دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ٤٦٦٨-٢٠٠٨
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی

جلد ١٤، شماره٢، سال ١٤٠١، (١٢٤-١٠٥)

بررسی اثر سمیت و شاخص‌های تغذیه‌ای اسانس‌های دارچین، رزماری و اسطوخودوس بر روی برخی مراحل زیستی سوسک برگ‌خوار نارون *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae)

ستاره مومن بیت اللهی[1]، رضا وفایی شوشتری[2]، زهرا رفیعی کرهرودی[2]*

1- دانشجوی مقطع دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک- دانشکده کشاورزی- گروه حشره شناسی
2- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک- دانشکده کشاورزی- گروه حشره شناسی

چکیده

سوسک برگ خوار نارون یکی از مهم‌ترین آفات درختان نارون در مرحله حشره کامل و به ویژه در مراحل لاروی می‌باشد. در این تحقیق اثر سمیت و شاخص های تغذیه ای اسانس های گیاهی دارچین، رزماری و اسطوخودوس روی برخی مراحل زیستی سوسک برگ خوار نارون در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار گرفتند.چهار تکرار در نظر گرفته شد و پس از ٢٤ ساعت تعداد تلفات شمارش شد. میزان LC_{50} پس از ٢٤ ساعت بر روی حشره کامل سوسک برگ خوار نارون در اسانس های دارچین، رزماری و اسطوخدوس به ترتیب ١١/٥٧، ٢٨/٨٣ و ٧٣٧/٨٤ برآورد گردید که نشان دهنده سمیت بیشتر اسانس گیاهی دارچین به نسبت اسانس های دیگر در این بررسی می باشد. با افزایش غلظت اسانس‌ها، شاخص‌های تغذیه‌ای در مرحله لارو سن دوم کاهش یافت. نرخ مصرف نسبی لارو سن دوم (PCR) در اسانس دارچین در غلظت های LC_{25}، LC_{35} و LC_{50} با تیمار شاهد اختلاف معنی داری در سطح ٥٪ نشان داد. نتایج آنالیز اسانس ها نشان داد، سینامالدهید (٩١/٨ درصد)، ١، ٨- سینئول (٣٧/٨) و بورنئول (٨/٤ درصد) به ترتیب ترکیب های غالب در اسانس های دارچین، رزماری و اسطوخدوس می باشند. افزایش بازدارندگی تغذیه در اسانس دارچین در مقایسه با اسانس های رزماری و اسطوخدوس را می توان به سمیت قوی سینامالدهید موجود در این اسانس نسبت داد. یافته های این پژوهش نشان می دهد اسانس گیاهی دارچین نسبت به اسانس های گیاهی رزماری و اسطوخدوس گزینه مناسب تری جهت کنترل این آفت می باشد.

واژه‌های کلیدی: تماسی، کشندگی، اسانس های گیاهی، شاخص های تغذیه ای

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *Orius131@yahoo.com*
تاریخ دریافت مقاله:١٤٠١/٣/٢٠ - تاریخ پذیرش مقاله:١٤٠١/٦/٥

مقدمه

سوسک برگ خوار نارون *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae) یکی از آفات مهم درختان نارون است که در مراحل لاروی و حشره کامل از برگ‌های گیاه میزبان تغذیه می‌کند و سبب بدشکلی تاج درخت و اختلالات فیزیولوژیکی به ویژه کاهش میزان فتوسنتز می‌شود. از این رو، درختان آلوده ضعیف شده و حساسیت آن ها به آفات دیگر، عوامل بیماری‌زا و تنش‌های محیطی بیشتر می گردد (Huerta *et al*., 2010). در فضای سبز برای مبارزه با این آفت بیش‌تر از آفت‌کش‌ها استفاده می‌شود و از پیامدهای این آفت‌کش‌ها تاثیر مضر این ترکیبات روی جانوران غیر هدف به ویژه حشرات مفید و همچنین تاثیر روی محیط زیست و سلامتی انسان است (Casida and Quitad, 2004). گیاهان به دلیل اینکه منبع غنی از مواد شیمیایی فعال هستند، می‌توانند جایگزینی برای آفت کش‌های شیمیایی در حال استفاده باشند (Yaghoutnejad *et al*., 2013; Kim *et al*., 2005).

اسطوخدوس[1]، متعلق به تیره نعناع و بومی مناطق مدیترانه ای کوهستانی با ویژگی های درمانی و فعالیت‌های بیولوژیک می باشد (Verma *et al*., 2010). بررسی های پیشین نشان می دهد که ترکیبات اصلی در اسانس اسطوخدوس ۱، ۸- سینئول[2]، کامفور[3] و اندو-بورنئول[4] هستند (Hajhashemi *et al*., 2003). گرچه ترکیبات اسانس ممکن است با منطقه جغرافیایی و عوامل محیطی مانند گوناگونی در شرایط جغرافیایی، آب و هوا، فصل، همچنین مرحله رشد گیاه و روش های استخراج تحت تاثیر قرار بگیرد (Lakušic *et al*., 2014). ویژگی های حشره کشی اسانس اسطوخدوس تاکنون بر روی حشرات و آفات مانند *Tribolium castaneum* Herbs (Pugazhvendan *et al*., 2012)، *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Kanat and Hakki, 2004)، *Spodoptera littoralis* (Pavela, 2005)، *Planococcus ficus* (Signoret) Germinara *et al*., 2013)، *Musca domestic*a L. (Bosly, 2013)، *Sitophilus granaries* (Karamaouna *et al*., 2017) ثابت شده است.

رزماری[5] درختچه ای همیشه سبز متعلق به تیره نعناع است که به طور خودرو در نواحی مدیترانه ای رشد می کند ولی در حال حاضر به صورت گیاه زینتی و معطر در سراسر جهان کشت می شود. اسانس این گیاه به روش تقطیر که روشی ارزان و دستی است، استخراج می شود (Beretta *et al*. 2011). برگ های این گیاه به عنوان طعم دهنده غذا استفاده می شود ولی به طور عمده برای اهداف دارویی مختلف کاربرد دارد.

پژوهش های پیشین اثر کشندگی اسانس رزماری بر برخی حشرات شامل *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Papachristos *et al*., 2004)، *Rhipicephalus microplus* (Martinez-Velazquez *et al*., 2011)، *Sitophilus oryzae* و *Sitophilus oryzae* (Yazdgerdian *et al*., 2015)، *Tribolium confusum* (Ainane *et al*., 2019)، *Phyllaphis fagi* و *Oryzaephilus surinamensis* (Kiran and Prakash, 2015)، *Ceratitis capitata* (Wiedemann) et *al*., 2012)، *Tetranychus urticae* Koch (Laborda *et al*., 2013)، *Dociostaurus maroccanus* Thunberg (Benelli El Ghadraoui e*t al*., 2015) و *Glyphodes pyloalis* Walker (Yazdani *et al*., 2013) گزارش شده است.

---

1. *Lavandula angustifolia* L.
2. 1,8- cineole
3. Camphor
4. Endo-borneol
5. *Rosmarinus officinalis* L.

تیره لوراسه، تیره مهم اقتصادی است که عمده گونه های آن درخت هستند. جنس دارچین[1] جزء درختان و درختچه های همیشه سبز می باشند و بیشتر گونه های آن معطر هستند و دارای ۲۵۰ گونه است که در سراسر آسیا و استرالیا گسترش یافته‌اند (Jayaprakash *et al*., 2003). گونه *Cinnamomum zeylanicum* منبع اسانس های روغنی در برگ و پوست می باشد که بومی سریلانکا و بخش های جنوبی هند است (Paranagama *et al*., 2001). افزون بر استفاده دارچین در ترکیبات عطر و طعم دهنده ها، کشت این گیاه بیشتر برای تولید ترکیب اصلی اوژنول، که ۷۰ تا ۹۵ درصد آن را تشکیل می دهد، انجام می شود. فعالیت حشره کشی و بازدارندگی اسانس دارچین بر روی حشرات مانند (*Tribolium castaneum* (Herbst (Pugazhvendan *et al*., 2012)، *Musca domestica* (Samarasekera *et al*., 2006)، *maculatus Callosobruchus* (F.) (Islam *et al*., 2009) انجام شده است.

در حال حاضر، حشره‌کش‌های گیاهی یک درصد بازار جهانی حشره‌کش‌ها را تشکیل می‌دهند. بسیاری از اسانس‌های گیاهی به سبب دارا بودن اثرهای دور کنندگی، بازدارندگی، کاهش تغذیه، مهار رشد، مهار آنزیم، سمیت تماسی و گوارشی به عنوان حشره کش شناخته می‌شوند (Harborne, 1993; Ahn, 2006; Isman, 2006).

تاثیر سمیت برخی اسانس ها و عصاره های گیاهی بر روی سوسک برگ خوار نارون قبلا گزارش شده است. سمیت عصاره زیتون تلخ (*Melia azedarach*) بر روی حشره بالغ و سنین لاروی سوسک برگ خوار نارون با روش های تغذیه از برگ های تیمار شده با عصاره و محلول پاشی مستقیم روی لاروها و حشره بالغ ارزیابی شد. نتایج نشان داد میزان کشندگی با تغذیه لاروها و بالغ ها از برگ های تیمار شده با عصاره افزایش یافت در صورتی که با محلول پاشی مستقیم بر روی لاروها و بالغین نتایج متفاوتی به دست آمد (Valladares *et al*., 1997). در بررسی عصاره گیاه *Artemisia annua* .L بر روی فیزیولوژی تغذیه و فعالیت های آنزیمی سوسک برگ خوار نارون نشان داده شد که دارای مهارکننده های مسیرهای متابولیکی کلیدی است که می تواند در آینده در کنترل سوسک برگ خوار نارون مفید باشد (Shekari *et al*., 2008).

در پژوهشی دیگر، اثر سمیت اسانس های گیاهی *Thymus vulgaris* و *Lavandula angostifolia* بر ویژگی های فیزیولوژیک و رشدی سوسک برگ خوار نارون توسط (Khosravi & jalali sendi, 2008) انجام شده است. اسانس گیاهی *T. vulgaris* بیشترین تاثیر را بر روی رشد و سطح فعالیت آنزیم های گوارشی سنین لاروی داشت (Khosravi & jalali sendi, 2013). با مطالعه اثر سمیت و دورکنندگی عصاره آبی و اتانولی *Shinus molle* بر روی سوسک برگ خوار نارون نشان داد که عصاره آبی این گیاه سبب مهار ۱۰۰ درصد تغذیه شد در حالی که عصاره اتانولی آن هیچ گونه اثر ضدتغذیه ای نداشت (Huerta *et al*., 2010).

اسماعیلی و بندانی (۲۰۱۶) گزارش کردند تاثیر عصاره های پروتئینی استخراج شده از بذر یولاف وحشی بیشترین میزان مهار آنزیم آلفا آمیلاز بر روی سوسک برگ خوار نارون در مقایسه با عصاره های پروتئینی بذر های داتوره و تاج خروس داشتند.

هدف این مطالعه بررسی سمیت و شاخص های تغذیه‌ای سه اسانس رزماری، اسطوخودوس و دارچین بر روی سوسک برگ خوار نارون می باشد که نتایج آن می‌تواند در کنترل موثر این آفت در فضای سبز شهری مورد استفاده قرار بگیرد.

[1]. *Cinnamomum*

مواد و روش‌ها

جمع آوری گیاهان مورد مطالعه

گیاهان رزماری و اسطوخودوس از فضای سبز شهرداری منطقه ۷ تهران جمع آوری و پس از شست و شو با آب مقطر در محیط تاریک خشک شدند. چوب دارچین نیز به صورت آماده خریداری و کمی پیش از انجام آزمایش با آسیاب برقی خرد و استفاده شد. جهت تهیه اسانس در هر نوبت اسانس گیری، ۵۰ گرم پودر گیاهی همراه با ٦۵۰ میلی لیتر آب مقطر با استفاده از دستگاه کلونجر، در مدت ۹۰ دقیقه از زمان جوش آمدن آب در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به روش تقطیر با آب اسانس گیری شد. اسانس های جمع آوری شده به وسیله سولفات سدیم آب گیری شد و تا زمان استفاده در ظروف شیشه ای تیره با پوشش آلومینیومی در یخچال در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری شدند (Negahban *et al*., 2007).

آنالیز اسانس

نمونه اسانس با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به آشکار ساز FID[1] (یونیزاسیون با شعله هیدروژن) و دستگاه GC-MS مدل Hewlett- Packard 6890-5972 با سیستم مجهز به ستون مویینه HP-5MS با ۳۰ متر طول، ۰/۲۵ میلی متر قطر داخلی و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میلی متر تجزیه شد. هلیوم به عنوان گاز حامل و سرعت جریان ۱/۵میلی متر در دقیقه با نسبت شکاف نمونه برابر ۱ به ۱۰ استفاده شد. برنامه دمایی ستون از ٦۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی گراد با سرعت ۳ درجه در دقیقه تنظیم شد و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما قرار گرفت. طیف های جرمی با ولتاژ یونیزه کننده ۷۰ الکترون ولت بود. شناسایی پیک ها به کمک شاخص بازداری و مقایسه آن ها با مقادیری که در منابع مختلف منتشر گردیده (Davies,1990) و نیز با استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه رایانه ای GC/MS انجام شد.

پرورش حشرات

دستجات تخم از روی برگ ها و شفیره های سوسک برگ خوار نارون از اطراف طوقه و تنه درختان نارون در تهران جمع آوری شد و به آزمایشگاه با شرایط دمایی ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±٦۰ درصد و١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال یافتند. پس از ظهور لاروها و حشرات کامل، داخل جعبه های پلاستیکی به ابعاد ۱۰ ×۲۰ سانتی متر با سرپوش توری قرار داده شدند و جهت حفظ رطوبت از اسفنج های مرطوب در ته جعبه ها استفاده شد. برگ های جوان و شاداب درخت نارون روزانه در اختیار لاروها و حشرات کامل قرار گرفتند.

آزمایش های زیست سنجی در آزمایشگاه

آزمایش های زیست سنجی به روش Topondjon و همکاران (۲۰۰۵) با اندکی تغییرات در ظروف پتری دیش به قطر ۹ سانتی متر در شرایط دمای ۲±۲۵ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±٦۰ درصد و ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در آزمایشگاه گیاه پزشکی شهرداری منطقه ۷ تهران انجام شد. در هر آزمایش تعداد ۱۰ عدد حشره هم سن با چهار تکرار به پتری دیش های با قطر ۵ سانتی متر و ارتفاع ١/٤ سانتی متر دارای برگ درخت نارون منتقل شدند. شمارش حشره های زنده و مرده پس از گذشت ٢٤ ساعت انجام شد. به منظور یافتن غلظت های لازم برای مرگ و میر ۲۰ درصد و ۸۰ درصد چند سری آزمایش های اولیه انجام گردید. سپس غلظت های مابین آن بر اساس فواصل لگاریتمی محاسبه شد. با

[1]. Flame ionization detector

استفاده از سمپلر مقادیر ١٠-١٧-٣١- ٥٦ و١٠٠ میکرولیتر اسانس رزماری برای مراحل حشره کامل و شفیره، و مقادیر ١٠-٣١-١٠٠-٣١٦ و ١٠٠٠ میکرولیتر اسانس رزماری برای سنین مختلف لاروی، مقادیر ٦-١٠-١٨-٥٦ و ١٠٠ میکرولیتر اسانس دارچین برای مراحل حشره کامل و شفیره، مقادیر ٠/٥-١-٢-٦ و ١٠ میکرولیتر اسانس دارچین برای سنین مختلف لاروی، مقادیر ١٠٠-٢١٠-٤٥٠-٩٥٠ و ٢٠٠٠ میکرولیتر اسانس اسطوخدوس برای مراحل حشره کامل و شفیره و مقادیر ١٠٠٠-١٢٠٠-١٤٠٠-١٧٠٠ و ٢٠٠٠ میکرولیتر اسانس اسطوخدوس برای سنین مختلف لاروی مورد بررسی قرار گرفت. در ظرف های شاهد از آستون به تنهایی استفاده شد. برای انجام آزمایش از روش غوطه وری[1] استفاده شد (Roh *et al.*, 2011). پس از تهیه محلول ها، برگ های نارون به ابعاد ٢/٥ سانتی متر در ظرف های حاوی غلظت های متفاوت از اسانس ها قرار گرفتند و پس از گذشت ٥ ثانیه برگ ها از محلول خارج شده و به مدت ٢٠ دقیقه در معرض هوای آزاد قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس برگ ها در ظرف های پتری دیش روی پدهای مرطوب گذاشته شد و حشرات روی برگ ها قرار گرفتند روی پتری دیش ها نیز توسط توری نازک پوشانده شد. مقادیر LC_{50} برای حشرات مورد آزمایش در غلظت‌هایی که مرگ و میر بین ٨٠- ٢٠ درصد را داشتند با استفاده از نرم افزارSAS 6/12 و به روش Finney (1971) محاسبه شد. اختلاف آماری میانگین ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ٥ درصد مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی اسانس‌های رزماری، اسطوخودوس و دارچین بر روی شاخص‌های تغذیه‌ای لارو سن دوم و حشره کامل

جهت ارزیابی اثر اسانس های گیاهی بر روی شاخص های تغذیه ای، از غلظت های زیرکشندگی LC_{50} برای حشرات کامل و لارو سن دوم در آزمایشگاه استفاده گردید. آزمایش ها در قالب طرح کاملا تصادفی در ٥ تکرار و هر تکرار با ٥ عدد حشره کامل و لارو سن دوم یک روزه انجام شد. برگ های نارون در غلظت های مختلف اسانس های رزماری (١٨/٢١و ٦٨/٣٨ و ٣٩٨/٤٥ پی پی ام)، دارچین (٠/٠٦ و ٠/١٥ و ٠/٥٢ پی پی ام) و اسطوخدوس (١١٢٦ و ١٢٨٦ و ١٥٣٣ پی پی ام) فرو برده شدند و روزانه در اختیار لاروها قرار گرفتند، برای تیمار شاهد فقط از آب استفاده شد. جهت تهویه هوا از توری نازک روی ظروف پتری دیش با قطر ٥ و ارتفاع ١/٤ سانتی متر استفاده گردید. در پایان هر روز، وزن برگ جدید، برگ مورد تغذیه قرار گرفته، وزن فضولات و تعداد لارو زنده مانده با ترازوی دقیق یک ده هزارم میلی گرم اندازه گیری شد. جهت تجزیه و تحلیل از وزن خشک بر حسب میلی گرم استفاده شد. برگ های مورد تغذیه، فضولات و لاروها داخل آون ٦٥ درجه سلسیوس قرار داده شدند. آزمایش به مدت ٣ روز ادامه یافت. پس از داده برداری، تعیین شاخص‌های تغذیه ای شامل کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI)، کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD)، نرخ رشد نسبی (PGR)، نرخ مصرف نسبی (PCR) و شاخص تقریبی هضم شوندگی (AD) از فرمول های ارائه شده توسط Scriber and Slansky (1981) استفاده شد. واکاوی آماری داده ها، با تجزیه واریانس یک طرفه one way ANOVA توسط نرم افزار SPSS 16.1 انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح ٥٪ انجام شد.

[1]. A leaf-dip method

الف- نرخ رشد نسبی Relative Growth Rate (RGR)

$$RGR = \frac{(FW-IW)}{(IW\times T)}$$

وزن خشک لارو در پایان آزمایش (mg) Final weight= FW

وزن خشک لارو در ابتدای آزمایش (mg) Initial weight= IW

مدت زمان آزمایش Time= T

ب- نرخ مصرف نسبی Relative Consumption Rate (RCR)

$$RCR = \frac{I}{(B\times T)}$$

وزن خشک کل غذای خورده شده به ازای هر لارو (mg) I = Ingested food

بیوماس لارو یا تفاوت وزن لارو در ابتدا و پایان آزمایش (mg) B= Biomass (weight gain)

مدت زمان آزمایش Time= T

ج- کارایی تبدیل غذای خورده شده Efficiency of Conversion of ingested food (ECI)

$$ECI\ (\%) = \frac{B}{I} \times 100$$

د- کارایی تبدیل غذای هضم شده Efficiency of Conversion of digested food (ECD)

$$ECD\ (\%) = \frac{B}{I-F} \times 100$$

وزن خشک کل فضولات تولید شده توسط هر لارو در هر تکرار (mg) F = Frass

ه- شاخص تقریبی هضم شوندگی Approximate digestibility (AD)

$$AD\ (\%) = \frac{I-F}{I} \times 100$$

نتایج و بحث

بررسی سمیت گوارشی اسانس

نتایج آنالیزهای GC-MS اسانس های دارچین، رزماری و اسطوخدوس در جدول های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است. آنالیز داده‌ها نشان داد بین اسانس‌های دارچین، رزماری و اسطوخدوس تفاوت معنی داری بر میزان کشندگی سوسک برگ خوار نارون وجود داشت. در این آزمایش برای بدست آوردن میزان LC_{50} از ۵ غلظت با فواصل لگاریتمی شامل اسانس دارچین در مراحل لاروی (۱، ۲، ۳، ٦ و ۱۰) شفیره و حشره کامل (۱۰، ۱۸، ۳۱، ٥٦ و ۱۰۰) اسانس رزماری در مراحل لاروی (۱۰، ۳۱، ۱۰۰، ۳۱٦ و ۱۰۰۰) شفیره و حشره کامل (۱۰، ۱۷، ۳۱، ٥٦ و ۱۰۰) اسانس اسطوخودوس در مراحل لاروی (۱۰۰۰، ۱۱۹۰، ۱٤۰۰، ۱٦٥۰ و ۲۰۰۰) شفیره و حشره کامل (۱۰۰، ۲۱۰، ٤٥۰، ۹٥۰ و ۲۰۰۰) استفاده شد. بیشترین غلظت کشندگی این اسانس ها بر سوسک برگ خوار نارون به ترتیب در اسانس دارچین (LC_{50}=11.57)، اسانس رزماری (LC_{50}=28.83) و اسانس اسطوخدوس (LC_{50}=737.84) دیده شد (جدول های ٤، ٥ و ٦). میزان LC_{50} اسانس دارچین،

رزماری و اسطوخودوس به ترتیب در لارو سن یک ۱/۰۱، ۱٤۱/۹۷ و ۱۵۷۲، در لارو سن دو ۰/۸۳، ۱۱۷/۰۳و ۱۵۸۳، در لارو سن سه ۰/۸٤، ۱۰۰/۰۳ و ۱۵۲۳ و در مرحله شفیره ۱۷/٤۹، ۳۹/۲٤ و ۹۱۸/۳۷ یافت شد.

بین میزان LC_{50} در مراحل لاروی در اسانس های دارچین، رزماری و اسطوخودوس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما در مرحله شفیره و حشره کامل اختلاف معنی‌دار یافت شد (جدول های ٤، ۵ و٦). بر اساس داده های LC_{50} در جدول ٤، لاروها نسبت به حشره کامل حساسیت بیشتری نسبت به اسانس دارچین داشتند در حالی که میزان حساسیت حشره کامل در تیمار اسانس های رزماری و اسطوخدوس بیشتر از لاروها می باشد (جدول های ۵ و ٦). اسانس‌های مختلف دارای مواد موثره متفاوت هستند که عملکرد این اسانس‌ها بیشتر با ترکیبات اصلی آن‌ها مرتبط می‌باشد. در این پژوهش، بیشترین میزان LC_{50} در اسانس دارچین دیده شد. اثرهای سمی اسانس دارچین به ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده آن به نام سینامالدهید نسبت داده شده است که بسیار ناپایدار بوده و دارای سمیت بالایی می باشد (Coats *et al*., 1991). مونوترپنویید سینامالدهید (بیش از ۹۰ درصد) (جدول ۱)، مهم‌ترین ترکیب اسانس دارچین است که بر علیه حشرات موثر است(Regnault-Roger and Hamraoui, 1993) . براساس پژوهش های پیشین دو مونوترپنویید سینامالدهید و لینالول در اسانس دارچین سمیت زیادی نسبت به آفت *Acanthoscelides obtectus* نشان دادند. مهار تولید مثل در حشره *Acanthoscelides obtectus* ممکن است به دلیل ترکیبات مونوترپنی این اسانس و اثر آن‌ها بر آنزیم لیپاز روی دهد (Regnault-Roger and Hamraoui, 1993). در بررسی دیگری، ویژگی حشره کشی متیلن کلراید دارچین بر شپشه آرد[1] گزارش شده است، همچنین سمیت ترکیبات اسانس دارچین روی پوره‌ها و حشرات کامل *M. pruinosa* تایید شده است (Abd El-Aziz and El-Sayed, 2009). در بررسی های پیشین، ویژگی ضد باکتری، ضد قارچ، ضد پارازیت، دفع کننده و حشره کشی سینامالدئید و لینولول و اوژنول گزارش شده است (Niculau *et al*., 2013، Singh *et al*., 2007 ، El-hag *et al*., 1999) اوژنول ممکن است نفوذپذیری غشای سلولی را افزایش دهد و بازدارندگی رشد را به دلیل آنزیم های درون سلولی ایجاد کند. ترکیبات اسانس پوست دارچین نشان داد سینامالدهید حدود ٦۵ درصد ترکیب اصلی آن می باشد. اسانس پوست دارچین ویژگی حشره کشی بیشتری بر *M. domestica* نسبت به اسانس برگ آن نشان داد (Samarasekera *et al*., 2006).

در این پژوهش سمیت رزماری نسبت به سایر اسانس‌ها بینابین (LC_{50}=28.83) بود. ترکیبات اصلی در تجزیه و تحلیل کروماتوگرافی گازی شامل α- pinene و Camphor, 1,8-cineol (جدول ۲) می باشند. میزان ۸۰ درصد کشندگی در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام یافت شد اما این میزان کشندگی در مرحله شفیرگی به دست آمد. نتایج حاضر نشان می‌دهد که حشرات بالغ نسبت به لاروها در برابر این اسانس حساس‌ترند. نتایج پژوهش های پیشین با بررسی حاضر مشابه بود که نشان می دهد حشرات بالغ نسبت به لاروها حساس‌ترند (Jalali Sendi *et al*., 2005;.Tripathi *et al*. 2000). در بررسی دیگری، روی سوسک برگ خوار نارون به طور موضعی روی لاروهای سن سوم و حشرات بالغ مورد استفاده قرار گرفت حشرات بالغ نسبت به لاروهای چند عصاره گیاهی حساس‌تر بودند (Shekari *et al*., 2008) ترکیباتی که به نظر می رسد مسئول فعالیت‌های حشره‌کشی می باشند، شامل: α- pinene، 1,8-cineol و Camphor هستند. این ترکیبات فعالیت‌های حشره کشی‌شان قبلا نشان داده شده است (Papachristos *et al*., 2004). در سمیت گوارشی، ممکن است این اسانس ها بسیاری از آنزیم‌های روده و معده حشره را تحت تاثیر قرار دهند و در سیستم فیزیولوژیک حشره اثر بگذارند. مهار فعالیت آنزیم

[1] .*Tribolium confusum*

آلفا آمیلاز روده سوسک برگ خوار نارون تحت تاثیر اسانس گیاهی رزماری در تحقیق‌های پیشین مشخص شد (Sharifi *et al*., 2011; Esmaeily and Bandani, 2016).

تاثیر اسانس *R. officinalis* بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی سوسک برگ خوار نارون به طور مشخص بیانگر ویژگی حشره کشی اسانس این گیاه می باشد (Khosravi and Jalali Sendi, 2013). اطلاعات کمی در مورد محل دقیق عمل رزماری و دیگر اسانس‌های گیاهی بر سوسک برگ خوار نارون شناخته شده است. برای نمونه، سیستم عصبی اکتوپامین محل عمل اسانس رزماری در سوسک آمریکایی می باشد اما ممکن است در سوسک برگ خوار نارون به این صورت نباشد و این احتمال وجود دارد که اسانس‌های مورد استفاده بیش از یک محل عمل داشته باشند زیرا آن‌ها دارای ترکیبات پیچیده‌ای هستند (Enan, 2001). اسانس رزماری می تواند فعالیت آنزیم های معده را در بالاترین غلظت در لاروها کاهش دهد. این امر ممکن است به دلیل کاهش در نرخ مصرف و کاهش در تبدیل مواد غذایی باشد. حشره‌کش‌های گیاهی ممکن است بر ساختار انواع خاصی از پروتئازها تاثیر بگذارند و از هضم پروتئین‌های هضم شده جلوگیری نمایند. پروتئازها نقش مهمی در هضم غذا توسط حشرات دارند(Senthil Nathan *et al*., 2006). نتایج حاضر با گزارش های پیشین که فعالیت کنه کشی و حشره کشی اسانس رزماری را به ترکیبات اصلی موجود در آن دانسته اند همسو می باشد (Martinez-Velazquez *et al*., 2011; Papachristos *et al*., 2004). افزون بر این، نتایج مشابهی با کاربرد اسانس های *Allium sativum*، *Rosmarinus officinalis* و *Lippia graveolens* توسط Martinez-Velazquez و همکاران (۲۰۱۱) بر روی لاروهای *Rhipicephalus microplus* گزارش شده است.

بر اساس نتایج، کمترین میزان سمیت گوارشی متعلق به اسطوخودوس (LC_{50}=737.84) می باشد. کاربرد اسانس اسطوخدوس در مراحل مختلف لاروی با افزایش غلظت، اثر معنی داری نشان داد. به طور کلی میزان کشندگی اسانس اسطوخدوس در مراحل مختلف لاروی، شفیره و حشره‌کامل نسبت به دو اسانس دیگر کمتر بود. ممکن است برخی از ترکیبات اسطوخدوس به عنوان ضد تغذیه برای حشرات گیاه خوار عمل کنند (Isman, 2000) و مانع از تغذیه حشره شوند و این ویژگی سبب دور شدن حشره از تغذیه شده و منجر به کاهش کشندگی در حشره خواهد شد. همچنین درصد پایین ترکیبات اصلی نیز در میزان کشندگی این اسانس تاثیر بسزایی دارد. بسیاری از اسانس‌ها، اثر ضد تغذیه‌ای دارند و کارآیی تغذیه حشرات را کاهش می‌دهند که بر بیوسنتز و تجمع پروتئین تاثیر می‌گذارند. ترکیبات اصلی در اسانس اسطوخدوس ۱، ۸- سینئول[1]،آلفاترپینین[2] و بورنئول[3] می باشند (Hajhashemi *et al*., 2003). اجزای اصلی این ترکیب سبب تغییر فعالیت‌های آنزیمی در حشرات می‌شوند. کاهش در فعالیت آنزیم پروتئینازکه در سیستم دفاع بیولوژیک نقش دارد و وجود مهار کننده پروتئیناز در اسطوخودوس ثابت شده است(Azzouz *et al*., 2005, Born, 2009). ترکیبات اصلی مانع از فعالیت آنزیم‌های گوارشی در روده بندپایان می‌شوند که می‌تواند رشد و تولید مثل آن‌ها را کاهش دهد. گلوتاتیون اس- ترانسفرازها آنزیم‌های مهمی هستند که در مقاومت به حشره‌کش‌ها و مکانیسم‌های سم زدایی بسیاری از مولکول‌ها و احتمالا در فعالیت فیزیولوژیک بدن نقش دارند (Gui *et al*., 2009). گلوتاتیون اس- ترانسفراز نقش مهمی در محافظت از بافت‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو و استرس دارند(Shekari *et al*., 2008; Ugurlu *et al*., 2007). در تحقیقی بیشترین میزان مرگ و میر حشره *Tribolium castaneum* متعلق به اسانس *Ocimum sanctum* و کمترین میزان مربوط به اسانس اسطوخدوس بود. اسانس *Citrus autantium* و دارچین فعالیت کشندگی متوسطی بر *Tribolium castaneum* نشان دادند

[1] .1,8- cineole
[2] .Camphor
[3]. Endo-borneol

در حالی که فعالیت حشره کشی اسانس اسطوخدوس خیلی کم بود (Kosravi 2012; Pugazhvendan *et al*., 2013). and Jalali Sendi, اثرهای بازدارندگی رشد با اسانس اسطوخدوس ممکن است به سبب حضور برخی از منوترپنوئیدهای موجود در برگ های آویشن و اسطوخدوس باشد که سبب تاثیر روی آنزیم‌های دیواره معده شده و در نتیجه انرژی لازم برای رشد حشره تامین نمی شود. به نظر می رسد که برخی ترکیبات در اسطوخدوس به عنوان مواد ضد تغذیه ای برای حشرات عمل نمایند (Isman, 2000). میزان کشندگی اسانس رزماری و اسطوخدوس به دلیل داشتن میزان بالاتری از ترکیبات فعال تر منوترپنوئیدی در این اسانس ها نسبت داده شده است (Papachristos *et al*., 2004).

با توجه به اینکه اسانس های گیاهی استفاده شده در این پژوهش، دارای ترکیبات اصلی حشره کشی‌می باشند اما تفاوت های معنی‌داری در میزان کشندگی گوارشی در میان آن ها دیده شد، اختلاف کشندگی بین اسانس‌ها ممکن است ناشی از برهمکنش بین اجزای اسانس و یا تجزیه سریع ترکیبات مؤثر اسانس پیش از رسیدن به محل هدف باشد Bakkali). (*et al*., 2008 افزون بر این، دلیل احتمالی دیگر در میزان گوناگونی کشندگی اسانس ها می تواند به تولید متفاوت متابولیت های مختلف و عملکرد متفاوت آن ها در گونه های گیاهی مختلف مرتبط باشد Esmaeily and Bandani, (Sharifi *et al*., 2011; 2016). تفاوت‌های بین نتایج حاضر و دیگر پژوهش ها ممکن است به تفاوت‌هایی در غلظت مورد استفاده و روش کار نسبت داده شود. نتایج متناقض نشان می‌دهد که فعالیت اسانس‌ها ممکن است تحت‌تاثیر دقت آزمایش، فرمولاسیون و تکنیک مورد استفاده قرار گیرد.

تاثیر اسانس‌های گیاهی بر روی شاخص‌های تغذیه‌ای

تجزیه واریانسی داده‌های آزمایش تحت تاثیر اسانس‌های گیاهی روی پنج شاخص غذایی نشان داد که بین اثر اسانس-های مختلف روی شاخص‌های نسبی در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. همچنین با افزایش غلظت‌های زیر کشندگی اسانس‌ها، میزان شاخص‌های تغذیه‌ای در لارو سن دوم کاهش یافت (جدول۷ و ۸). نتایج نشان داد که نرخ مصرف نسبی لارو سن دوم (PCR) در اسانس دارچین در سه غلظت LC_{25}، LC_{35} و LC_{50} با شاهد نسبت به دو اسانس دیگر اختلاف معنی دار بیش‌تری در سطح ۵ درصد دارد. به گونه ای که در غلظت LC_{25}، LC_{35} و LC_{50} بیش‌ترین میزان نرخ در تیمار شاهد (٥٤/٩٩) به دست آمد و کم‌ترین مقدار در تیمار اسانس دارچین به ترتیب مقدار ١٢/٥٥، ٩/٣٤، ٥/٢٤ در شرایط آزمایشگاه بود (جدول۷ و۸) . نتایج نرخ رشد نسبی لارو سن دوم (PGR) در اسانس دارچین در سه غلظت LC_{25}، LC_{35} و LC_{50} با شاهد نسبت به دو اسانس دیگر اختلاف معنی دار بیش‌تری در سطح ۵ درصد نشان داد به طوری که در غلظت LC_{25}، LC_{35} و LC_{50} بیش‌ترین میزان نرخ در تیمار شاهد (١/٨١) یافت شد و کم‌ترین میزان در تیمار اسانس دارچین به ترتیب ٠/٢٨، ٠/١٥، ٠/٠٥ در شرایط آزمایشگاه به دست آمد (جدول۷ و۸). جانسن و گروت (Jansen and Groot, 2004) گزارش کردند که PGR کاهش یافته ممکن است به دلیل خسارت‌های جبران ناپذیر بر غشای سلول‌های دیواره معده باشد که در جذب مواد غذایی نقش دارند. تاثیر اسانس‌های گیاهی بر کارایی تبدیل غذای خورده شده لارو سن دوم (ECI)، کارایی تبدیل غذای هضم شده (ECD)، شاخص تقریبی هضم شوندگی لارو سن دوم (AD) نیز همانند نتایج بالا در گیاه دارچین نسبت به دو اسانس دیگر با شاهد اختلاف معنی داری نشان داد. کارایی تغذیه به مفهوم توانایی گونه‌های حشره در استفاده از غذا برای تبدیل آن به مواد مورد نیاز بدن حشره است. از این رو، اسانس دارچین توانست این شاخص را به طور قابل توجهی نسبت به دو اسانس دیگر کاهش دهد. در پژوهش مشابهی، Senthil Nathan (٢٠٠٦)

گزارش کرد میزان رشد نسبی حشره *Cnaphalocoris medinalis* تیمار شده با سم نیم آزال به طور معنی داری کاهش یافت. نتایج بیانگر آن است که با کاهش شاخص تغذیه‌ای می‌توان از سایر روش‌های کنترلی به نحو موثرتری استفاده کرد.

جدول ۱. شناسایی ترکیبات اسانس گیاهی دارچین توسط کروماتوگرافی گازی

Table 1. Essential oil composition of *Cinnamomum zeylanicum* Blume identified by gas chromatography

Compound	RT	Area (%)
α-pinene	4.81	1.25
Cis-ocimene	6.73	0.9
Camphene	7.54	0.62
Ocimene	8.69	0.6
Linalool	9.12	0.21
Cinnamaldehyde	17.06	91.8
ρ-metoxicinamate	21.05	1.57
Trans-caryophyllene	22.32	0.31
Humulene	24.18	0.12
Benzenethanamine	26.47	0.42
Trans-cinnamyl	28.91	0.61
Total		98.41

RT: Retention time

جدول ۲. شناسایی ترکیبات اسانس گیاهی رزماری توسط کروماتوگرافی گازی

Table 2. Essential oil composition of *Rosmarinus officinalis* identified by gas chromatography

Compound	RT	Area %
α-Pinene	6.81	21.3
α-Fenchene	7.08	2.2
Camphene	7.24	9.8
β-Pinene	8.01	5.4
Myrcene	8.43	1.2
o-Cymene	9.43	1.8
Sylvestrene/ Limonene	9.78	1.8
1,8-Cineole	9.97	37.3
γ-Terpinene	10.81	1.4
Terpinolene	12.07	0.5
β-Linalool	12.53	1.6
Camphor	14.35	14.7
Isoborneol	14.89	0.5
Borneol	15.26	1.1
α-Terpineol	16.33	3.1
Bornyl acetate	20.35	1.1
Z-Caryophyllene	25.92	0.3

RT: Retention time

جدول ۳. شناسایی ترکیبات اسانس گیاهی اسطوخدوس توسط کروماتوگرافی گازی

Table 3. Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* L. identified by gas chromatography

Compound	Retention time (min)	Composition (%)
Alpha-pinene	4.804	1.408
Beta-pinene	5.83	1.517
Myrcene	6.208	1.015
1,8 Cineole	7.306	3.928
Cis linalool oxide	8.631	1.669
Linalool	9.201	4.91
L-camphor	10.557	2.827
Borneoll	11.385	8.574
Butanoic acid hexyl ester	11.512	2.523
Beta fenchyl alcohol	11.659	2.999
Alpha terpineol	11.759	1.978
Bornyl acetate	12.157	1.671
Hexyl 2 methyl butyrate	12.253	0.742
Nerol	12.415	2.322
Alpha terpinene	12.627	6.229
Geraniol	12.892	1.242
Phellandral	13.142	0.924
Neryl acetate	13.283	2.157
Benzene methanol	13.424	0.79
Carvacrol	13.633	1.072
Hexyl tiglate	14.011	1.319
Geranyl butyrate	14.639	1.935
Geranyl propionate	15.082	3.769
Trans (beta) caryophyllene	15.676	1.596
Alpha amorphene	17.279	1.029
Caryophyllene oxide	18.542	2.728
Alpha cadinol	19.424	1.845
Alpha bisabolol	20.118	2.319

RT: Retention time

جدول ٤. میزان مقادیر LC_{50} اسانس گیاهی دارچین بر روی مراحل مخلف لاروی، حشرات کامل و شفیرگی

Table 4. The rate of the LC_{50} values of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil on different stages of elm leaf beetle larvae, adult and pupa

Stage	N	X^2(df)	P-value	Slope±SE	LC_{50}(ppm)	95% confidence limits (ppm)
Adult	200	0.949(3)	0.356	0.161±0.824	11.57	(6.19-15.05)
1rd instar larvae	200	0.635(3)	1.707	0.163±0.873	1.01	(0.55-1.29)
2rd instar larvae	200	0.937(3)	0.414	0.162±0.869	0.83	(0.44-1.06)
3rd instar larvae	200	0.815(3)	0.942	0.164±0.912	0.84	(0.46-1.06)
Pupa	200	0.910(3)	0.539	0.159±0.769	17.49	(9.22-24.55)

جدول ۵. میزان مقادیر LC_{50} اسانس گیاهی رزماری بر روی مراحل مخلف لاروی، حشرات کامل و شفیرگی

The rate of the LC_{50} values of *Rosmarinus officinalis* essential oil on different stages of elm leaf beetle larvae, adult and pupa .Table 5

Stage	N	X^2(df)	P-value	Slope±SE	LC_{50}(ppm)	95% confidence limits (ppm)
Adult	200	0.933(3)	0.434	0.322±1.723	28.83	(20.96- 32.49)
1st instar larvae	200	0.628(3)	1.742	0.163±0.874	141.97	(79.77-186.36)
2nd instar larvae	200	0.940(3)	0.380	0.161±0.825	117.03	(62.68-152.19)
3rd instar larvae	200	0.966(3)	0.269	0.159±0.800	100.03	(51.45-129.38)
Pupa	200	0.834(3)	0.865	0.316±1.524	39.24	(28.35-46.08)

جدول ٦. میزان مقادیر LC_{50} اسانس گیاهی اسطوخدوس بر روی مراحل مخلف لاروی، حشرات کامل و شفیرگی

The rate of the LC_{50} values of *Lavandula angustifolia* essential oil on different stages of elm leaf beetle larvae, adult and pupa .Table 6

Stage	N	X^2(df)	P-value	Slope±SE	LC_{50}(ppm)	95% confidence limits (ppm)
Adult	200	0.930 (3)	0.447	0.240±1.03	737.84	(460.63-989.76)
1st instar larvae	200	0.621 (3)	1.770	1.070±5.32	1572	(1433-1659)
2nd instar larvae	200	0.951 (3)	0.350	1.041±453	1583	(1420-1694)
3rd instar larvae	200	0.982 (3)	0.172	1.039±4.54	1523	(1367-1609)
Pupa	200	0.860 (3)	0.755	0.242±1.020	918.37	(566.59-1347)

جدول ۷. تاثیر اسانس های گیاهی دارچین، رزماری و اسطوخدوس در غلظت های مختلف بر شاخص های تغذیه ای لارو سن دو سوسک برگ خوار نارون

Table 7. The effect of Cinamon, Rosemary and lavender essential oil at different concentrations on nutritional indices of *Xanthogaleruca luteola* 2nd instar larvae

Concentration (ppm)	Essential oil	RCR (mg/mg/day)[2]	RGR (mg/mg/day)[3]	ECI (%)[4]	ECD (%)[5]	AD (%)[6]
LC_{25}	Cinnamon	41.08±0.1d	1.69±0.00d	4.12±0.0 1d	4.16±0.0 1d	98.87±0.00b
	Rosemary	43.53±0.27c	1.84±0.00c	4.23±0.00c	4.27±0.00c	98.88±0.00b
	Lavender	45.60±0.28b	2.25±0.00b	4.94±0.00b	5±0.00b	98.88±0.00b
	Control	54.99±0.00a	3.30±0.00a	6±0.00a	6.06±0.00a	99.01±0.00a
LC_{35}	Cinnamon	35.28±0.01d	1.25±0.01d	3.56±0.03d	3.60±0.03d	98.80±0.00d
	Rosemary	36.84±0.01c	1.43±0.00c	3.89±0.00c	3.94±0.00c	98.76±0.00c
	Lavender	39.92±0.01b	1.79±0.00b	4.49±0.00b	4.55±0.00b	98.81±0.00b
	Control	54.99±0.00a	3.30±0.00a	6±0.00a	6.06±0.00a	99.01±0.00a
LC_{50}	Cinnamon	26.42±0.00d	0.80±0.00d	3.06±0.00d	3.10±0.00d	98.68±0.00c
	Rosemary	29.53±0.01c	1.01±0.00c	3.44±0.00c	3.48±0.00c	98.75±0.00b
	Lavender	32.13±0.01b	1.38±0.00b	4.29±0.00b	4.35±0.00b	98.74±0.00b
	Control	54.99±0.00a	3.30±0.00a	6±0.00a	6.06±0.00a	99.01±0.00a

LC_{25}, LC_{35} and LC_{50} values of Cinamon are 1.75, 3.94 and 11.57 ppm and values for rosemary are 11.70, 17.22 and 28.83 ppm,and values of lavender are 163.22, 311.66 and 737.84 ppm respectively.

[2] Relative Consumption Rate (RCR)

[3] Relative Growth Rate (RGR)

[4] Efficacy of Conversion of Ingested Food (ECI)

[5] Efficacy of Conversion of Digested Food (ECD)

[6] Approximately Digestibility (AD)

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Tukey s test, $P < 0.05$

جدول ۸ تاثیر اسانس های گیاهی دارچین، رزماری و اسطوخدوس در غلظت های مختلف بر شاخص های تغذیه ای حشره کامل سوسک برگ خوار نارون

Table 8. The effect of Cinamon, Rosemary and lavender essential oil at different concentrations on nutritional indices of *Xanthogaleruca luteola* adult insect.

Concentration (ppm)	Essential oil	RCR (mg/mg/day)[2]	RGR (mg/mg/day)[3]	ECI (%)[4]	ECD (%)[5]	AD (%)[6]
LC 25	cinamon	12.55±0.0d	0.28±0.00d	2.28±0.00 d	2.36±0.00d	96.93±0.00d
	rosemary	13.72±0.0c	0.46±0.00c	3.37±0.00c	3.46±0.00b	97.41±0.00c
	lavender	26.64±0.0b	0.87±0.00b	3.28±0.00b	3.35±0.00c	97.71±0.00b
	Control	44.70±0.0a	1.81±0.00a	4.06±0.01a	4.15±0.00a	97.81±0.00a
LC 35	cinamon	9.34±0.00d	0.15±0.00d	1.65±0.22d	1.71±0.00d	96.81±0.00d
	rosemary	10.44±0.0c	0.23±0.02c	2.27±0.22c	2.33±0.22c	97.31±0.02c
	lavender	18.15±0.00b	0.56±0.00b	3.11±0.00b	3.19±0.00b	97.48±0.00b
	Control	44.69±0.08a	1.81±0.00a	4.06±0.00a	4.15±0.00a	97.81±0.00a
LC 50	cinamon	5.24±0.00c	0.05±0.00c	1.09±0.00d	1.14±0.00d	95.30±0.00d
	rosemary	4.65±0.00d	0.05±0.00d	1.23±0.00c	1.27±0.00c	96.98±0.00c
	lavender	15.81±0.00b	0.35±0.00b	2.21±0.00b	2.27±0.00b	97.44±0.00b
	Control	44.69±0.08a	1.81±0.00a	4.06±0.00a	4.15±0.00a	97.81±0.00a

LC_{25}, LC_{35} and LC_{50} values of cinamon are 0.14, 0.30 and 0.83 ppm, values of rosemary are 17.80, 39.90 and 117.03 ppm and values for lavender are 1119, 1298 and 1583 ppm, respectively.

[2] Relative Consumption Rate (RCR)

[3] Relative Growth Rate (RGR)

[4] Efficacy of Conversion of Ingested Food (ECI)

[5] Efficacy of Conversion of Digested Food (ECD)

[6] Approximately Digestibility (AD)

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Tukey s test, $P < 0.05$).

References

Abd El-Aziz, M.F., El-Sayed, Y.A., 2009. Toxicity and biochemical efficacy of six essential oils against *Tribolium confusum* (du val) (Coleoptera: Tenebrionidae). Egypt. Acad. J. Biol. Sci., A Entomol. 2, 1-11.

Ahn, Y.J., Kim, S.I., Kim, H.K., Tak, J.H., 2006. Naturally occurring house dust mites control agents: development and commercialization, In M. Rai and M.C. Carpinella (eds.), Naturally occurring bioactive compounds. Elsevier, London, United Kingdom. pp. 269-289.

Ainane, T., Khammour, F., Merghoub, N., 2019. Cosmetic bio-product based on cinnamon essential oil "*Cinnamomum verum*" for the treatment of mycoses: preparation, chemical analysis and antimicrobial activity. MOJ Toxicol. 5, 5-8.

Azzouz, H., Campan, E.D., Cherqui, A., Saguez, J., Couty, A., Jouanin, L., 2005. Potential effects of plant proteaseinhibitors, oryzacytatin I and soybean Bowman-Birk inhibitor, on the aphid parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae). J Insect Physiol. 51:941-951.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M., 2008. Biological effects of essential oils-a review. Food Chem. Toxicol. 46, 446-475.

Benelli, G., Flamini, G., Canale, A., Cioni, P.L., Conti, B., 2012. Toxicity of some essential oil formulations against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (*Diptera Tephritidae*). Crop Prot. 42, 223-229.

Beretta, G., Artali, R., Facino, R. M., Gelmini, F., 2011. An analytical and theoretical approach for the profiling of the antioxidant activity of essential oils: The case of *Rosmarinus officinalis* L. J. Pharm. Biomed. 55, 1255-1264.

Born, K., Manns, A., Dzeyk, K., Lutz-Wahl, S., Gau, D., Fischer, L., 2009. Evaluation of ultrasound velocity measurements for estimating protease activities using casein as substrate. Biotechnol Lett.32:249-253.

Bosly, A.H., 2013. Evaluation of insecticidal activities of *Mentha piperita* and *Lavandula angustifolia* essential oils against house fly*, Musca domestica* L.(Diptera: Muscidae). J. Entomol. Nematol. 5, 50-54.

Casida, J.E., Quistad, G.B., 2004. Why insecticides are more toxic to insects than people: the unique toxicology of insects. J Pestic Sci. 29, 81-86.

Coats, J.R., Karr, L.L., Drewes, C.D., 1991. Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids. In Insects and Earthworms. ACS Symposium Series. 449 (Naturally Occurring Pest Bioregister). 305-316.

Davies, N.W., 1990. Gas chromatographic retention Indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methylsilicone and Carbowax 20M phases. J. Chromatogr. A., 503, 1 – 24.

El Ghadraoui, L., Essakhi, D., Benjelloun, M., Errabhi, N., El Harchli, H., Alaoui, M. M. 2015. Chemical composition of essential oils from *Rosmarinus officinalis* L. and acridicide activity on *Dociostaurus maroccanus* Thunberg, 1815 in Morocco. Int J Sci Eng Res. 6, 166-72.

El-hag, E.A, El-nadi, A.H., Zaitoon, A.A., 1999. Toxic and growth retarding effects of three plant extracts on *Culex pipiens* larvae (Diptera: Culicidae). Phytother Res. 13, 388-392.

Enan, E., 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comp. Biochem. Physiol. 130, 325–337.

Esmaeily M., Bandani A., 2016. *Xanthogalerucella luteola* (Col.: Chrysomelidae) α-amylase affected by seed proteinaceous extract from datura, wild oat and amaranth seeds. J. Crop Prot. 5, 157-167.

Finney, D.J., 1971. Probit Analysis, 3rd Edition. Cambridge University Press, London, UK. Grundy, D.L., Still, C.C., 1985. Inhibition of acetylcholinesterases by pulegone-1, 2-epoxide. Pestic Biochem Physiol. 23, 383–388.

Germinara, G.S., Di Stefano, M.G., De Acutis, L., Pati, S., Delfine, S., De Cristofaro, A., Rotundo, G. 2017. Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. Bull. Insectology. 70, 129-138.

Gui, Z., Hou, C., Liu, T., Qin, G., Li, M., Jin, B., 2009. Effects of insect viruses and pesticides on glutathione-S-transferase activity and gene expression in *Bombyx mori*. J Econ Entomol. 102, 1591-1598.

Hajhashemi, V., Ghannadi, A., Sharif, B., 2003. Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill. J. Ethnopharmacol. 89, 67-71.

Harborne, J.B., 1993. Introduction to ecological biochemistry, 4th ed. Academic Press.

Huerta, A., Chiffelle, I., Puga, K., Azua, F., Araya, J.E., 2010. Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. Crop Prot. 29, 1118-1123.

Islam, R., Khan, R.I., Al-Reza, S.M., Jeong, Y.T., Song, C.H., Khalequzzaman, M., 2009. Chemical composition and insecticidal properties of *Cinnamomum aromaticum* (Nees) essential oil against the stored product beetle *Callosobruchus maculatus* (F.). J. Sci Food Agric. 89, 1241-1246.

Isman, M.B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot. 19, 603-608.

Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and increasingly regulated world. Annu. Rev, Entomol. 51, 45-66.

Jalali Sendi, J. Arbab, A., Aliakbar, A.R., 2005. The efficacy of Aqueous plant extracts of wormwood and dwarf elder against elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* Mull. (Coleoptera: Chrysomelidae), Agricultural Knowledge. 15, 115–120.

Jansen, B., Groot, A., 2004. Occurrence, biological activity and synthesis of drimane sesquiterpenoids. Nat. Prod. Rep. 21, 449-477.

Jayaprakasha, G.K., Jagan Mohan Rao, L., Sakariah, K.K., 2003. Volatile constituents from *Cinnamomum zeylanicum* fruit stalks and their antioxidant activities. J Agric Food Chem. 51, 4344-4348.

Kanat, M., Alma, M.H. 2004. Insecticidal effects of essential oils from various plants against larvae of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). Pest Manag. Sci: formerly Pesticide Science. 60, 173-177.

Karamaouna, F., Kimbaris, A., Michaelakis, A., Papachristos, D., Polissiou, M., Papatsakona, P., Tsora, E., 2013. Insecticidal activity of plant essential oils against the vine mealybug, *Planococcus ficus*. J. Insect Sci. 13, 142.

Khosravi, R., Jalali Sendi, J., 2013. Toxicity, development and physiological effect of *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia* essential oils on *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae). J. King Saud Univ. Sci. 25, 349–355.

Kim, D.I., Park, J.D., Kim, S.G., Kuk, H., Jang, M.S., Kim, S.S., 2005. Screening of some crude plant extracts for their acaricidal and insecticidal efficacies. J. Asia Pac. Entomol. 8, 93-100.

Kim, J.R., Jeong, I.H., Lee, Y.S., Lee, S.G., 2015. Insecticidal activity of cinnamon essential oils, constituents, and (E)-cinnamaldehyde analogues against *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae) nymphs and adults. Korean J Appl Entomol. 54, 375-382.

Kiran, S., Prakash, B., 2015. Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis*. Ind Crops Prod. 74, 817-823.

Laborda, R., Manzano, I., Gamón, M., Gavidia, I., Pérez-Bermúdez, P., Boluda, R., 2013. Effects of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* essential oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Ind Crops Prod. 48, 106-110.

Lakušic, B., Lakušic, D., Ristic, M., Marčetic, M., Slavkovska, V., 2014. Seasonal Variations in the Composition of the Essential Oils of *Lavandula angustifolia* (Lamiacae). Nat. Prod. Commun. 9, 1934578X1400900635.

Martinez-Velazquez, M., Rosario-Cruz, R., Castillo-Herrera, G., Flores-Fernandez, J.M., Alvarez, A. H., Lugo-Cervantes, E., 2011. Acaricidal effect of essential oils from *Lippia graveolens* (Lamiales: Verbenaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiales: Lamiaceae), and *Allium sativum* (Liliales: Liliaceae) against *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae). J. Med. Entomol. 48, 822-827.

Negahban, M., Moharramipour, S., Sefidkon, F., 2007. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. J. Stored Prod. Postharvest Res. 43, 123-128.

Niculau, E.D.S., Alves, P.B., Nogueira, P.C.D.L., Moraes, V R D S, Matos A P, Bernardo A R, Blank A F. 2013. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* l'Herit e *Lippia alba* (Mill) NE. Quimica Nova. 36,1391-1394.

Papachristos, D.P., Karamanoli, K.I., Stamopoulos, D.C., Menkissoglu-Spiroudi, U. 2004. The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). Pest Manag Sci: formerly Pesticide Science. 60, 514-520.

Paranagama, P.A., Wimalasena, S., Jayatilake, G.S., Jayawardena, A.L., Senanayake, U.M., Mubarak, A. M., 2001. A comparison of essential oil constituents of bark, leaf, root and fruit of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blum) grown in Sri Lanka. J Natl Sci Found. 29, 3-4.

Pavela, R.O.M.A.N., Harmatha, J.U.R.A.J., Banert, M., Vokac, K., 2005. Systemic effects of phytoecdysteroids on the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Sternorrhyncha: Aphididae). European Journal of Entomology, 102, 647.

Pugazhvendan, S.R., Elumali, K., 2013. Larvicidal activity of selected plant essential oil against important vector mosquitoes: dengue vector, *Aedes aegypti* (L.), malarial vector, *Anopheles stephensi* (Liston) and filarial vector, *Culex quinquefasciatus* (Say) (Diptera: Culicidae). Middle East J Sci Res. 18, 91-95.

Pugazhvendan, S.R., Ross, P.R., Elumalai, K., 2012. Insecticidal and repellant activities of plants oil against stored grain pest, *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). Asian Pac. J. Trop. Dis. 2, 412-415.

Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., 1993. Efficiency of plants from South of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* Say. J Stored Prod Res. 29, 259 -264

Roh H.S., Lim E.G., Kim J., Park C.G., 2011. Acaricidal and oviposition deterring effects of santalol identified in sandalwood oil against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). J Pest Sci. 84, 495–501.

Samarasekera, R., Kalhari, K.S., Weerasinghe, I.S., 2006. Insecticidal activity of essential oils of *Ceylon Cinnamomum* and *Cymbopogon* species against *Musca domestica*. J. Essent. Oil Res. 18, 352-354.

Scriber, J.M., Slansky, F.J., 1981. The nutritional ecology of immature insects. Annu. Rev. Entomol. 26, 183-211.

Senthil Nathan, S., 2006. Effects of *Melia azedarach* on nutritional physiology and enzyme activities of the rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* (Gnenee) (Lepidoptera: Pyralidae), Pestic Biochem Physiol. 84, 98–108.

Sharifi, M., Ghadamyari, M., Moghadam, M.M., Saiidi, F., 2011. Biochemical characterization of digestive carbohydrases from *Xanthogaleruca luteola* and inhibition of its α-amylase by inhibitors extracted from the common bean. Archives of Biological Sciences. 63, 705-716.

Shekari, M., Sendi, J.J., Etebari, K., Zibaee, A., Shadparvar, A. 2008. Effects of *Artemisia annua* L. (Asteracea) on nutritional physiology and enzyme activities of elm leaf beetle, *Xanthogaleruca luteola* Mull.(Coleoptera: Chrysomellidae). Pesticide Biochemistry and Physiology. 91, 66-74.

Singh, G., Maurya, S., DeLampasona, M.P., Catalan, C.A., 2007. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. Food Chem Toxicol. 45, 1650-1661.

Tapondjou, A.L., Adler, C., Fontem, D.A., Bouda, H., Reichmuth, C., 2005. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Tribolium confusum* du val. J Stored Prod Res. 41, 91-102.

Tripathi, A.K.V., Prajapati, A.K., Aggarwal-Khanuja, S.P.S., Kumar, S., 2000. Repellency and toxicity of oil from *Artemisia annua* to certain stored-product beetles. J. Econ. Entomol. 93, 43–47.

Ugurlu, S., Konus, M.B, Iscan, M., 2007. Pyrethroid resistance and possible involvement of glutathione-S-transferases in *Helicoverpa armigera* from Turkey. Phytoparasitica.35, 23-26.

Valladares, G., Defago, M.T., Palacios, S., Carpinella, M.C., 1997. Laboratory evaluation of *Melia azedarach* (Meliaceae) extracts against the elm leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 90, 747-750.

Verma, R.S., Rahman, L.U., Chanotiya, C.S., Verma, R.K., Chauhan, A., Yadav, A., ... Yadav, A.K., 2010. Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India. J. Serb. Chem. Soc. 75, 343-348.

Yaghoutnejad, F., Radjabi, R. Palvaneh, N., 2013. A review on evaluation of plant oils against pests in Iran. Persian Gulf protect. 2, 74-97. (In Farsi with English abstract).

Yazdani, E., Jalali Sendi, J., Aliakbar, A., 2013. Chemical composition, toxicity and physiological effects of essential oil of *Rosemarinus officinalis* on lesser mulberry pyralid, *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). J Crop Prot. 2, 461-476.

Yazdgerdian, A.R., Akhtar, Y., Isman, M.B., 2015. Insecticidal effects of essential oils against woolly beech aphid, *Phyllaphis fagi* (Hemiptera: Aphididae) and rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). J Entomol Zool Stud. 3, 265-271.

IAU Journal of Entomological Research

Volume 14, Issue 2, pages: 105-124

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

Investigation of effects of toxicity and healthy eating (nutritional) index of *Cinnamomum*, *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula angustifolia* L. essential oils on biological stages of *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae)

S. momen beitollahi[1], R. vafaei shoushtari[2*], Z. rafiea karahrudi[2]

1- Islamic Azad University, Arak Branch - Faculty of Agriculture, Department of Entomology
2- Assistant Professor, Azad University, Arak Branch - Faculty of Agriculture, Department of Entomology

Abstract

Xanthogaleruca luteola (Coleoptera: Chrysomelidae) is considered as one of the most important pests of Ulmus trees at the adult insect stage, especially at the larval stages. The effect of toxicity and nutritional indicators of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula angustifolia* L. on different biological stages of *X. luteola* investigated under standard environmental conditions. Four replications were considered and after 24 hours, losses were counted. LC_{50} values for toxicity of *C. zeylanicum* L., *R. officinalis* L. and *L. angustifolia* L. essential oils on adult *X. luteola* were estimated to be 11.57, 28.83 and 737.87 ppm, respectively, indicating that *Cinnamomum* essential oil is more toxic than other essential oils. With increasing concentrations of essential oils, eating indicators of second-instar larvae reduced. The relative consumption rate (RCR) of second-instar larvae in *Cinnamomum* essential oil at concentrations of LC_{25}, LC_{35} and LC_{50} showed a significant difference with the control treatment at the level of 5%. The results of essential oil analysis showed that cinnamaldehyde (91.8%), 1, 8-cinnamol (37.8%) and borneol (8.4%) are the predominant compounds in *C. zeylanicum* L., *R. officinalis* L. and *L. angustifolia* L. essential oils, respectively. Increased nutritional inhibition in *Cinnamomum* essential oil compared to *R. officinalis* L. and *L. angustifolia* L. essential oils can be attributed to the strong toxicity of cinnamaldehyde available in this essential oil. The study results show that *Cinnamomum* essential oil is a more suitable option for controlling this pest than *R. officinalis* L. and *L. angustifolia* L. essential oils.

***Keywords**:* Contact, Lethality, Plant essential oils, nutritional indicators.

* Corresponding Author, E-mail*: Orius131@yahoo.com*
Received: 10 June.2022 – Accepted: 27 Aug.2022