



## Fungal Plant Disease Management by Natural Essential Oils

BANAFSHEH SAFAEI-FARAHANI<sup>1</sup>✉ and  
REZA MOSTOWFIZADE-GHALAMFARSA<sup>2</sup>

1-Plant Protection Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources  
Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran (✉b.safae@areeo.ac.ir)

2-Department of Plant Protection, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 30.08.2018

Accepted: 16.02.2019

Safaei-Farahani B. and Mostowfizade-Ghalamfarsa R. 2019. Fungal plant disease management by natural essential oils. *Plant Pathology Science* 8(1):24-37.

DOI: 10.2982/PPS.8.1.24.

**Abstract:** Essential oils are hydrophobic, volatile and aromatic compounds that have been used as fragrances and flavors for a long time. Recent studies have shown that some plant essential oils have fungicidal effects against some important plant pathogens. For instance, the essential oil of thyme inhibits the mycelial growth of *Penicillium italicum* and the essential oil of lavender shows the fungistatic effect on *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger*. The essential oil of thyme has also been used to control the black rot of orange caused by *Alternaria citri* and grey mold of strawberry fruits caused by *Botrytis cinerea*. Antifungal activities of essential oils are mainly related to their effects on fungal cell wall, cell membrane, mitochondria and nitric oxide level. As a result of increased concern about harmful chemical pesticides, essential oils can have a good place in the market as natural fungicides. In this paper, application of essential oils as natural fungicides, their mode of actions and some safety aspects of their application have been discussed.

**Key words:** Thyme, Lavender, *Aspergillus*

### مدیریت بیماری‌های قارچی گیاهان با اسانسهای طبیعی

بنفشه صفایی فراهانی<sup>۱</sup>✉ و رضا مستوفی‌زاده قلمفرسا<sup>۲</sup>

۱- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ۲- بخش گیاه‌پزشکی، دانشگاه شیراز

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۸

صفایی فراهانی ب. و مستوفی‌زاده قلمفرسا ر. ۱۳۹۷. مدیریت بیماری‌های قارچی گیاهان با اسانسهای

طبیعی. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۸(۱): ۲۴-۳۷. DOI: 10.2982/PPS.8.1.24.

**چکیده:** اسانسها ترکیبات آب‌گریز، فرار و معطری هستند که از دیرباز به شکل مواد خوشبوکننده و طعم‌دهنده به کار رفته‌اند. بر اساس مطالعات اخیر برخی اسانسها در برابر بعضی قارچهای مهم بیمارگر

✉مسئول مکاتبه: b.safae@areeo.ac.ir

گیاهی، خاصیت قارچکشی نیز دارند. به عنوان مثال اسانس آویشن باغی رشد *Penicillium italicum* و اسانس اسطوخدوس رشد *Aspergillus niger* و *Rhizopus stolonifer*، *Botrytis cinerea* را به طور کامل در محیط‌کشت متوقف می‌کنند. از اسانس آویشن باغی برای مهار پوسیدگی سیاه پرتقال ناشی از *Alternaria citri* و کپک خاکستری توت‌فرنگی ناشی از *Botrytis cinerea* نیز استفاده شده است. فعالیت ضد قارچی اسانسها اغلب ناشی از تأثیر آنها بر دیواره سلولی، غشای سیتوپلاسمی، عملکرد میتوکندریایی و میزان اکسید نیتریک در سلولهای قارچی است. با توجه به افزایش نگرانیها درباره مضرات قارچ‌کش‌های شیمیایی، اسانسها به عنوان قارچ‌کش‌های طبیعی می‌توانند بازار خوبی به دست آورند. در این مقاله، استفاده از اسانسهای گیاهان به شکل قارچ‌کش‌های طبیعی، نحوه اثر و جنبه‌های مربوط به سلامت آنها مورد بحث قرار گرفته است.

### واژه‌های کلیدی: آویشن، اسطوخدوس، *Aspergillus*

#### مقدمه

استفاده بی‌رویه از آفت‌کشها با ایجاد مشکلات زیست‌محیطی متعدد، سبب بروز نگرانیهای عمومی و سیاسی در سال‌های اخیر شده است. برآورد می‌شود که سالانه حدود دو و نیم میلیون تن آفت‌کش در دنیا به کار می‌رود (Arshad et al. 2014). آفت‌کشها به دلیل ماهیت تجزیه‌ناپذیر، سمیت بالا و آلودگی منابع آبی و خاکی سلامت عمومی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بنابراین یافتن آفت‌کش‌های تجزیه‌پذیر و کم‌خطر که علی‌رغم حفظ عملکرد محصولات کشاورزی، حافظ محیط‌زیست باشند مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران قرار گرفته است. محصولات طبیعی، مانند عصاره و اسانس گیاهان، جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی هستند و قادر هستند اثرات منفی آنها را بر سلامت انسان و محیط زیست کاهش دهند (Arshad et al. 2014, Isman and Machial 2006).

اسانسها ترکیبات آب‌گریز، فرار و معطری هستند که به عنوان متابولیت ثانویه در ریشه، ساقه، برگ، پوست، گل و میوه گیاهان مختلف وجود داشته و در جذب یا دفع حشرات و حفاظت گیاهان در برابر گرما یا سرما نقش دارند. به دلیل ماهیت معطر و بسیار فرار اسانسها، از آنها در تولید عطر و چاشنی غذا و ضد عفونی‌کننده‌های طبیعی استفاده می‌شود. مدارک موجود نشان می‌دهد که اسانسها بیش از ۲۰۰۰ سال قبل در مصر، هندوستان و ایران تولید و استفاده می‌شدند، اما استفاده از آنها در اروپا احتمالاً از قرن شانزدهم میلادی آغاز شده است (Burt 2004, Guenther 1944). روشهای مختلفی برای استخراج اسانسها وجود دارد که در بین آنها می‌توان به تقطیر، فشردن، استفاده از حلال و روغنهای جاذب اشاره کرد. تقطیر معمولترین روش استخراج اسانس از گیاهان است. اسانسها به

دلیل ناپایداری و تجزیه‌پذیری باید در تاریکی و شرایط نفوذناپذیر در برابر هوا انبار شوند تا تغییرات ساختاری در آنها اتفاق نیفتند (Burt 2004, Guenther 1944). با وجود شناسایی فعالیت ضد میکروبی اسانسها از زمانهای قدیم، امکان استفاده از آنها برای مهار بیماریهای گیاهی تنها در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Lazar et al. 2010)

### ۱- اثر ضد میکروبی اسانسها

تاکنون خصوصیت قارچکشی در اسانس گیاهان مختلف مشاهده و گزارش شده است که از میان آنها می‌توان به آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss)، میخک (*Syzygium aromaticum* (L.)), دارچین (*Cinnamomum zeylanicum* Nees)، نعناعی فلفلی (*Mentha piperita* L.)، زنجبیل (*Zingiber officinale* Rosc.) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) اشاره کرد (Tripathi et al. 2008, Espitia et al. 2012, Sturchio et al. 2014, Kishore et al. 2007, Mohammadi et al. 2015, Ramezani et al. 2016). (شکل ۱).



شکل ۱- A: آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*)، B: میخک (*Syzygium aromaticum*)، C: دارچین (*Cinnamomum zeylanicum*)، D: نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)، E: زنجبیل (*Zingiber officinale*)، F: رزماری (*Rosmarinus officinalis*).

**Figure 1.** A: Shirazi thyme (*Zataria multiflora*), B: Clove (*Syzygium aromaticum*), C: Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*), D: Peppermint (*Mentha piperita*), E: Ginger (*Zingiber officinale*), F: Rosemary (*Rosmarinus officinalis*).

اسانسها ترکیب پیچیده‌ای دارند که شامل الکلها، آلدئیدها، کتونها، فنولها، استرها، اترها، ترپنها و ترپنوییدها در نسبت‌های مختلف است. ترپنها و ترپنوییدها مهمترین ترکیباتی هستند که سبب خواص ضد میکروبی اسانسها می‌شوند اما احتمالاً بین ترکیبات مختلف اسانسها، هم‌افزایی وجود دارد که سبب افزایش خاصیت ضد میکروبی هر یک از ترکیبات می‌شود (Lazar et al. 2010). پیچیدگی ترکیبات موجود در اسانسها، تأثیر مثبتی بر کاربرد اسانسها در مدیریت بیماریهای گیاهی دارد، زیرا احتمال بروز مقاومت در بیمارگر به چنین ترکیب پیچیده‌ای کم خواهد بود. اسانسها به دلیل ماهیت آب‌گریز خود قادرند غشای سلولی را در میکروارگانیسمها از بین ببرند و با ایجاد اختلال در زنجیره انتقال الکترون و کارکرد آنزیمها، فعالیت سلولهای میکروارگانیسمها را به طور چشم‌گیری کاهش دهند (Bishop and Thornton 1997, Lanciotti et al. 2004, Kurita et al. 1981). بررسی‌ها نشان داده که اسانسها قادر به ایجاد تغییرات در ساختارهای قارچی هستند. به عنوان مثال اسانس مرکبات سبب تغییر دیواره ریشه، کاهش قطر ریشه و از بین رفتن کینیدیومبرهای *Aspergillus niger* Tiegh. می‌شود (de Billerbeck et al. 2001, Sharma and Tripathi 2006, Zambonelli et al. 1996). بروز چنین اختلال‌هایی به دلیل تأثیر اسانسها بر دیواره، غشا و ساختمان سلولی و فرآیندهای درون سلولهای قارچها است (Rasooli et al. 2006). برخی از مهمترین تأثیرات اسانسها بر سلولهای قارچی عبارتند از:

**تأثیر بر دیواره سلولی:** دیواره سلولی، نقش مهمی در رشد و زیستایی قارچها دارد. گلوکان و کیتین مهم‌ترین ترکیبات دیواره سلولی در اغلب قارچها هستند، بنابراین جلوگیری از تولید این ترکیبات در سلولهای قارچی، تأثیر نامطلوبی بر تشکیل دیواره سلولی و دیواره عرضی قارچها می‌گذارد. برخی اسانسها مانع تولید کیتین یا گلوکان در سلولهای قارچی شده و از این طریق باعث بروز تغییرات غیر قابل برگشت در قارچها می‌شوند. به عنوان مثال اسانس بادیان رومی (*Pimpinella anisum* L.) سبب بروز تورم ریشه و تغییرات ریخت‌شناختی در *Mucor mucedo* (Tode) Pers. می‌شود. این تغییرات ناشی از وجود Trans-anethole در اسانس بادیان رومی است که مانع تولید کیتین در سلولهای قارچ می‌شود (Yutani et al. 2011).

**تأثیر بر غشای سیتوپلاسمی:** غشای سیتوپلاسمی ساختاری انعطاف‌پذیر از جنس فسفولیپید و پروتیین است که در اطراف سلول قرار گرفته و در تنظیم ورود و خروج مواد از سلول نقش مهمی دارد. برخی اسانسها قادرند ساختار و نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی را تحت تأثیر قرار دهند. به عنوان مثال اسانس چای (*Melaleuca alternifolia* (Maiden and Betche) Cheel) با تأثیر بر غشای سیتوپلاسمی و دیواره سلولی *Candida albicans* (C.P. Robin) Berkhout باعث می‌شود

شکل ریشه‌ها تغییر کرده و به لوله‌های خالی از سیتوپلاسم تبدیل شوند (Hammer *et al.* 2004). اسانس سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز تأثیر مشابهی بر غشای سیتوپلاسمی و دیواره سلولی قارچها دارد (Iscan *et al.* 2016)

**تأثیر بر میتوکندری:** میتوکندری اندامکی است که در ذخیره انرژی در سلول به صورت ATP (آدنوزین تری فسفات) نقش دارد. برخی اسانسها موجب آسیب به میتوکندری شده یا بر کارایی آن تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال اسانس شوید (*Anethum graveolens* L.) در تولید ATP در سلولهای *Candida albicans* اختلال ایجاد می‌کند (Chen *et al.* 2013). اسانس مرزنجوش (*Origanum compactum*) و کافور (*Cinnamomum camphora* (L.) Nees and Eberm) نیز سبب آسیب به میتوکندریهای *Saccharomyces cerevisiae* می‌شوند (Bakkali *et al.* 2006).

**تأثیر بر میزان اکسیدنیتریک در سلولهای قارچی:** اکسیدنیتریک (NO) در حفاظت از میسلیم قارچها در برابر تنش‌ها و آسیب‌های محیطی مثل آسیب‌های ناشی از تنش‌های گرمایی نقش دارد (Kong *et al.* 2012). برخی اسانسها قادرند با کاهش میزان اکسید نیتریک در سلولهای قارچی باعث افزایش حساسیت قارچها به تنشها شوند. به عنوان مثال Thymol که یکی از مهمترین اجزای اسانس آویشن است با تأثیر بر میزان اکسیدنیتریک سبب بروز خاصیت ضدقارچی در برابر *Aspergillus flavus* Link شده است (Shen *et al.* 2016).

## ۲- خواص ضدقارچی اسانسها بر قارچهای بیمارگر گیاهی در آزمایشهای در شیشه و در زیوه

برای بررسی اثر اسانسها بر قارچهای بیمارگر گیاهان در آزمایشهای در شیشه معمولاً از روش‌های رقیق‌سازی روی محیط‌کشت حاوی آگار (Agar dilution) و انتشار دیسکی (Disc diffusion) استفاده می‌شود. در روش رقیق‌سازی روی محیط‌کشت حاوی آگار، ابتدا اسانس در حلال‌های آلی مانند اتانول حل شده، سپس پیش از جامد شدن، محیط‌کشت‌های حاوی آگار، ابتدا اسانس در حلال‌های آلی به آنها افزوده می‌شود. پس از جامد شدن محیط‌کشت، قارچ مورد آزمایش روی آن کشت شده و تأثیر اسانس روی رشد، اسپورزایی، ریخت‌شناسی و سایر ویژگی‌های قارچ مورد بررسی قرار می‌گیرد. در روش انتشار دیسکی، یک دیسک کاغذی در اسانس خیسانده شده، روی محیط‌کشتی که با بیمارگر تلقیح شده است قرار می‌گیرد و تأثیر اسانس روی رشد پرگنه و اسپورزایی بیمارگر بررسی می‌شود (Lazar *et al.* 2010, Burt 2004). هنگام انجام آزمایشهای درون شیشه‌ای، عواملی مانند فرمول‌بندی (Formulation) و غلظت اسانس، پرازاری و میزان مایه قارچ بیمارگر، دما و pH محیط بر نتایج آزمایش تأثیر گذاشته و حتی سبب یافتن نتایج متناقض می‌شود بنابراین لازم است شرایط

استانداردی برای بررسی خواص ضدقارچی اسانسها در برابر بیمارگرهای گیاهی در آزمایشهای درون شیشه‌ای در نظر گرفته شود (Burt 2004, Souza *et al.* 2005, Hadacek and Greger 2000). برخی اسانسها خاصیت ضد قارچی شدیدی را در آزمایشهای درون شیشه‌ای نشان می‌دهند، اما این خاصیت تنها نشانه‌ای از قابلیت آنها برای مدیریت بیماریهای گیاهی نیست، زیرا گاهی ممکن است آزمایش درون شیشه‌ای نتیجه متفاوتی با آزمایش در زیوه داشته باشد. این تفاوت به دلیل برهمکنش بین میزبان، بیمارگر و محیط است که می‌تواند تأثیر زیادی روی فیزیولوژی و متابولیسم میزبان و بیمارگر بگذارد. بنابراین انجام آزمایشهای در زیوه برای بررسی دقیق کارایی اسانسها در مدیریت بیماریهای گیاهی و تجاری سازی آنها ضروری است (Bishop and Thornton 1997). مثال‌های متعددی وجود دارد که کارایی اسانسها را در مدیریت بیماریهای گیاهی در آزمایشهای در شیشه و در زیوه نشان می‌دهد که به برخی از آنها در جدول ۱ اشاره شده است.

### ۳- چالشهای استفاده از اسانسها در مدیریت بیماریهای گیاهی

برخی اسانسها در محصولات گیاهی اختلال ایجاد کرده، منجر به بروز مشکلاتی مانند کاهش تنفس، افزایش نفوذپذیری سلولها و جلوگیری از ساخت کلروفیل می‌شوند (Mishra and Dubey 1994, 2004, Plaza *et al.* 1998, Mottram). میزان سمیت اسانسها روی محصولات مختلف، با هم متفاوت است. به عنوان مثال اسانس آویشن باغی اثر و عوارض قابل مشاهده‌ای روی توت فرنگی نداشته (Reddy *et al.* 1998) اما سبب آسیب پوستی شدید در مرکبات شده است (Plaza *et al.* 2004). همچنین اسانس لیمو روی میوه گوجه‌فرنگی علائمی ایجاد نکرده ولی عوارض و علائم شدیدی روی پوست هلو به وجود آورده است (Lazar *et al.* 2010). برخی اسانسها سبب ایجاد لکه یا تغییر بو و طعم میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شوند که این امر، کاربرد آنها را محدود می‌کند (Mottram 1998, Ippolito and Nigro 2003). بنابراین باید روش‌هایی یافت که اسانسها بدون ایجاد خسارت روی محصولات کشاورزی، بیماریهای گیاهی را مهار کنند و لازم است پیش از توصیه تجاری اسانسها، از عدم بروز عوارض جانبی مضر آنها در گیاهان اطمینان حاصل شود. برخی اسانسها مانند روغن چای (*Melaleuca alternifolia* (Maiden and Betche) Cheel) در مقادیر زیاد برای حیوانات سمی هستند و ممکن است روی انسانها نیز اثر زیانباری داشته باشند. بنابراین ضروری است که پیش از توصیه تجاری اسانسها مسمومیت احتمالی ناشی از آنها روی انسان و حیوانات مورد بررسی قرار گیرد (Villar 1994, Mishra and Dubey 1994).

جدول ۱- اثر بازدارندگی برخی اسانسها بر بیماری‌گرهای قارچی گیاهی

**Table 1.** Inhibition effect of selected essential oils on fungal plant pathogens

Source plant for essential oil extraction	Target organism	Essential oil concentration	Inhibition (%)	References
زیره سیاه قفقازی ( <i>Carum copticum</i> (L.) C. Clarke	<i>Alternaria solani</i>	ppm 400	100	Babagoli and Behdad 2012
آویشن باغی ( <i>Thymus vulgaris</i> )	<i>Penicillium italicum</i>	( $\mu\text{L mL}^{-1}$ ) 0.13	100	Vitoratos <i>et al.</i> 2013
لیمو ( <i>Citrus limon</i> L.)	<i>Botrytis cinerea</i>	( $\mu\text{L mL}^{-1}$ ) 17	100	Vitoratos <i>et al.</i> 2013
علف لیمو ( <i>Cymbopogon flexuosus</i> (Nees ex (Steud.) Wats	<i>Alternaria alternata</i> <i>Fusarium semitectum</i> <i>Lasiodiplodia theobromae</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	اسانس خالص (روش نشست در دیسک)	100	Espitia <i>et al.</i> 2012
رازیانه ( <i>Foeniculum vulgare</i> Mill	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) 150	100	تیموری و رهنما ۱۳۹۲
آویشن شیرازی ( <i>Zataria multiflora</i> Boiss	<i>Phytophthora drechsleri</i>	( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) 1000	100	Mohammadi <i>et al.</i> 2015
آویشن ( <i>Thymus kotschyanus</i> Boiss. and (Hohen	<i>Botrytis cinerea</i>	( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) 300	100	حسینی و همکاران ۱۳۸۸
اسطوخودوس ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Aspergillus niger</i>	( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) 1000	100	رنجبر و همکاران ۱۳۸۷
آویشن دنایی ( <i>Thymus daenensis</i> Celak		( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) 600		
نعناع فلفلی ( <i>Mentha piperita</i> L.	<i>Penicillium expansum</i>	( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) 300	100	صفری و همکاران ۱۳۹۳
مرزه خوزستانی ( <i>Satureja khuseztanica</i> Jamzad		( $\mu\text{L mL}^{-1}$ ) 600		
مخلوط اسانس رازیانه و رزماری ( <i>Rosmarinus officinalis</i> (L.	<i>Fusarium oxysporum</i>	(ppm) 100	100	سالک معراجی و همکاران ۱۳۹۳
زیره سبز ( <i>Cuminum cyminum</i> L.	<i>Botrytis cinerea</i>	(ppm) 200	100	مونسان و همکاران ۱۳۹۵
زیره سیاه ( <i>Carum carvi</i> L.)		(ppm) 800		
نعناع فلفلی	<i>Cladosporium oxysporum</i>	( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) 600	100	چهری و حیدری‌نیا ۱۳۹۵
آویشن شیرازی ( <i>Zataria multiflora</i> Boiss	<i>Botrytis cinerea</i>	(ppm) 200	100	ذاکر و همکاران ۱۳۹۵
مرزه وحشی ( <i>Satureja hortensis</i> L				

جدول ۱- اثر بازدارندگی برخی اسانسها بر بیمارگرهای قارچی گیاهی (ادامه)

**Table 1.** Inhibition effect of selected essential oils on fungal plant pathogens (Continue)

Source plant for essential oil extraction	Target organism	Essential oil concentration	Inhibition (%)	References
مرزه وحشی	<i>Aspergillus flavus</i>	400 ( $\mu\text{L L}^{-1}$ )	100	امتی و همکاران ۱۳۹۵
چمن معطر ( <i>Cymbopogon flexuosus</i> )	<i>Penicillium digitatum</i>	100 (ppm)	21	Ojo 2014
		300 (ppm)	54	
		600 (ppm)	71	
ریحان ( <i>Ocimum gratissimum</i> )		600 (ppm)	10	
		900 (ppm)	29	
به لیمو ( <i>lippia alba</i> )		1200 (ppm)	35	
شیشه‌شور ( <i>Callistemon lanceolatus</i> )			20	
بالنگ ( <i>Citrus medica</i> )	<i>Botrytis cinerea</i>	500 (ppm)	30	Tripathi et al. 2008
نارنگی ( <i>Citrus reticulata</i> )			45	
گل ابری ( <i>Ageratum conyzoides</i> )			60	
آویشن باغی ( <i>Thymus vulgaris</i> L.)	<i>Botrytis cinerea</i>	500 ( $\mu\text{L mL}^{-1}$ )	100	آزمایشهای در زیوه Gebel and Magurno 2014
آویشن باغی	<i>Alternaria citri</i>	500 ( $\mu\text{L L}^{-1}$ )	100	Ramezani et al. 2016
آویشن شیرازی	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	250 (ppm)	80	Abd-Alla and Haggag 2013
خردل چینی ( <i>Brassica juncea</i> L.)				
مخلوط اسانس میخک هندی ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) و رزماری	<i>Podosphaera xanthii</i>	0.8 ( $\text{mL L}^{-1}$ ) برای میخک هندی و ۱/۶ ( $\text{mL L}^{-1}$ ) برای رزماری	16	Sturchio et al. 2014
دارچین ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> )	<i>Phaeoisariopsis personata</i>	10 ( $\mu\text{L mL}^{-1}$ )	53	Kishore et al. 2007
		5 ( $\mu\text{L mL}^{-1}$ )	37	
		10 ( $\mu\text{L mL}^{-1}$ )	58	
میخک ( <i>Syzygium aromaticum</i> )		5 ( $\mu\text{L mL}^{-1}$ )	42	
رازیانه	<i>Botrytis cinerea</i>	1000 ( $\mu\text{L L}^{-1}$ )	15	پیغامی آشنایی و همکاران ۱۳۸۶
نعناع	<i>Penicillium</i> spp.	750 ( $\text{mL L}^{-1}$ )	74	ابوطالبی و همکاران ۱۳۹۰



#### ۴- تجاری‌سازی اسانسها

اگرچه پژوهشها نشان داده است که برخی اسانسها به اندازه ترکیبات شیمیایی در مهار برخی بیماریهای گیاهی مؤثرند، از نظر صنعتی، تاکنون رغبت چندانی نسبت به تجاری‌سازی اسانسها به عنوان جایگزین سموم شیمیایی وجود نداشته است. این موضوع ناشی از کارایی پایینتر اغلب اسانسها در مقایسه با قارچکش‌های شیمیایی، هزینه زیاد تولید گیاهان مولد آنها و مشکلات ثبت تجاری آنها است، اما در پژوهشهای آتی ممکن است با ترکیب کردن موادی که خاصیت هم‌افزایی در مهار بیماریهای گیاهی دارند و اثبات این که این ترکیبات جدید به اندازه قارچکش‌های شیمیایی در مهار بیماریهای گیاهی مؤثرند، بر این مشکلات غلبه شود. با وجود این مشکلات، برخی اسانسها به صورت تجاری برای مهار بیماریهای گیاهی به بازار عرضه شده‌اند. به عنوان مثال TALENT® که از اسانس زیره سیاه اروپایی (*Carum carvi* L.) به دست آمده و قادر است غده‌های سیب‌زمینی را در برابر پوسیدگی محافظت کند و قارچ‌کش‌های Cinnamite™ و Valero™ که از اسانس دارچین تهیه و به ترتیب برای استفاده در محصولات گلخانه‌ای و مرکبات توصیه شده‌اند، نمونه‌هایی از سموم مبتنی بر اسانسهای گیاهی ارائه شده به بازار هستند (Isman 2000, Bishop and Thornton 1997).

#### نتیجه‌گیری

برخی اسانسهای گیاهی به دلیل فعالیت قابل توجه در برابر قارچهای بیمارگر گیاهان، توان بالقوه بالایی برای مدیریت بیماریهای گیاهی دارند. اسانسهای گیاهی ترکیبات طبیعی هستند که معمولاً به صورت انتخابی عمل می‌کنند و روی محیط‌زیست و جانداران غیرهدف، اثر مضر اندکی دارند. با توجه به تقاضای رو به افزایش محصولات سالم و علاقه به مهار بیمارگرهای گیاهی با استفاده از ترکیبات طبیعی به نظر می‌رسد که بازار قابل توجهی برای قارچ‌کش‌های مبتنی بر اسانسها در دنیا وجود دارد. اما قارچ‌کش‌های مبتنی بر اسانسها برای به دست آوردن این بازار باید روی انسان و محیط‌زیست اثر مخربی نداشته باشند، کیفیت محصولات کشاورزی را کاهش ندهند و از نظر اقتصادی برای تولیدکنندگان مقرون به صرفه باشند. اکنون چندین قارچکش که ماده موثره آنها اسانسهای گیاهی است در بازار موجود می‌باشد، که می‌توان آنها را برای مدیریت بیماریهای قارچی گیاهان گلخانه‌ای و درختان میوه پیشنهاد کرد.

#### References

#### منابع

۱. ابوطالبی ع. و محمدی م. ۱۳۹۰. اثر اسانس گیاهان دارویی بر ثبات کیفیت و مدیریت پوسیدگی پس از برداشت نارنگی کینو. به‌زرعی نهال و بذر ۲۷: ۵۰۴-۵۰۱.

۲. امتی ف.، حسینی ع.، فوقانی ا. و محمدی ع. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر اسانس مرزه دائمی و آویشن شیرازی در کنترل قارچ *Aspergillus flavus* مولد آفلاتوکسین. دومین همایش ملی پایش و پیش آگاهی در گیاهپزشکی. گنبدکاووس، ایران. ۵۱۶-۵۱۲.
۳. پیغامی آشنایی س.، فرزانه م.، هادیان ج.، شریفی تهرانی ع. و قربان پور م. ۱۳۸۶. بررسی اثر چند اسانس گیاهی در کنترل بیماری کپک خاکستری سیب در اثر *Botrytis cinerea*. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی ۷: ۱۰-۱.
۴. تیموری س. و رهنما ک. ۱۳۹۲. بررسی اثرات ضد قارچی چند اسانس گیاهی در رشد قارچ عامل پوسیدگی سفید ساقه کلزا (*Sclerotinia sclerotiorum*) در شرایط آزمایشگاه. تحقیقات بیماریهای گیاهی ۵: ۳۰-۲۳.
۵. حسنی ع.، جلیلی مرندی ر. و قوستا ی. ۱۳۸۸. استفاده از اسانسهای گیاهی برای کنترل بیماری کپک خاکستری (*Botrytis cinerea*) میوه‌های گلابی. علوم باغبانی ایران ۴۰: ۹۴-۸۵.
۶. چهری خ. و حیدری‌نیا م. ۱۳۹۵. ارزیابی پتانسیل بازدارندگی اسانس گیاه نعنای فلفلی (*Mentha piperita*) روی رشد قارچهای *Cladosporium oxysporum* و *Penicillium oxalicum*. دومین همایش ملی پایش و پیش آگاهی در گیاهپزشکی. گنبدکاووس، ایران. ۳۶۳-۳۶۰.
۷. ذاکر م.، بلندنظر ع. و محمدی ع. ۱۳۹۵. خاصیت قارچکشی اسانسهای آویشن شیرازی و دو گونه مرزه در کنترل قارچ عامل پوسیدگی خاکستری انگور (*Botrytis cinerea*). دومین همایش ملی پایش و پیش آگاهی در گیاهپزشکی. گنبدکاووس، ایران. ۵۱۱-۵۰۷.
۸. رنجبر ح.، فرزانه م.، هادیان ج.، میرجلیلی م. و شریفی ر. ۱۳۸۷. اثر ضد قارچی چند اسانس گیاهی بر بیماریهای پس از برداشت میوه توت فرنگی. پژوهش و سازندگی ۸۱: ۶۰-۵۴.
۹. سالک معراجی ه.، سالک نقدی ر. و تفرشی خ. ۱۳۹۳. اثر بازدارندگی اسانس گیاه دارویی رزماری و رازیانه بر قارچ *Fusarium oxysporum*. تحقیقات بیماریهای گیاهی ۳: ۶۸-۵۷.
۱۰. صفری ن.، همتی ر.، فرزانه م. و چگینی س. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر اسانس سه گونه گیاه دارویی آویشن دناپی، نعنای فلفلی و مرزه خوزستانی در کنترل *Penicillium expansum* عامل پوسیدگی کپک آبی سیب. پژوهش‌های کاربردی در گیاهپزشکی ۳: ۳۳-۱۹.
۱۱. مونسان ف.، مجیدی هروان ا. و زرین نیا و. ۱۳۹۵. ارزیابی خواص ضد میکروبی اسانس دانه گیاهان رازیانه، زیره سیاه و زیره سبز بر قارچ *Botrytis cinerea* تحت شرایط *In vitro*. دومین همایش ملی پایش و پیش آگاهی در گیاهپزشکی. گنبدکاووس، ایران. ۳۳۶-۳۳۳.

12. Abd-Alla M. A. and Haggag W. M. 2013. Use of some plant essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of anthracnose disease of mango fruits (*Mangifera indica* L.) caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (penz). *International Journal of Agriculture and Forestry* 3:1-6.
13. Arshad Z., Hanif M. A., Qadri R. W. K., Khan M. M., Babarinde A., Omisore G. O., Babalola J. O., Syed S., Mahmood Z., Riaz M. and Latif S. 2014. Role of essential oils in plant diseases protection: a review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences* 6:11-17.
14. Babagoli M. A. and Behdad E. 2012. Effects of three essential oils on the growth of the fungus *Alternaria solani*. *Journal of Research in Agricultural Science* 8:45-57.
15. Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Zhiri A., Baudoux D. and Idaomar M. 2006. Antigenotoxic effects of three essential oils in diploid yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) after treatments with UVC radiation, 8-MOP plus UVA and MMS. *Mutation Research* 606: 27-38.
16. Bishop C. D. and Thornton I. B. 1997. Evaluation of the antifungal activity of the essential oils of *Monarda citriodora* var. *citriodora* and *Melaleuca alternifolia* on post-harvest pathogens. *Journal of Essential Oil Research* 9:77-82.
17. Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology* 94:223-253.
18. Chen Y., Zeng H., Tian J., Ban X., Ma B. and Wang Y. 2013. Antifungal mechanism of essential oil from *Anethum graveolens* seeds against *Candida albicans*. *Journal of medical microbiology*, 62:1175-1183.
19. Crosthwaite D. 1998. UK trade within the flavour and fragrance industry. Proceedings of 21<sup>st</sup> International Conference on Essential Oils and Aroma's, London, England, pp. 6-12.
20. de Billerbeck V. G., Roques C. G., Bessière J. M., Fonvieille J. L. and Dargent R. 2001. Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson essential oil on the growth and morphogenesis of *Aspergillus niger*. *Canadian Journal of Microbiology* 47:9-17.
21. Espitia P., Soares N., Botti L., Melo N., Pereira O. and Silva W. 2012. Assessment of the efficiency of essential oils in the preservation of postharvest papaya in an antimicrobial packaging system. *Brazilian Journal of Food Technology* 15:333-342.
22. Gebel M. P. and Magurno F. 2014. Assessment of the antifungal potential of the essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* causative agent of postharvest grey mould on strawberry fruits. *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 1:17-24.
23. Guenther E. 1948. The Essential Oils. D. Van Nostrand Press, New York, USA, 214p.

24. Hadacek F. and Greger H. 2000. Testing of antifungal natural products: methodologies, comparability of results and assay choice. *Phytochemical Analysis* 11:137-147.
25. Hammer K., Carson C. and Riley T. 2004. Antifungal effects of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil and its components on *Candida albicans*, *Candida glabrata* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 53:1081-1085.
26. Ippolito A. and Nigro F. 2003. Natural antimicrobials in postharvest storage of fresh fruits and vegetables. Pp: 201-234. *In*: S. Roller (ed.). Natural Antimicrobials for the Minimal Processing of foods, Woodhead Publishing, England.
27. Iscan G., Iscan A. and Demirci F. 2016. Anticandidal effects of thymoquinone: Mode of action determined by transmission electron microscopy (TEM). *Natural Product Communications* 11:977-978.
28. Isman M. B. and Machial C. M. 2006. Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. Pp: 29-44. *In*: M. Rai and M. C. Carpinella (eds.). Naturally Occurring Bioactive Compounds, Elsevier, USA.
29. Isman M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection* 19:603-608.
30. Kishore G. K., Pande S. and Harish S. 2007. Evaluation of essential oils and their components for broad-spectrum antifungal activity and control of late leaf spot and crown rot diseases in peanut. *Plant Disease* 91:375-379.
31. Kong W., Huang C., Chen Q., Zou Y. and Zhang J. 2012. Nitric oxide alleviates heat stress-induced oxidative damage in *Pleurotus eryngii* var. *tuoliensis*. *Fungal Genetics and Biology* 49:15-20.
32. Kurita N., Miyaji M., Kurane R. and Takahara Y. 1981. Antifungal activity of components of essential oils. *Agricultural and Biological Chemistry* 45:945-952.
33. Lanciotti R., Gianotti A., Patrignani F., Belletti N., Guerzoni M. E. and Gardini F. 2004. Use of natural aroma compounds to improve shelf-life and safety of minimally processed fruits. *Trends in Food Science and Technology* 15:201-208.
34. Lazar E. E., Jobling J. J. and Benkeblia N. 2010. Postharvest disease management of horticultural produce using essential oils: Today's prospects. *Stewart Postharvest Review* 3:1-10
35. Mishra A. K. and Dubey N. K. 1994. Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commodities. *Applied and Environmental Microbiology* 60:1101-1105.
36. Mohammadi A., Hashemi M. and Hosseini S. M. 2015. Comparison of antifungal activities of various essential oils on the *Phytophthora drechsleri*, the causal agent of fruit decay. *Iranian Journal of Microbiology* 7:31-37.
37. Mottram D.S. 1998. Chemical tainting of foods. *International Journal of Food Science and Technology* 33:19-29.

38. Ojo O. 2014. Antifungal activity of essential oils from some tropical plants against *Penicillium digitatum* infected *Citrus sinensis* fruit during storage. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 7:981-987.
39. Plaza P., Torres R., Usall J., Lamarca N. and Vinas I. 2004. Evaluation of the potential of commercial post-harvest application of essential oils to control citrus decay. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79:935-940.
40. Ramezani A., Azadi M., Mostowfizadeh-Ghalefarsa R. and Saharkhiz M. J. 2016. Effect of *Zataria multiflora* Boiss and *Thymus vulgaris* L. essential oils on black rot of 'Washington Navel' orange fruit. *Postharvest Biology and Technology* 112:152-158.
41. Rasooli I., Rezaei M. B. and Allameh A. 2006. Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-parlock*. *Food Control* 17:359-364.
42. Reddy M. B., Angers P., Gosselin A. and Arul J. 1998. Characterization and use of essential oil from *Thymus vulgaris* against *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits. *Phytochemistry* 47:1515-1520.
43. Sharma N. and Tripathi A. 2006. Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post-harvest pathogens. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22:587-593.
44. Shen Q., Zhou W., Li H., Hu L. and Mo H. 2016. ROS involves the fungicidal actions of thymol against spores of *Aspergillus flavus* via the induction of nitric oxide. *PLoS One* 11:e0155647.
45. Souza E., Lima E., Freire K. and Sousa C. 2005. Inhibitory action of some essential oils and phytochemicals on the growth of various moulds isolated from foods. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48:245-250.
46. Sturchio E., Donnarumma L., Annesi T., Milano F., Casorri L., Masciarelli E., Zanellato M., Meconi C. and Boccia P. 2014. Essential oils: an alternative approach to management of powdery mildew diseases. *Phytopathologia Mediterranea* 53:385-395.
47. Tripathi P., Dubey N. and Shukla A. 2008. Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by *Botrytis cinerea*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24:39-46.
48. Villar D., Knight M. J., Hansen S. R. and Buck W. B. 1994. Toxicity of melaleuca oil and related essential oils applied topically on dogs and cats. *Veterinary and Human Toxicology* 36:139-142.
49. Vitoratos A., Bilalis D., Karkanis A. and Efthimiadou A. 2013. Antifungal activity of plant essential oils against *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41:86-92.
50. Yutani M., Hashimoto Y., Ogita A., Kubo I., Tanaka T. and Fujita, K.I. 2011. Morphological changes of the filamentous fungus *Mucor mucedo* and inhibition

of chitin synthase activity induced by anethole. *Phytotherapy Research* 25:1707-1713.

51. Zambonelli A., d'Aulerio A. Z., Bianchi A. and Albasini A. 1996. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro. *Journal of Phytopathology* 144:491-494.