs) شناسایی‌شده توسط DESeq2 دخیل در کاهش سمیت کبدی تریپتولید توسط کرویسین

نمودار آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) انجام‌شده بر داده‌های بیان ژنی شکل ۲، نشان داد نمونه‌های هر گروه عمدتاً در فضای اختصاصی خود (در بعد PC1 و PC2)خوشه‌بندی شده‌اند و محور اول (PC1) و محور دوم (PC2) در مجموع ۵۰/۸۹ درصد از واریانس کل داده‌ها را پوشش دادند. تمایز واضحی میان سه گروه آزمایشی کنترل (NC)، تریپتولید (X300TP) و تریپتولید همراه با کرویسین (X300TP_CR) نشان داده شد. این جداسازی نشان می‌دهد بیان ژنی هر گروه مشخصاً با گروه‌های دیگر فرق دارد و اثر تیمارها (به ویژه اثر حفاظتی کرویسین) روی الگوی بیان ژن کاملاً مشهود است. گروه X300TP_CR نسبت به X300TP به سمت گروه کنترل نزدیک‌تر است که نشان می‌دهد کرویسین توانسته بیان ژنی مربوط به سلامت طبیعی را تا حدی بازیابی کند یا به حالت نرمال نزدیک نماید. این یافته با گزارش Hu و همکاران (۲۰۲۲) کاملاً همسو است و بیانگر اثر حفاظتی و تعدیل‌کننده کرویسین بر سمیت کبدی ناشی از تریپتولید است.



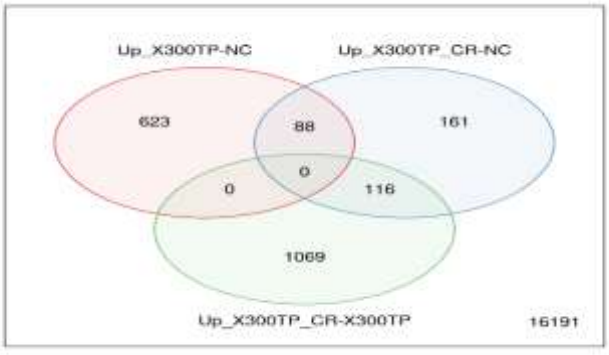
شکل ۲: آنالیز مؤلفه اصلی PCA برای تیمارهای مختلف

برای بررسی تأثیر کرویسین بر الگوی بیان ژن‌های کبدی در حضور تریپتولید، مقایسه‌های مختلف بین گروه‌های کنترل (NC)، تریپتولید (TP) و ترکیب تریپتولید + کرویسین (TP+CR) انجام شد. شکل ۳ ون دیاگرام ژن‌های با بیان متفاوت (با بیان کاهش‌یافته) را برای بررسی همپوشانی مقایسات در سه مقایسه نشان می‌دهد. در مقایسه بین گروه تریپتولید و کنترل (TP vs NC)، تعداد ۶۶۸ ژن به طور منحصر به فرد کاهش بیان داشتند، در حالی که در گروه ترکیب تریپتولید + کرویسین و کنترل (TP+CR vs NC) تعداد ۱۴۹ ژن منحصر به فرد کاهش بیان یافتند. بین این دو گروه، ۷۰ ژن مشترک با کاهش بیان شناسایی شد. در مقایسه مستقیم بین گروه‌های ترکیب تریپتولید + کرویسین و تریپتولید (TP+CR vs TP)، ۹۳۶ ژن منحصر به فرد کاهش بیان داشتند که نشان‌دهنده‌ی اثر تنظیمی کرویسین بر بیان ژن‌های مرتبط با سمیت کبدی می‌باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که افزودن کرویسین سبب کاهش بیان تعدادی از ژن‌های مرتبط با پاسخ‌های التهابی، مسیرهای متابولیسم دارو و استرس اکسیداتیو شده است و می‌تواند نقش محافظتی در برابر آسیب کبدی القا شده توسط تریپتولید داشته باشد. Yan و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که ترکیب تریپتولید و کرویسین موجب شناسایی حدود ۷۶ ژن با بیان افتراقی در بافت کبد شده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. ۷۰ ژن مشترک بین گروه‌های تریپتولید و تریپتولید+کرویسین وجود دارد که نشان می‌دهد کرویسین اثر محافظتی دارد، اما به‌طور کامل تمام اثرات تریپتولید را مهار نمی‌کند و برخی مسیرهای زیستی همچنان حتی در حضور کرویسین تحت تأثیر تریپتولید باقی می‌مانند. تعداد ۲۱۸ ژن مشترک بین گروه‌های کرویسین+تریپتولید و کنترل دیده می‌شود، که ممکن است نشان‌دهنده‌ی بازگشت نسبی بیان ژن‌ها به حالت طبیعی در حضور کرویسین باشد. هیچ ژنی بین هر سه گروه مشترک نیست، که نشان‌دهنده‌ی تفاوت‌های بنیادین در پاسخ‌های ژنی است.



شکل ۳: ون دیاگرام ژن‌های با بیان کاهش‌یافته

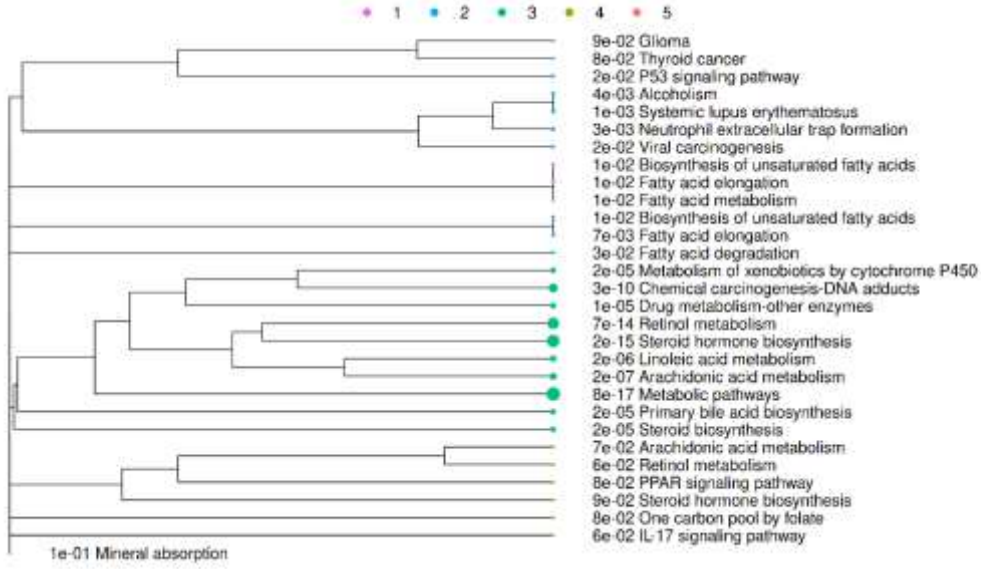
شکل ۴ ون دیاگرام حاصل از تحلیل ژن‌های با بیان متفاوت (افزایش بیان) را نشان می‌دهد که در مقایسه‌ی گروه تریپتولید با کنترل (X300TP–NC)، تعداد ۶۲۳ ژن منحصر به فرد بودند، در حالی‌که در مقایسه‌ی گروه کنترل با گروه تریپتولید همراه با کرویسین (X300TP_CR –NC)، ۱۶۱ ژن منحصر به فرد بودند. از سوی دیگر، در مقایسه‌ی بین گروه تریپتولید و گروه تریپتولید+کرویسین (X300TP–X300TP_CR)، تعداد ۱۰۶۹ ژن منحصر به فرد بودند که بیانگر اثر تعدیلی قابل‌توجه کرویسین بر پاسخ سلولی به تریپتولید است. تعداد ۸۸ ژن میان دو گروه تریپتولید و تریپتولید+کرویسین و تعداد ۱۶۱ ژن بین دو گروه تریپتولید و کنترل مشترک بودند، که نشان‌دهنده‌ی تفاوت آشکار در الگوی بیان ژن‌ها در حضور کرویسین است. هیچ ژن مشترکی بین دو گروه کنترل با تریپتولید همراه با کرویسین یافت نشد که نشان‌دهنده‌ی آن است که کرویسین نه‌تنها اثرات تریپتولید را تغییر داده، بلکه الگوی بیان ژن‌ها را به‌طور کامل بازآرایی کرده است. این می‌تواند نشانه‌ای از اثر محافظتی فعال کرویسین باشد که مسیرهای متفاوتی را نسبت به کنترل و تریپتولید فعال می‌کند. همچنین هیچ ژن مشترکی بین هر سه گروه یافت نشد. عدم وجود ژن مشترک بین هر سه گروه تأکید می‌کند که هر تیمار (کنترل، تریپتولید، تریپتولید+کرویسین) الگوی بیان ژنی منحصربه‌فردی دارد. این موضوع از نظر بیولوژیکی بسیار مهم است، زیرا نشان می‌دهد که کرویسین نه‌تنها اثر تریپتولید را تعدیل می‌کند، بلکه مسیرهای جدیدی را فعال یا مهار می‌نماید.



شکل ۴: ون دیاگرام ژن‌های با بیان افزایش یافته

تحلیل غنی‌سازی مسیرهای زیستی در شکل ۵ نشان داده شده است. مسیرهای مرتبط با،Metabolic pathways ، Steroid hormone biosynthesis، Retinol metabolism، Chemical carcinogenesis-DNA adducts، Arachidonic acid

، Primary bile acid biosynthesis ،Drug metabolism-other enzymes ،Linoleic acid metabolism ،metabolism Neutrophil Extracellular Trap ،Steroid biosynthesis ،Metabolism of xenobiotics by cytochrome P450 Formation (NETs) و Systemic Lupus Erythematosus (SLE) به‌طور بسیار معناداری غنی‌سازی شده‌اند. یافته های این تحقیق با گزارش‌های پیشین هم‌خوانی دارد که نقش TP را در سرکوب Nrf2 و القای آپوپتوز از طریق استرس اکسیداتیو نشان داده‌اند، در حالی که کرویسین (CR) با فعال‌سازی مسیرهای PI3K-Akt/Nrf2 و مهار MAPK از آسیب کبدی می‌کاهد و فرآیندهای متابولیکی و سم‌زدایی (به‌ویژه مسیرهای CYP450 و گلوتاتیون) را به حالت طبیعی باز می‌گرداند. به طور کلی، اثر محافظتی کرویسین در کاهش سمیت کبدی تریپتولید از طریق تنظیم دوگانه مسیرهای سیگنالینگ بقا و کاهش استرس اکسیداتیو تأیید می‌شود (Guo et al., 2024; Hassani et al.,2017).



شکل ۵: تحلیل غنی‌سازی مبتنی بر اصطلاحات ژن‌اُنتولوژی با استفاده از درخت خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی

نتیجه گیری کلی

آنالیز غنی‌سازی مسیرهای زیستی نشان داد که کرویسین با تثبیت و تنظیم مسیرهای متابولیسم دارو، سموم، و واسطه‌های التهابی، نقش حفاظتی مؤثری در برابر سمیت کبدی تریپتولید ایفا می‌کند. فعال شدن این مسیرها بیانگر تلاش بدن برای بازیابی تعادل زیستی پس از مواجهه با تریپتولید است. در مجموع، کرویسین با هدفمندسازی مسیرهای ایمنی و ضدالتهابی، فعالیت‌های مخرب سلول‌های ایمنی را تعدیل کرده و وضعیت سلولی کبد را به حالت نرمال نزدیک نموده است؛ این تنظیم هدفمند مسیرهای خاص، اساس مکانیسم محافظتی کرویسین در مقابل سمیت کبدی ناشی از تریپتولید محسوب می‌شود و می‌تواند به عنوان راهبردی مؤثر برای کاهش عوارض جانبی داروهای سمی به‌ویژه تریپتولید مورد توجه قرار گیرد.

منابع

Anaeigoudari, A. (2022). Hepato-and reno-protective effects of thymoquinone, crocin, and carvacrol: A comprehensive review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 12(5), 185-196.

Chen, X., Huang, J., Lv, Y., Chen, Y., & Rao, J. (2021). Crocin exhibits an antihypertensive effect in a rat model of gestational hypertension and activates the Nrf-2/HO-1 signaling pathway. Hypertension Research, 44(6), ۶۴۲

Ge, S. X., Son, E. W., & Yao, R. (2018). iDEP: an integrated web application for differential expression and pathway analysis of RNA-Seq data. *BMC bioinformatics*, 19(1), 534.

Guo, L., Yang, Y., Ma, J., Xiao, M., Cao, R., Xi, Y., & Yan, M. (2024). Triptolide induces hepatotoxicity by promoting ferroptosis through Nrf2 degradation. *Cell Biology and Toxicology*, 40(1), 94.

Guo, S., Tong, Y., Li, T., Yang, K., Gao, W., Peng, F., & Zou, X. (2024). Endoplasmic reticulum Stress-Mediated cell death in renal fibrosis. *Biomolecules*, 14(8), 919.

Hassani, F. V., Mehri, S., Abnous, K., Birner-Gruenberger, R., & Hosseinzadeh, H. (2017). Protective effect of crocin on BPA-induced liver toxicity in rats through inhibition of oxidative stress and downregulation of MAPK and MAPKAP signaling pathway and miRNA-122 expression. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 395-405.

Hu, Y., Wu, Q., Wang, Y., Zhang, H., Liu, X., Zhou, H., & Yang, T. (2022). The molecular pathogenesis of triptolide-induced hepatotoxicity. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 979307.

Shen, X. L., Guo, Y. N., Lu, M. H., Ding, K. N., Liang, S. S., Mou, R. W., & Tang, L. P. (2023). Acetaminophen-induced hepatotoxicity predominantly via inhibiting Nrf2 antioxidative pathway and activating TLR4-NF-κB-MAPK inflammatory response in mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 252, 114590.

Vliegenthart, A. D. B., Wei, C., Buckley, C., Berends, C., de Potter, C. M., Schneemann, S., & Dear, J. W. (2017). Characterization of triptolide-induced hepatotoxicity by imaging and transcriptomics in a novel zebrafish model. *Toxicological Sciences*, 159(2), 380-391.

Yan, M., Yan, Y., Zhang, Z., Wang, G., Shi, W., Jiang, M., & Zeng, H. (2022). The effect of triptolide combined with crocin on arthritis in mice: from side effect attenuation to therapy. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 908227.

Yuan, K., Li, X., Lu, Q., Zhu, Q., Jiang, H., Wang, T., & Xu, A. (2019). Application and mechanisms of triptolide in the treatment of inflammatory diseases—A review. *Frontiers in pharmacology*, 10, 1469.

Zhan, Z., Chen, Y., Duan, Y., Li, L., Mew, K., Hu, P., & Peng, M. (2019). Identification of key genes, pathways and potential therapeutic agents for liver fibrosis using an integrated bioinformatics analysis. *PeerJ*, 7, e6645.

Re-analysis of RNA-Seq Data to Identify Gene Pathways Involved in Mitigating Triptolide-Induced Hepatotoxicity by Crocin Using the iDEP Web Application

Hossein Naeeimipour Younesi [1*], Mahdi Zia [2], Majid Ranaee[3]

1- Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2- Expert, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
3-Expert, Campus of Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran

* Corresponding author email: hnaeimipour@birjand.ac.ir

Abstract

Triptolide, despite its valuable therapeutic properties, is limited in clinical application due to severe hepatotoxicity. Crocin, the main bioactive compound of saffron and a potent natural antioxidant, has demonstrated significant protective effects against liver injury. The aim of this study was to elucidate the molecular mechanisms underlying the hepatoprotective effect of crocin against triptolide-induced toxicity through re-analysis of RNA-Seq data (accession number GSE202175, NCBI) using the iDEP web-based application. Mice were randomly divided into three groups with four replicates each: control group (normal saline; NC), triptolide at a moderate dose (300 µg/kg; MTP), and triptolide at a moderate dose (300 µg/kg) combined with crocin (100 mg/kg; MTP+CR). Treatments were administered orally once daily for seven days. Differential gene expression analysis using DESeq2 and k-means clustering revealed that, out of 18,248 identified genes, 2,329 were upregulated and 2,261 were downregulated across comparisons. KEGG pathway enrichment analysis indicated significant enrichment in metabolic pathways, steroid hormone biosynthesis, retinol metabolism, chemical carcinogenesis–DNA adducts, arachidonic acid metabolism, linoleic acid metabolism, drug metabolism–other enzymes, primary bile acid biosynthesis, metabolism of xenobiotics by cytochrome P450, steroid biosynthesis, neutrophil extracellular trap formation (NETs), and systemic lupus erythematosus (SLE). Crocin stabilized and modulated pathways related to drug, toxin, and inflammatory mediator metabolism, thereby exerting a protective role against triptolide-induced hepatotoxicity and restoring hepatic cellular status toward normal. These findings confirm the protective mechanism of crocin against triptolide-induced liver toxicity and highlight its potential as an effective strategy to reduce adverse effects of toxic drugs, particularly triptolide.

Keywords: Crocin, Gene Pathway Analysis, Hepatotoxicity, Triptolide.

تحلیل ترانسکریپتومی اثر بربرین بر کبد چرب غیر الکلی

حسین نعیمی‌پور یونسی[1،1]، زهره سیدی[1]، سیدجواد حسینی واشان[1]
۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده
کبد چرب غیرالکلی (*NAFLD*) یکی از اختلالات شایع متابولیک است که با تجمع لیپید و اختلال در هموستاز انرژی همراه بوده و نقش ترکیبات گیاهی در بهبود آن مورد توجه قرار گرفته است. بربرین به‌عنوان یک متابولیت طبیعی با اثرات ضدالتهابی و تنظیم‌کنندهٔ متابولیسم، عملکرد بالقوه‌ای در اصلاح اختلالات ناشی از NAFLD دارد، اما مکانیسم‌های مولکولی آن به‌طور کامل روشن نیست. در این پژوهش، با هدف شناسایی مکانیسم‌های مولکولی اثر محافظتی بربرین از داده‌های RNA-Seq با شماره دسترسی GSE252928 که در پایگاه NCBI موجود است با استفاده از نرم‌افزار iDEP آنالیز شدند. در چهار گروه شامل *A* (مبتلا)، *AB* (درمان‌شده با بربرین)، *NC* (کنترل نرمال) و *NCB* (کنترل نرمال+ بربرین)، تفاوت‌های بیان ژنی بررسی شد. از برترین ژن‌ها ۱۰۰۰ ژن (براساس توزیع واریانس همه ژن‌ها) در یک خوشه‌بندی k -Means به ۶ خوشه تقسیم‌شدند. در آنالیز بیان افتراقی ژن‌ها، از میان ۱۷۸۲۴ ژن که از فیلتر عبور کردند، ۹۸ ژن بیان بالا و ۸۸ ژن بیان پایین داشتند. تحلیل غنی‌سازی *KEGG* نشان داد مسیرهای زیستی اسکلت سلولی در سلول‌های عضلانی، مسیر سیگنال‌دهیcAMP، تعامل لیگاند-گیرنده عصبی، پروتئین‌های موتوری، تقویت بلندمدت و سیناپس دوپامینرژیک به‌طور معناداری غنی‌سازی شده‌اند. به طور کلی، این یافته‌ها حاکی از آن است که بربرین با تنظیم تعادل متابولیک، کاهش التهاب و بهبود عملکرد سلولی، می‌تواند در مدیریت کبد چرب غیرالکلی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اکسیداسیون اسید چرب، پروفایل بیان ژن، زرشک، متابولیک

مقدمه

بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD[2]) که شایع‌ترین بیماری کبدی در جهان به شمار می‌آید، مجموعه‌ای از اختلالات پاتولوژیک را شامل می‌شود؛ از تجمع چربی در سلول‌های کبدی (استئاتوز ساده) گرفته تا استئاتوهپاتیت غیرالکلی (NASH) که در صورت پیشرفت، می‌تواند به فیبروز و در نهایت سیروز کبدی منجر شود. این بیماری معمولاً با تجمع چربی در کبد و مقاومت به انسولین همراه است و رابطه نزدیکی با چاقی و دیابت دارد (Younossi et al., 2019). بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک، شیوع جهانی بیماری NAFLD در فاصله سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ حدود ۳۸/۲ درصد برآورد شده است. همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهند که نرخ بروز این بیماری طی سه دهه گذشته به‌طور پیوسته در حال افزایش بوده است (Younossi et al., 2023). برخلاف تصور اولیه که بیماری NAFLD را عمدتاً محدود به جمعیت‌های غربی می‌دانستند، امروزه مطالعات نشان داده‌اند که شیوع این بیماری در مناطق مختلف از جمله آمریکای شمالی، خاورمیانه، آسیا و بسیاری از کشورهای در حال توسعه نیز به‌طور قابل توجهی بالاست (Golabi et al., 2021). مطالعات مولکولی نشان داده‌اند که تغییر در بیان ژن‌های کلیدی و شبکه‌های سیگنالینگ مرتبط با متابولیسم لیپید و گلوکز نقش مهمی در بروز و پیشرفت بیماری

[1] نویسنده مسئول:حسین نعیمی‌پور یونسی
Email: **hnaeimipour@birjand.ac.ir**
[2] Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD)

NAFLD دارد. ازاین‌رو، تحلیل ترانسکریپتومی (RNA-seq) می‌تواند ابزاری ارزشمند برای شناسایی مسیرهای مولکولی درگیر در پاتوژنز این بیماری باشد (Chang et al., 2016). در سال‌های اخیر، ترکیبات طبیعی مشتق از گیاهان به دلیل دارا بودن طیف گسترده‌ای از اثرات زیستی و عوارض جانبی اندک، به‌عنوان گزینه‌هایی امیدوارکننده برای بررسی و توسعه در جهت درمان بیماری NAFLD مورد توجه قرار گرفته‌اند (Qu et al., 2016). بربرین یک آلکالوئید از نوع ایزوکینولین است که به‌طور طبیعی از ریزمِ کوپتیدیس استخراج می‌شود و در مطالعات مختلف، اثرات درمانی قابل توجهی در بهبود استئاتوز کبدی، اختلالات چربی خون (دیس‌لیپیدمی) و دیابت از خود نشان داده است (Chang et al., 2015). همچنین گزارش شده است که بربرین از طریق فعال‌سازی مسیر SIRT1-CPT1A، موجب افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب، مهار فرآیند لیپوژنز (lipogenesis) و تنظیم بیان ژن‌های مرتبط با متابولیسم گلوکز می‌شود و بدین ترتیب اثرات محافظتی خود را در برابر آسیب‌های کبدی اعمال می‌کند (Wang et al., 2023). با وجود این، تاکنون تنها تعداد محدودی از مطالعات به‌صورت جامع تأثیر بربرین را در سطح ترانسکریپتومیک در مدل‌های حیوانی بیماری NAFLD مورد بررسی قرار داده‌اند. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف تحلیل ترانسکریپتومی اثر بربرین بر کبد چرب غیرالکلی در موش طراحی شده است تا با استفاده از داده‌های RNA-seq و تحلیل مسیرهای زیستی مرتبط با متابولیسم لیپید و گلوکز، تغییرات بیان ژن‌ها در پاسخ به درمان با بربرین مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج این مطالعه می‌تواند به درک عمیق‌تر از اثرات مولکولی بربرین کمک کرده و مسیرهای جدیدی برای درمان مبتنی بر تنظیم بیان ژن‌ها در بیماری NAFLD پیشنهاد دهد.

مواد و روش‌ها

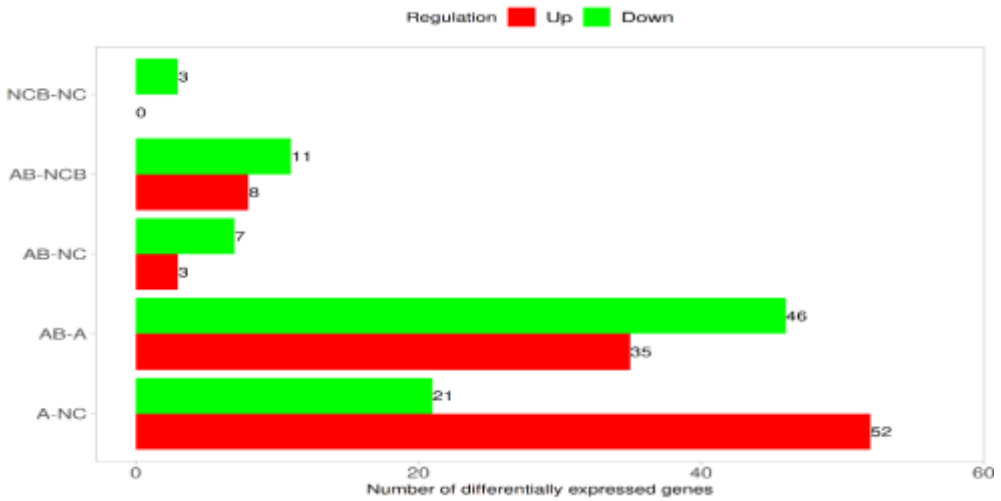
در این تحقیق در چهار گروه شامل A (مبتلا)، AB (درمان‌شده با بربرین)، NC (کنترل نرمال) و NCB (کنترل نرمال+ بربرین)، تفاوت‌های بیان ژنی بررسی شد. با هدف شناسایی مکانیسم‌های مولکولی اثر محافظتی و درمانی بربرین بر کبد چرب غیرالکلی از داده‌های RNA-Seq با شماره دسترسی GSE252928 که در پایگاه NCBI موجود است با استفاده از نرم‌افزار iDEP آنالیز شدند. آنالیز بیان افتراقی ژن‌های با استفاده از روش DEseq2 به صورت مقایسات زوجی انجام شد. داده‌های مورد استفاده در مرحله پیش پردازش فیلتر کردن ژن‌های با خوانش کم به‌صورت پیش‌فرض حداقل ۰/۵ خوانش در میلیون (CPM[1]) حداقل در یک کتابخانه، انجام شد و در محله بعد تبدیل داده‌ها برای خوشه‌بندی و آنالیز PCA با استفاده از بسته edgeR (log2(CPM + c)) انجام شد. به صورت پیش فرض‌c، ۴ در نظر گرفته شد (Ge et al., 2018). در مجموع ۵۵۴۰۱ ژن از۱۶ نمونه استخراج و ۱۷۸۲۴ ژن از فیلتر عبور کردند و ۱۷۶۶۵ ژن در پایگاه داده به شناسه ژن Ensembl تبدیل شدند. باقی‌مانده یعنی ۱۵۹ ژن به صورت اصلی استفاده شدند.

نتایج و بحث

شکل یک تفاوت‌های بیان ژن را بین چهار گروه A (مبتلا به NAFLD)، AB (درمان‌شده با بربرین)، NC (کنترل نرمال) و NCB (کنترل نرمال+ بربرین) نشان داد. در مقایسه گروه مبتلا (A) با گروه کنترل نرمال (NC) تعداد کل ژن‌های با بیان متفاوت، ۷۳ ژن (۵۲ ژن بیان بالا و۲۱ ژن بیان پایین) بود. این مقایسه نشان‌دهنده اختلال قابل توجهی در بیان ژن‌ها در گروه مبتلا به NAFLD نسبت به حالت نرمال بود. افزایش بیان ۵۲ ژن و کاهش بیان ۲۱ ژن، شواهدی از تغییرات گسترده در مسیرهای سلولی و متابولیک در این بیماری است. در مقایسه گروه درمان‌شده با بربرین (AB) با گروه مبتلا به NAFLD (A) تعداد کل ژن‌های با بیان متفاوت، ۸۱ ژن (۳۵ ژن بیان بالا و ۴۶ ژن بیان پایین) بود. این یافته نشان داد که درمان با بربرین تأثیر قوی و گسترده‌ای بر بیان ژن‌ها داشت. این تغییرات شامل کاهش بیان ۴۶ ژن (که ممکن است ژن‌های مرتبط با التهاب یا چربی‌سازی باشند) و افزایش بیان ۳۵ ژن (که ممکن است ژن‌های مرتبط با متابولیسم چربی یا عملکرد کبدی

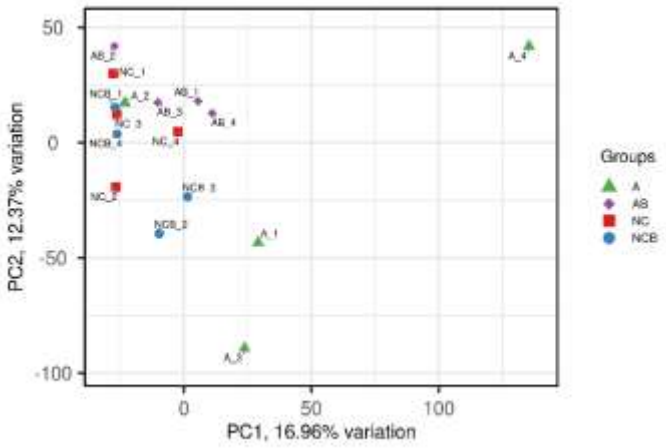
[1] Counts Per Million (CPM)

باشند) بود. این نتیجه حاکی از این است که بربرین می‌تواند بیان ژن‌های متعددی را تعدیل کند و احتمالاً به بازگرداندن تعادل ژنتیکی کبد کمک می‌کند.



شکل ۱– آمار ژن‌های با بیان متفاوت (DEGs) شناسایی‌شده توسط DESeq2

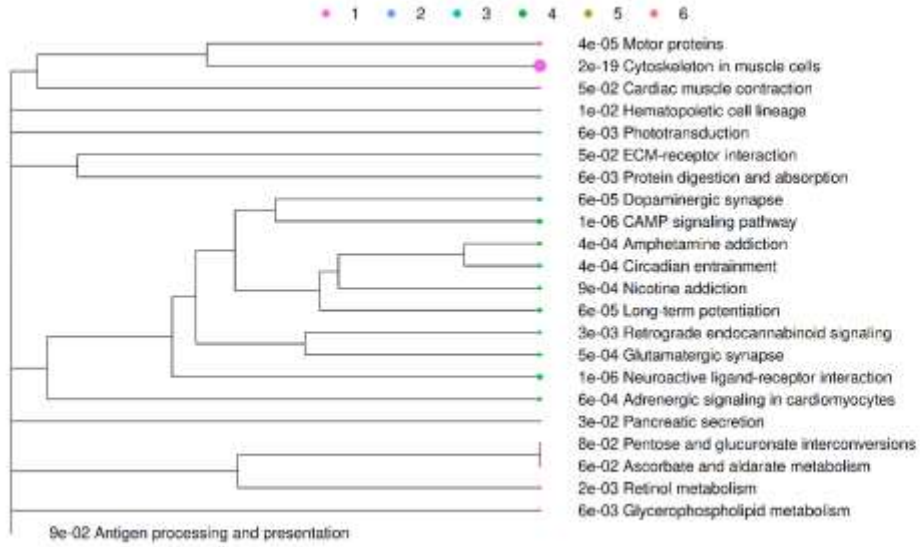
در مقایسه گروه درمان‌شده با بربرین (AB) با گروه کنترل نرمال (NC) تعداد کل ژن‌های با بیان متفاوت،۱۰ ژن (۳ ژن بیان بالا و ۷ ژن بیان پایین) بود. این مقایسه نشان داد که با وجود درمان با بربرین، هنوز۱۰ ژن بین گروه درمان‌شده و گروه کنترل نرمال تفاوت داشتند. این می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که درمان با بربرین به طور کامل وضعیت کبد را به حالت نرمال، بازنگردانده است، یا اینکه بربرین خود باعث تغییراتی در بیان ژن‌هایی شد که در حالت نرمال بیان نمی‌شدند. در مقایسه گروه درمان‌شده با بربرین (AB) با گروه کنترل نرمال+ بربرین (NCB)، تعداد کل ژن‌های با بیان متفاوت، ۱۹ ژن (۸ ژن بیان بالا و ۱۱ ژن بیان پایین) بودند. این مقایسه نشان داد که اثر بربرین بر کبد مبتلا (AB) با اثر آن در کبد نرمال (NCB) متفاوت است. این تفاوت ۱۹ ژنی نشان‌دهنده این است که بربرین در محیط بیمار (کبد چرب) به صورت متفاوتی عمل می‌کند و احتمالاً مسیرهای خاصی را در کبد مبتلا فعال یا مهار می‌کند که در کبد سالم فعال نیستند. در مقایسه گروه کنترل نرمال+ بربرین (NCB) با گروه کنترل نرمال (NC)، تعداد کل ژن‌های با بیان متفاوت ۳ ژن (همه بیان پایین داشتند) بودند. این یافته نشان داد که بربرین بر کبد سالم نیز تأثیر داشت، اما این تأثیر بسیار محدودتر از تأثیر آن در کبد مبتلا بود. بربرین احتمالاً از طریق تعدیل بیان ژن‌های خاصی در کبد مبتلا، اثرات درمانی خود را اعمال می‌کند، بدون اینکه تغییرات گسترده‌ای در کبد سالم ایجاد کند. به‌طور کلی تحلیل ترانسکریپتومی نشان داد که بربرین اثرات قابل توجهی بر بیان ژن‌ها در بیماری NAFLD داشت به طوری‌که با تعدیل بیان ۸۱ ژن در کبد مبتلا، احتمالاً به بازگرداندن تعادل ژنتیکی کمک می‌کند. این اثرات در کبد سالم بسیار محدودتر است (تنها ۳ ژن)، که نشان‌دهنده ایمنی نسبی بربرین برای بافت‌های سالم است. این یافته‌ها از نظر مولکولی، مکانیسم درمانی بربرین را در درمان NAFLD تأیید می‌کند.



شکل ۲- نمودار آنالیز مؤلفه‌های اصلی- PCA

نمودار آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان می‌دهد که نمونه‌ها بر اساس الگوهای بیان ژنی خود در دو مؤلفه اصلی اول (PC1 و PC2) تفکیک شده‌اند؛ به‌گونه‌ای که PC1 حدود ۱۶/۹۶ درصد و PC2 حدود ۱۲/۳۷ درصد در مجموع ۲۹/۳۳ درصد از واریانس از تغییرپذیری کل داده‌ها را تبیین می‌کنند (شکل ۲). بیماری (گروه A) باعث تغییرات عمده در الگوی بیان ژن‌ها شده است و درمان با بربرین (AB) این تغییرات را جزئی جبران کرده، اما به حالت نرمال (NC) بازنگشته است. بربرین در حالت نرمال (NCB) نیز تأثیراتی روی بیان ژن‌ها دارد، که نشان‌دهنده فعالیت فارماکولوژیکی آن حتی در غیاب بیماری است. نمودار PCA به صورت بصری و کلی، یافته‌های تحلیل دقیق‌تر بیان افتراقی ژن‌ها را تأیید می‌کند به طوری‌که بیماری کبد چرب (A) الگوی ژنی کاملاً متفاوتی ایجاد می‌کند. درمان با بربرین (AB) الگوی ژنی را به سمت حالت نرمال بازگردانده و اثرات درمانی خود را نشان می‌دهد. بربرین در کبد سالم (NCB) تغییرات چشمگیری ایجاد نمی‌کند و از این نظر، ایمنی نسبی دارد. این تحلیل نشان می‌دهد که بربرین به عنوان یک درمان، به طور انتخابی بر روی کبد مبتلا عمل می‌کند و با تعدیل الگوی بیان ژنی، به بهبود وضعیت NAFLD کمک می‌کند.

تحلیل غنی‌سازی مبتنی بر اصطلاحات ژن‌اُنتولوژی (Gene ontology-GO) با استفاده از درخت خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی در شکل۳ ارائه شده است. این تحلیل خوشه‌بندی نشان می‌دهد که تأثیر بربرین یا بیماری NAFLD، منجر به تغییرات هماهنگ در گروه‌های مسیرهای بیولوژیکی می‌شود، نه فقط در یک مسیر منفرد. مهم‌ترین یافته این است که مسیرهای سیگنال‌دهی عصبی (مثل cAMP، دوپامین و گلوتامات) که معمولاً با مغز مرتبط هستند، در کبد نیز نقش دارند و تحت تأثیر بیماری و درمان قرار می‌گیرند. این یافته می‌تواند به مکانیسم‌های جدیدی برای درمان NAFLD اشاره نماید. مسیرهای مرتبط با التهاب و ایمنی (مثل Antigen processing) نیز فعال می‌شوند، که با طبیعت التهابی NAFLD همخوانی دارد. مسیرهای متابولیک اساسی (چربی، کربوهیدرات و ویتامین) به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند. این نتایج از نظر بیولوژیکی بسیار غنی هستند و نشان داد که بربرین احتمالاً می‌تواند از طریق تعدیل چندین مسیر کلیدی (از جمله سیگنال‌دهی عصبی و متابولیسم چربی)، اثرات درمانی خود را اعمال کند.



شکل ۳- تحلیل غنی‌سازی مبتنی بر اصطلاحات ژن‌اُنتولوژی با استفاده از درخت خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بربرین اثرات محافظتی خود علیه بیماری NAFLD را از طریق تعدیل گسترده‌ای از مسیرهای بیان ژنی در کبد اعمال می‌کند که این یافته، نتایج مطالعه Yang و همکاران (۲۰۲۴) را تأیید و تکمیل می‌نماید. در آن مطالعه، بربرین به‌عنوان یک مولکول سازنده مستقیم، پروتئین AKR1B10 را هدف قرار داده و نشان داده است که این تعامل، اختلالات متابولیک چربی و قند را در کبد کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه نشان داد که NAFLD موجب تغییرات گسترده در الگوی بیان ژن‌ها و مسیرهای زیستی کبد می‌شود. درمان با بربرین توانست این تغییرات را تعدیل کرده و الگوهای بیان ژنی را به سمت حالت نرمال سوق دهد. تحلیل PCA تأیید کرد که بربرین اثرات درمانی خود را با نزدیک کردن الگوی ژنی کبد بیمار به حالت طبیعی اعمال می‌کند، هرچند بازگشت کامل حاصل نشد. در کبد سالم، اثر بربرین بسیار محدود بود که نشان‌دهنده ایمنی نسبی آن است. تحلیل غنی‌سازی GO نیز نشان داد که بربرین مسیرهای کلیدی متابولیکی، التهابی و سیگنال‌دهی عصبی را تنظیم می‌کند. در مجموع، یافته‌ها مکانیسم مولکولی بربرین را در درمان NAFLD روشن کرده و اثربخشی انتخابی آن بر کبد بیمار را تأیید می‌نمایند.

منابع:

Chang, W., Chen, L., and Hatch, G. M. 2015. Berberine as a therapy for type 2 diabetes and its complications: From mechanism of action to clinical studies. Biochemistry and cell biology, 93(5): 479-486.

Chang, X., Wang, Z., Zhang, J., Yan, H., Bian, H., Xia, M., and Gao, X., 2016. Lipid profiling of the therapeutic effects of berberine in patients with nonalcoholic fatty liver disease. Journal of Translational Medicine, 14(1): 266.

Ge, S. X., Son, E. W., and Yao, R., 2018. iDEP: an integrated web application for differential expression and pathway analysis of RNA-Seq data. BMC bioinformatics, 19(1): 534.

Golabi, P., Paik, J. M., AlQahtani, S., Younossi, Y., Tuncer, G., and Younossi, Z. M. 2021. Burden of non-alcoholic fatty liver disease in Asia, the Middle East and North Africa: Data from Global Burden of Disease 2009-2019. Journal of hepatology, 75(4): 795-809.

Qu, L. L., Yu, B., Li, Z., Jiang, W. X., Jiang, J. D., and Kong, W. J. 2016. Gastrodin ameliorates oxidative stress and proinflammatory response in nonalcoholic fatty liver disease through the AMPK/Nrf2 pathway. Phytotherapy Research, 30(3): 402-411.

Wang, P., Li, R., Li, Y., Tan, S., Jiang, J., Liu, H., and Wei, X., 2023. Berberine alleviates non-alcoholic hepatic steatosis partially by promoting SIRT1 deacetylation of CPT1A in mice. Gastroenterology Report, 11, goad032.

Yang, S., Cao, S. J., Li, C. Y., Zhang, Q., Zhang, B. L., Qiu, F., and Kang, N., 2024. Berberine directly targets AKR1B10 protein to modulate lipid and glucose metabolism disorders in NAFLD. Journal of Ethnopharmacology, 332: 118354.

Younossi, Z. M., Golabi, P., Paik, J. M., Henry, A., Van Dongen, C., and Henry, L., 2023. The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and nonalcoholic steatohepatitis (NASH): a systematic review. Hepatology, 77(4): 1335-1347.

Younossi, Z., Tacke, F., Arrese, M., Chander Sharma, B., Mostafa, I., Bugianesi, E., and Vos, M. B. 2019. Global perspectives on nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis. Hepatology, 69(6): 2672-2682.

Transcriptomic Analysis of the Effects of Berberine on Non-Alcoholic Fatty Liver Disease

Hossein Naeimipour Younesi [1*], Zohreh Seyedi [1], Seyed Javad Hosseini Vashan[1]
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

* Corresponding author email: **hnaeimipour@birjand.ac.ir**

Abstract

Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is one of the common metabolic disorders, characterized by lipid accumulation and disruption of energy homeostasis, and the role of plant-derived compounds in its improvement has received considerable attention. Berberine, as a natural metabolite with anti-inflammatory and metabolism-regulating properties, has potential effects in ameliorating NAFLD-related dysfunctions, although its molecular mechanisms are not yet fully understood. In this study, to identify the molecular mechanisms underlying the protective effects of berberine, RNA-Seq data with accession number GSE252928 available in the NCBI database were analyzed using the iDEP software. Differential gene expression was examined across four groups: A (diseased), AB (berberine-treated), NC (normal control), and NCB (normal control + berberine). Among 17,824 genes that passed filtering, 98 genes were upregulated and 88 genes were downregulated. The top 1000 genes based on variance distribution of all genes were clustered into 6 clusters using k-Means clustering. KEGG pathway enrichment analysis revealed significant enrichment in the following biological pathways: Cytoskeleton in muscle cells, cAMP signaling pathway, Neuroactive ligand-receptor interaction, Motor proteins, Long-term potentiation, and Dopaminergic synapse. Overall, these findings suggest that berberine may be effective in managing NAFLD by regulating metabolic balance, reducing inflammation, and improving cellular function.

Keywords: Barberry, gene expression profile, metabolic, oxidation of fatty acids

ششمین همایش ملی
گیاهان دارویی و طب سنتی
The 6th National Conference of Medicinal Plants and Traditional Medicine
MEDCI6
وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربت حیدریه

تحلیل ترانسکریپتومی اثر محافظتی بربرین بر سمیت روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی با نرم افزار تحت وب iDEP

حسین نعیمی‌پور یونسی[1*] ، سید مرتضی وقار سیدین[2]

۱- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- دانش‌آموخته دکتری تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

***نویسنده مسئول:** hnaeimipour@birjand.ac.ir

چکیده

بربرین (BBR) یک آلکالوئید ایزوکوینولین است که در درمان موکوزیت روده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، اثر بربرین بر موکوزیت ناشی از شیمی‌درمانی در بیماران مبتلا به سرطان تا حد زیادی ناشناخته باقی مانده است. فلورواوراسیل (5-Fu) به عنوان یکی از داروهای شیمی‌درمانی برجسته در درمان سرطان کولورکتال (CRC) شناخته می‌شود، اما اغلب با بروز سمیت‌های گوارشی، به‌ویژه اسهال، همراه است. بربرین با تعدیل میکروبیوتای روده، آسیب مخاطی ناشی از 5-Fu را در مدل‌های حیوانی بهبود می‌بخشد با این حال، مکانیسم مولکولی دقیق اثر محافظتی بربرین بر مخاط روده همچنان ناشناخته باقی مانده و تأثیر آن بر کارایی ضدتوموری 5-Fu نیازمند بررسی بیشتر است. در این مطالعه برای بررسی مکانیسم مولکولی دقیق اثر محافظتی بربرین بر مخاط روده در موش‌های تحت درمان با 5-Fu با یا بدون تجویز بربرین با استفاده از داده‌های RNA-seq که با شماره دسترسیGSE215201 در سایت NCBI موجود است ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مسیرهای زیستی ترشح پانکراس، هضم و جذب پروتئین، متابولیسم اسید آراشیدونیک، متابولیسم اسید لینولئیک، متابولیسم رتینول، تنظیم مدیاتورهای التهابی کانال‌هایTRP، مسیر سیگنالینگIL-17، برهم‌کنش سایتوکاین و گیرنده، مسیر سیگنالینگ کموکاین و فاگوزوم تحت تأثیر بربرین به طور معنی‌داری غنی شده‌اند. تحلیل جامع ترانسکریپتومی نشان داد که بربرین با تعدیل بیان ژنی مرتبط با مسیرهای مهم زیستی مانند ترشح پانکراس، هضم و جذب پروتئین، متابولیسم اسیدهای چرب و تنظیم پاسخ‌های التهابی، نقش مؤثری در کاهش سمیت روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی دارد. در مجموع، یافته‌های این مطالعه بیانگر اثر حفاظتی بربرین بر فرآیندهای ترمیمی و ایمنی روده در شرایط تنش دارویی است.

واژه‌های کلیدی: استرس اکسیداتیو، آلکالوئید ایزوکوینولین، بربرین، ترنسکریپتوم، موکوزیت روده.

۱. مقدمه

شیمی‌درمانی یکی از روش‌های اصلی درمان سرطان است که با هدف سرکوب رشد سلول‌های سرطانی به کار می‌رود، که همراه با عوارض جانبی قابل توجهی نیز هست. یکی از مهم‌ترین این عوارض، سمیت روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی است که موجب التهاب و آسیب به مخاط روده، اسهال شدید، کاهش جذب مواد مغذی و افت کیفیت زندگی بیماران در حال درمان می‌شود. ۵-فلوروراسیل (5-FU) یکی از پرکاربردترین داروهای شیمی‌درمانی است. مطالعات نشان داده‌اند که 5-FU بقای کلی و بقای بدون پیشرفت را در بیماران مبتلا به سرطان بهبود می‌بخشد، اما حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد بیماران تحت درمان با 5-FU دچار آسیب مخاط روده می‌شوند که علائم آن شامل اسهال شدید، تهوع، استفراغ و بی‌اشتهایی می‌باشد (Chen et

al., 2020). این عوارض، اثربخشی درمانی دارو را کاهش داده و کیفیت زندگی بیماران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Yu et al., 2022). این مکانیزم‌ها شامل ایجاد استرس اکسیداتیو، آسیبDNA ، فعال‌سازی مسیرهای التهابی (مانند NF-κB) تولید سیتوکین‌های پیش‌التهابی و مرگ سلولی اپیتلیال می‌باشند که همگی منجر به تخریب سد مخاطی روده و التهاب مزمن می‌شوند. همچنین، تغییرات نامطلوب در ترکیب میکروبیوتای روده نقش مهمی در تقویت این آسیب‌ها ایفا می‌کند (Dahlgren et al., 2021).

بربرین، آلکالوئیدی زیست‌فعال با خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری، در مطالعات اخیر به عنوان یک عامل محافظتی در کاهش سمیت روده‌ای مرتبط با شیمی‌درمانی مطرح شده است. گزارش‌ها نشان داده‌اند که بربرین می‌تواند موجب بهبود میکروبیوتای روده و مهار آنزیم‌های باکتریایی مرتبط با فعال‌سازی متابولیت‌های سمی داروهای شیمی‌درمانی شود، بدون آنکه اثربخشی ضدسرطانی این داروها را کاهش دهد (Yang et al., 2025). با این حال، مکانیسم‌های مولکولی دقیق اثر محافظتی بربرین در سطح ژنی و مسیرهای تنظیمی آن هنوز به طور کامل شناخته نشده‌اند. زرشک (*Berberis vulgaris*) به‌عنوان منبع طبیعی غنی از آلکالوئید فعال بربرین، در مطالعات مختلف به‌دلیل خواص دارویی متعدد از جمله ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و بهبود عملکرد متابولیکی مورد تحقیق قرار گرفته است. Vaghar Seyedin و همکاران (۲۰۲۲، ۲۰۲۳) نشان داده‌اند که برگ‌های زرشک حاوی ترکیبات فنولی، تانن‌ها و پروتئین‌های خام با قابلیت‌های تغذیه‌ای قابل توجه هستند و استفاده از برگ زرشک در جیره‌های غذایی دام، علاوه بر بهبود هضم و افزایش کارایی استفاده از مواد مغذی، می‌تواند اثرات مفید آنتی‌اکسیدانی و ضددیابتی داشته باشد. این ویژگی‌ها به دلیل وجود بربرین و سایر متابولیت‌های زیستی گیاه است، که باعث تقویت سلامت دستگاه گوارش و کاهش آسیب‌های ناشی از استرس و عوامل زیان‌آور می‌گردد.

هدف از این مطالعه، بررسی اثر محافظتی بربرین بر سمیت روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی و کشف مکانیسم‌های مولکولی از طریق تحلیل جامع ترنسکریپتوم RNA-seq در نمونه‌های روده موش است. این پژوهش به دنبال شناسایی مسیرهای زیستی و ژن‌های کاندید مرتبط با کاهش التهاب، استرس اکسیداتیو، و حفظ عملکرد میکروبیوتای روده با هدف توسعه استراتژی‌های درمانی موثرتر برای بهبود کیفیت درمان بیماران سرطانی می‌باشد.

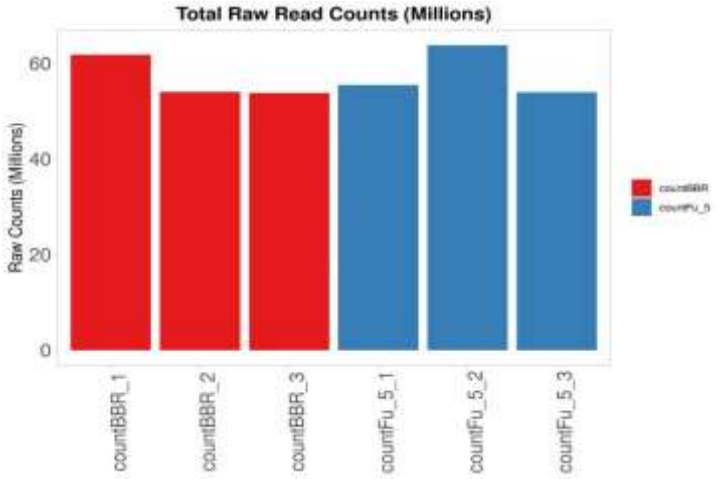
۲. مواد و روش‌ها

مدل آسیب مخاط روده ناشی از 5-Fu همراه با تومور زنوگرافت پس از یک دوره یک‌هفته‌ای سازگاری ایجاد شد. به طور خلاصه، سلول‌های CT-26 به‌طور جداگانه در ناحیه زیر بغل راست موش‌ها تزریق شدند. ده روز بعد، موشها به‌طور تصادفی به دو گروه (هر گروه ۱۰ موش) تقسیم شدند: دو گروه تحت درمان با 5-Fu با یا بدون تجویز بربرین. دوز خوراکی بربرین و روش تزریق 5-Fu در موش‌ها بر اساس مطالعات پیشین تعیین شد (Chen et al., 2020). موش‌های هر دو گروه فوق هر سه روز یک‌بار با دوز ۴۰ (mg/kg) از طریق تزریق داخل صفاقی 5-Fu دریافت کردند، علاوه بر این، موش‌های گروه با تجویز بربرین روزانه به مدت ۱۲ روز بربرین (80 mg/kg/day) از طریق گاواژ دریافت کردند. RNA کلون موش‌های هر دو گروه استخراج و خالص‌سازی شد. سپس mRNA جداسازی و رونوشت معکوس برای تولید cDNA انجام شد و سنتز دو رشته‌ای با استفاده از DNA پلیمراز I و RNase H صورت گرفت. cDNA حاصل پس از هضم آنزیمی تحت واکنش PCR قرار گرفت. در نهایت، توالی‌یابی paired-end با طول خوانش ۱۵۰ جفت‌باز (PE150) بر روی دستگاه Illumina انجام شد. از داده‌های RNA-seq که با شماره دسترسیGSE215201 موجود در سایت NCBI استفاده شد (Chen et al., 2020). خوانش و تحلیل داده‌های RNA-Seq با استفاده از نسخه ۲,۴,۲ نرم‌افزار تحت وب iDEP انجام شد (Ge et al., 2018). در مرحله آماده‌سازی داده‌ها خوانش‌هایی که کمتر از ۰/۵ خوانش در میلیون (CPM) در حداقل یک نمونه بودند، حذف شدند. سپس داده‌ها با استفاده از بسته EdgeR با یک مقدار pseudocount برابر با ۴ تبدیل شدند. پس از نقشه‌برداری، ۳۰،۷۷۷ ژن منحصر به فرد در ۶ نمونه شناسایی شدند. تحلیل بیان ژن‌های مختلف با استفاده از DESeq2 انجام شد که در آن آستانه FDR برابر با

۰/۰۵ و حداقل تغییر دو برابری (fold-change) تعیین شده بود. برای آزمون از روش Wald استاندارد استفاده و فیلتر مستقل فعال شد.

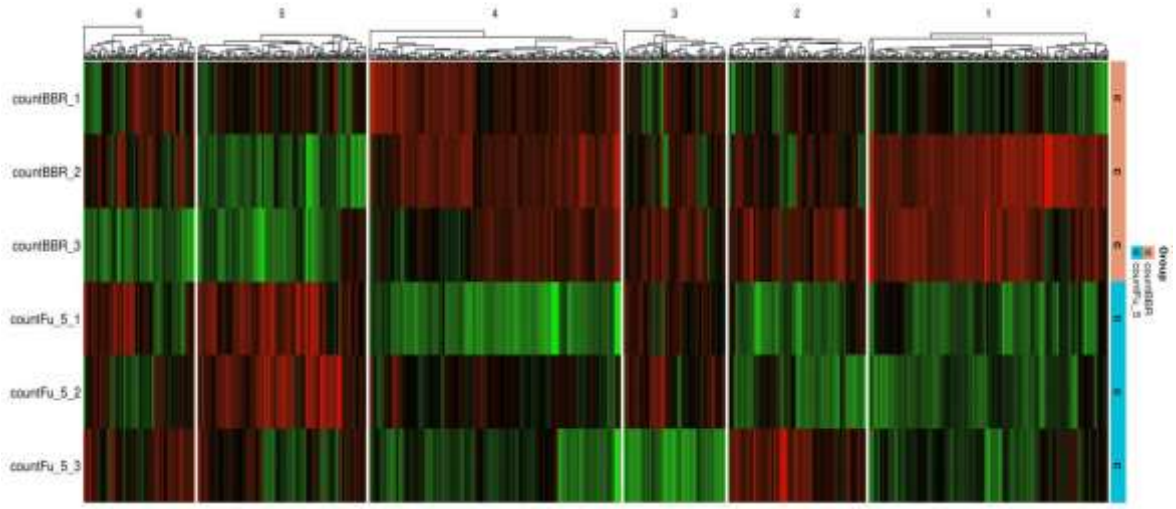
۴. نتایج و بحث

از ۳۰۷۷۷ ژن شناسایی شده، ۱۹،۱۵۷ژن از فیلتر عبور کردند که ۱۹،۰۵۶ ژن به شناسه‌های ژنی Ensembl تبدیل شدند و ۱۰۱ ژن باقی‌مانده با شناسه اصلی آنالیز شدند. برای سنجش کیفیت داده‌های RNA-seq، شمارش خام خوانش‌ها در شش نمونه (سه تکرار از گروه‌های countBBR - 5-Fu + BBR و countFu_5-5-Fu) ارزیابی شد (شکل ۱). مجموع خوانش‌ها در هر نمونه در بازه ۵۳/۸ میلیون تا ۶۱/۹ میلیون قرار داشت و یکنواختی مناسبی میان نمونه‌ها مشاهده شد.

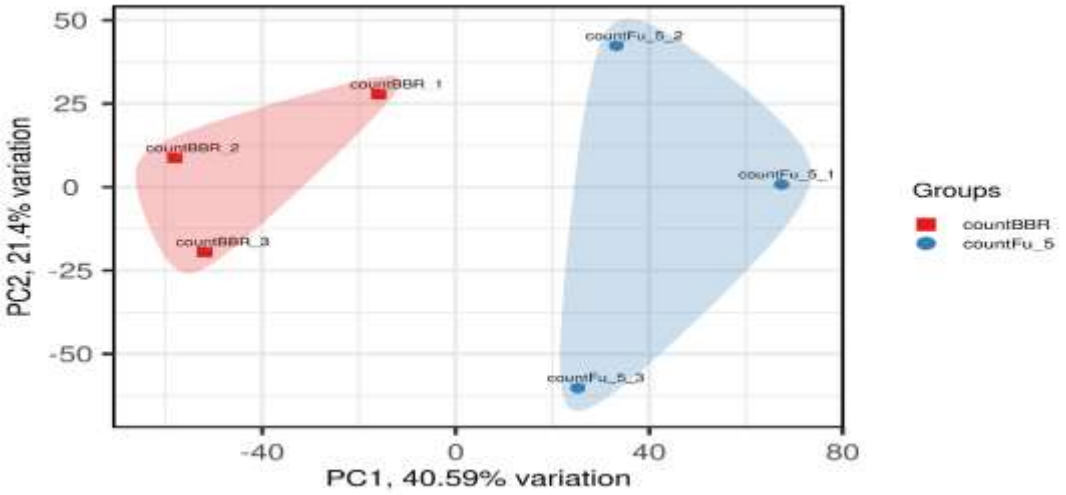


شکل ۱ : سنجش کیفیت داده‌های RNA-seq خام بین نمونه‌های countBBR و countFu_5

به‌منظور بررسی الگوهای بیان ژن و شناسایی تفاوت‌های زیستی بین گروه‌های آزمایشی، نقشه حرارتی مبتنی بر خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی ژن‌ها و نمونه‌ها ترسیم شد (شکل ۲). رنگ‌بندی نقشه حرارتی نمایانگر شدت بیان ژن‌ها در هر نمونه است. نتایج حاصل از نقشه حرارتی نشان داد که ژن‌ها در قالب شش خوشه متمایز گروه‌بندی شده‌اند که هر خوشه مجموعه‌ای از ژن‌ها با الگوی بیان مشابه را در بر دارد. در چندین خوشه، تفاوت‌های واضحی در بیان ژن‌ها بین دو گروه مشاهده شد؛ به‌گونه‌ای که ژن‌های خاصی در گروه countBBR (5-Fu + BBR) بیان بالاتری داشته و در گروه countFU_5 (5-Fu) بیان آن‌ها کاهش یافته بود. به‌طور کلی این نقشه حرارتی نشان‌دهنده تنوع بیان ژنی میان گروه دریافت‌کننده بربرین و گروه کنترل است و اثبات می‌کند که بربرین نه تنها روی چند مسیر خاص، بلکه به طور چندجانبه در مسیرهای زیستی و سیگنالینگ سلولی موثر است و می‌تواند جهت کشف مکانیزم‌های حفاظتی و درمانی مورد توجه قرار گیرد (Zhou et al., 2025; Xu et al., 2021).



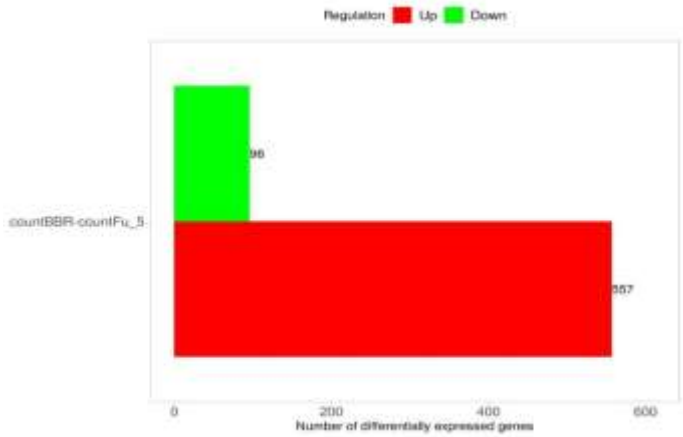
شکل ۲: نقشه حرارتی بیان ژن جهت شناسایی الگوهای افتراقی بین گروه‌های مورد بررسی



شکل ۳ – تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان‌دهنده پروفایل‌های ترنسکریپتومی متمایز بین نمونه‌های روده درمان شده با بربرین

به‌منظور بررسی الگوهای کلی تغییرات در داده‌های چندمتغیره، آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی داده‌های بیان ژن مربوط به دو گروه تحت درمان با 5-Fu با تجویز بربرین (countBBR) و بدون تجویز بربرین (countFu_5) انجام شد (شکل ۳). نمودار حاصل از آنالیز PCA نشان داد که مؤلفه اصلی اول ۴۰/۵۹ درصد (PC1) و مؤلفه اصلی دوم (PC2) ۲۱/۴۰ درصد از واریانس کل داده‌ها را توضیح می‌دهند. این دو مؤلفه مجموعاً بیش از ۶۱ درصد از تغییرات را پوشش داده و نمایی قابل‌اتکا از ساختار داده‌ها فراهم می‌کنند. در نمودار PCA، نمونه‌های گروه countBBR (5-Fu + BBR) و گروه countFu_5 (5-Fu) به‌صورت خوشه‌های مجزا در امتداد محور PC1 قرار گرفتند. این مهم نشان‌دهنده تفاوت‌های سیستماتیک بین دو گروه بوده و بیانگر اثر معنی‌دار گروه‌های آزمایشی است. همچنین، نزدیکی تکرارهای زیستی هر گروه به یکدیگر، پایداری و کیفیت داده‌ها را تأیید می‌کند.

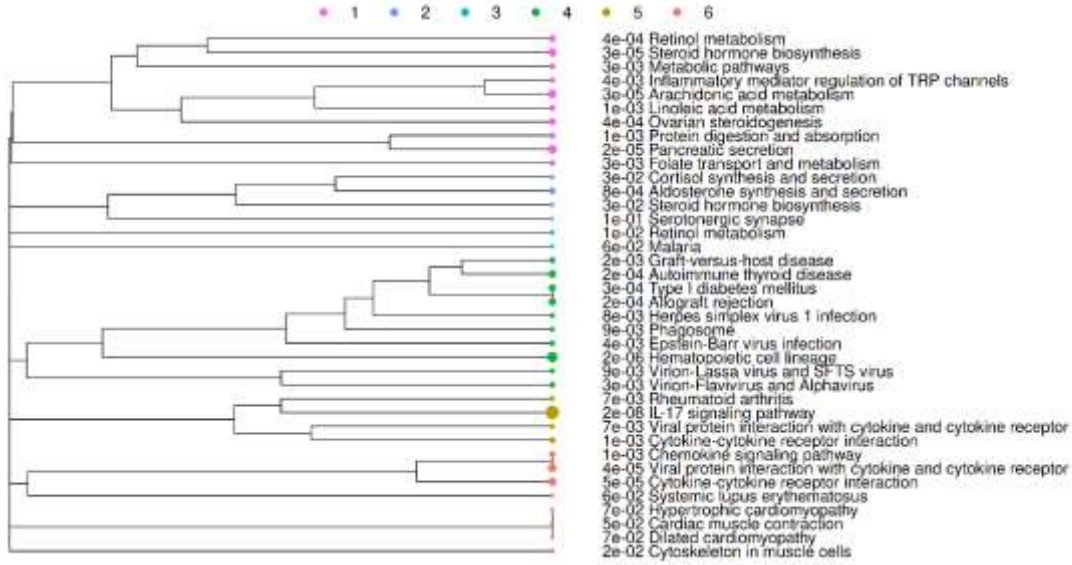
در راستای شناسایی تغییرات بیان ژن ناشی از شرایط آزمایشی، تحلیل تفاوت بیان بین گروه‌های تحت درمان با 5-Fu با تجویز بربرین(countBBR) یا بدون تجویز بربرین (countFu_5) انجام شد (شکل ۴). نتایج حاصل از این تحلیل در قالب نمودار میله‌ای افقی نشان داد که در مجموع ۶۵۳ ژن به‌طور معنی‌دار تفاوت بیان داشته‌اند، که از این میان ۵۵۷ ژن بیان افزایشی (Upregulated) و ۹۶ ژن بیان کاهشی (Downregulated) نشان دادند. این عدم‌تقارن قابل‌توجه در تعداد ژن‌های تنظیم‌شده، بیانگر اثر قوی و جهت‌دار شرایط آزمایشی بر شبکه‌های تنظیمی سلولی است. غلبه ژن‌های افزایشی نشان می‌دهد که مسیرهای زیستی فعال‌شونده در گروه تحت درمان با 5-Fu با (countBBR) نسبت به گروه بدون تجویز بربرین (countFu_5) برجسته‌تر بوده و احتمالاً فرآیندهایی نظیر پاسخ‌های التهابی، متابولیسم‌های خاص، یا سیگنالینگ سلولی در این گروه تقویت شده‌اند. از سوی دیگر، ژن‌های کاهشی نیز اهمیت ویژه‌ای دارند؛ چرا که ممکن است نشان‌دهنده سرکوب مسیرهای رقیب، تنظیم منفی بازخوردی، یا خاموش‌سازی فرآیندهای خاص در گروه تحت درمان با 5-Fu با تجویز بربرین (countBBR) باشند. تحلیل‌های تکمیلی نظیر غنای مسیرها (KEGG/GO) برای هر دسته از ژن‌ها می‌تواند به شناسایی محورهای زیستی غالب کمک کند. در مجموع، نتایج این بخش نشان‌دهنده وجود تغییرات بیان ژنی گسترده و معنی‌دار بین دو گروه آزمایشی بوده و مبنای مناسبی برای تحلیل‌های مسیرمحور، اعتبارسنجی تجربی، و تدوین فرضیه‌های مکانیکی در ادامه پژوهش فراهم می‌سازد.



شکل ۴ – بررسی آماری تنظیم ژن‌های درمان شده با بربرین در مقایسه countBBR با countFu_5

خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی مسیرهای زیستی مرتبط با سمیت روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی تحت تأثیر درمان با بربرین در شکل ۵ نشان داده شده است. خوشه ۱ حول مسیرهای مرتبط با متابولیسم رتینول، بیوسنتز هورمون‌های استروئیدی و سایر مسیرهای متابولیک و فعالیت‌های زیستی پایه‌ای قرار دارد. Zhou و همکاران (۲۰۲۵) و Xu و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که بربرین مسیرهای متابولیکی شامل بیوسنتز رتینول و استروئید را تعدیل می‌کند، آنزیم‌های کلیدی را در این آبشارها تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثرات تنظیمی متابولیک گسترده‌ای در مدل‌های سلولی و بافتی متعدد دارد. خوشه ۲ مسیرهای تنظیم التهاب به ویژه"Inflammatory mediator regulation of TRP channels" ، متابولیسم اسید آراشیدونیک و سنتز هورمون‌های استروئیدی را نشان می‌دهد که با تنظیم پاسخ ایمنی همراه هستند. خواص ضدالتهابی بربرین شامل مسیرهایی است که تنظیم کانال‌های TRP و متابولیسم اسید آراشیدونیک را دربرمی‌گیرند، به طوری که بیان عوامل التهابی را سرکوب کرده و مسیرهای تنظیم‌کننده لیپید را که در بیماری‌های متابولیکی و سرطانی اهمیت دارند، تعدیل می‌کند (Cai et al., 2023). خوشه ۳، مربوط به عملکردهای سیستم غدد درون‌ریز، تولید استروئید، جذب پروتئین و مسیرهای مرتبط با ترشح و سنتز سایر ترکیبات مهم است. مسیرهایی نظیر "Ovarian steroidogenesis" و "Aldosterone synthesis" در این خوشه

قرار دارند. طبق مطالعات گذشته تایید می‌کند که بربرین بر عملکردهای غدد درون‌ریز تأثیر گذاشته و مسیرهای مربوط به سنتز استروئیدهای تخمدانی و هورمون‌های دیگر را تنظیم می‌کند و این اثرات می‌تواند برای سلامت متابولیک و تولیدمثل مفید باشد (Xu et al., 2021; Zhou et al., 2025). مسیرهای مرتبط با عملکردهای عصبی، مانند "Steroid hormone biosynthesis" و"GABAergic synapse"، همراه با مسیرهای زیستی ویژه مانند "Malaria" و "Graft-versus-host disease" در خوشه ۴ قرار دارند. این خوشه مسیرهای متنوعی بین متابولیسم عصبی و بیماری‌های خاص را پوشش می‌دهد. این خوشه شامل مسیرهای مرتبط با لیگاندهای عصبی و علامت‌دهی سیناپسی است که بربرین در آن‌ها نقش محافظتی عصبی داشته و التهاب سیستم عصبی را کاهش می‌دهد (Akbar et al., 2021). خوشه ۵ حاوی مسیرهایی با محوریت پاسخ ایمنی و عفونت ویروسی است، مانند Phagosome، Herpes simplex virus 1 infection، Rheumatoid arthritis و مسیرهای متعدد مرتبط با عفونت ویروسی. این خوشه عمدتاً عملکردهای ایمنی و پاتولوژیک را پوشش می‌دهد. به اثبات رسیده است که بربرین توانایی تنظیم پاسخ‌های ایمنی و فعالیت فاگوسوم‌ها و دفاع‌های ضدویروسی را دارد، به طوری که در کاهش التهاب شدید و تنظیم عملکرد سلول‌های ایمنی مؤثر است (Farooqi et al., 2019). مسیرهای سیگنالینگ سایتوکاینی (مانند Cytokine-cytokine receptor interaction) و فرآیندهای مربوط به ساختار و انقباض سلول‌های عضلانی (مانند Cardiac muscle contraction وCytoskeleton in muscle cells) غالب در خوشه ۶ قرار دارند. بربرین مسیرهای مربوط به تعامل سایتوکاین‌ها و ریسپتورهای آن‌ها و همچنین ساختار و انقباض سلول‌های عضلانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، که این اثرات می‌توانند در بیماری‌های عضلانی و قلبی-عروقی مهم باشند (Zhou et al., 2025). در مجموع، ساختار دندروگرام نشان داد که مسیرهای زیستی تحت شرایط آزمایشی در دو محور اصلی سازمان یافته‌اند: محور متابولیک-هورمونی و محور ایمنی-التهابی. این الگوها می‌توانند مبنای فرضیه‌های مکانیکی در تفسیر پدیده‌های زیستی مشاهده شده باشند.



شکل ۵ –خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی مسیرهای زیستی مرتبط با سمیت روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی تحت درمان با بربرین

۴. نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، تحلیل جامع ترانسکریپتومی نشان داد که بربرین با تعدیل بیان ژنی مرتبط با مسیرهای مهم زیستی مانند ترشح پانکراس، هضم و جذب پروتئین، متابولیسم اسیدهای چرب و تنظیم پاسخ‌های التهابی، نقش مؤثری در کاهش سمیت

روده‌ای ناشی از شیمی‌درمانی دارد. نتیجه پژوهش بیانگر تأثیر حفاظتی بربرین بر فرآیندهای ترمیمی و ایمنی روده تحت تنش دارویی است.

۵. منابع

Akbar, M., Shabbir, A., Rehman, K., Akash, M. S. H., and Shah, M. A., 2021. Neuroprotective potential of berberine in modulating Alzheimer's disease via multiple signaling pathways. *Journal of food Biochemistry* 45(10): e13936.

Cai, Y., Yang, Q., Yu, Y., Yang, F., Bai, R., and Fan, X., 2023. Efficacy and underlying mechanisms of berberine against lipid metabolic diseases: a review. *Frontiers in pharmacology* 14: 1283784.

Chen, H., Zhang, F., Li, R., Liu, Y., Wang, X., Zhang, X., ... & Yao, Q.,2020. Berberine regulates fecal metabolites to ameliorate 5-fluorouracil induced intestinal mucositis through modulating gut microbiota. *Biomedicine & pharmacotherapy*, *124*, 109829.

Dahlgren, D., Sjöblom, M., Hellström, P. M., & Lennernäs, H., 2021. Chemotherapeutics-induced intestinal mucositis: pathophysiology and potential treatment strategies. *Frontiers in pharmacology,* 12: 681417.

Farooqi, A.A., Qureshi, M.Z., Khalid, S., Attar, R., Martinelli, C., Sabitaliyevich, U.Y., Nurmurzayevich, S.B., Taverna, S., Poltronieri, P. and Xu, B., 2019. Regulation of cell signaling pathways by berberine in different cancers: searching for missing pieces of an incomplete jig-saw puzzle for an effective cancer therapy. *Cancers,* 11(4): 478.

Ge, S. X., Son, E. W., and Yao, R., 2018. iDEP: an integrated web application for differential expression and pathway analysis of RNA-Seq data. *BMC bioinformatics*, 19(1): 534.

Vaghar Seyedin, S. M., Ghavipanje, N., Mojtahedi, M., Farhangfar, S. H., and Vargas-Bello-Pérez, E., 2023. Inclusion of Berberis vulgaris leaf in the diet of fattening lambs: effects on performance, nutrient intake, rumen fermentation, and carcass traits. *Journal of Animal Science*, 101: skad131.

Vaghar Seyedin, S. M., Mojtahedi, M., Farhangfar, S. H., and Ghavipanje, N., 2022. Partial substitution of alfalfa hay by Berberis vulgaris leaf modulated the growth performance, meat quality and antioxidant status of fattening lambs. *Veterinary Medicine and Science* 8(6): 2605-2615.

Xu, X., Yi, H., Wu, J., Kuang, T., Zhang, J., Li, Q., Du, H., Xu, T., Jiang, G. and Fan, G., 2021. Therapeutic effect of berberine on metabolic diseases: Both pharmacological data and clinical evidence. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 133: 110984.

Yang, X., Chen, J., Wang, Y., Wu, Y., and Zhang, J., 2025. Managing Irinotecan-Induced Diarrhea: A Comprehensive Review of Therapeutic Interventions in Cancer Treatment. Pharmaceuticals 18(3): 359.

Yu, Q. Q., Zhang, H., Zhao, S., Xie, D., Zhao, H., Chen, W., and Jiang, P., 2022. Systematic evaluation of irinotecan-induced intestinal mucositis based on metabolomics analysis. *Frontiers in Pharmacology*, 13: 958882.

Zhou, W., Asif, A., Situ, C., Wang, J., and Hao, H., 2025. Multiple target and regulatory pathways of berberine. *Phytomedicine* 146: 157030.

Transcriptomic analysis of the protective effect of berberine on chemotherapy-induced intestinal toxicity using the iDEP web software

Hossein Naeeimipour Younesi [1*], Seyed Morteza Vaghar Seyedin [2]

1- Associate Professor, Department of Animal Science, University of Birjand, Birjand, Iran
2- PhD Graduate in Animal Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

* Corresponding author email: **hnaeimipour@birjand.ac.ir**

Abstract

Berberine (BBR) is an isoquinoline alkaloid that has been used in the treatment of intestinal mucositis. However, the effect of berberine on chemotherapy-induced mucositis in cancer patients remains largely unknown. Fluorouracil (5-Fu) is one of the major chemotherapeutic drugs for the treatment of colorectal cancer (CRC), but it is often associated with gastrointestinal toxicities, particularly diarrhea. Berberine improves 5-Fu-induced mucosal injury in animal models by modulating the gut microbiota; however, the exact molecular mechanism underlying the protective effect of berberine on the intestinal mucosa remains elusive, and its impact on the antitumor efficacy of 5-Fu requires further investigation. In this study, to elucidate the precise molecular mechanism of berberine's protective effect on the intestinal mucosa in mice treated with 5-Fu with or without berberine, RNA-seq data available under accession number GSE215201 in the NCBI database were analyzed. The results revealed that biological pathways including pancreatic secretion, protein digestion and absorption, arachidonic acid metabolism, linoleic acid metabolism, retinol metabolism, regulation of inflammatory mediators of TRP channels, IL-17 signaling pathway, cytokine-cytokine receptor interaction, chemokine signaling pathway, and phagosome were significantly enriched under the influence of berberine. Comprehensive transcriptomic analysis demonstrated that berberine, by modulating gene expression related to these key biological pathways, particularly those involved in pancreatic secretion, protein digestion and absorption, fatty acid metabolism, and regulation of inflammatory responses, plays an important role in reducing chemotherapy-induced intestinal toxicity. Overall, the findings of this study suggest that berberine exerts a protective effect on intestinal reparative and immune processes under drug-induced stress.

Keywords: Berberine, Isoquinoline alkaloid, Mucositis, Oxidative stress, Transcriptome.