Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants, 2 (2): 61-74, (2023)

Control of *Alternaria alternata* fungus using essential oils of chemotypes of *Zataria multiflora* and *Salvia mirzayanii*

Moradzadeh Zeinab[1], Rastegar Somayeh[2*], Yavari Alireza[2]

[1]M.Sc., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

[2]Associate Professor, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

ABSTRACT INFO

Research Paper

Received: 28 Oct 2024

Accepted: 05 Jan 2025

ABSTRACT

The increasing demand for organic alternatives in pest management has drawn attention to plant essential oils as potential antifungal agents. This study evaluated the antifungal properties of essential oils from *Zataria multiflora* and *Salvia mirzayanii* against the pathogenic fungus *Alternaria alternata*. Two application methods, fumigation and direct combination, were used to test essential oil efficacy. Various chemotypes of thyme and *S. mirzayanii* essential oils were assessed at concentrations ranging from 0 to 400 µL. The results indicated that most thyme chemotypes, except the Nasrabad Isfahan type, significantly inhibited fungal growth, with complete suppression achieved at concentrations of 100 µL or higher. Similarly, all *Salvia mirzayanii* chemotypes displayed strong antifungal activity, with the Khonj Fars chemotype completely halting fungal growth at concentrations of 100 µL and above. The findings highlight the effectiveness of both application methods and underscore the critical role of chemotype selection in optimizing fungal control strategies.

Key words: Antifungal, Chemotypes, Essential oil, Fungi, In vitro.

How to cite this article:
Moradzadeh Z, Rastegar S, Yavari A. 2023. Control of *Alternaria alternata* fungus using essential oils of chemotypes of *Zataria multiflora* and *Salvia mirzayanii*. Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants 2 (2): 61-74. (In Farsi)
DOI: 10.30479/armp.2025.21114.1036

©The Author(s).
Publisher: Imam Khomeini International University
ARMP is an open access journal under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

*Corresponding Author Email: **s.rastegar@hormozgan.ac.ir**

نشریه پژوهش‌های پیشرفته در گیاهان دارویی، دوره دوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۷۴-۶۱

کنترل قارچ *Alternaria alternata* با کاربرد اسانس برخی از کموتیپ‌های آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) و مورتلخ (*Salvia mirzayanii*)

زینب مرادزاده[۱]، سمیه رستگار[۲*]، علیرضا یاوری[۲]

[۱]کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

[۲]دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

اطلاعات مقاله

علمی-پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از اسانس‌های گیاهی به‌عنوان روشی ارگانیک برای کنترل رشد قارچ‌ها مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی اثر ضدقارچی دو اسانس آویشن شیرازی و مورتلخ بر قارچ *Alternaria alternata* انجام شده است. برای این منظور از دو روش کشت تدخینی و ترکیبی استفاده شد. در این مطالعه، تأثیر کموتیپ‌های مختلف اسانس آویشن شیرازی در غلظت‌های صفر تا ۴۰۰ میکرولیتر بر لیتر و اسانس مورتلخ در غلظت‌های صفر تا ۴۰۰ میکرولیتر بر لیتر بر رشد قارچ *Alternaria alternata* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشتر کموتیپ‌های آویشن شیرازی (به‌جز کموتیپ نصرآباد اصفهان) توانستند به‌طور معناداری رشد قارچ را مهار کنند؛ به‌طوری که رشد قارچ در غلظت ۱۰۰ میکرولیتر بر لیتر و بالاتر، کامل متوقف شد. همچنین تمامی کموتیپ‌های مورتلخ نیز اثر بازدارندگی درخور توجهی بر رشد قارچ داشتند؛ به‌ویژه کموتیپ خنج فارس که در غلظت ۱۰۰ میکرولیتر بر لیتر و بالاتر، رشد قارچ را کامل مهار کرد. این یافته نشان می‌دهد که هر دو روش در کنترل رشد قارچ *Alternaria alternata* مؤثرند. تفاوت‌های معناداری بین کموتیپ‌های مختلف هر دو گیاه مشاهده شد که نشان‌دهندهٔ اهمیت انتخاب کموتیپ مناسب برای کنترل بهتر قارچ است.

کلمات کلیدی: اسانس، درون شیشه‌ای، ضد قارچی، قارچ، کموتیپ.

استناد به این مقاله

Moradzadeh Z, Rastegar S, Yavari A. 2023. Control of *Alternaria alternata* fungus using essential oils of chemotypes of *Zataria multiflora* and *Salvia mirzayanii*. Journal of Advanced Researches in Medicinal Plants 2 (2): 61-74. (In Farsi)

DOI: 10.30479/armp.2025.21114.1036

حق‌مؤلف © نویسندگان
ناشر: دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

[*]نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول: **s.rastegar@hormozgan.ac.ir**

مقدمه

بیماری‌های پس از برداشت، یکی از عوامل اصلی ضایعات محصولات کشاورزی است که به از بین رفتن محصولات در طول انبارداری منجر می‌شود (Li *et al*., 2005). قارچ‌ها، باکتری‌ها، فیتوپلاسماها و ویروس‌ها، به‌عنوان مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای گیاهی، خسارات اقتصادی درخور توجهی به محصولات وارد می‌کنند. از میان این عوامل؛ قارچ‌ها، تعداد زیادی از عوامل بیماری‌زا را شامل می‌شوند و می‌توانند باعث بیماری‌های شدید در گیاهان و میوه‌ها شوند (Chang *et al*., 2008). گونه‌های مختلف قارچ‌ها محصولات کشاورزی را آلوده، و خسارات زیادی، به‌ویژه در مراحل انبارداری و فروش میوه‌ها و سبزیجات، وارد می‌کنند که بر بازار جهانی نیز تأثیر می‌گذارد (Abdullah *et al*., 2008; James and Zikankuba, 2017). در طول چند دهه، تلاش‌های متعددی برای پیشگیری، کنترل و ریشه‌کنی بیماری‌های گیاهی صورت گرفته است (Lee *et al*., 2009). متداول‌ترین روش کنترل بیماری‌های پس از برداشت، استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی است که از آلودگی محصولات فاسدشدنی و خسارات ناشی از آن جلوگیری می‌کند (Walters *et al*., 2013; Zhang *et al*., 2018; Burketov *et al*., 2015).

بااین‌حال استفاده بی‌رویه از قارچ‌کش‌های شیمیایی خطرات مختلفی از جمله تهدید سلامت انسان، آلودگی محیط زیست و افزایش مقاومت عوامل بیماری‌زا در برابر قارچ‌کش‌ها را به دنبال دارد (Calvo-Irabien, 2018; Roy *et al*., 2018). آگاهی از اثر منفی قارچ‌کش‌های مصنوعی بر سلامت انسان و محیط زیست به توسعهٔ روش‌های سازگار با محیط زیست برای کنترل عوامل بیماری‌زا منجر شده است (Walters *et al*., 2013; Burketov *et al*., 2015). برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت محصولات باغی از روش‌های جدیدی مانند استفاده از میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست، مواد ضدعفونی‌کننده (مانند محلول نمکی) و ترکیبات طبیعی مانند اسانس‌ها استفاده می‌شود (Youssef and Roberto, 2014; Sotelo-Boyá *et al*., 2015; González-Estrad *et al*., 2017; Servili *et al*., 2017).

اسانس‌ها ترکیبات مشتق شده از متابولیسم ثانویهٔ گیاه هستند که با تعدد ترکیبات فرّار و ویژگی‌های رایحه‌ای قوی مشخص می‌شوند. این ترکیب‌ها به‌طور کلی لیپوفیلیک (چربی دوست)، نامحلول در آب و بسیار فرّارند و معمولاً به‌عنوان هیدروکربن‌های ترپن[1]، الکل[2]، آلدهید[3]، کتون[4]، استرها[5]، فنل‌ها[6] و اسیدهای ارگانیک[7] طبقه‌بندی می‌شوند (Valderrama and Ruiz, 2018).

ویژگی ضدمیکروبی این ترکیبات تحت تأثیر شرایط جغرافیایی و اقلیمی محل کاشت، فصل برداشت، اندام گیاه، غلظت ترکیب فعال و میکروارگانیسم هدف، متفاوت است (Al-Fatimi, 2018) و با محتوای ترکیبات شیمیایی آن‌ها از جمله ترپنوئیدهای فنلی الکلی و اکسیژن مرتبط است (Teixeira *et al*., 2013; Thosar *et al*., 2013).

پژوهشگران متعددی پیشنهاد کرده‌اند که اثر ضدمیکروبی اسانس‌ها ممکن است به توانایی آن‌ها در نفوذ از طریق غشاهای سلولی به قسمت داخلی سلول منتسب شود و فعالیت مهاری بر روی ویژگی‌های عملکردی سلول و همچنین ویژگی لیپوفیلی آن‌ها نشان دهد (Fisher and Phillips, 2009; Guinoisea *et al*., 2010; Bajpai *et al*., 2012).

Alternaria alternata یکی از مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای پس از برداشت است که به زوال و پوسیدگی محصول منجر می‌شود و در نتیجه ضرر اقتصادی به همراه دارد (Diao *et al*., 2010; Greco *et al*., 2012). این قارچ، پاتوژن مهمی است که در زمان نگهداری میوه‌ها رشد می‌کند و باعث پوسیدگی میوه و در نتیجه تلفات عمده پس از برداشت می‌شود (Troncoso-Rojas *et al*., 2014). *Alternaria alternata* در میوهٔ مرکبات از طریق تولید سموم ویژهٔ میزبان، باعث پاتوژنز (بیماری‌زای) می‌شود (Yang *et al*., 2009). *Alternaria alternata* یک قارچ نکروتروفیک (انگلی که میزبانش را می‌کشد) به شمار می‌آید که سلول‌های میزبان را با پارازیت کردن گیاه در مراحل اولیه از بین می‌برد و از طریق درزهای ریز میوه به بافت دسترسی پیدا کرده، تا زمان رسیدن میوه، خاموش می‌ماند و با رسیدن میوه و فراهم‌شدن شرایط، باعث پوسیدگی موضعی می‌شود (Blancard *et al*., 2011).

در مطالعه‌ای تأثیر اسانس پونهٔ کوهی (*Mentha pulegium*) به‌عنوان یک قارچکش طبیعی بر روی بیمارگر *Alternaria alternata* جداشده از گوجه فرنگی قرمز در شرایط آزمایشگاهی و همچنین اثر آن بر نهال‌های گوجه فرنگی در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. در شرایط آزمایشگاهی از غلظت‌های ۰٫۱٪، ۰٫۵٪

[1] Terpene
[2] Alcohol
[3] Aldehyde
[4] Ketoone
[5] Esters
[6] Phenol
[7] Organic acid

و۱۰٪ در رشد قارچ استفاده شد که نشانگر درصد مهار به ترتیب ۷۹٫۹۱٪، ۹۹٫۹۰٪ و ۱۰۰٪ بود. همچنین اثر قارچ‌کشی اسانس پونهٔ کوهی در نهال‌های گوجه فرنگی گلخانه‌ای با همان غلظت‌ها ارزیابی شد. تیمار غلظت ۱٪ بیشترین تعداد برگ سالم را در گیاهان، حتی بهتر از سموم دفع آفات شیمیایی، نشان داد (Pérez-Gonzále *et al.*, 2016).

پژوهشی با هدف ارزیابی اثر ضد قارچی اسانس نعناع فلفلی (*Mentha x piperita* L.) در شرایط آزمایشگاهی، در کنترل *Alternaria alternata* انجام شد. تیمارها شامل ۵ غلظت اسانس بودند (۰٫۰ ، ۰٫٤ ، ۰٫٦ ، ۰٫۸ و ۰٫۱ درصد). نتایج نشان داد که تمام غلظت‌های اسانس نعناع، رشد قارچ *Alternaria alternata* را کاهش داد. حداقل و حداکثر مهار در غلظت‌های ۰٫٤ و ۰٫۸ درصد بود که به ترتیب به میزان ۱۳٫۲۷و ۷۲٫٤۵ درصد، به دست آمد. اگرچه حداکثر مهار ۷۲٫٤۵ درصد بود، میانگین درصدهای مهار در بالاترین غلظت‌ها به ترتیب ٤۱٫٦۷ و ۳۷٫۱۸ درصد بود که نشان‌دهنده قدرت مهار متوسط است. نتایج آزمایش نشان داد که افزایش بیشتر غلظت اسانس می‌تواند اثر مهاری آن را افزایش دهد (Franç *et al.*, 2018).

در بررسی اثر اسانس کوپایفرا (*Copaifera* sp) و اکالیپتوس (*Eucalyptus sp*) بر رشد قارچ گونه‌های *Alternaria alternata* و *Colletotrichum musae* در شرایط آزمایشگاهی با غلظت‌های؛ ۰٫٤ ، ۰٫٦ ، ۰٫۸ و ۱٪، مشخص شد که اسانس کوپایفرا مهار متوسطی را نشان می‌دهد. میانگین غلظت از ۲٦٫٦ تا ۳۳٫٦ درصد برای قارچ *Alternaria alternata* و ۳۹٫۵ تا ٤۹٫٦ درصد برای قارچ *Colletotrichum musa* بدست آمد. درحالی‌که اسانس اوکالیپتوس مهار زیادی نشان داد؛ به‌طوری که از ۳۰ تا ۷۹٫۷ درصد برای *Alternaria alternata* و ۳۵٫٦ تا ٦٦٫۳ درصد برای *Colletotrichum musae* حاصل شد. غلظت‌های ۰٫۸ و ۱ درصد بالاترین مقادیر مهار را در هر دو تیمار اسانس نشان دادند. اسانس اکالیپتوس در غلظت ۱٫۳۱ به‌طور کامل توانست قارچ *Alternaria alternata* را کنترل کند؛ اما در دیگر موارد، اسانس‌ها قادر به ایجاد مهار کامل نبودند (da Nóbreg *et al.*, 2019).

یک تحقیق آزمایشگاهی اثر اسانس درخت چای (*Melaleuca alternifolia*) را بر رشد میسلیوم *Alternaria alternata* در غلظت‌های ۰٫۰۱۲۵ تا ۱ درصد بررسی کرد. نتایج نشان داد که تمام غلظت‌ها رشد قارچ را کاهش دادند و غلظت‌های بالاتر از ۰٫۲ درصد به‌طور کامل از رشد قارچ جلوگیری کردند؛ اما در آزمایش میدانی بر روی لوبیای چشم‌بلبلی، اسانس هیچ اثر کنترلی بر قارچ نداشت. با توجه به نبود مطالعات پیشین دربارهٔ اثر کموتیپ‌های مختلف یک گونهٔ گیاهی بر کنترل قارچ‌های مهم پس از برداشت، هدف این پژوهش تعیین بهترین کموتیپ‌های آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) و مورتلخ (*Salvia mirzayanii*) برای کنترل *Alternaria alternata* است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های مختلف آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) از هفت رویشگاه (خنج فارس، نصرآباد اصفهان، رودخانهٔ زیارتعلی، بوشهر، تنگ زاغ، طشک فارس و فاریاب رودان) و مورتلخ (*Salvia mirzayanii*) از چهار رویشگاه (بستک هرمزگان، سرچاهان هرمزگان، دق فینو هرمزگان و خنج فارس) در زمان گلدهی جمع‌آوری و با استفاده از فلور ایران، شناسایی شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن در سایه به آزمایشگاه منتقل شدند. استخراج اسانس با استفاده از دستگاه کلونجر و براساس فارماکوپه بریتانیا انجام شد. محیط کشت PDA (۳۹ گرم در لیتر آب مقطر استریل) تهیه و در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ پاسکال به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد. قارچ *Alternaria alternata* از انستیتوی پاستور ایران تهیه شد. تمام آزمایش‌ها در سه تکرار و به‌صورت طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل و با دو روش ترکیبی و تدخینی انجام شد. تجزیهٔ آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل جمع‌آوری شد.

روش ترکیبی

پس از تهیه و سرد شدن محیط کشت، قبل از جامد شدن، اسانس‌های کموتیپ‌های *Zataria multiflora* (در غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میکرولیتر بر لیتر) و *Salvia mirzayanii* (در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میکرولیتر بر لیتر) به محیط کشت، اضافه و در پلیت‌های ۸ سانتی‌متری ریخته شدند. پلیت‌ها در زیر هود لامینار قرار داده شدند. غلظت‌های مورد استفاده بر اساس نتایج تست اولیه انتخاب شدند. برای جلوگیری از تبخیر ترکیبات فرّار، پلیت‌ها با پارافیلم پوشانده و به‌هم متصل شدند. میانگین قطر هالهٔ رشد قارچ در هر تیمار به‌صورت روزانه (تا روز دهم) با اندازه‌گیری دو قطر عمود بر هم کلنی و با در نظر گرفتن سه تکرار برای هر تیمار اندازه‌گیری شد (França *et al.*, 2018; da Nóbreg *et al.*, 2019; Velazquez-Nune *et al.*, 2013; Ugulino *et al.*, 2018).

روش تدخینی

محیط کشت در زیر هود لامینار، استریل، و در پلیت‌های ۸ سانتی‌متری ریخته شد. پس از انعقاد محیط کشت، ۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون اسپور قارچ به‌صورت استریل در مرکز هر پلیت کشت داده شد؛ سپس مقادیر ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرولیتر بر لیتر از اسانس کموتیپ‌های *Zataria multiflora* و ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرولیتر بر لیتر از اسانس کموتیپ‌های *Salvia mirzayanii* به‌طور جداگانه بر روی کاغذ صافی قرار داده در درب پلیت‌ها ریخته شد. در نهایت برای جلوگیری از تبخیر ترکیبات فرّار، پلیت‌ها با پارافیلم پوشانده شدند (López *et al.*, 2007; Inouye *et al.*, 2006; Nielsen, and Rios, 2000). به‌منظور اندازه‌گیری میانگین قطر هالهٔ قارچ‌های مورد آزمایش در تیمارهای مختلف، به‌طور روزانه دو قطر عمود بر هم کلنی با خط‌کش تا روز ۱۰ اندازه‌گیری شد. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد (França *et al.*, 2018; da Nóbreg *et al.*, 2019; Velazquez-Nune *et al.*, 2013; Ugulino *et al.*, 2018).

نتایج

آزمایش اول

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که با افزایش غلظت اسانس در تمام کموتیپ‌ها، قطر هالهٔ رشد قارچ *Alternaria alternata* کاهش یافت؛ به‌طوری که در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر بر لیتر، رشد قارچ به‌طور کامل کنترل شد. کموتیپ نصرآباد اصفهان در غلظت ۲۵ میکرولیتر بر لیتر تفاوت معناداری با شاهد نشان نداد؛ اما با افزایش غلظت، رشد قارچ کاهش یافت. در غلظت ۵۰ میکرولیتر بر لیتر، کموتیپ‌های تنگ زاغ و طشک فارس رشد یکسانی را نشان دادند (شکل ۱).

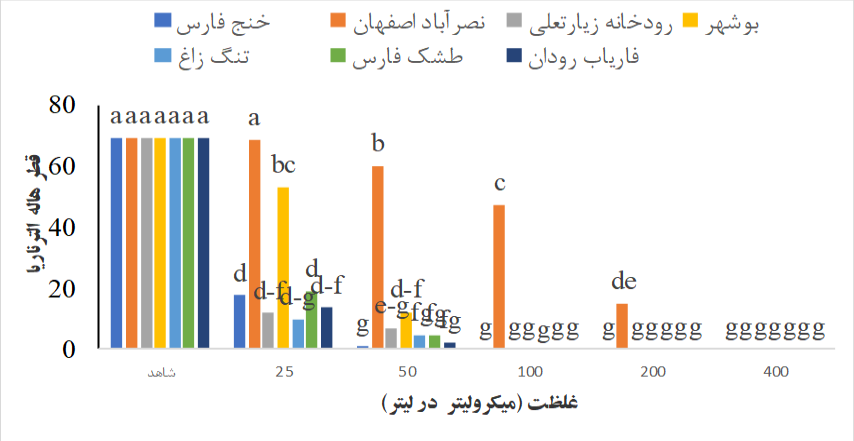
بررسی مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد در همهٔ کموتیپ‌ها به جز نصرآباد اصفهان، در روش تدخینی قطر هالهٔ کمتری نسبت به روش ترکیبی مشاهده شد؛ اما به لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود نداشت (شکل ۲).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش غلظت اسانس، قطر هالهٔ قارچ در هر دو روش کاهش یافت؛ به‌طوری که در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر، قطر هالهٔ قارچ در هر دو روش کاملاً کنترل شد (شکل ۳).

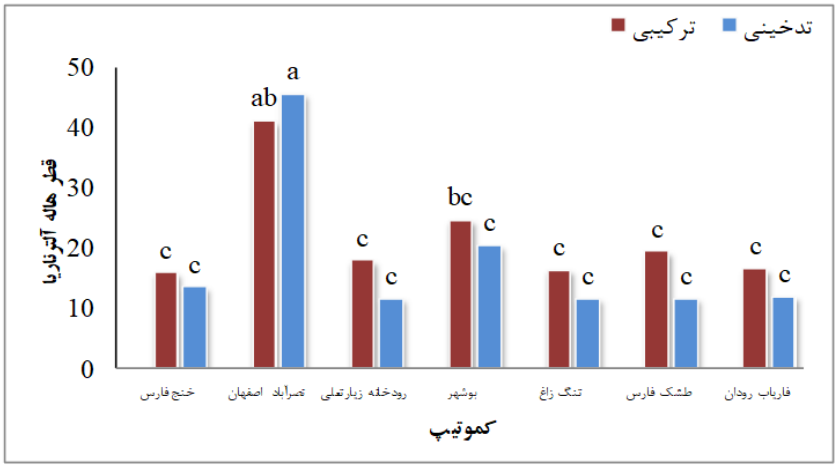
مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد با افزایش غلظت اسانس در همهٔ کموتیپ‌ها، در هر دو روش، قطر هالهٔ قارچ کاهش یافت؛ به‌طوری که همهٔ کموتیپ‌ها (به‌جز نصرآباد اصفهان) درغلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرولیتر قطر هالهٔ قارچ کاملاً کنترل شد (جدول ۱).

آزمایش دوم

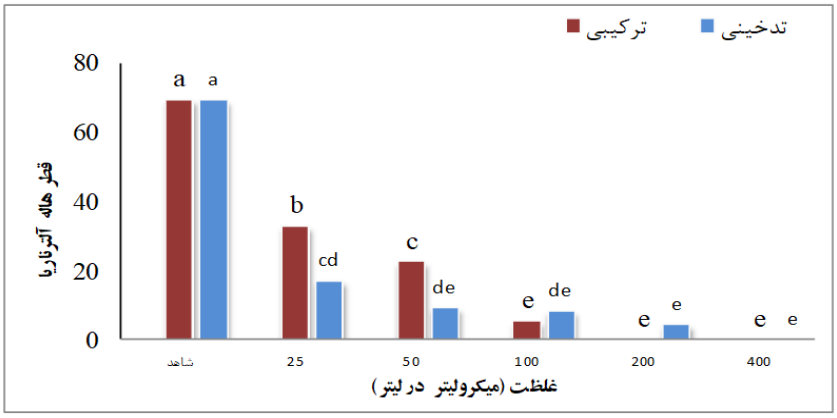
مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که با افزایش غلظت اسانس مورتلخ، قطر هالهٔ رشد قارچ *Alternaria alternata* به‌طور معناداری کاهش یافت و کموتیپ‌های مختلف مورتلخ تفاوت معناداری با یکدیگر نشان دادند. در بالاترین غلظت اسانس، کموتیپ‌های دق فینو هرمزگان و خنج فارس به‌طور کامل از رشد قارچ جلوگیری کردند و تفاوت معناداری با کموتیپ سرچاهان هرمزگان داشتند (شکل ٦).



شکل ۱- تأثیر غلظت‌ها و کموتیپ‌های مختلف اسانس آویشن بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternata* (حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.)



شکل ۲- تأثیرکموتیپ‌های مختلف اسانس آویشن شیرازی و روش‌های مختلف کشت قارچ بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternata* (حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.)

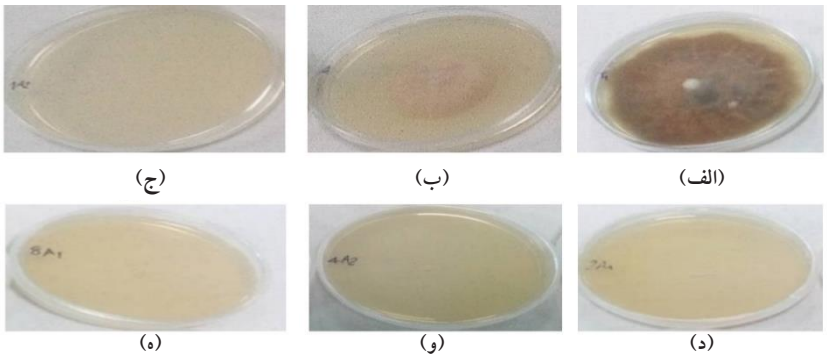


شکل ۳- تأثیرغلظت‌های مختلف اسانس آویشن شیرازی و روش‌های مختلف کشت بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternata* (حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.)

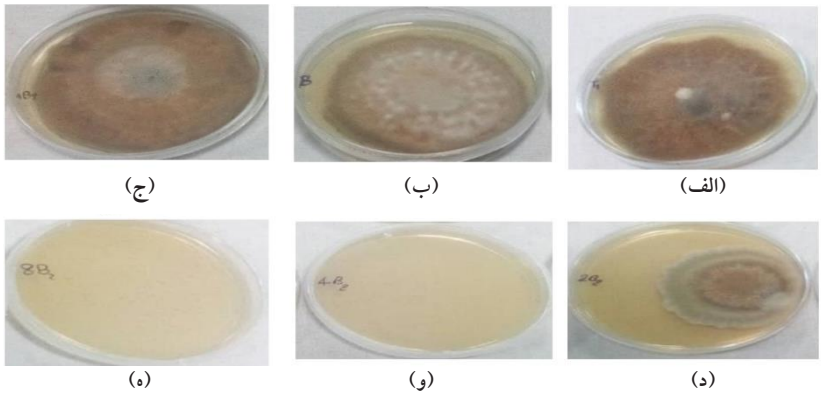
جدول ۱- تأثیر برهم‌کنش کموتیپ‌ها، اسانس‌های مختلف آویشن و روش‌های مختلف کشت بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternata*

کموتیپ	روش کشت ترکیبی						روش کشت تدخینی					
	شاهد	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰	شاهد	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
خنج فارس	٦٩,٢ a	٢٣,٢ gh	٢,٢ k	٠ k	٠ k	٠ k	٦٩ a	١١,٦ i	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k
نصرآباد اصفهان	٦٩,٢ a	٦٧,٢ ab	٦٧ ab	٣٦,٢ e	٠ k	٠ k	٦٩ a	٦٤,١ b	٥٨,١ c	٥٢ d	٣٠,٠ f	٠ k
رودخانهٔ زیارتعلی	٦٩,٢ a	٢٣,٧ gh	١٣,٧ i	٠ k	٠ k	٠ k	٦٩ a	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k
بوشهر	٦٩,٢ a	٥٢,٧ d	٢٥,١٢ g	٠ k	٠ k	٠ k	٦٩ a	٥٢,٨ d	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k
تنگ زاغ	٦٩,٢ a	١٩,٥ h	٩ ij	٠ k	٠ k	٠ k	٦٩ a	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k
طشک فارس	٦٩,٢ a	٣٧,٧ e	٨,٦ ij	٠ k	٠ k	٠ k	٦٩ a	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k
فاریاب رودان	٦٩,٢ a	٢٤,٧ gh	٤,٥ jk	٠ k	٠ k	٠ k	٦٩ a	٢,٥ k	٠ k	٠ k	٠ k	٠ k

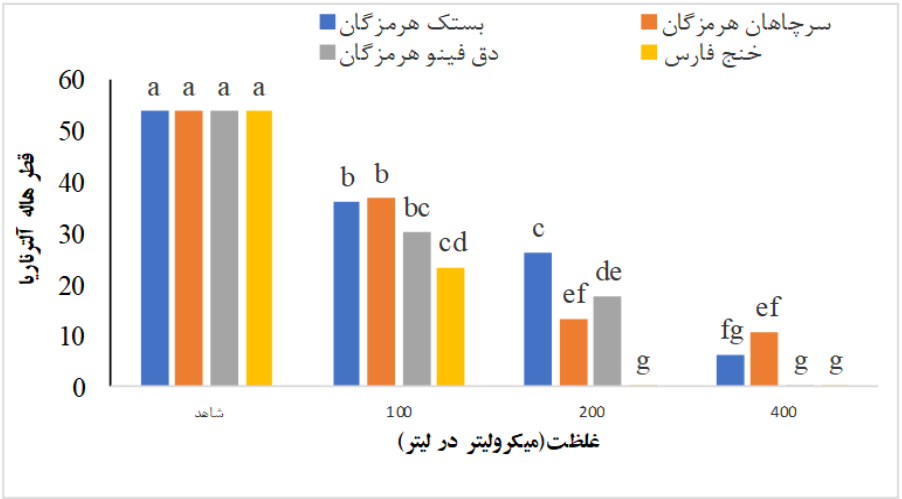
حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.



شکل ٤- تصاویر مربوط به اثر مهارکنندگی فاز ترکیبی کموتیپ خنج فارس اسانس آویشن شیرازی بر قارچ *Alternaria alternata* بعد از ۱۰ روز انکوباسیون: الف) بدون اسانس، ب) غلظت ۲۵ میکرولیتربر لیتر، ج) غلظت ۵۰ میکرولیتر برلیتر، د) غلظت ۱۰۰میکرولیتر بر لیتر، و) غلظت۲۰۰ میکرولیتر بر لیتر، ه) غلظت٤٠٠ میکرولیتر بر لیتر



شکل ٥- تصاویرمربوط به اثر مهارکنندگی فاز ترکیبی کموتیپ نصرآباد اسانس آویشن شیرازی بر قارچ *Alternaria alternata* بعد از ۱۰ روز انکوباسیون: الف) بدون اسانس، ب) غلظت ۲۵ میکرولیتربر لیتر، ج) غلظت ۵۰ میکرولیتر برلیتر، د) غلظت ۱۰۰میکرولیتر بر لیتر، و) غلظت۲۰۰ میکرولیتر بر لیتر، ه) غلظت٤٠٠ میکرولیتر بر لیتر



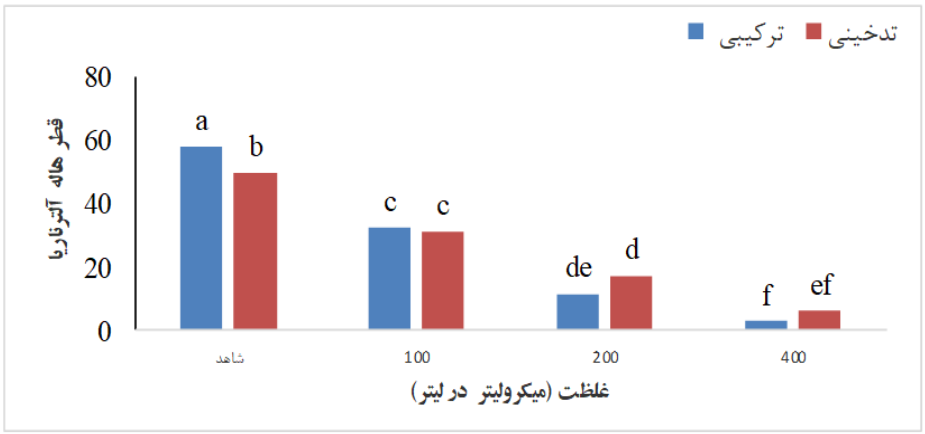
شکل ٦- تأثیر غلظت‌ها و اکوتیپ‌های مختلف اسانس مورتلخ بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternata* (حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.)

بررسی مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که در کموتیپ‌های مختلف، روش مختلف کشت قارچ تأثیر معناداری بر قطر هالهٔ قارچ *Alternaria alternata* نشان نداد (شکل ۷).

بررسی مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که در هر رو روش کشت قارچ با افزایش غلظت اسانس، قطر هاله به‌طور معناداری کاهش یافت. در تیمار شاهد، روش‌های مختلف کشت تفاوت معناداری با یکدیگر نشان دادند؛ اما در تیمارهای اسانس، تفاوت معناداری بین روش‌های کشت قارچ مشاهده نشد (شکل ۸).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که در هر دو روش کشت قارچ با افزایش غلظت اسانس در کموتیپ‌های مختلف مورتلخ، قطر هالهٔ بازدارندگی به‌طور معناداری کاهش یافت. کموتیپ بستک هرمزگان در هر دو روش کشت، کمترین اثر بازدارندگی را بر روی قارچ *Alternaria alternata* نشان داد. به‌طور کلی، کموتیپ‌های مختلف در روش کشت ترکیبی، اثر بازدارندگی بیشتری نسبت به روش‌های دیگر از خود نشان دادند. کموتیپ خنج فارس در هر دو روش کشت و در تمام غلظت‌های مورد آزمایش، بیشترین اثر بازدارندگی را بر رشد قارچ داشت (جدول ۲).

شکل ۷- تأثیرکموتیپ‌های مختلف اسانس مورتلخ و روش‌های مختلف کشت قارچ بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternate*. (حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.)

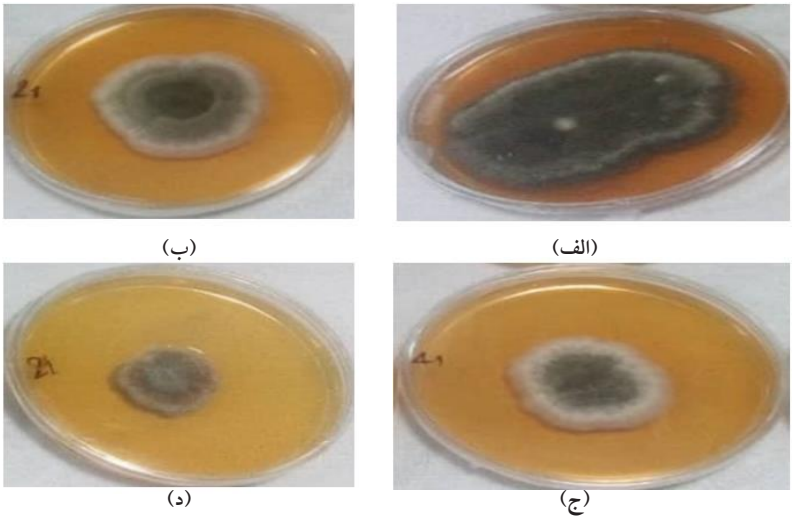


شکل ۸- تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس مورتلخ و روش‌های مختلف کشت بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternate* (حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.)

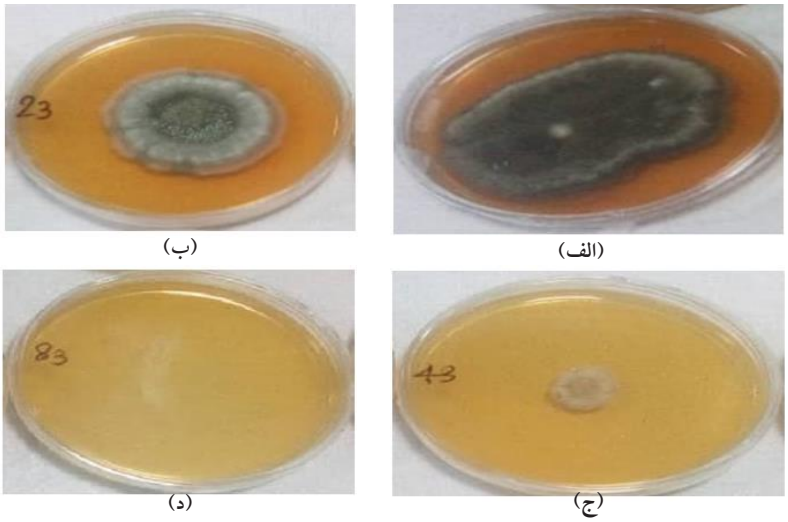
جدول ۲- تأثیر برهم‌کنش کموتیپ‌ها، اسانس‌های مختلف مورتلخ و روش‌های مختلف کشت بر قطر هاله (میلی‌متر) قارچ *Alternaria alternate*

کموتیپ‌های مورتلخ	روش کشت ترکیبی				روش کشت تدخینی			
	شاهد	۱۰۰	۲۰۰	٤۰۰	شاهد	۱۰۰	۲۰۰	٤۰۰
بستک هرمزگان	۵۸ a	۳۳٫۵ de	۲۳ gh	۱۰٫۷ i	٤۹٫۷ b	۳۸٫٦ cd	۲۹٫۷ ef	۲ j
سرچاهان هرمزگان	۵۸ a	۳۲٫۲ ef	۰ j	۰ j	٤۹٫۷ b	٤۱٫۵ c	۲٦٫۷ fh	۲۱٫۵ h
دق‌فینو هرمزگان	۵۸ a	۳۱٫۵ ef	۲۳ gh	۰ j	٤۹٫۷ b	۲۹ e-g	۱۲٫٦ i	۰ j
خنج فارس	۵۸ a	۳۱٫۳ ef	۰ j	۰ j	٤۹٫۷ b	۱۵٫۵ i	۰ j	۰ j

حروف مشابه نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت معنادار است.



شکل ۹- تصاویر مربوط به اثر مهارکنندگی فاز ترکیبی کموتیپ بستک اسانس مورتلخ بر قارچ *Alternaria alternata* بعد از ۱۰ روز انکوباسیون: الف) بدون اسانس، ب) غلظت ۱۰۰ میکرولیتر بر لیتر، ج) غلظت ۲۰۰ میکرولیتر بر لیتر، د) غلظت ٤۰۰ میکرولیتر بر لیتر



شکل ۱۰- تصاویر مربوط به اثر مهارکنندگی فاز ترکیبی کموتیپ دِق فینو اسانس مورتلخ بر قارچ *Alternaria alternata* بعد از ۱۰ روز انکوباسیون: الف) بدون اسانس، ب) غلظت ۱۰۰ میکرولیتر بر لیتر، ج) غلظت ۲۰۰ میکرولیتر بر لیتر، د) غلظت ٤۰۰ میکرولیتر بر لیتر

بحث

این پژوهش اثر بازدارندگی اسانس‌های برخی کموتیپ‌های گیاهان دارویی آویشن شیرازی، شامل خنج فارس، نصرآباد اصفهان، رودخانهٔ زیارتعلی، بوشهر، تنگ زاغ، طشک فارس و فاریاب رودان و همچنین مورتلخ، شامل بستک هرمزگان، سرچاهان هرمزگان، دق فینو هرمزگان و خنج فارس را بر قارچ *Alternaria alternata* بررسی کرد. نتایج نشان داد که کموتیپ‌های مختلف اسانس‌های گیاهی اثر مشابهی ندارند. به‌طور کلی، کموتیپ‌های آویشن شیرازی، به‌جز نصرآباد اصفهان (در غلظت‌های ۱۰۰ میکرولیتر بر لیتر و بالاتر)، درصد بازدارندگی بالایی بر رشد قارچ *A. alternata* نشان دادند. کموتیپ‌های دق فینو و خنج فارس در بالاترین غلظت اسانس (۴۰۰ میکرولیتر بر لیتر) به‌طور کامل از رشد قارچ جلوگیری کردند و تفاوت معناداری با کموتیپ سرچاهان هرمزگان نشان دادند. این مطالعه نشان داد که نوع کموتیپ و غلظت اسانس در میزان بازدارندگی رشد میسلیومی قارچ مؤثر است. مطالعهٔ دیگری اثر بازدارندگی پنج اسانس مختلف شامل؛ آویشن، مریم‌گلی، جوز هندی، اکالیپتوس و کاسیا را بر *A. alternata* در غلظت‌های مختلف (۱۰۰ تا ۵۰۰ پی‌پی‌ام) در شرایط آزمایشگاهی بررسی کرد. اسانس‌های کاسیا و آویشن هر دو فعالیت ضدقارچی علیه *A. alternata* نشان دادند. اسانس کاسیا در غلظت‌های ۳۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام به‌طور کامل رشد قارچ را مهار کرد؛ درحالی‌که اسانس آویشن در غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام تنها ٦٢ درصد مهار رشد را نشان داد. جوانه‌زنی اسپور و رشد پاتوژن در محیط PDA در حضور ۵۰۰ پی‌پی‌ام اسانس کاسیا به‌شدت مهار شد. مهار کامل رشد قارچ در معرض ۳۰۰ و ۴۰۰ پی‌پی‌ام اسانس کاسیا پس از ٦ روز و در معرض ۵۰۰ پی‌پی‌ام پس از ۳ روز مشاهده شد (Feng and Zheng, 2007).

مولکول‌های کوچک و چربی‌دوست اسانس‌ها به آن‌ها امکان نفوذ سریع‌تر به غشای سلولی را نسبت به دیگر مواد می‌دهد. این توانایی نفوذ در بافت‌ها بارها در مطالعات علمی تأیید شده است. اسانس آویشن می‌تواند با نفوذ به درون سلول و برهم‌کنش با آنزیم‌ها سنتز دیوارهٔ سلولی را مختل، و در نتیجه تغییرات مورفولوژیکی در قارچ‌ها ایجاد کند و موجب مهار رشد آن‌ها شود. این تغییرات مورفولوژیکی شامل اختلال در ساختار هیف‌ها (رشته‌های میسلیوم) و آسیب به غشای پلاسما و تخریب میتوکندری است (Rasooli *et al*., 2006). اسانس آویشن، فعالیت‌های مهاری در برابر باکتری‌ها و مخمرهای مختلف نیز دارد (Gaysinsk *et al*., 2008; Chung, 2012).

تیمول[8] به‌عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ اسانس آویشن (Gaysinsky, 2007) دارای فعالیت ضدمیکروبی در برابر چندین باکتری و قارچ است (Tawakkal *et al*., 2016; Galotto *et al*., 2016). مطالعات نشان داده است که گروه هیدروکسیل آزاد و حلقهٔ آروماتیک در ساختار شیمیایی کارواکرول و تیمول، عامل اصلی تأثیرگذاری آن‌هاست. این ساختار، جداسازی H^+ از گروه O^- آزاد در کارواکرول را تسهیل می‌کند. در نتیجه، انتقال پروتون‌ها و کاتیون‌ها با گرادیان دیفرانسیل، مشابه یون K^+، به‌تدریج pH را تغییر داده غشای سلولی را دپلاریزه می‌کند و نفوذپذیری آن را افزایش می‌دهد. این افزایش شار یونی، به‌ویژه ورود گذرای Ca^{2+} از محیط خارج سلولی و دیگر بخش‌های درون سلولی، همراه با تغییر pH ناشی از برهم‌کنش کارواکرول با غشای لیپیدی، موجب آسیب شدید سلولی و افزایش سیالیت غشای سلولی می‌شود (Rao *et al*., 2010; Pérez-Gonzále *et al*., 2016).

در مطالعه‌ای نشان داده شد که تیمول و کارواکرول به دلیل دارا بودن گروه‌های هیدروکسیل آزاد بیشتر نسبت به p–سیمن، فعالیت ضدقارچی بالاتری از خود نشان می‌دهند. کاهش تعداد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار p–سیمن به کاهش اثر بازدارندگی آن منجر می‌شود. وجود گروه هیدروکسیل در حلقهٔ آروماتیک در فعالیت ضدقارچی ترکیبات حاوی اسکلت p–سیمن نقش مهمی ایفا می‌کند. مکانیسم اثر اسانس‌های حاوی کارواکرول و تیمول، شامل تغییرات مورفولوژیکی و تراکم هیف‌ها، کاهش قطر هیف‌ها و فروپاشی دیوارهٔ سلولی هیف‌ها از طریق برهم‌کنش با غشای سلولی پاتوژن است (Soylu *et al*., 2005).

مطالعهٔ Veldhuizen و همکاران (۲۰۰٦) نشان داد که گروه هیدروکسیل کارواکرول به‌تنهایی برای فعالیت ضدمیکروبی آن ضروری نیست و تغییرات در حلقهٔ آلیفاتیک نیز بر فعالیت ضدمیکروبی آن تأثیر می‌گذارد. Ferhou و همکاران (۱۹۹۹) ارتباط مستقیم فعالیت ضدقارچی اسانس آویشن و میزان کارواکرول آن را گزارش کردند. Goncalve و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که گونه‌های آویشن با میزان کارواکرول بالاتر، فعالیت ضدقارچی قوی‌تری دارند. معماری و همکاران (۱۳۹۹) تیمول، لینالول، کارواکرول و پاراسیمن را به‌عنوان ترکیبات

[8] thymol

اصلی کموتیپ‌های مختلف آویشن مورد بررسی در استان هرمزگان گزارش کردند. مطالعهٔ بی‌نوا و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که دلتا کادینن، آلفا ترپینیل استات، لینالول، ۱،۸–سینئول، گاما کادینن و آلفا ترپینئول فراوان‌ترین ترکیبات اسانس گیاه مورتلخ هستند. این گروه در سال ۱۴۰۰ نیز گزارش کردند که برخی کموتیپ‌های مورتلخ، از جمله کموتیپ دق فینو هرمزگان، حاوی مقادیر بالای لینالول هستند.

لینالول[9] یک مونوترپن حلقوی است که اغلب در چندین گیاه دارویی یافت می‌شود و یک گروه کاربردی الکل را ارائه می‌دهد که باعث قطبیت مولکول می‌شود و آن را به یک ترکیب شیمیایی واکنش‌پذیر تبدیل می‌کند (Aprotosoaie *et al*., 2014). لینالول یک متابولیت لیپوفیلی است و اثر زیان‌آور آن با تغییر در ویژگی‌های بدنی غشای سلولی همراه است و باعث تغییر در نفوذپذیری انتخابی می‌شود و این امر باعث می‌شود جریان غیرطبیعی از اجزای سیتوپلاسمی و مرگ سلولی ایجاد شود (Pereirae *et al*., 2018). غالباً در چندین گونهٔ گیاه مشاهده می‌شود که تعداد زیادی از خاصیت‌های فعال زیستی مربوط را نشان می‌دهند. بعضی از عوامل حل‌کننده مانند دی‌متیل‌سولفوکسید (DMSO)، معمولاً فراهمی زیستی لینالول را بهبود می‌بخشد؛ اما این ماده همچنین می‌تواند باعث سمیت سلولی و عوارض جانبی نامطلوب مضر شود. لینالول به‌دلیل پیوندهای مضاعف و گروه هیدروکسیل موجود در ساختار آن مستعد تغییر شیمیایی (اکسیداسیون، گلیکوزیلاسیون، استری شدن و متیلاسیون) است.

لینالول، یک مونوترپن الکلی حلقوی فراوان در بسیاری از گیاهان دارویی به‌دلیل گروه عاملی الکل، قطبی است و واکنش‌پذیری بالایی دارد (Aprotosoaie *et al*., 2014). این متابولیت لیپوفیل با تغییر در خواص فیزیکوشیمیایی غشای سلولی، نفوذپذیری انتخابی آن را مختل می‌کند و به جریان غیرطبیعی اجزای سیتوپلاسمی و در نهایت مرگ سلولی منجر می‌شود (Pereirae *et al*., 2018). لینالول در گونه‌های گیاهی متعددی یافت می‌شود و طیف وسیعی از فعالیت‌های زیستی را از خود نشان می‌دهد. اگرچه حلّال‌هایی مانند دی‌متیل‌سولفوکسید، می‌توانند فراهمی زیستی لینالول را افزایش دهند (Quintans-Júnior *et al*., 2013)، این حلّال‌ها نیز می‌توانند سمیت سلولی و عوارض جانبی نامطلوب ایجاد کنند. وجود پیوندهای دوگانه و گروه هیدروکسیل در ساختار لینالول، آن را مستعد تغییرات شیمیایی همچون اکسیداسیون، گلیکوزیلاسیون، استری شدن و متیلاسیون می‌سازد (Raguso, 2016; Ilc *et al*., 2016).

در پژوهشی اثر اسانس نعناع را بر روی ۷ گونه قارچ شامل؛ *Aspergillus* niger, Asergillus flavus, *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* و *Rhizoctonia* Spp. در محیط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار داد. مونتون و منتول ترکیبات اصلی اسانس نعناع را تشکیل می‌دهند. این اسانس مانع رشد *Alternaria alternata* در محیط آزمایشگاهی شد و دریافتند که *Alternaria alternata* یکی از حساس‌ترین سویه‌ها به اسانس است. وجود ترپن‌ها در ترکیب اسانس نعناع به آن خاصیت ضدمیکروبی می‌بخشد (Singh *et al*., 2014; Hussain *et al*., 2010). با افزایش غلظت اسانس، ما شاهد مهار بیشتر رشد قارچ‌ها بودیم که با نتایج دیگر پژوهشگران همخوانی دارد.

مطالعه‌ای دیگر نشان داد که غلظت‌های پایین اسانس نعناع در کنترل گونه‌های قارچ *Fusarium* spp. مؤثر است؛ درحالی‌که غلظت‌های بالاتر، تأثیری بر رشد میسلیوم آن‌ها ندارد (Pereira MC *et al*., 2006). بنابراین، اثر ضدمیکروبی اسانس نعناع و شدت آن، در پاتوژن‌های مختلف، متفاوت خواهد بود (Antunes *et al*., 2010; Abdel-Kader *et al*., 2011).

در مطالعه‌ای اسانس آویشن (*Thymus* sp.)، میخک (*Syzygium* spp.) و دارچین (*Cinnamomum zeylanicum*) بر روی عوامل بیمارگر (*Alternaria citrii, Botrytis cinema, Colletotrichum gloeosporioides, Penicillium digitatum, Lasiodiplodia theobromae*) مورد بررسی قرارگرفت. اسانس آویشن، مؤثرترین مهارکننده بود و در غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر، کل عوامل بیماری‌زا، به استثنای پنسیلیوم، را مهار کرد (Combrinck *et al*., 2011). در پژوهشی اثر اسانس اکالیپتوس (*Eucalyptus* sp.) بر قارچ‌های *Aspergillus parasiticus* و *Aspergillus flavus* را مورد آزمایش قرار دادند و مشخص شد اسانس اکالیپتوس اثر مهارکنندگی یکسانی بر روی هر دو قارچ داشت (Vilela *et al*., 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اسانس‌های حاصل از کموتیپ‌های مختلف، اثربخشی متفاوتی در کنترل قارچ نشان می‌دهند و این اثر به غلظت مصرفی اسانس نیز وابسته است. اسانس آویشن

[9] linalool

شیرازی (کموتیپ نصرآباد اصفهان) کمترین اثر بازدارندگی را بر روی *Alternaria alternata* نشان داد؛ درحالی‌که اسانس مورتلخ (کموتیپ خنج فارس) بیشترین درصد بازدارندگی را در مقایسه با دیگر کموتیپ‌های مورتلخ از خود نشان داد.

References

Abdel-Kader M, El-Mougy N, Lashin S. 2011. Essential oils and *Trichoderma harzianum* as an integrated control measure against faba bean root rot pathogens. Journal of Plant Protection Research 51 (3): 307-313.

Abdullah Q, Mahmoud A, Al-harethi A. 2016. Isolation and identification of fungal post-harvest rot of some fruits in Yemen. PSM Microbiology 1 (1): 36-44.

Al-Fatimi M. 2018. Volatile constituents, antimicrobial and antioxidant activities of the aerial parts of *Origanum majorana* L. from Yemen. Journal of Pharmaceutical Research International: 1-10. DOI: 10.9734/JPRI/2018/35932.

Antunes MDC, Cavaco AM. 2010. The use of essential oils for postharvest decay control. A review. Flavour and Fragrance Journal 25 (5): 351-366. DOI: 10.1002/ffj.1986.

Aprotosoaie AC, Hăncianu M, Costache II, Miron A. 2014. Linalool: a review on a key odorant molecule with valuable biological properties. Flavour and Fragrance Journal 29 (4): 193-219. DOI: 10.1002/ffj.3197.

Bajpai VK, Baek KH, Kang SC. 2012. Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. Food Research International 45 (2): 722-734. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.04.052.

Binava S, Yavari A, Shokrpour M. 2020. A study on the quality and quantity of essential oil from different plant organs of *Salvia mirzayanii* Rech.F. and Esfand. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 35 (6): 914-924. DOI: 10.22092/ijmapr.2019.127082.2604.

Binava S, Yavari A, Shokrpour M. 2021. Study on chemical compositions of essential oil of some *Salvia mirzayanii* Rech. f. & Esfand. natural populations in Hormozgan province. Iranian Journal of Horticultural Science 52 (2): 391-403. DOI: 10.22059/ijhs.2021.321568.1914.

Blancard D, Laterrot H, Marchoux G, Candresse T. 2011. Enfermedades del tomate. México: Mundi-Prensa, ISBN: 978-84-8476-427-4.

Burketova L, Trda L, Ott PG, Valentova O. 2015. Bio-based resistance inducers for sustainable plant protection against pathogens. Biotechnology Advances 33 (6): 994-1004. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.01.004.

Calvo-Irabien LM. 2018. Native Mexican aromatic flora and essential oils: Current research status, gaps in knowledge and agro-industrial potential. Industrial Crops and Products 111: 807-822. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.11.044.

Chang HT, Cheng YH, Wu CL, Chang ST, Chang TT, Su YC. 2008. Antifungal activity of essential oil and its constituents from *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* Florin leaf against plant pathogenic fungi. Bioresource Technology 99 (14): 6266-6270. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.12.005.

Chung KR. 2012. Stress response and pathogenicity of the necrotrophic fungal pathogen *Alternaria alternata*. Scientifica.

Combrinck S, Regnier T, Kamatou GP. 2011. In vitro activity of eighteen essential oils and some major components against common postharvest fungal pathogens of fruit. Industrial Crops and Products 33 (2): 344-349. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.11.011.

da Nóbrega LP, da Silva França KR, Lima TS, de Figueredo Alves FM, Ugulino ALN, da Silva AM, ... de Mendonça Júnior AF. 2019. In vitro fungitoxic potential of copaiba and eucalyptus essential oils on phytopathogens. Journal of Experimental Agriculture International 29 (3): 1-10. DOI: 10.9734/JEAI/2019/46083.

Diao X, Hazell P, Thurlow J. 2010. The Role of Agriculture in African Development. World Development 38 (10): 1375-1383. DOI: 10.1016/j.worlddev.2009.06.011.

Feng W, Zheng X. 2007. Essential oils to control *Alternaria alternata* in vitro and in vivo. Food Control 18 (9): 1126-1130. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.05.017.

Ferhout H, Bohatier J, Guillot J, Chalchat JC. 1999. Antifungal Activity of Selected Essential Oils, Cinnamaldehyde and Carvacrol against Malassezia furfur and Candida albicans. Journal of Essential Oil Research 11: 119-129. DOI: 10.1080/10412905.1999.9701086.

Fisher K, Phillips C. 2009. The mechanism of action of a citrus oil blend against *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis*. Journal of Applied Microbiology 106 (4): 1343-1349. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.04102.x.

França KRS, Silva TL, Cardoso TAL, Ugulino ALN, Rodrigues APM, de Mendonça Júnior AF. 2018. In vitro effect of essential oil of peppermint (*Mentha x piperita* L.) on the mycelial growth of *Alternaria alternata*. Journal of Experimental Agriculture International 26 (5): 1-7. DOI: 10.9734/JEAI/2018/44243.

Galotto MJ, De Dicastillo CL, Torres A, Guarda A. 2016. Thymol: Use in antimicrobial packaging. In Antimicrobial Food Packaging, Academic Press, 553-562. DOI: 10.1016/B978-0-12-800723-5.00045-0.

Gaysinsky S. 2007. Emulsions and microemulsions as antimicrobial delivery systems. Doctor of Philosophy, University of Massachusetts Amherst, pp. 132.

Gaysinsky S, Davidson PM, McClements DJ, Weiss J. 2008. Formulation and characterization of phytophenol-carrying antimicrobial microemulsions. Food Biophysics 3 (1): 54-65. DOI: 10.1007/s11483-007-9048-1.

Goncalves MJ, Cruz MT, Cavaleiro C, Lopes MC, Salgueiro L. 2010. Chemical, antifungal and cytotoxic

evaluation of the essential oil of *Thymus zygis* subsp. *Sylvestris*. Industrial Crops and Products 32 (1): 70-75. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.03.005.

González-Estrada RR, Chalier P, Ragazzo-Sánchez JA, Konuk D, Calderón-Santoyo M. 2017. Antimicrobial soy protein based coatings: Application to Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka.) for protection and preservation. Postharvest Biology and Technology 132: 138-144. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2017.06.005.

Greco M, Patriarca A, Terminiello L, Pinto VF, Pose G. 2012. Toxigenic Alternaria species from Argentinean blueberries. International Journal of Food Microbiology 154 (3): 187-191. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.004.

Guinoiseau E, Luciani A, Rossi PG, Quilichini Y, Ternengo S, Bradesi P, Berti L. 2010. Cellular effects induced by *Inula graveolens* and *Santolina corsica* essential oils on *Staphylococcus aureus*. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases 29 (7): 873-879. DOI: 10.1007/s10096-010-0943-x.

Hussain AI, Anwar F, Nigam PS, Ashraf M, Gilani AH. 2010. Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four Mentha species. Journal of the Science of Food and Agriculture 90 (11): 1827-1836. DOI: 10.1002/jsfa.4021.

Ilc T, Parage C, Boachon B, Navrot N, Werck-Reichhart D. 2016. Monoterpenol oxidative metabolism: role in plant adaptation and potential applications. Frontiers in Plant Science 7: 509. DOI: 10.3389/fpls.2016.00509.

Inouye S, Uchida K, Maruyama N, Yamaguchi H, Abe S. 2006. A novel method to estimate the contribution of the vapor activity of essential oils in agar diffusion assay. Nippon Ishinkin Gakkai Zasshi 47 (2): 91-98. DOI: 10.3314/jjmm.47.91.

James A, Zikankuba V. 2017. Postharvest management of fruits and vegetable: A potential for reducing poverty, hidden hunger and malnutrition in sub-Sahara Africa. Cogent Food & Agriculture 3 (1): 1312052. DOI: 10.1080/23311932.2017.1312052.

Lee CH, Park JM, Song HY, Jeong EY, Lee HS. 2009. Acaricidal activities of major constituents of essential oil of *Juniperus chinensis* leaves against house dust and stored food mites. Journal of Food Protection 72 (8): 1686-1691. DOI: 10.4315/0362-028x-72.8.1686.

Liu H, Jiang W, Bi Y, Luo Y. 2005. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach *(Prunus persica* L. cv. *Jiubao*) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. Postharvest Biology and Technology 35 (3): 263-269. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2004.08.006.

López P, Sánchez C, Batlle R, Nerín C. 2007. Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55 (11): 4348-4356. DOI: 10.1021/jf063295u.

Meamari S, Yavari A, Bikdeloo M. 2020. Investigation of chemical diversity of essential oil of natural populations of *Zataria multiflora* Boiss. in Hormozgan province. Iranian Journal of Horticultural Science 51 (3): 669-677. DOI: 10.22059/ijhs.2020.306929.1826.

Nielsen PV, Rios R. 2000. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. International Journal of Food Microbiology 60 (2-3): 219-229. DOI: 10.1016/s0168-1605(00)00343-3.

Pereira MC, Vilela GR, Costa LMAS, Silva RF, Fernandes AF, Fonseca EWN, Picolli RH. 2006. Inhibition of fungal development through the use of essential seasoning oils. Ciência e Agrotecnologia 30 (4): 731-738. DOI: 10.1590/S1413-70542006000400020.

Pereira I, Severino P, Santos AC, Silva AM, Souto EB. 2018. Linalool bioactive properties and potential applicability in drug delivery systems. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 171: 566-578. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2018.08.001.

Pérez-González A, Cavazos-Arroyo J, Rosano-Ortega G, El Kassis EG, Pérez-Armendáriz B. 2016. Effect of emulsified oregano oil on *Alternaria alternata* (in vitro tests) and on *Lycopersicum esculentum* Mill. seedlings (in vivo tests). Journal of Agriculture and Environmental Sciences 5 (1): 168-176. DOI: 10.15640/jaes.v5n1a18.

Quintans-Júnior LJ, Barreto RS, Menezes PP, Almeida JR, Viana AFS, Oliveira RC, ... Araújo AA. 2013. β-Cyclodextrin-complexed (−) -linalool produces antinociceptive effect superior to that of (−) -linalool in experimental pain protocols. Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology 113 (3): 167-172. DOI: 10.1111/bcpt.12087.

Raguso RA. 2016. More lessons from linalool: insights gained from a ubiquitous floral volatile. Current Opinion in Plant Biology 32: 31-36. DOI: 10.1016/j.pbi.2016.05.007.

Rao A, Zhang U, Muend S, Rao R. 2010. Mechanism of antifungal activity of terpenoid phenols. Antimicrob Agents Chemother 54 (12): 5062-9. DOI: 10.1128/AAC.01050-10.

Rasooli I, Rezaei MB, Allameh A. 2006. Growth inhibition and morphological alterations of Aspergillus niger by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-porlock*. Food Control 17 (5): 359-364. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.12.002.

Roy T, Bandopadhyay A, Sonawane PJ, Majumdar S, Mahapatra NR, Alam S, Das N. 2018. Bio-effective disease control and plant growth promotion in lentil by two pesticide degrading strains of *Bacillus* sp. Biological Control 127: 55-63. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2018.08.018.

Servili A, Feliziani E, Romanazzi G. 2017. Exposure to volatiles of essential oils alone or under hypobaric treatment to control postharvest gray mold of table grapes. Postharvest Biology and Technology 133: 36-40. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2017.06.007.

Singh R, Shushni MA, Belkheir A. 2015. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. Arabian Journal of Chemistry 8 (3): 322-328. DOI: 10.1016/j.arabjc.2011.01.019.

Sotelo-Boyás ME, Valverde-Aguilar G, Plascencia-

Jatomea M, Correa-Pacheco ZN, Jiménez-Aparicio A, Solorza-Feria J, ... Bautista-Banos S. 2015. Characterization of chitosan nanoparticles added with essential oils. in vitro effect on *Pectobacterium carotovorum*. Revista Mexicana de Ingeniería Química 14 (3): 589-599.

Soylu EM, Yiğitbaş H, Tok FM, Soylu S, Kurt Ş, Baysal Ö, Kaya AD. 2005. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Artemisia annua* L. against foliar and soil-borne fungal pathogens/Die chemische Zusammensetzung und antimikrobielle Aktivität das ätherischen Öls von *Artemisia annua* L. gegen blatt-und bodenbürtige pilzliche Krankheitserreger. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection 112 (3): 229-239. https://www.jstor.org/stable/45154906.

Tawakkal IS, Cran MJ, Bigger SW. 2016. Release of thymol from poly (lactic acid)-based antimicrobial films containing kenaf fibres as natural filler. LWT-Food Science and Technology 66: 629-637.

Teixeira B, Marques A, Ramos C, Neng NR, Nogueira JM, Saraiva JA, Nunes ML. 2013. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. Industrial Crops and Products 43: 587-595. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.07.069.

Thosar N, Basak S, Bahadure RN, Rajurkar M. 2013. Antimicrobial efficacy of five essential oils against oral pathogens: An in vitro study. European Journal of Dentistry 7 (S 01): S071-S077. DOI: 10.4103/1305-7456.119078.

Troncoso-Rojas R, Tiznado-Hernández ME. 2014. *Alternaria alternata* (black rot, black spot). In Postharvest decay, Academic Press, 147-187. DOI: 10.1016/B978-0-12-411552-1.00005-3.

Ugulino ALN, Mendonça Júnior AF, Rodrigues APM, Santos AB, França KS, Cardoso TAL, Prado Júnior LD. 2018. Inhibition effect of vegetable oils on the mycelial growth of *Macrophomina phaseolina* (Tassi.). Goid. Journal of Agricultural Science 10 (6): 49-56. DOI: 10.5539/jas.v10n6p49.

Valderrama F, Ruiz F. 2018. An optimal control approach to steam distillation of essential oils from aromatic plants. Computers & Chemical Engineering 117: 25-31. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2018.05.009.

Velazquez-Nunez MJ, Avila-Sosa R, Palou E, Lopez-Malo A. 2013. Antifungal activity of orange (*Citrus sinensis* var. *Valencia*) peel essential oil applied by direct addition or vapor contact. Food Control 31 (1): 1-4. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.09.029.

Veldhuizen EJ, Tjeerdsma-van Bokhoven JL, Zweijtzer C, Burt S, Haagsman HP. 2006. Structural Requirements for the Antimicrobial Activity of Carvacrol. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 1874-1879. DOI: 10.1021/jf052564y.

Vilela GR, de Almeida GS, D'Arce MABR, Moraes MHD, Brito JO, da Silva MFDG, da Gloria EM. 2009. Activity of essential oil and its major compound, 1, 8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. Journal of Stored Products Research 45 (2): 108-111. DOI: 10.1016/j.jspr.2008.10.006.

Walters DR, Ratsep J, Havis ND. 2013. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. Journal of Experimental Botany 64 (5): 1263-1280. DOI: 10.1093/jxb/ert026.

Yang SL, Lin CH, Chung KR. 2009. Coordinate control of oxidative stress tolerance, vegetative growth, and fungal pathogenicity via the AP1 pathway in the rough lemon pathotype of *Alternaria alternata*. Physiological and Molecular Plant Pathology 74 (2): 100-110. DOI: 10.1016/j.pmpp.2009.09.007.

Youssef K, Roberto SR. 2014. Applications of salt solutions before and after harvest affect the quality and incidence of postharvest gray mold of 'Italia'table grapes. Postharvest Biology and Technology 87: 95-102. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.08.011.

Zhang H, Mahunu GK, Castoria R, Yang Q, Apaliya MT. 2018. Recent developments in the enhancement of some postharvest biocontrol agents with unconventional chemicals compounds. Trends in Food Science & Technology 78: 180-187. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.06.002.