

## Original article

## Evaluation of Medicinal Plant Extracts as Safe Alternatives to Chemical Insecticides for Enhancing Food Safety and Public Health

Mahmoud Fazeli-Dinan<sup>1</sup>  
Ali Mostafavi<sup>2</sup>  
Seyed Hanif Osia-Laghab<sup>3</sup>  
Mohammad Azadbakht<sup>4,5\*</sup>  
Mina Amini<sup>6</sup>  
Ali Davoodi<sup>7</sup>  
Seyed Hassan Nikookar<sup>8</sup>  
Ali Jafari<sup>9</sup>  
Ahmadali Enayati<sup>10\*</sup>

1. Associate Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Health Sciences Research Center, Addiction Institute, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2. Department of Pharmacognosy and Biotechnology, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
3. Doctor of Pharmacy, Food and Drug Deputy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
4. Professor, Department of Pharmacognosy and Biotechnology, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
5. The Health of Plant and Livestock Products Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
6. Doctor of Pharmacy, Research and Development Office, Food and Drug Deputy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
7. Assistant Professor, Department of Pharmacognosy and Biotechnology, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
8. Assistant Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Health Sciences Research Center, Addiction Institute, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
9. MSc in Medical Entomology, Health and Treatment Expert of the General Prisons Department of Mazandaran, Sari, Iran
10. Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

\*Corresponding author: **Mohammad Azadbakht**, Department of Pharmacognosy and Biotechnology, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran  
**Ahmadali Enayati**, Department of Medical Entomology and Vector Control, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran  
Email: ahmadali\_enayati@yahoo.com  
azadbakht110@gmail.com

Received: 17 February 2025  
Accepted: 01 June 2025

### ABSTRACT

**Introduction and purpose:** Chemical insecticides, such as aluminum phosphide, pose significant health, environmental, and food safety challenges. To reduce reliance on these harmful compounds and promote sustainable alternatives, this study evaluated the efficacy of medicinal plant extracts as eco-friendly substitutes for stored-product pest control. In total, four medicinal plants, namely Tobacco, Eucalyptus, Wormwood, and Asafoetida, known for their antimicrobial properties in Iranian traditional medicine, were investigated in this study.

**Methods:** Hydroalcoholic extracts of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), Eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.), Asafoetida (*Ferula assa-foetida* L.), and Wormwood (*Artemisia absinthium* L.) were prepared via percolation (70% ethanol) from 500-1500 g of dried plant powder and concentrated by vacuum distillation (40°C). Phytochemicals were identified using standard reagents. Rice weevils (*Sitophilus oryzae*) were reared in an insectary and used as a bioindicator. Contact toxicity and repellency tests (McDonald et al., 1970) were conducted with 20 adult weevils in three replicates.

**Results:** The LC<sub>50</sub> values of extracts of Absinthium, Eucalyptus, Tobacco, and Asafoetida plants were estimated to be 453.05, 470.59, 716.55, and 850.73 mg/ml, respectively. The results of the tests showed that eucalyptus extracts with 98.33% had the highest mortality effect against *S. oryzae*, compared to Asafoetida, Tobacco, and Absinthium extracts with 96.66%, 93.33%, and 91.66%, respectively. Moreover, in the repellent test, the extract of Asafoetida showed the highest repellent effect with 86.66%, compared to the extracts of Tobacco, Eucalyptus, and Absinthium with 73.33%, 63.33%, and 43.33%, respectively.

**Conclusion:** The evaluated plant extracts, particularly Eucalyptus and Asafoetida, demonstrate high efficacy and reduced environmental and health risks, making them promising alternatives to chemical insecticides for stored-product pest control. These findings support safer pest management strategies to enhance food safety and public health.

**Keywords:** Absinthium, Asafoetida, Chemical insecticides, Eucalyptus, Plant extracts, Public health, Tobacco

► **Citation:** Fazeli-Dinan M, Mostafavi A, Osia-Laghab SH, Azadbakht M, Amini M, Davoodi A, Nikookar SH, Jafari A, Enayati A. Evaluation of Medicinal Plant Extracts as Safe Alternatives to Chemical Insecticides for Enhancing Food Safety and Public Health. *Journal of Health Research in Community*. Spring 2025;11(1): 50-62

## مقاله پژوهشی

## ارزیابی عصاره برخی از گیاهان دارویی به عنوان جایگزین ایمن حشره کش های شیمیایی برای بهبود ایمنی غذایی و ارتقای سلامت عمومی

## چکیده

محمود فاضلی دینان<sup>۱</sup>  
علی مصطفوی<sup>۱</sup>  
سید حنیف اوصیالقب<sup>۲</sup>  
محمد آزادبخت<sup>۳،۵</sup>  
مینا امینی<sup>۶</sup>  
علی داوودی<sup>۷</sup>  
سید حسن نیکوکار<sup>۸</sup>  
علی جعفری<sup>۹</sup>  
احمدعلی عنایتی<sup>۱۰</sup>

۱. دانشیار، گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، مؤسسه اعتبار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دکتری داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. دکتری داروسازی، معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. استاذ گروه فارماکوگنوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵. مرکز تحقیقات سلامت فراورده های گیاهی و دامی، دانشکده علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۶. دکتر داروساز، دفتر تحقیق و توسعه، معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۷. استادیار، گروه فارماکوگنوزی و بیوتکنولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۸. استادیار، گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، مؤسسه اعتبار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۹. کارشناس ارشد حشره شناسی پزشکی، کارشناس بهداشت و درمان اداره کل زندان های استان مازندران، ساری، ایران
۱۰. استاذ گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

\* نویسنده مسئول: احمدعلی عنایتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران  
محمد آزادبخت، گروه فارماکوگنوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: azadbakht110@gmail.com  
aenayati1372@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

**مقدمه و هدف:** حشره کش های شیمیایی مانند فسفید آلومینیوم به دلیل اثرات سوء بر سلامت انسان، محیط زیست و ایمنی مواد غذایی، چالش های بهداشتی متعددی ایجاد کرده اند. با توجه به ضرورت کاهش استفاده از این ترکیبات مضر و حرکت به سوی روش های ایمن و پایدار، این مطالعه به ارزیابی عصاره برخی از گیاهان دارویی به مثابه جایگزینی زیست سازگار برای استفاده در محیط های انباری پرداخته است. در این مطالعه چهار گیاه پزشکی شامل تنباکو، اکالیپتوس، افستین و آنگوزه که در منابع طب سنتی ایران به خواص ضد میکروبی شناخته شده اند، بررسی شده اند.

**روش کار:** عصاره های هیدروالکلی تنباکو، اکالیپتوس، آنگوزه و افستین با روش پرکولاسیون (اتانول ۷۰٪) از ۱۵۰۰-۵۰۰ گرم پودر گیاه استخراج و با تقطیر در خلأ (۴۰ درجه سلسیوس) تغلیظ شدند. ترکیبات فیتوشیمیایی با معرف های استاندارد شناسایی شدند. سرخرطومی های برنج به مثابه شاخص زیستی انتخاب شدند و در انسکتاریوم پرورش یافتند. آزمایش های سمیت تماسی و دور کنندگی (روش مک دونالد، ۱۹۷۰) با ۲۰ حشره بالغ در سه تکرار انجام شد.

**یافته ها:** مقادیر LC<sub>50</sub> عصاره های گیاهان افستین، اکالیپتوس، تنباکو و آنگوزه به ترتیب برابر با ۴۵۳/۰۵، ۴۷۰/۵۹، ۷۱۶/۵۵ و ۸۵۰/۷۳ میلی گرم بر میلی لیتر برآورد شد. نتایج آزمایش ها نشان داد که عصاره اکالیپتوس با ۹۸/۳۳ درصد در مقایسه با عصاره آنگوزه، تنباکو و افستین به ترتیب با ۹۶/۶۶، ۹۳/۳۳ و ۹۱/۶۶ درصد بالاترین اثر کشندگی را علیه سرخرطومی برنج دارد. همچنین در آزمایش دور کنندگی عصاره آنگوزه با ۸۶/۶۶ درصد در مقایسه با عصاره تنباکو، اکالیپتوس و افستین به ترتیب با ۷۳/۳۳ درصد، ۶۳/۳۳ درصد و ۴۳/۳۳ درصد بیشترین دور کنندگی را نشان داد.

**نتیجه گیری:** عصاره های گیاهی بررسی شده به دلیل اثربخشی بالا و عوارض زیست محیطی و بهداشتی کمتر، پتانسیل بالایی به مثابه جایگزین ایمن برای حشره کش های شیمیایی در کنترل آفات انباری دارند. این یافته ها می توانند گامی مؤثر در جهت کاهش مخاطرات بهداشتی و ارتقای ایمنی غذایی در جامعه باشند.

**واژه های کلیدی:** عصاره های گیاهی، حشره کش های شیمیایی، سلامت جامعه، اکالیپتوس، تنباکو، افستین، آنگوزه

◀ **استناد:** فاضلی دینان، محمود؛ مصطفوی، علی؛ اوصیالقب، سید حنیف؛ آزادبخت، محمد؛ نیکوکار، سید حسن؛ جعفری، علی؛ عنایتی، احمدعلی. ارزیابی عصاره برخی از گیاهان دارویی به عنوان جایگزین ایمن حشره کش های شیمیایی برای بهبود ایمنی غذایی و ارتقای سلامت عمومی. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، بهار ۱۴۰۴؛ ۱۱(۱): ۶۲-۵۰

## مقدمه

در دهه های اخیر، افزایش نگرانی های زیست محیطی و بهداشتی ناشی از استفاده گسترده از حشره کش های شیمیایی،

توجه محققان را به یافتن جایگزین‌های ایمن و پایدار جلب کرده است [۱]. عصاره‌های گیاهی به دلیل اثربخشی بالا، عوارض کمتر و سازگاری با محیط‌زیست، به مثابه جایگزینی ایمن و کارآمد برای حشره‌کش‌های شیمیایی برای مدیریت آفات محصولات غذایی، به ویژه در انبارهای ذخیره‌سازی، مورد توجه قرار گرفته‌اند [۲]. این ترکیبات که ریشه در دانش سنتی و منابع طبیعی دارند، می‌توانند نقش کلیدی در کاهش مخاطرات بهداشتی و ارتقای ایمنی غذایی ایفا کنند [۳]. حشره‌کش‌های شیمیایی مانند فسفید آلومینیوم (معروف به قرص برنج) به دلیل تولید گاز فسفین (یک ترکیب بسیار سمی)، تهدیدات جدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست ایجاد کرده‌اند [۴]. گزارش‌های متعدد از مسمومیت‌های انسانی در سراسر جهان از جمله ایران و حتی استفاده از این ماده به مثابه ابزاری برای خودکشی، ضرورت بازنگری در روش‌های کنترل آفات را بیش از پیش آشکار ساخته است [۵، ۶]. این مقاومت نه تنها اثربخشی این ترکیبات را کاهش داده بلکه نیاز به دوزهای بالاتر یا استفاده مکرر را افزایش می‌دهد و در نتیجه تشدید آلودگی محیط‌زیست و باقی‌مانده سموم در مواد غذایی را به دنبال دارد [۷]. این مشکلات افزون بر آنکه سلامت انسان‌ها را به خطر می‌اندازد، اکوسیستم‌های طبیعی و زنجیره غذایی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین استفاده از عصاره‌های گیاهی به مثابه یک راه‌حل بیولوژیک، فرصتی برای کاهش این مخاطرات و حرکت به سوی تولید محصولات غذایی ایمن فراهم می‌کند [۸، ۹].

در این میان گیاهان دارویی، با بهره‌مندی از ترکیبات فعال زیستی، گزینه‌ای امیدبخش برای جایگزینی با حشره‌کش‌های شیمیایی مضر ارائه می‌دهند. این گیاهان قادرند آفات را به صورت مؤثر کنترل کنند، بدون آنکه عوارض زیست‌محیطی و بهداشتی ناشی از حشره‌کش‌های شیمیایی را به همراه داشته باشند [۱۰]. بر این اساس، این مطالعه بر چهار گیاه دارویی تنباکو (*Nicotiana tabacum*)، اکالیپتوس (*Globulus Eucalyptus*)، افسنتین (*Artemisia absinthium*) و آغوزه (*Ferula assa-foetida*)

متمرکز است که در منابع معتبر طب سنتی ایرانی، از جمله قانون ابن سینا، الحاوی رازی و مخزن‌الادویه عقیلی خراسانی، به دلیل دارا بودن خواص ضد آفات شناخته شده‌اند [۱۱]. این گیاهان، که در طب سنتی، عوامل کشنده یا دورکننده آفات نیز معرفی شده‌اند، می‌توانند پتانسیل بالایی برای استفاده در مدیریت مدرن آفات داشته باشند. استفاده از دانش سنتی در کنار فناوری‌های نوین استخراج عصاره، امکان توسعه راهکارهایی را فراهم می‌کند که هم اثربخشی بالایی دارند و هم با استانداردهای سلامت عمومی و حفاظت از محیط‌زیست سازگارند [۱۲]. انتخاب این گیاهان دارویی به مثابه یکی از جنبه‌های نوآورانه در این پژوهش بیان شده است؛ زیرا به بررسی عصاره‌های این گیاهان در یک اقلیم جدید توجه شده است و شرایط زیست‌محیطی و اکولوژیکی محل رویش گیاهان تأثیر قابل توجهی بر ترکیبات شیمیایی و کیفیت عصاره‌های گیاهی دارد؛ بنابراین این تفاوت‌ها می‌توانند اثربخشی عصاره‌ها در مدیریت آفات را تحت تأثیر قرار داده و به شناسایی ترکیبات نوینی منجر شوند که در برابر مقاومت آفات کارآمدتر عمل کنند [۱۳]. افزون‌بر این، تحلیل پروفایل شیمیایی عصاره‌ها، یکی دیگر از جنبه‌های نوآورانه این مطالعه در نظر گرفته شده است. این تحلیل، درک عمیق‌تری از مکانیسم‌های زیستی این ترکیبات فراهم می‌کند و به شناسایی مولکول‌های فعال با خواص ضد آفات کمک می‌کند که گامی کلیدی برای توسعه محصولات بیولوژیک نوین برای کنترل ایمن آفات به شمار می‌رود [۱۴]. برای ارزیابی اثربخشی این عصاره‌ها در جایگزینی با آفت‌کش‌های شیمیایی، یک گونه آفت انباری با نام سرخرطومی برنج (*Sitophilus oryzae*) به مثابه شاخص زیستی انتخاب شد. این شاخص زیستی امکان مقایسه دقیق اثرات کشندگی و دورکنندگی عصاره‌های گیاهی را با حشره‌کش‌های شیمیایی فراهم می‌کند. استفاده از شاخص زیستی در این مطالعه، نه تنها به استانداردسازی آزمایش‌ها کمک می‌کند، بلکه نتایج را برای کاربردهای عملی در مدیریت آفات انباری قابل اعتمادتر می‌سازد. این رویکرد، با

## خشک و خرد کردن گیاه

به منظور نگهداری بهینه گیاهان، اندام‌های مورد مطالعه هر گیاه خشک شدند. ابتدا اندام‌های هوایی گیاه جدا و روی کاغذ پهن شدند تا در دمای اتاق آزمایشگاه و در جریان هوای طبیعی، دور از نور مستقیم خورشید، خشک شوند. پس از چند روز، گیاهان کاملاً خشک شده و حجم آن‌ها کاهش یافت. سپس، اندام‌های خشک شده با آسیاب برقی به گونه‌ای پودر شدند که ذرات نه بیش از حد درشت و نه بیش از حد ریز باشند. پودر حاصل در ظروف پلاستیکی تیره ریخته شد و برچسب حاوی نام علمی گیاه و تاریخ تهیه روی آن‌ها ثبت شد.

## عصاره‌گیری

به منظور استخراج عصاره و بررسی ترکیبات فیتوشیمیایی، پس از خشک کردن و پودر کردن گیاهان، عصاره‌گیری به روش پرکولاسیون با استفاده از اتانول ۷۰٪ انجام شد [۱۶]. برای این منظور، ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ گرم پودر خشک گیاه استفاده شد. سپس، حلال هر عصاره با دستگاه تقطیر در خلأ چرخشی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت ۹۰ دور در دقیقه تبخیر شد تا عصاره تغلیظ شده به دست آید. برای بررسی کیفی، با استفاده از معرف‌های لیبرمن-بورشارد، دراگندورف، آلومینیوم کلرید ۱٪، ژلاتین ۱٪ و پتاسیم هیدروکسید ۱۰٪، به ترتیب حضور ترکیبات استروئیدی، ترپنوئیدی، آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، تانن‌ها و آنتراکینون‌ها در عصاره‌های گیاهی شناسایی شد (جدول ۱) [۱۷، ۱۸].

## پرورش سرخرطومی برنج

برای انجام آزمایش‌ها، سرخرطومی‌های برنج پرورش یافته در انسکتاریوم حشره‌شناسی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مازندران استفاده شدند. این حشرات در سال ۱۳۹۴ از انبار برنج در ساری (۳۶.۵۶۵۹°N, ۵۳.۰۵۸۶°E) جمع‌آوری و در انسکتاریوم بدون تماس با حشره‌کش‌ها پرورش یافتند. پرورش در ظروف پلاستیکی

کاهش وابستگی به حشره‌کش‌های شیمیایی، می‌تواند به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، بهبود کیفیت مواد غذایی و حفاظت از سلامت جامعه کمک کند [۱۵].

در پایان، می‌توان این‌گونه بیان کرد که حرکت به‌سوی بهره‌گیری از عصاره‌های گیاهی، پاسخی راهبردی به نیاز روزافزون جامعه به روش‌های ایمن و پایدار برای مدیریت محصولات انباری ارائه می‌دهد؛ بنابراین، این مطالعه با هدف ارائه جایگزینی مؤثر و کم‌خطر برای حشره‌کش‌های شیمیایی، اثرات کشندگی و دورکنندگی عصاره‌های چهار گیاه دارویی را بررسی کرده است. نتایج این پژوهش می‌تواند مبنایی برای توسعه محصولات بیولوژیک نوین فراهم کند که ضمن حفظ کارایی، ایمنی بیشتری برای جامعه و محیط‌زیست به ارمغان آورد. در نتیجه، این تلاش گامی کلیدی در جهت تحقق اهداف سلامت عمومی و پیشبرد توسعه پایدار به شمار می‌رود.

## روش کار

### جمع‌آوری و شناسایی گیاهان

در این مطالعه، عصاره‌های هیدروالکلی گیاهان تنباکو (*Nicotiana tabacum* L.)، اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus* Labill.)، آنگوزه (*Ferula assa-foetida* L.) و افستین (*Artemisia absinthium* L.) بررسی شدند. اولئوگام رزین آنگوزه، برگ‌های تنباکو و اکالیپتوس از بازار فراورده‌های طبیعی با تأیید متخصصان سیستماتیک گیاهی و فارماکوگنوزی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مازندران تهیه شدند. اندام‌های هوایی افستین از دامنه‌های سوادکوه (۳۶.۰۰۶۱°N, ۵۲.۹۶۰۰°E) جمع‌آوری و پس از تأیید، به آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشکده منتقل شدند. نمونه‌های هرباریومی آماده و شناسایی علمی آن‌ها با همکاری بخش فارماکوگنوزی انجام شد. کارت شناسایی شامل نام علمی، محل و تاریخ جمع‌آوری به هر نمونه الصاق شد.

جدول ۱. روش‌های شناسایی ترکیبات فیتوشیمیایی در عصاره‌های گیاهی

| ترکیب                         | مقدار نمونه          | روش و معرف‌ها                                                                                                                                                                         | نتیجه مثبت                |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| آلکالوئید                     | ۰/۸ گرم<br>عصاره تام | حرارت با ۱۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲N، افزودن ۰/۵ گرم کلرید سدیم، صاف کردن، افزودن ۱-۲ قطره معرف مایر.                                                                               | تشکیل رسوب                |
| فلانوئید                      | ۱ گرم<br>عصاره       | شست‌وشو با اتر دویترول (۱۰×۳ میلی‌لیتر)، حل در ۱ میلی‌لیتر متانول و ۲ میلی‌لیتر آب، افزودن ۰/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک غلیظ و براده منیزیم، جوشاندن، افزودن ۱۰ میلی‌لیتر الکل آمیلیک. | رنگ قرمز در فاز الکلی     |
| تری‌ترین‌ها                   | ۱ گرم<br>عصاره       | شست‌وشو با اتر دویترول (۱۰×۳ میلی‌لیتر)، استخراج با ۱۰ میلی‌لیتر کلروفرم، افزودن سولفات سدیم بی‌آب، آزمایش لیبرمن بورشارد: افزودن ۳ قطره انیدرید استیک و ۱۰ میلی‌لیتر سولفوریک غلیظ.  | رنگ سبز                   |
| تانن                          | ۰/۵ گرم<br>عصاره     | حل در ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوشان، افزودن ۲۰ قطره کلرید سدیم ۱۰٪، صاف کردن، آزمایش با: (۱) ۴۰ قطره ژلاتین ۱٪، (۲) ۴۰ قطره کلروفریک ۰/۵٪، (۳) ۴۰ قطره ژلاتین نمک‌دار.                   | تشکیل رسوب                |
| آنتراکینون (واکنش پورن-تراگر) | ۱ گرم پودر<br>گیاه   | جوشاندن در ۲۲ میلی‌لیتر آب مقطر (۵ دقیقه)، صاف کردن، استخراج با ۱۰ میلی‌لیتر تولوئن، افزودن ۴ میلی‌لیتر آمونیاک غلیظ.                                                                 | رنگ نارنجی در فاز تولوئنی |

و تراکلریدکربن در جایگاه شاهد مثبت، یک گروه حاوی حلال عصاره در جایگاه شاهد منفی، و یک گروه شاهد شامل حشراتی که هیچ‌گونه عصاره یا دارویی دریافت نمی‌کنند، جهت کنترل سلامت حشرات در نظر گرفته شد. آزمایش در سه تکرار برای همه گروه‌های مورد مطالعه انجام شد. در هر تکرار ۲۰ حشره بالغ ۷ تا ۱۴ روزه مطالعه شد [۲۰، ۳].

(۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر) حاوی برنج (یک‌سوم حجم ظرف) با ۵۰ جفت حشره بالغ ۱۴ روزه انجام شد. شرایط نگهداری شامل دمای ۱۶±۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۷±۷۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت بود. حشرات بالغ نسل سوم برای مطالعات استفاده شدند [۲].

## بررسی فعالیت زیست‌سنجی

### تهیه دوزهای مورد مطالعه

قبل از شروع انجام آزمایش دامنه دوزهای مورد استفاده برای هریک از عصاره‌های گیاهی با استفاده از تست براکتینگ تعیین شد. در این فرایند، محدوده کشندگی معمولاً بین غلظتی که باعث مرگ ۱۰ درصد از جمعیت ( $LC_{10}$ ) و غلظتی که باعث مرگ ۹۰ درصد از جمعیت ( $LC_{90}$ ) می‌شود، تنظیم می‌شود تا بتوان رابطه دوز پاسخ را به‌طور دقیق تعیین کرد. برای این اساس چهار غلظت ۴۵۰، ۶۵۰، ۸۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برای عصاره گیاه تنباکو؛ چهار غلظت ۲۲۰، ۴۴۰، ۶۶۰ و ۸۸۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برای گیاه افسنتین؛ چهار غلظت ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برای گیاه آنغوزه؛ و چهار غلظت ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برای عصاره گیاه اکالیپتوس به‌منابه دامنه دوز مطالعاتی انتخاب و در آزمون سمیت تماسی و تست دورکنندگی استفاده شد [۱۹]. همچنین دو گروه شامل قرص بنان

### آزمایش سمیت تماسی

آزمایش سمیت تماسی با روش اشباع‌سازی کاغذ صافی انجام شد [۲۰]. یک میلی‌لیتر از غلظت‌های عصاره‌های گیاهی روی کاغذ صافی واتمن (شماره ۲، قطر ۹ سانتی‌متر) ریخته شد. پس از ۲۰ دقیقه و تبخیر حلال، کاغذها در تشتک‌های پتری هم‌قطر قرار گرفتند. برای گروه شاهد مثبت، یک قرص بنان (۳ گرم: ۱/۵ گرم عصاره سیر، ۱/۳۵ گرم نمک، ۰/۱۵ گرم مواد جانبی) در هر تشتک قرار گرفت. سپس ۲۰ حشره بالغ سرخرطومی برنج (۱۴-۷ روزه) همراه با چند دانه برنج برای تغذیه در تشتک‌ها قرار داده شدند. لبه‌های تشتک‌ها با پلی‌تترافلوئورواتیلن آغشته و با پارافیلیم (دارای سوراخ‌های کوچک برای تهویه) پوشانده شدند. تشتک‌ها در شرایط انسکتاریوم (دمای ۱۶±۲۸ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۷±۷۵٪، دوره نوری ۱۶:۸ ساعت تاریکی:روشنایی) نگهداری شدند. مرگ‌ومیر حشرات روزانه به مدت یک هفته ثبت شد و

حشراتی که قادر به حرکت پا یا شاخک نبودند، مرده به شمار رفتند [۲۰].

## آزمایش دورکنندگی

آزمایش دورکنندگی با روش مک‌دونالد و همکاران (۱۹۷۰) انجام شد [۲۱]. کاغذ صافی واتمن شماره ۲ (قطر ۹ سانتی‌متر) به دو نیمه مساوی تقسیم شد. نیمی از کاغذ با ۰/۵ میلی‌لیتر از غلظت‌های عصاره‌های گیاهی (مشابه آزمون سمیت تماسی) و نیمه دیگر (شاهد) با حلال اشباع شد. پس از ۲۰-۱۰ دقیقه و تبخیر حلال، نیمه‌ها با چسب متصل و در تشتک‌های پتری قرار گرفتند. بیست حشره بالغ سرخرطومی برنج در مرکز کاغذ قرار داده شدند. لبه‌های تشتک‌ها با پلی‌تترافلوئوروآتیلن آغشته و با پارافیلیم (دارای سوراخ‌های کوچک برای تهویه) پوشانده شدند. چند دانه برنج برای تغذیه اضافه شد. تعداد حشرات زنده در نیمه‌های تیمار و شاهد پس از ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه، ۱، ۵ و ۲۴ ساعت شمارش شد. درصد دورکنندگی با فرمول  $PR = 100 \times (NC - NT) / (NC + NT)$  محاسبه شد که در آن NC تعداد حشرات در نیمه شاهد و NT تعداد حشرات در نیمه تیمار است. آزمایش در سه تکرار انجام شد. درصد مثبت دورکنندگی و درصد منفی جلب‌کنندگی را نشان می‌دهد [۲۲].

## تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تأیید نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگرووف اسمیرنوف انجام شد. درصد مرگ حشرات بالغ سرخرطومی برنج نیز با استفاده از فرمول آبوت تصحیح شد [۲۳]. پس از تجزیه

واریانس و در صورت معنادار بودن تفاوت‌ها، مقایسه میانگین با استفاده از آزمون Tukey در سطح احتمال ۵ درصد در نرم‌افزار SPSS V. ۲۰ انجام شد [۲۴]. برای رسم نمودارها از صفحه گسترده Excel ۲۰۱۰ استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل رابطه پاسخ مرگ و دوزهای مختلف از آنالیز پروبیت [۲۵] و ترسیم نمودار مربوط با استفاده از نرم‌افزار Probit-MSChart انجام شد [۲۶].

## یافته‌ها

### بررسی فیتوشیمیایی عصاره‌ها

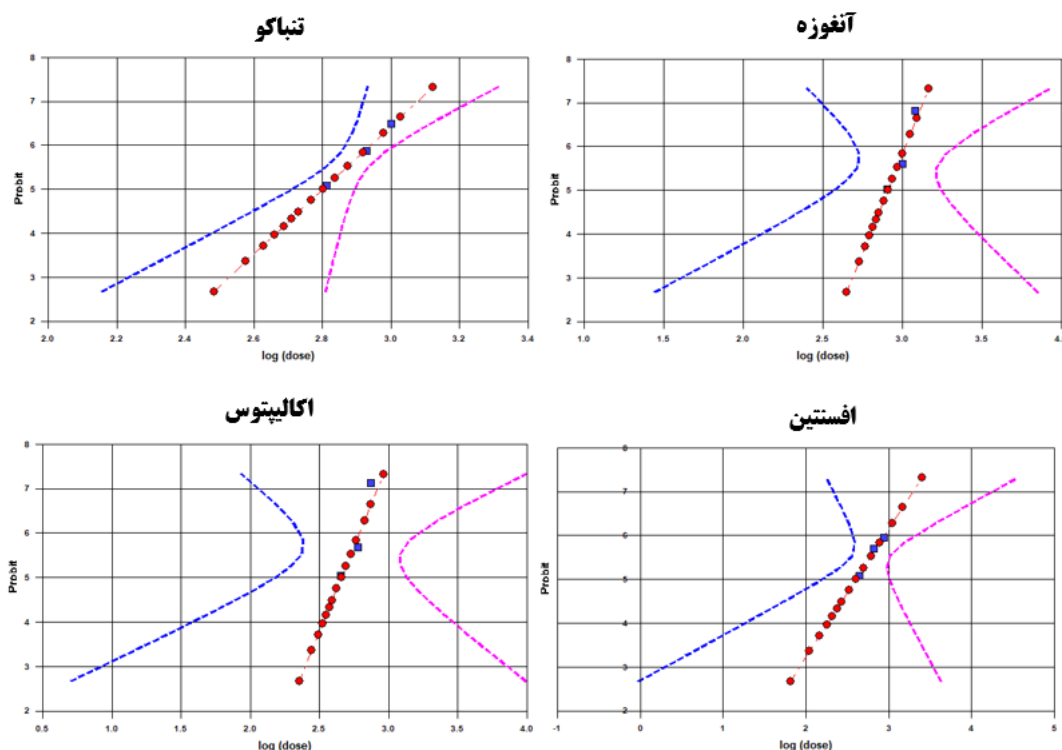
نتایج مربوط به بررسی کیفی عصاره‌ها نشان داد که گیاهان تنباکو و افسنتین حضور تمام ترکیبات شیمیایی گیاهی را شامل استروئید، ترپنوئید، آنتراکینون، آلکالوئید، تانن و فلاونوئید نشان دادند (جدول ۲).

### سمیت تماسی

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میزان مرگ حشرات بالغ مورد آزمایش با عصاره چهار گیاه تنباکو، آنگوزه، اکالیپتوس و افسنتین با گذشت زمان و افزایش غلظت‌های مختلف عصاره‌های گیاهی افزایش می‌یابد (شکل ۱). میزان مرگ در کمترین غلظت‌ها در عصاره‌های گیاهان تنباکو، آنگوزه، اکالیپتوس و افسنتین بعد از گذشت مدت‌زمان ۷ روز به‌ترتیب برابر با ۳/۳۳ درصد، ۱/۶۶ درصد، ۰ درصد و ۳/۳۳ درصد مشاهده شد. همچنین میزان مرگ در بالاترین غلظت‌ها در عصاره‌های گیاهان تنباکو، آنگوزه، اکالیپتوس

جدول ۲. نتایج بررسی فیتوشیمیایی عصاره گیاهان

| ترکیبات گیاهان | استروئیدها | ترپنوئیدها | فلاوونوئیدها | آلکالوئیدها | تانن‌ها | آنتراکینون‌ها |
|----------------|------------|------------|--------------|-------------|---------|---------------|
| اکالیپتوس      | +          | +          | +            | -           | +       | +             |
| تنباکو         | +          | +          | +            | +           | +       | +             |
| افسنتین        | +          | +          | +            | +           | +       | +             |
| آنگوزه         | +          | +          | -            | +           | -       | +             |



شکل ۱. نمودار لگاریتم غلظت و پروبیت درصد مرگ عصاره‌های گیاهی مختلف روی سرخرطومی برنج

اکالیتوس بیشتر از تنباکو و آنگوزه بوده و حشرات بالغ سرخرطومی برنج به طور معناداری نسبت به عصاره گیاهان افستین و اکالیتوس حساس تر هستند.

### دورکنندگی

نتایج دورکنندگی عصاره‌های گیاهان تنباکو، افستین، آنگوزه و اکالیتوس روی بالغان سرخرطومی برنج نشان داد که با افزایش غلظت و گذشت زمان، درصد دورکنندگی به صورت معناداری افزایش می‌یابد ( $p < 0.001$ ) (شکل ۳).

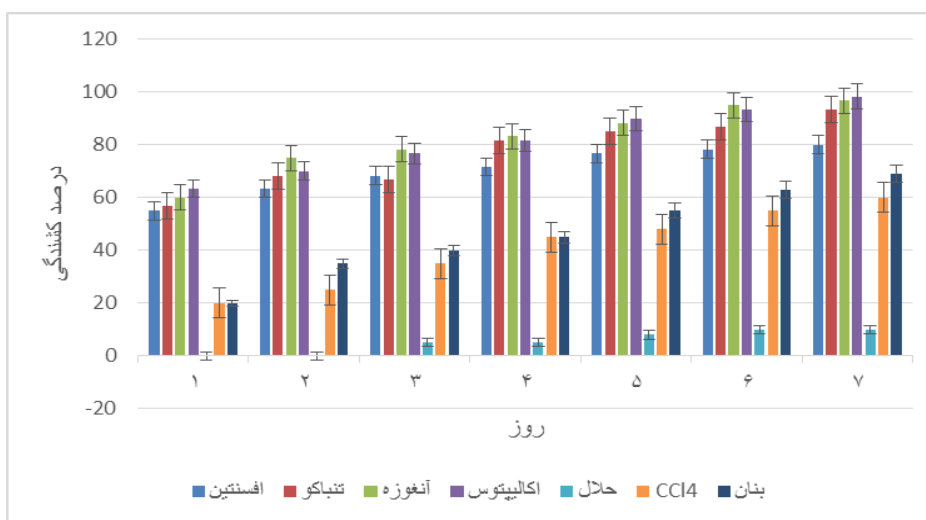
همچنین میزان دورکنندگی عصاره‌های مختلف گیاهان تنباکو، افستین، آنگوزه و اکالیتوس در بالاترین غلظت به ترتیب برابر ۷۳/۳۳ درصد، ۴۳/۳۳ درصد، ۸۶/۶۶ درصد و ۶۳/۳۳ درصد است که اختلاف معناداری را با گروه‌های کنترل نشان می‌دهد ( $p < 0.001$ ) (شکل ۴).

و افستین بعد از گذشت مدت زمان ۷ روز به ترتیب برابر با ۹۳/۳۳ درصد، ۹۶/۶۶ درصد، ۹۸/۳۳ درصد و ۹۱/۶۶ درصد مشاهده شد. مقایسه درصد کشندگی عصاره‌های مختلف گیاهی در بالاترین دوز در روزهای مختلف (روز اول تا هفتم) با گروه‌های کنترل در شکل ۲ نشان داده شده است. براین اساس تمامی عصاره‌های گیاهی اختلاف معناداری را با گروه‌های کنترل در روزهای اول تا هفتم نشان می‌دهند (شکل ۲).

نتایج حاصل از پروبیت داده‌ها نشان می‌دهد که مقدار  $LC_{50}$  محاسبه شده حشرات تیمار شده با عصاره گیاهان آنگوزه، تنباکو، اکالیتوس و افستین پس از ۷ روز در معرض بودن به ترتیب برابر با ۸۸۷/۶۰ (۹۲۴/۲۸-۸۵۰/۷۳)، ۷۱۶/۵۵ (۶۷۸/۷۵۳-۷۴/۷۹)، ۴۷۰/۵۹ (۴۴۵/۴۹۵-۲۲/۰۵) و ۴۵۳/۰۵ (۴۹۵/۶۳-۴۰۹/۹۹) میلی گرم بر میلی لیتر برآورد شد (جدول ۳). تجزیه و تحلیل پروبیت داده‌ها نشان می‌دهند که اثر حشره کشی عصاره گیاهان افستین و

جدول ۳. نتایج آنالیز پروبیت زیست‌سنجی (کشندگی) عصاره‌های گیاهان روی سرخرطومی برنج (میلی گرم بر میلی لیتر)

| عصاره گیاهی | LC <sub>۵۰</sub><br>(حد پایین حد بالا) | LC <sub>۹۹</sub><br>(حد پایین حد بالا) |
|-------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| افسنتین     | ۳۳۲/۹۵<br>(۲۸۶/۹۰ ± ۳۷۱/۸۲)            | ۴۵۳/۰۵<br>(۴۰۹/۹۹ ± ۴۹۵/۶۳)            |
| اکالیپتوس   | ۴۰۳/۲۲<br>(۳۷۲/۹۴ ± ۴۲۷/۸۵)            | ۸۰۱/۸۱<br>(۷۲۹/۱۶ ± ۹۲۱/۰۳)            |
| تنباکو      | ۶۰۲/۱۳<br>(۵۵۶/۱۵ ± ۶۳۷/۳۲)            | ۷۱۶/۵۵<br>(۶۷۸/۷۴ ± ۷۵۳/۷۹)            |
| آنگوزه      | ۷۷۷/۴۶<br>(۷۳۲/۱۹ ± ۸۱۴/۱۴)            | ۱۴۰۱/۷۵<br>(۱۲۸۹/۴۰ ± ۱۵۸۵/۰۲)         |

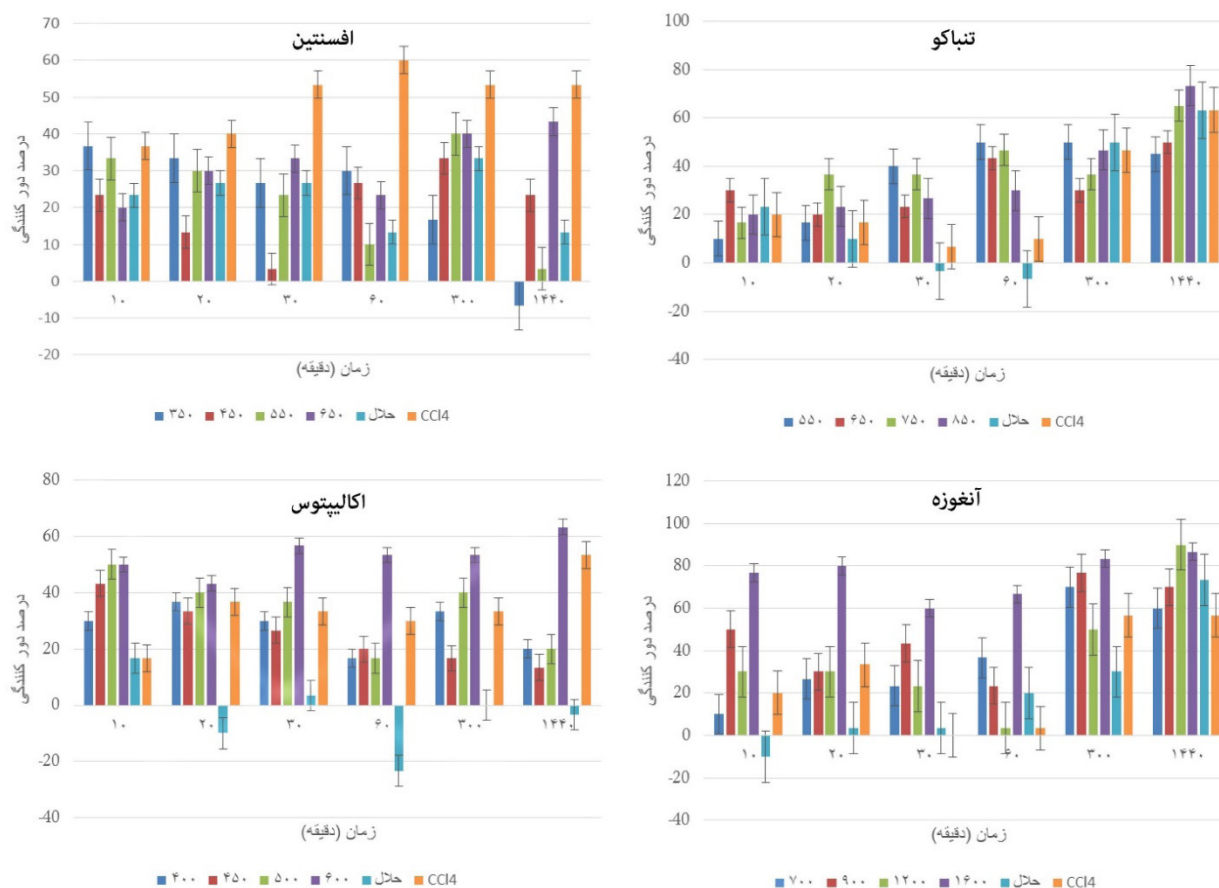


شکل ۲. مقایسه نتایج درصد کشندگی بالاترین دوز گیاهان با گروه‌های کنترل روی سرخرطومی برنج بعد از ۷ روز

## بحث و نتیجه‌گیری

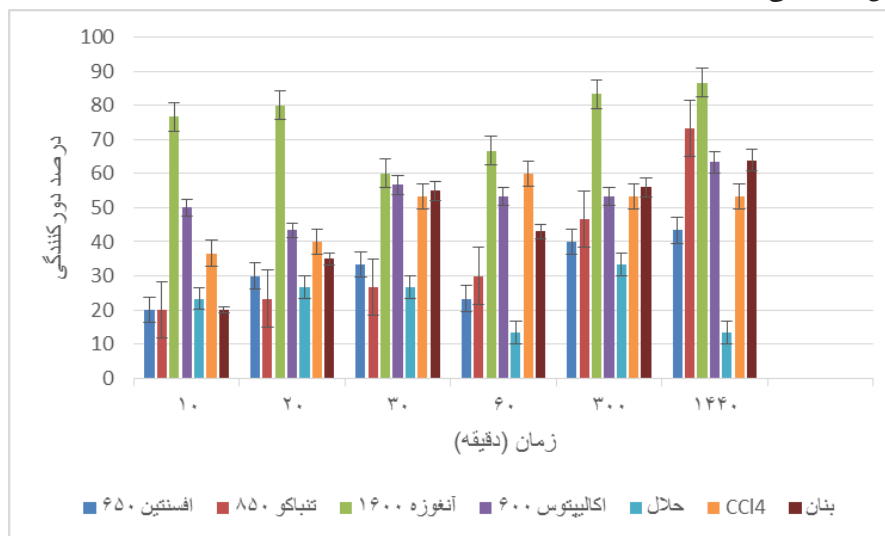
زمان افزایش می‌یابد. نظیر این قبیل روابط در نتایج آزمایش‌های زیست‌سنجی درباره سمیت سایر ترکیبات گیاهی روی آفات انباری اشاره شده است. خانی و همکاران (۲۰۱۱) خاصیت کشندگی عصاره پترولئوم اتری و کلروفرمی گیاهان نواحی گرمسیری را روی حشرات کامل سرخرطومی برنج آزمایش کردند. نتایج حاصل حاکی از آن بود که درصد کشندگی با افزایش غلظت، برای عصاره پترولئوم اتری و کلروفرمی گیاه *Piper nigrum* به ترتیب تا ۹۹/۵۶٪ و ۹۳/۵۶٪ افزایش یافته و بیشترین درصد کشندگی در بالاترین غلظت مشاهده شد؛ همچنین با افزایش مدت‌زمان مواجهه با عصاره، میزان مرگ‌ومیر افزایش

نتیجه مطالعه حاضر حاکی از اثربخش بودن عصاره‌ها در میزان کشندگی و دورکنندگی است که با مطالعه تأثیر مناسب کشندگی عصاره‌های گیاهی روی سرخرطومی برنج تالو کدر و هووس (۱۹۹۴) و مطالعه دورکنندگی عصاره‌های گیاهی روی آفات در مطالعه رحمان و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. گفتنی است که وجود ترکیبات مؤثر با خاصیت آفت‌کشی در گیاهان از جمله دلایل این نتیجه است [۲۷-۲۹]. یافته‌های این مطالعه نشان داد که میزان مرگ حشرات کامل با افزایش غلظت و با گذشت



شکل ۳. درصد دورکنندگی غلظت های مختلف عصاره ها در غلظت ها و زمان های متفاوت بر روی شپشک برنج

می یابد. در آزمایش کشندگی عصاره گیاهان T.P.harmala و parthenium و P. fraxinifolia روی سرخرطومی برنج



شکل ۴. مقایسه نتایج درصد دورکنندگی بالاترین غلظت عصاره گیاهان مختلف با گروه های کنترل در زمان های متفاوت بر روی سرخرطومی برنج

غلظت عصاره عامل مهمی در اثربخشی عصاره گیاهی است؛ چراکه با افزایش غلظت، میزان مواد مؤثر نیز بیشتر و در نتیجه اثربخشی نیز بیشتر می شود [۳۲].

در مطالعه حاضر مشخص شد که بازه های زمانی بالاتر پس از تیمار بر میزان کشندگی و دورکنندگی اثر بیشتری دارند. در این باره تالوکدر و هووس (۱۹۹۳) و آمکاروئن و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که بیشترین مقدار کشندگی عصاره گیاهی در بالاترین بازه زمانی و پس از ۷ روز مشاهده می شود. همچنین اقبال و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که بیشترین مقدار دورکنندگی عصاره گیاهی در بالاترین بازه زمانی مشاهده می شود؛ بنابراین، افزایش مدت زمان مواجهه می تواند عاملی مهم برای تأثیر عصاره گیاهی به شمار رود [۳۲-۳۴]. در مطالعه حاضر مشخص شد که بازه های زمانی بالاتر پس از تیمار بر میزان کشندگی و دورکنندگی اثر بیشتری دارند. در این باره تالوکدر و هووس (۱۹۹۳) و آمکاروئن و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که بیشترین مقدار کشندگی عصاره گیاهی در بالاترین بازه زمانی و پس از ۷ روز مشاهده می شود. همچنین اقبال و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که بیشترین مقدار دورکنندگی عصاره گیاهی در بالاترین بازه زمانی مشاهده می شود؛ بنابراین افزایش مدت زمان مواجهه می تواند عاملی مهم در تأثیر عصاره گیاهی به شمار رود [۳۲، ۳۴].

از آنجایی که گیاهان دارویی دارای ترکیباتی هستند که خاصیت حشره کشی و دورکنندگی مناسبی دارند؛ بنابراین، در مطالعه حاضر ترکیبات شیمیایی عصاره های گیاهان بیان شده نیز بررسی شد. این ترکیبات عمدتاً شامل ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و تاننها هستند که در گیاهان اکالیپتوس، تنباکو، افسنتین و آنگوزه یافته شد. مطالعات نشان داده اند که عصاره ها و اسانس های استخراج شده از گیاهان مختلف به دلیل داشتن چنین ترکیباتی می توانند جایگزین های طبیعی برای سموم شیمیایی در کنترل آفات در نظر گرفته شوند؛ برای مثال اکالیپتوس به دلیل

مشخص شد که میزان مرگ در بالاترین غلظت عصاره های *P. fraxinifolia* و *T. parthenium*، *harmala* بعد از گذشت مدت زمان ۷ روز به ترتیب برابر  $93/33\%$ ،  $58/33\%$  و  $86/66\%$  است. همچنین بیشترین درصد کشندگی در بالاترین دوزها و بعد از سپری شدن ۷ روز مشاهده شده است. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد [۳۰]. در بالا و همکاران (۲۰۱۲) میزان سمیت عصاره *Bauhinia*، *Cassia acutiloba*، *Chrysanthemum*، *Euonymus japonicas*، *purpurea*، *Caesalpinia*، *Thespesia populnea*، *freutescens*، *Cassia fistula*، *gilliesii* و حشره کش مالاتیون را روی حشرات کامل *S. oryzae* آزمایش کردند. بر طبق نتایج به دست آمده مشخص شد که با گذشت زمان و افزایش غلظت میزان مرگ افزایش یافته است که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. همچنین در آزمایش سمیت تماسی عصاره های گیاهان *P. harmala*، *T. parthenium* و *P. fraxinifolia* روی *S. oryzae* مشخص شد که میزان مرگ در بالاترین غلظت عصاره ها بعد از گذشت مدت زمان ۷ روز به ترتیب برابر  $93/33\%$ ،  $58/33\%$  و  $86/66\%$  است [۳۱]. خانی و همکاران (۲۰۱۱) اثرات دورکنندگی عصاره پترولتوم اتر و کلروفرمی گیاهان نواحی گرمسیری را روی حشرات کامل برنج *S. oryzae* آزمایش کردند. نتایج حاصل نشان داد که درصد دورکنندگی با افزایش غلظت به طور معناداری افزایش یافته است؛ بنابراین نتیجه مطالعه حاضر نشان داد که میان افزایش غلظت عصاره ها و افزایش میزان کشندگی و دورکنندگی ارتباط مستقیمی وجود دارد که مطابق با گزارش موسی خانی و همکاران (۲۰۱۱) درباره افزایش خاصیت کشندگی و دورکنندگی عصاره گیاهان نواحی گرمسیری روی بالغان سرخرطومی برنج است [۳۰]. همچنین اقبال و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که میان افزایش اثر دورکنندگی عصاره اتانولی گیاهان روی آفات انباری با افزایش غلظت ارتباط مستقیمی وجود دارد؛ بنابراین، افزایش

داشتن ترکیباتی مانند ۱،۸-سینئول و آلفا-پینن، که جزو ترپنوئیدها هستند خاصیت دورکنندگی و حشره‌کشی مناسبی دارند؛ به‌طوری‌که می‌توانند تا ۹۰٪، برخی آفات انباری مانند شپشک آرد را دور کنند؛ اگرچه در غلظت‌های پایین تأثیر قابل‌توجهی دارد اما دوام آن در محیط‌های سر بسته محدود است [۳۵]. ترکیبات موجود در عصاره گیاهان افسنتین و تنباکو نیز اثرات حشره‌کشی و دورکنندگی مناسبی دارند. برای مثال افسنتین همانند اکالیتوس به دلیل داشتن ترپنوئیدها و نیز فلاوونوئیدها، اثرات ضد حشره‌ای مناسبی دارد و می‌تواند برای مدیریت آفات مؤثر باشد. همچنین نیکوتین موجود در تنباکو که یک آلکالوئید است به‌مثابه یک حشره‌کش طبیعی در گذشته به‌طور گسترده برای کنترل آفات استفاده می‌شد [۳۶]. آنگوزه نیز به دلیل داشتن آلکالوئیدها و ترکیبات گوگردی، خاصیت دورکنندگی حشرات را دارد. این گیاه در طب سنتی برای دفع حشرات و جلوگیری از آلودگی‌های ناشی از آفات استفاده می‌شود و می‌تواند در ترکیب با سایر گیاهان دارویی، یک راهکار طبیعی و مؤثر برای کنترل آفات باشد [۳۷].

در نهایت مقایسه عصاره‌های گیاهی در این پژوهش کارایی بهتر عصاره گیاه اکالیتوس و افسنتین را در میزان کشندگی و عصاره آنگوزه را در دورکنندگی نسبت به سایر عصاره‌ها نشان داد. ازجمله دلایل مهم در ارتباط با این موضوع می‌توان به وجود ترکیبات سینئول، دی، تری، تترا سولفید و مشتقات کومارین، از مونوترپن‌ها و فنول‌ها، در عصاره گیاهان اکالیتوس و آنگوزه اشاره داشت که می‌تواند عاملی مهم در میزان دورکنندگی و کشندگی آفات به شمار رود.

نتایج این مطالعه نشان داد که عصاره‌های هیدروالکلی گیاهان تنباکو، آنگوزه، اکالیتوس و افسنتین دارای اثرات کشندگی و دورکنندگی بر سرخرطومی برنج (*Sitophilus oryzae*) هستند. عصاره‌های اکالیتوس و افسنتین در کشندگی و عصاره آنگوزه در دورکنندگی، اثرات بهتری نسبت به سایر عصاره‌ها و قرص بنان نشان دادند. با افزایش غلظت عصاره‌ها

و مدت‌زمان مواجهه، درصد کشندگی و دورکنندگی افزایش یافت. با توجه به اثرات قابل‌قبول این عصاره‌ها، به‌ویژه اکالیتوس و افسنتین، این گیاهان می‌توانند به‌مثابه جایگزینی برای قرص برنج (آلومینیوم فسفید) در تولید حشره‌کش‌های گیاهی برای کنترل آفات انباری پیشنهاد شوند. تأیید این نتایج در شرایط غیرآزمایشگاهی و روی سوش‌های غیرحساس، کاربرد عملی آن‌ها را تقویت خواهد کرد.

### قدردانی

نویسندگان از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران برای حمایت‌های مالی این طرح با کد ۷۰۲ تشکر می‌کنند.

### تضاد در منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

### مشارکت نویسندگان

**محمود فاضلی دینان:** آنالیز آماری، نگارش؛ **علی مصطفوی:** مطالعات آزمایشگاهی، نگارش؛ **سید حنیف اوصیالقب:** مطالعات آزمایشگاهی؛ **محمد آزادبخت:** مفهوم‌سازی، طراحی مطالعاتی و تأیید نهایی؛ **مینا امینی:** بررسی و ویرایش؛ **علی داوودی:** بررسی و ویرایش؛ **سید حسن نیکوکار:** مطالعات آزمایشگاهی؛ **علی جعفری:** پیش‌نویس اولیه؛ **احمد علی عنایتی:** بررسی و ویرایش، تأیید نهایی. همه نویسندگان متن نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

این مقاله حمایت مالی ندارد.

امکان مکاتبه با نویسنده مسئول جهت دسترسی به داده ها وجود

دارد.

## References

1. Zhou W, Li M, Achal V. A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerg Contaminants*. 2025;11(1):100410.
2. Fazeli-Dinan M, Osia-Laghab SH, Amini M, Davoodi A, Nikookar SH, Yazdani Charati J, et al. Phytochemical composition, toxicity, and repellent effects of medicinal plants *peganum harmala*, *pterocarya fraxinifolia*, and *tanacetum parthenium* extracts against *sitophilus oryzae* L. *Toxin Rev*. 2023;42(2):548-58.
3. Sadeghnezhad R, Abbaszadeh S, Taghdir M, Sepandi M, Fazeli-Dinan M, Zazouli MA. Toxicity and anti-feeding effect of *aesculushippocastanum*, *thymus daenensis*, *artemisia abrotanum*, and *chrozophora tinctoria* on *sitophilus oryzae*. *J Environ Health Sci Eng*. 2022;20(1):241-9.
4. Mariadoss A, Sujeetha AR, Sankarganesh E. Challenges and issues associated with chemical methods of fumigation. *Non-chemical Methods for Disinfestation of Stored Products*. CRC Press; 2025:60-74.
5. Moghadamnia AA. An update on toxicology of aluminum phosphide. *DARU J Pharm Sci*. 2012;20:25.
6. Katwal S, Malbul K, Mandal SK, Kc S, Alam MZ, Karki P, et al. Successfully managed aluminum phosphide poisoning: A case report. *Ann Med Surg (Lond)*. 2021;70:102868.
7. Siddiqui JA, Fan R, Naz H, Bamisile BS, Hafeez M, Ghani MI, et al. Insights into insecticide-resistance mechanisms in invasive species: Challenges and control strategies. *Front Physiol*. 2023;13:1112278.
8. Pathak VM, Verma VK, Rawat BS, Kaur B, Babu N, Sharma A, et al. Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Front Microbiol*. 2022;13:962619.
9. Han M, Kasim S, Yang Z, Deng X, Baity Saidi N, Uddin MK, et al. Plant extracts as biostimulant agents: A promising strategy for managing environmental stress in sustainable agriculture. *Phyton*. 2024;93(9):2149-66.
10. Devi JA, Thangapandian R, Vijayaraghavan C, Patel RRD, Kiran SR. Insecticidal potential of essential oil and sesquiterpene alcohols from leaves of *clausena indica* (Dalz.) oliver against *spodoptera litura*, *jelicoverpa armigera*, and *tribolium castaneum* under laboratory and field conditions. *Neotrop Entomol*. 2025;54(1):68.
11. Bagheri F, Karami H, Alimoradian A, Asadi MH, Salehi M, Latifi SAH. Effects of *afsantin* plant on liver diseases from the perspective of three books of traditional Iranian medicine (*Kitab Al-Hawi*, *Qanon*, and *Zakhirah-i Khwarazm Shahi*). *Complement Med J*. 2021;11(3):210-25.
12. Zakeri A, Bahmani E, Aghdam ASR. Plant extracts as sustainable and green corrosion inhibitors for protection of ferrous metals in corrosive media: A mini review. *Corrosion Communicat*. 2022;5:25-38.
13. Pant P, Pandey S, Dall'Acqua S. The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review. *Chem Biodivers*. 2021;18(11):e2100345.
14. Souto AL, Sylvestre M, Tölke ED, Tavares JF, Barbosa-Filho JM, Cebrián-Torrejón G. Plant-derived pesticides as an alternative to pest management and sustainable agricultural production: prospects, applications and challenges. *Molecules*. 2021;26(16):4835.
15. Koul O. Phytochemicals and insect control: an antifeedant approach. *Critical Rev Plant Sci*. 2008;27(1):1-24.
16. Enayati N, Ghafarzadegan R, Hajiaghache R, Vazirian M. Comparison of different extraction methods for the extraction of bioactive components of *senna*

- alexandrina. J Med Plants. 2017;16(64):160-9.
17. Bhandary SK, Kumari S, Bhat VS, Sherly S, Bekal MP. Preliminary phytochemical screening of various extracts of punica granatum peel, whole fruit and seeds. J Health Allied Sci NU. 2012;2(04):34-8.
18. Nour V, Trandafir I, Cosmulescu S. HPLC determination of phenolic acids, flavonoids and juglone in walnut leaves. J Chromatogr Sci. 2013;51(9):883-90.
19. Tabacian H, Ravan S, Bandani AR. Susceptibilities of two populations of aphid gossiper glover to selected insecticides. African J Biotechnol. 2011;10(4):670-4.
20. Sadeghnezhad R, Enayati A, Ebrahimzadeh MA, Azarnoosh M, Fazeli-Dinan M. Toxicity and anti-feeding effects of walnut (*Juglans regia* L.) extract on *sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). Fresenius Environ Bulletin. 2020;29(01):325-31.
21. McDonald LL, Guy RH, Speirs RD. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents, and attractants against stored-product insects-I. US Agricultural Res Serv; 1970.
22. Obeng-Ofori D, Reichmuth C. Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. Int J Pest Manage. 1997;43(1):89-94.
23. Abbott W. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J Am Mosq Control Assoc. 1987;3(2):302-3.
24. Angele G. SPSS Statistics 20. Eine Einführung, Otto-Friedrich-Universität. 2012.
25. Finney DJ. Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve (2<sup>nd</sup> ed). Cambridge University Press; 1952.
26. Chi H. Probit-MS chart: a computer program for Probit analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan; 2015.
27. Lougraimzi H, El Iraqui S, Bouaichi A, Gouit S, Achbani EH, Fadli M. Insecticidal effect of essential oil and powder of *Mentha pulegium* L. leaves against *sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) and *tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Curculionidae, Tenebrionidae), the main pests of stored wheat in Morocco. Polish J Entomol. 2018;87(3):263-78.
28. Camaroti JRSL, de Almeida WA, do Rego Belmonte B, de Oliveira APS, de Albuquerque Lima T, Ferreira MRA, et al. *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL). Industrial Crops Products. 2018;116:81-9.
29. Guru-Pirasanna-Pandi G, Adak T, Gowda B, Patil N, Annamalai M, Jena M. Toxicological effect of underutilized plant, *cleistanthus collinus* leaf extracts against two major stored grain pests, the rice weevil, *sitophilus oryzae* and red flour beetle, *tribolium castaneum*. Ecotoxicol Environ Saf. 2018;154:92-9.
30. Khani M, Awang RM, Omar D, Rahmani M, Rezazadeh S. Tropical medicinal plant extracts against rice weevil, *sitophilus oryzae* L. J Med Plants Res. 2011;5(2):259-65.
31. Derbalah A, Hamza A, Gazzy A. Efficacy and safety of some plant extracts as alternatives for *sitophilus oryzae* control in rice grains. J Entomol. 2012;9:57-67.
32. Auamcharoen W, Chandrapatya A, Kijjoa A, Kainoh Y. Toxicity and repellency activities of the crude methanol extract of *duabanga grandiflora* (Lythraceae) against *sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Pakistan J Zool. 2012;44(1):227-32.
33. Talukder F, Howse P. Laboratory evaluation of toxic and repellent properties of the pithraj tree, *aphanamixis polystachya* wall & parker, against *sitophilus oryzae* (L.). Int J Pest Manage. 1994;40(3):274-9.
34. Iqbal J, Qayyum A, Mustafa SZ. Repellent effect of ethanol extracts of plant materials on *tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae: Coleoptera). Pakistan J Zool. 2010;42(1):81-6.
35. Hamzehvi F, Moharramipour S, Talebi AA. Repellency and persistence of essential Oils of *eucalyptus camaldulensis* (Dehnh.) and *callistemon viminalis* (Gaertn.) G. don against several stored-product beetle species. Iran J Med Aromatic Plants Res. 2014;30(2):332-41.
36. Razmjou J, Davari M, Ebadollahi A. Insecticidal effects of essential oils from two *eucalyptus* species and pathogenic fungi, *lecanicillium muscarium*, against cotton aphid, *aphis gossypii* glover. Plant Protect (Sci J Agriculture). 2017;39(4):37-50.
37. Ebn-Allem N, Kachili F, Sabahi G, Mosadegh MS. Fumigant and persistence toxicity of *eucalyptus*, *walnut* and *pennyroyal* essential oil on *khapra* beetle *trogoderma granarium* (Evert.) (Coleoptera: Dermestidae). Plant Protect. 2015;38(3):75-84.