Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 39, No. 2, Summer 2025, p. 235-249

Antifungal Effect of Some Essential Oils on Increasing Shelf Life and Quality Parameters of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit

M. Bahrami[1], M. Jahani[1*], M.H. Aminifard[2]

1- Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2- Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding author's Email: mjahani@birjand.ac.ir)

Received: 20 July 2024
Revised: 18 October 2024
Accepted: 22 October 2024
Available Online: 22 October 2024

How to cite this article:
Bahrami, M., Jahani, M., & Aminifard M.H. (2025). Antifungal effect of some essential oils on increasing shelf life and quality parameters of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Horticultural Science, 39*(2), 235-249. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88958.1363

Introduction

Long term storage of pomegranate fruit is compromised by pathogens that cause postharvest rots and decay. Pomegranatesare predisposed to attack from various pathogens at pre- and/or postharvest stage, which has a significant impact on fruit quality and storage life. These pathogens often cause damage to the tissues, thereby making the fruit unsaleable. A significant portion of pomegranate pre- and postharvest losses is attributed to diseases associated with various bacterial and fungal species. The use of plant essential oils is considered as a new idea in reducing post-harvest waste and increasing the storage life of horticultural products and controlling fungal contamination in developed agriculture. This study was conducted with the aim of determining the antifungal effect of some herbal essential oils in different concentrations on pomegranate fruit to prevent the growth of Penicillium fungus *in vitro* and *in vivo*.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of the essential oils of some medicinal plants on the fungus *Penicillium*sp. in pomegranate fruit in *in vivo* and *in vitro* conditions, a factorial experiment was conducted in the form of a completely randomized design with three replications at the Faculty of Agriculture of Birjand University in 2022. The first factor included the type of essential oil: Ginger, Zenian, Tarragon and Cardamom essential oils, and the second factor included the concentration of essential oil at five levels (0, 200, 400, 600, and 800 microliters.liter^{-1}).The index measured in *in vitro* conditions was the radial growth of the fungus. The indicators measured *in vivo* conditions include appearance of the fruit, TSS, pH, total acidity (meq.g^{-1}), total phenol (mg galic acid.100 g^{-1} FW), antioxidant (%), antocyanin (mg.g^{-1}) and tissue firmness. Finally, the experimental data were statistically analyzed using SAS program and comparison of means was performed by LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the increase in the concentration of essential oils also increases their antifungal activity, so the highest inhibition rate was observed in Ginger essential oil and the lowest in Cardamom essential oil on the growth of the fungus colony. The strongest antifungal activity was observed with the essential oils of ginger, zedoary (Zenian), tarragon, and cardamom, in that order. Notably, no fungal growth was detected in samples treated with ginger essential oil throughout the entire sampling period. These results indicate that the tested essential oils effectively inhibited fungal colony growth and demonstrated significant antifungal potential.In *in vivo* conditions, the best fruit appearance was obtained in pomegranates impregnated with Zenian and Ginger essential oils, and the least was observed in Cardamom essential oil. Ginger essential oil had the highest amount of soluble solids. The highest pH value of fruit juice was obtained from Ginger essential oil and the lowest pH

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88958.1363

value was obtained from Tarragon and Cardamom essential oils. The fruits treated with Tarragon essential oil had the highest total acidity. The fruits treated with Ginger essential oil had the highest amount of total phenol. The statistical comparison of the averages showed that the highest percentage of antioxidants was observed in the Ginger essential oil treatment and the lowest antioxidant percentage was found in the Tarragon essential oil treatment. The results showed that the infected fruits treated with Zenian essential oil with a concentration of 800 microliters.liter^{-1} had the highest antioxidant. The results of the comparison of the averages related to the effect of the type of essential oil show that Cardamom and Ginger essential oils had the highest and lowest anthocyanin content, respectively. In this experiment, Ginger essential oil had the highest hardness of the fruit texture and the lowest index was obtained from the essential oil of Zenian.

Conclusions

In general, the results of this research showed that essential oils have antifungal properties in the control of fungal disease after harvest; *in-vitro* tests showed that Cardamom essential oil had a very low fungicidal effect and in the control of *Penicillium* sp. Ginger essential oil had the most fungicidal effect. Antifungal properties increased with increasing the concentration of essential oil, but the antifungal property of Ginger essential oil was 100% in 400-800 concentrations used. Under natural conditions, Ginger and Zenian essential oil has good antifungal activity against *Penicillium*sp.Considering the biodegradability and low toxicity of plant essential oils, the use of Ginger and Zenian essential oil is recommended to increase the shelf life of food products and can be used as disease controllers in agriculture.

Keywords: Anthocyanin, Anti-Pathogen, Inhibitory, Post-Harvest

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴، ص. ۲۴۹-۲۳۵

بررسی اثر ضدقارچی برخی اسانس‌های گیاهان دارویی بر افزایش عمر انبارمانی و مشخصه‌های کیفی میوه انار (*Punica granatum* L.)

مینا بهرامی[۱]- مهدی جهانی[۱*]- محمدحسین امینی فرد[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱

چکیده

عصاره و اسانس برخی از گیاهان دارویی دارای خاصیت ضدمیکروبی می‌باشند، که جایگزین مناسبی برای قارچ‌کش‌های شیمیایی محسوب می‌گردند، لذا استفاده از اسانس‌های گیاهی در افزایش انبارمانی و حفظ کیفیت محصولات باغبانی به‌عنوان ایده‌ای جدید در کشاورزی نوین مطرح می‌باشد. این مطالعه به‌منظور تعیین اثر ضدقارچی اسانس‌های زنجبیل، زنیان، ترخون و هل در پنج غلظت صفر، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر روی میوه انار (*Punica granatum* L.) رقم 'شیشه‌کپ' جهت جلوگیری از رشد قارچ *پنی‌سیلیوم* در شرایط *in vitro* و *in vivo* اجرا شده است. نتایج آزمایش *in vitro* نشان داد که افزایش غلظت اسانس‌ها، فعالیت ضدقارچی آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد، به‌طوری‌که کم‌ترین قطر هاله قارچ از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس به دست آمد. مقایسه میانگین نوع اسانس نشان داد که بیش‌ترین میزان بازدارندگی از رشد قارچ در اسانس زنجبیل و کم‌ترین میزان در اسانس هل بر روی رشد کلنی قارچ مشاهده شد. نتایج اثر متقابل نشان داد که غلظت‌های بالاتر از ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس زنیان مانع رشد ۱۰۰ درصدی کلنی قارچ شدند. در شرایط *in vivo*، بهترین ظاهر میوه در انارهای آغشته به اسانس‌های زنیان و زنجبیل به دست آمد وکم‌ترین آن در اسانس هل مشاهده شد. اسانس زنجبیل دارای بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول (۱۵/۷۹)، فنل کل (۰/۱۹۴ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و سفتی بافت میوه (۷/۶۷ نیتون بر کیلوگرم) بود. بیش‌ترین pH آب میوه و میزان آنتی‌اکسیدان از تیمار اسانس زنجبیل و زنیان حاصل شد. بیش‌ترین میزان آنتی‌اکسیدان میوه‌های انار آلوده به قارچ *پنی‌سیلیوم* در تیمار ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس زنیان به دست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که می‌توان از اسانس‌های گیاهی زنجبیل و زنیان به‌عنوان مهارکننده بیماری‌های پس از برداشت در محصولات کشاورزی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، بازدارندگی، پس از برداشت، ضدقارچ

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. متعلق به خانواده Punicaceae است. انار یکی از قدیمی‌ترین میوه‌های شناخته‌شده است که در مناطق کویری با تابستان‌های گرم محصول خوبی می‌دهد (Meighani *et al.*, 2014). میوه انار سرشار از ترکیبات پلی فنلیک (گالوتانین، الاژیتانوپلتیرین) است و به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی و ضداسهالی خود شناخته شده است (Brighenti *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2022).

قارچ‌ها شایع‌ترین بیمارگرهای پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات در سراسر جهان هستند (Xiao & Rogers, 2004). جنس *پنی‌سیلیوم* دارای تعداد گونه‌های متعددی بوده و برخی از آن‌ها در گیاهان ایجاد بیماری می‌کنند. برخی از گونه‌های قارچ *پنی‌سیلیوم* اتیلن تولید می‌کنند که باعث تغییر رنگ و رسیدن سریع میوه‌ها می‌شود و قابلیت نگهداری را کاهش می‌دهد (Aidoo *et al.*, 1991). گونه‌های مربوط به این

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: mjahani@birjand.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88958.1363

جنس، بیش‌تر میوه‌ها را آلوده کرده و منجر به ظهور لکه‌هایی عموماً سبز رنگ روی میوه‌هایی نظیر هلو (*Prunus persica* L.)، سیب (*Malus domestica* Borkh) و پرتقال (*Citrus sinensis* L.) می شوند. بنابراین، به این طریق باعث کاهش کیفی محصولات تولیدی می‌شوند (Louw & Korsten, 2014).

مدیریت پس از برداشت بیمارگرهای بیماری‌زا در محصولات تازه عمدتاً با استفاده از قارچ‌کش‌ها انجام می‌شود (El-Ramady *et al.*, 2014; Mari *et al.*, 2014). با توجه به افزایش نگرانی‌های بشر نسبت به سلامت انسانی ناشی از باقی‌مانده مصرف سموم روی محصولات کشاورزی، استفاده از روش‌های جایگزین به‌جای قارچ‌کش‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Teksur, 2015). استفاده از اسانس‌ها به‌عنوان جایگزینی برای قارچ‌کش‌های مصنوعی، پتانسیل زیادی برای مهار بیماری‌های پس از برداشت در محصولات تازه نشان داده است (Sivakumar & Bautista-Baños, 2014; Antunes & Cavaco, 2010).

اسانس‌ها دارای ترکیبات پیچیده فعال مانند فنل‌ها، هیدروکربن‌ها، الکل‌ها، کتون‌ها و آلدهیدها هستند که یک اثرهم‌افزایی در اجزاء آن مشاهده شده و توانایی جلوگیری از گسترش پوسیدگی‌های قارچی را در میوه دارند (Oliveira *et al.*, 2019). کاربرد اسانس و عصاره‌های گیاهی برای مهار بیماری‌های پس از برداشت نه‌تنها خطری برای سلامت انسان ندارد، بلکه با خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی که اسانس دارد موجب افزایش کیفیت و عمر انباری میوه می‌شود (Ramezanian *et al.*, 2016).

در یک بررسی مشخص گردید که در بین اسانس‌های گیاهی، آویشن باغی، دارچین، رزماری و مرزنجوش، بیش‌ترین فعالیت ضدقارچی را اسانس‌های آویشن باغی و دارچین جهت مهار *Penicillium expansum* و *Botrytis cinerea* روی میوه گلابی (*Pyrus Communis* L.) داشتند که از طریق زخم‌زنی و مایه‌زنی روی میوها ایجاد شده بود (Nikkhah *et al.*, 2017). محققان در بررسی اثر ضدقارچی اسانس نعناع در غلظت‌های ۶۲/۵، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر بر روی سویه‌های قارچ *پنی‌سیلیوم* (*P. expansum*, *P. citrinum*, *P. crustosum*) دریافتند که مهار رشد سویه‌های مذکور به‌طور معنی‌داری به غلظت اسانس بستگی دارد و غلظت ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس فعالیت ضدقارچی بیش‌تری در برابر رشد گونه‌های قارچی مورد مطالعه داشت (Valkova *et al.*, 2023). محققان در بررسی تأثیر عصاره گیاهان زنجبیل (*Zingiber officinale*)، سیر (*Allium sativum*)، علف لیمو (*Cymbopogon*) و چیلی (*Capsicum annuum*) و مدت زمان نگهداری بر کیفیت میوه لیموی کفیر (*Citrus hystrix*) گزارش کردند که کم‌ترین درصد کاهش وزن میوه، pH آب میوه و مواد جامد محلول و بیش‌ترین استحکام بافت میوه، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون و آسکوربیک اسید، با کاربرد اسانس سیر حاصل شد (Samad *et al.*, 2019). نتایج آزمایشگاهی جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2020) نشان داد که رشد *Penicillium* sp. به‌طور کامل با استفاده از روغن انیسون در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر مهار شد.

با توجه به اثرات زیان‌بار باقی‌مانده سموم برای محیط زیست و مصرف‌کنندگان، این پژوهش به‌منظور تعیین اثر ضدقارچی اسانس‌های زنجبیل، زنیان، ترخون و هل علیه قارچ *پنی‌سیلیوم* در شرایط *in vitro* و *in vivo* روی میوه انار مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر چهار اسانس گیاهی شامل اسانس‌های زنیان، ترخون، زنجبیل و هل در غلظت‌های مختلف و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کامل تصادفی در دو شرایط آزمایشگاهی روی محیط کشت PDA و در آزمایش دوم روی میوه‌های انار علیه قارچ *Penicillium* sp. مورد بررسی قرار گرفت.

جداسازی و خالص‌سازی قارچ‌ها

در ابتدا برای جداسازی جدایه‌های قارچی، میوه‌های آلوده انار که دارای علائم بودند، جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. از نقاط آلوده میوه، ریزنمونه‌هایی تهیه شدند تا پس از ضدعفونی با سدیم هیپوکلریت یک درصد به‌مدت دو تا سه دقیقه و سه بار شست‌وشو با آب مقطر استریل، در داخل تشتک‌های حاوی محیط کشت سیب زمینی-دکستروز آگار کشت و به انکوباتور با دمای ۲۸-۲۵ درجه سلسیوس منتقل گردید. پس از بررسی نمونه‌ها و رشد آن‌ها براساس شکل هاله قارچ و تهیه اسلایدهای میکروسکوپی با استفاده از کلیدهای موجود قارچ‌ها شناسایی گردید. برای خالص‌سازی از محیط کشت آب-آگار و روش تک اسپور کردن استفاده شد (Nelson *et al.*, 1983).

اسانس‌های مورد استفاده در آزمایش

اسانس‌های گیاهان دارویی زنیان، ترخون، زنجبیل و هل از شرکت طب دارو تهیه شد.

بررسی فعالیت ضدقارچی در شرایط آزمایشگاه

اثرات ضدقارچی اسانس‌های مذکور بر روی قارچ *پنی‌سیلیوم*، به‌روش اختلاط اسانس در غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر با محیط کشت PDA بررسی شد. در این روش، محیط کشت PDA در ارلن‌های یک لیتری تهیه شد و اتوکلاو گردید.

پس از سرد شدن محیط تا دمای ۴۲ تا ۴۵ درجه سلسیوس، اسانس‌ها در غلظت‌های متفاوت به محیط اضافه و به هم زده شدند تا امولسیونی کاملاً یکنواخت پدید آید. برای حلالیت بهتر اسانس‌ها در محیط کشت از توین ۸۰ استفاده شد. محیط‌های حاصل بلافاصله درون ظروف پتری به قطر نُه سانتی‌متر تقسیم و اجازه داده شد تا محیط جامد گردد. هم‌چنین در تمامی تیمارها سه پتری محیط کشت بدون اضافه نمودن اسانس (غلظت صفر اسانس) به‌عنوان محیط شاهد در نظر گرفته شد. پس از جامد شدن محیط، به‌وسیله لوپ استریل دیسک‌هایی به قطر پنج میلی‌متر از حاشیه میسیلیوم‌های قارچ هفت روزه را برداشته و به‌صورت معکوس روی محیط کشت (در قسمت وسط ظروف پتری حاوی محیط کشت) قرار داده شد. قارچ‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در انکوباتور نگهداری شدند. این آزمایش با سه تکرار برای هر تیمار و شاهد انجام گرفت. میزان رشد رویشی هاله قارچ‌ها تا زمانی که سطح محیط کشت پتری شاهد توسط قارچ کاملاً اشغال شود به فاصله هر سه روز اندازه گیری شد (Abbott, 1925).

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی طراحی و اجرا شد. داده‌ها به‌روش تجزیه واریانس (ANOVA) آنالیز و میانگین داده‌ها به‌روش LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند از نرم‌افزار SAS 9.4 جهت تجزیه و تحلیل آماری استفاده گردید.

آلوده‌سازی میوه‌ها با سوسپانسیون قارچ

در ابتدا، انارهای رقم 'شیشه‌کپ' از باغی در روستای معصوم آباد شهرستان بیرجند تهیه و با آب مقطر استریل آبکشی سطحی نموده و بر روی کاغذ صافی استریل سترون پهن گردید تا خشک شوند. مراحل بعدی آزمایش در شرایط استریل در اتاق کشت و زیر هود انجام گرفت. سپس میوه‌ها به سوسپانسیون اسپور قارچ (۱×۱۰^{۶} اسپور در میلی‌لیتر آب مقطر استریل) منتقل و به‌مدت سه تا پنج دقیقه در آن نگهداری شدند. برای تهیه سوسپانسیون اسپور قارچ به نسبت $۱۰^{۶}$ اسپور در میلی‌لیتر (Asgari Marjanlu *et al.*, 2009)، ابتدا در سطح تشتک‌های محتوی قارچ با عمر هفت روز، ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون ریخته و پس از خیس خوردن آن توسط پیپت پاستوری که سر آن روی شعله خم شده و به حالت پارو در آمده بود، سطح محیط تراش داده شد تا اسپورها آزاد و جمع‌آوری گردند. با استفاده از لام گلبول شمار[1] یک محلول سوسپانسیون $۱۰^{۶}$ اسپور در میلی‌لیتر تهیه شد و در یک بشر به‌مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر، جهت فرو بردن میوه‌های توت‌فرنگی و آلوده کردن آن‌ها تهیه گردید. بعد از خروج میوه‌ها از سوسپانسیون قارچ، به روی کاغذ صافی منتقل کرده و به‌مدت دو ساعت برای ثابت شدن تلقیح قارچی زیر هود قرار داده شد. در این آزمایش برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس میوه‌های قارچی را درون بشرهای حاوی غلظت‌های مختلف اسانس (محلول اسانس را از مخلوط اسانس به همراه استون و توین ۸۰ (۰/۰۵ درصد) برای حلالیت و جذب بهتر توسط میوه تهیه شد) به‌مدت سه دقیقه غوطه‌ور نموده و بعد از خشک کردن روی کاغذ صافی استریل، داخل ظروف یکبار مصرف و به یخچال با دمای چهار درجه سلسیوس منتقل شدند. سپس خصوصیات مختلف میوه مورد ارزیابی قرار گرفت.

درصد پوسیدگی میوه به‌صورت مشاهده‌ای در پنج درجه مورد بررسی قرار گرفتند: ۵: میوه‌هایی که ظاهر عالی داشتند و رنگ و حالت خود را حفظ کرده بودند. ۴: میوه‌هایی که درصد خیلی کمی حدود زیر ۱۰ درصد خرابی داشتند. ۳: میوه‌هایی که در آن‌ها پوسیدگی مشاهده شد و حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد لهیدگی داشتند و سیاه شده بودند. ۲: میوه‌هایی که از نظر ظاهری و پوسیدگی تا ۵۰ درصد خرابی داشتند. ۱: میوه‌هایی که بیشتر از ۵۰ درصد لهیدگی و سیاهی داشتند (Shiri *et al.*, 2013).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر دستی (RF10, 0-32° Brix, Extech Co., USA) و اسیدیته میوه به‌وسیله دستگاه pH متر دیجیتالی (Metller Toledo, Switzerland) محاسبه شد. اسیدیته کل به‌روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۲ اندازه‌گیری شد (AOAC, 1980). میزان آنتوسیانین با استفاده از روش تغییر اسیدیته تعیین شد (Swain, 1965). میزان فنل کل میوه با استفاده از معرف فولین سیکالتو و به‌وسیله اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Chuah *et al.*, 2008) و برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه از روش خنثی‌کنندگی DPPH (۲،۲–دی فنیل ۱– پیکریل هیدرازیل) تعیین شد (Turkmen *et al.*, 2005). سفتی میوه توسط دستگاه پنترومتر (FHT 200, Extech CO., USA) با نوک دو میلی‌متر انجام شد و برحسب نیوتون بر کیلوگرم گزارش شد.

نتایج و بحث

قطر هاله قارچ *Penicillium* sp.

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده غلظت اسانس بر میانگین قطر هاله قارچ *Penicillium* sp. بود، با توجه به نتایج مقایسه میانگین، غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانسدارای کم‌ترین قطر هاله قارچ (۱۷/۹۱ میلی‌متر) بود و بیش‌ترین قطر هاله قارچ (۴۲/۰۰ میلی‌متر) در شاهد (غلظت صفر) به دست آمد (جدول ۱)، هم‌چنین مشاهده شد که اثر ساده نوع اسانس بر میانگین قطر هاله قارچ معنی‌دار بود، کم‌ترین قطر هاله قارچ مربوط به تیمار اسانس زنجبیل (۸/۷۰ میلی‌متر)

1- Haemocytometer

و بیش‌ترین قطر هاله قارچ مربوط به تیمار هل (۳۸/۸۶ میلی‌متر) بود (جدول ۲). اثر متقابل تیمارها نیز تأثیر معنی‌داری بر میانگین رشد قطر هاله قارچ داشت، به‌طوری‌که تیمار مصرف اسانس زنجبیل در سطوح (۴۰۰ تا ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر) سبب توقف ۱۰۰ درصدی رشد قارچ شد (شکل ۱). نتایج آزمایش جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2020) نشان داد که غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آنیسون در محیط PDA به‌طور کامل رشد قارچ *Penicillium* sp. را مهار کرد. سایر محققان نیز گزارش کردند که غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آنیسون و ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس زیره سیاه به‌طور کامل مانع رشد قطری قارچ *پنی‌سیلیوم* شدند (Aminifard & Bayat, 2017).

سمیت سلولی اسانس عمدتاً به‌دلیل حضور فنل‌ها، آلدئیدها و الکل‌ها است که مانع فعالیت قارچ‌ها می‌شود (Bruni *et al.*, 2003). فعالیت ضدمیکروبی اسانس‌ها می‌تواند مربوط به حضور یک هسته آروماتیک و گروه OH باشد که می‌تواند بر پیوندهای هیدروژنی آنزیم در ریزموجودات اثر بگذارد (Farag *et al.*, 1989). هم‌چنین در برخی از مطالعات گزارش شده است که اسانس‌های گیاهی ممکن است مسیر متابولیکی ریزموجودات را تحت تأثیر قرار دهند. ترکیبات فنلی موجود در اسانس در غلظت‌های پایین، پروتئین را تخریب کرده و در غلظت‌های بالا به آنزیم‌های درگیر در تولید انرژی آسیب می‌زنند (Nychas, 1995). در این آزمایش از اسانس‌های زنجبیل، زنیان، ترخون و هل استفاده گردید که هرکدام از اسانس‌ها، دارای اجزاء مختلفی می‌باشند. ترکیبات شیمیایی اسانس زنجبیل شامل زینجیبرن (ترکیب اصلی) و به‌دنبال آن جرنیال، بیزابولن و آر-کورکومن می‌باشد. بااین‌حال ممکن است حدود ۷۰-۶۰ جزء دیگر در آن باشد. این عوامل مسئول عملکرد ضدمیکروبی اسانس زنجبیل هستند (Sefu *et al.*, 2015) علاوه‌بر این، اسانس زنجبیل دارای ترکیبات شیمیایی چند وجهی است که شامل ترکیبات اصلی و جزئی مربوط به نحوه عملکرد ضدقارچی است. سیترال به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب اسانس زنجبیل شناخته شده است (Cao *et al.*, 2021) و مطالعات مختلف، آن را به‌عنوان مهار چندین بیمارگر باکتریایی و قارچی با کاهش برهم‌کنش ATPase، تغییر ساختار میتوکندری، تخریب دیواره سلولی و غشاء، و ساختار و متابولیسم سلولی تعریف کردند (Wang *et al.*, 2018). هم‌چنین، پیشنهاد شد که فعالیت ضدقارچی اسانس‌ها ممکن است با اثرات هم‌افزایی ترکیبات متابولیک اولیه و ثانویه مرتبط باشد. از این نظر، ترکیبات فرار موجود در زنجبیل ممکن است از رشد قارچ‌ها جلوگیری کند (Kalhoro *et al.*, 2022).

همچنین خاصیت ضدقارچی اسانس زنیان به وجود ترکیبات تیمول، ارا- سایمن و گاما-ترپینن در آن نسبت داده شده است (Bairwa *et al.*, 2012; Astani & Schnitzler, 2014). مطالعات متعددی اثر قارچ کشی مونوترپن‌ها و سزکوئی ترپن‌های اکسیژنه را تأیید می‌کنند (Adekenov, 2017; Petrović *et al.*, 2019). به نظر می‌رسد که درصد بالای ترکیبات ترپنی موجود در اسانس گیاهان جنس ترخون سبب افزایش چشمگیر قابلیت قارچ‌کشی و ارزش دارویی گونه‌های این جنس گیاهی شده است (Li *et al.*, 2019). از طرف دیگر، اجزاء اصلی اسانس گیاه دارویی هل شامل ۱و۸ سینئول، لینالول و آلفا ترپینیل استات می‌باشد (Savan & Küçükbay, 2013). و مطالعات قبلی اثرات ضدمیکروبی فیتوکمیکال‌های مونوترپن مانند ۱،۸-سینئول، آلفا-پینن و آلفا-ترپینل استات و غیره را در برابر تعداد زیادی از باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و عوامل بیماری‌زا نشان داده‌اند (Zielińska-Błajet & Feder-Kubis, 2020).

ظاهر میوه

اثر ساده غلظت و نوع اسانس تأثیر معنی‌داری بر ظاهر میوه‌های انار داشت، امّا این شاخص تحت تأثیر اثر متقابل تیمارها قرار نگرفت. ملاحظه شد که با مصرف ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر، بهترین ظاهر میوه و کم‌ترین این شاخص در شاهد به دست آمد (جدول ۳). در مورد عامل نوع اسانس، بهترین ظاهر میوه در انارهای آغشته به اسانس زنیان و زنجبیل به دست آمد و کم‌ترین آن در اسانس هل مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۱- اثر غلظت‌های مختلف اسانس بر رشد قطری قارچ *Penicillium* sp. در شرایط *in vitro*

Table 1- The effect of the essential oils concentration on the radial growth for *Penicillium* sp. fungi treatments in *in vitro* conditions

غلظت Concentration ($\mu l.l^{-1}$)	0	200	400	600	800
رشد قطری قارچ (میلی‌متر) Radial growth of fungus (mm)	42.00 ^{a}	23.95 ^{b}	21.25 ^{c}	17.04 ^{d}	17.91 ^{d}

* حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

* The common letter indicates no significant difference between treatments by LSD test at 5% levels.

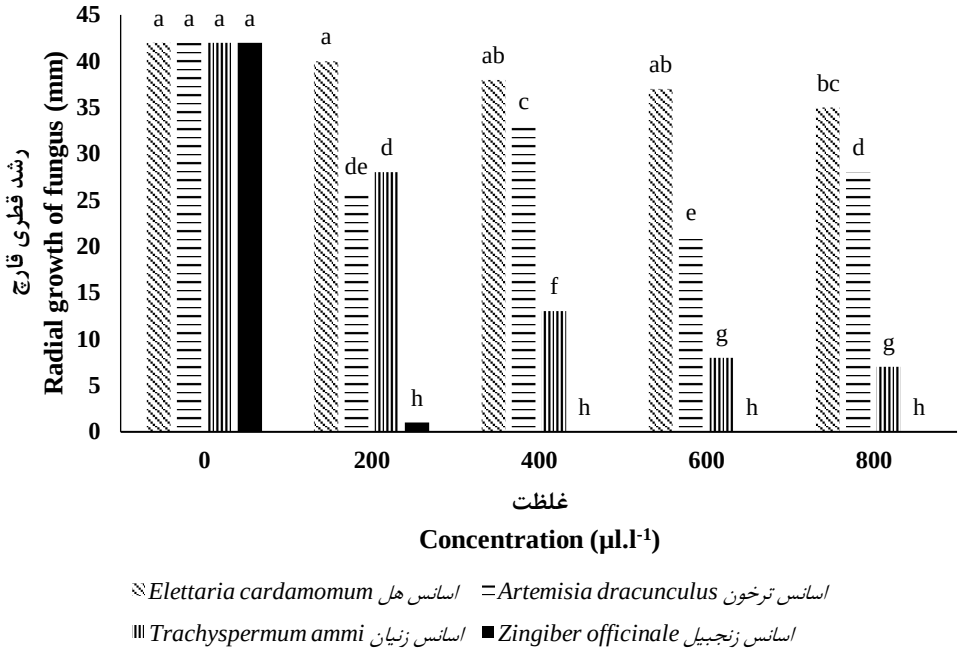
جدول ۲- اثر نوع اسانس‌های مختلف روی رشد قارچ *Penicillium* sp. در شرایط *in vitro*

Table 2- The effect of type of essential oils on the radial growth of *Penicillium* sp. fungi in *in vitro* conditions

اسانس **Essential oil**	زنیان ***Trachyspermum ammi***	ترخون ***Artemisia dracunculus***	زنجبیل ***Zingiber officinale***	هل ***Elettaria cardamomum***
رشد قطری قارچ Radial growth of fungus (mm)	19.86 ^{c}	30.30 ^{b}	8.70 ^{d}	38.86 ^{a}

* حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

* The common letter indicates no significant difference between treatments by LSD test at 5% levels.



شکل ۱- اثر متقابل نوع × غلظت اسانس روی رشد قطری قارچ *Penicillium* sp.

Figure 1- The interaction effect of type × concentration of essential oils on the radial growth of *Penicillium* sp. Fungi (LSD, *p≤0.05*)

پوسیدگی میوه به فعالیت عوامل قارچی تغذیه‌کننده از سطح بافت میوه مربوط می‌شود. کاهش یافتن میزان پوسیدگی با خاصیت ضدباکتریایی و ضدقارچی اسانس مطابقت دارد. کاهش پوسیدگی با کاربرد اسانس‌های گیاهی در میوه‌های سیب (Zhang *et al.*, 2019)، پرتقال (Fatemi *et al.*, 2011)، لمون (*Cymbopogon citratus* L.) (Perez-Alfonso *et al.*, 2012)، گلابی (Nikkhah *et al.*, 2017) و انگور (*Vitis vinifera* L.) (Martinez-Romero *et al.*, 2005) نیز گزارش شده است. کاربرد اسانس‌های گیاهی باعث جلوگیری از رشد باکتری و گونه‌های *پنی‌سیلیوم* و افزایش عمر انباری میوه‌های سیب و فلفل (*Capsicum annuum* L.) شدند (Krasniewska *et al.*, 2014). اثر ضدمیکروبی اسانس‌ها می‌تواند ناشی از آسیب غشاء سلول‌های قارچ به‌وسیله اسانس‌ها باشد (Bakkali *et al.*, 2008). فعالیت ضدقارچی به‌دلیل وجود حلقه آروماتیک و گروه هیدروکسیل در اسانس‌ها است که بر پیوندهای هیدروژنی آنزیم‌های قارچ اثر می‌گذارد (Farag *et al.*, 1989). هر چه تعداد گروه هیدروکسیل روی حلقه‌های فنلی اسانس‌ها بیش‌تر باشد، اثرات سمیت آن‌ها بر قارچ‌ها افزایش می‌یابد (Ultee *et al.*, 2002). ترکیبات فنلی موجود در اسانس‌های گیاهی در غلظت‌های پایین سبب تخریب پروتئین و در غلظت‌های بالا سبب آسیب به آنزیم‌های درگیر در تولید انرژی در ریزجاندار می‌شود (Nychas, 1995). خاصیت آب‌گریزی اسانس‌های گیاهی موجب جایگزینی در قسمت لیپیدی غشاء پلاسمایی و از بین رفتن انسجام و یکپارچگی غشاء و در نتیجه باعث نشت یون‌ها، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها از غشاء سلولی ریزموجودات می‌شود (Bagamboula *et al.*, 2004; Guo *et al.*, 2017). فعالیت ضدمیکروبی اسانس‌ها هم‌چنین می‌تواند به‌دلیل جلوگیری از حمل‌ونقل الکترونی و نفوذپذیری غشاء سیتوپلاسمی ریزموجودات باشد که منجر به کمبود پروتئین، فسفات و پتاسیم سلول می‌شود (Ramezanian *et al.*, 2016).

جدول ۳- اثر غلظت و نوع اسانس بر صفات کیفی مورد بررسی میوه‌های انار رقم 'شیشه‌کپ' آلوده به قارچ *Penicillium* sp.

Table 3- The effect of concentration and typr of essential oil on the investigated qualitative traits of pomegranate fruits cv. Shishe-kap infected with *Penicillium* sp.

		ظاهر میوه Appearance of the fruit	مواد جامد محلول TSS	pH	اسیدیته کل Total acidity (meq.g^{-1})	فنل کل Total phenol (mg galic acid.100 g^{-1} FW)	آنتی‌اکسیدان Antioxidant (%)	آنتوسیانین Anthocyanin (mg.g^{-1})	سفتی بافت Tissue firmness (N.kg^{-1})
غلظت Concentration (µl.l^{-1})	0	4 c*	14.30 c	3.56 c	0.78 b	0.187 b	69.48 b	248.3 a	5.96 b
	200	4.25 bc	14.53 bc	3.83 ab	0.78 b	0.189 ab	71.40 ab	256.8 a	6.38 b
	400	4.25 bc	14.79 abc	3.79 bc	0.81 b	0.187 b	71.85 ab	233.2 a	7.65 a
	600	4.83 a	15.17 ab	3.85 ab	0.87 ab	0.190 ab	71.97 ab	204.9 b	7.49 a
	800	4.50 ab	15.55 a	3.99 a	0.91 a	0.194 a	73.58 a	237.7 a	7.80 a
نوع اسانس Essential oil type	هل *Elettaria cardamomum*	3.993 b	14.10 c	3.72 b	0.83 ab	0.185 b	70.02 b	260.0 a	6.72 b
	ترخون *Artemisia dracunculus*	4.33 a	14.59 bc	3.72 b	0.87 a	0.190 ab	69.13 b	234.0 b	7.12 ab
	زنیان *Trachyspermum ammi*	4.60 a	14.99 b	3.90 a	0.76 b	0.188 b	73.34 a	241.7 ab	6.71 b
	زنجبیل *Zingiber officinale*	4.60 a	15.79 a	3.94 a	0.86 a	0.194 a	74.13 a	209.1 c	7.67 a

* حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

* The common letter indicates no significant difference between treatments by LSD test at 5% levels.

مواد جامد محلول

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس، حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر ساده غلظت اسانس و نوع اسانس بر مواد جامد محلول است، هر چند اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشد. نتایج اثر غلظت بر میزان مواد جامد محلول نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت (۱۵/۵۵) در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر به دست آمد (جدول ۳). در بین اسانس‌های مورد استفاده در آزمایش، اسانس زنجبیل دارای بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول بود (جدول ۳).

استفاده از اسانس‌ها در طول دوره انبارداری سبب می‌شود تا از تنفس بیش از حد میوه‌ها جلوگیری شود و بدین ترتیب میزان مواد جامد محلول بیش‌تری در میوه‌ها باقی می‌ماند، از طرفی هرچه میزان مواد جامد محلول که ترکیبات متعددی اعم از قندها، پلی‌ساکاریدها و سایر مواد محلول در محیط آبی سلول است، مانع از تبخیر زودهنگام آب محصول می‌شود و با ایجاد پیوند با مولکول‌های آب به‌شکل ترکیبی در سلول باقی می‌ماند و بدین ترتیب میوه‌های تیمارشده با اسانس نسبت به شاهد مواد جامد محلول بیش‌تری را حفظ می‌کنند (Atress *et al.*, 2010; Jalili Marandi *et al.*, 2011). در نتایجی مشابه، محققان گزارش کردند که بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول از غلظت ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس به دست آمد. هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که میوه‌های انگور آلوده به قارچ *پنی‌سیلیوم* تیمارشده با اسانس بابونه و آنیسون دارای بالاترین میزان مواد جامد محلول بودند (Jahani *et al.*, 2020). اسانس‌ها با کاهش آلودگی قارچی و پوسیدگی میوه از تنفس زیاد و در نتیجه کاهش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند (Rabiei *et al.*, 2011).

pH آب میوه

اثر ساده غلظت و نوع اسانس بر میزان pH آب میوه‌های آلوده به قارچ معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. نتایج اثر غلظت نشان داد که کم‌ترین میزان pH در شاهد و بیش‌ترین آن در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر به دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان pH آب میوه از اسانس زنجبیل به دست آمد که با اسانس زنیان در یک سطح آماری قرار داشتند و کم‌ترین میزان شاخص مذکور از اسانس‌های ترخون و هل به دست آمد (جدول ۳).

همسو با نتایج این تحقیق، نیکوز و تزورتزاکیز (Nikos & Tzortzakis, 2007) نشان دادند که اسانس باعث افزایش pH

میوه‌های توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی می‌شود. افزایش pH به‌علت فعالیت‌های بیوشیمیایی داخل میوه است که سبب می‌شود، اسیدهای آلی میوه به ماده‌های قندی تبدیل شوند (Rabiei *et al.*, 2011). اسانس‌ها همانند پوشش خوراکی با ایجاد یک لایه نیمه‌تراوا در اطراف میوه با کاهش ورود و خروج گازها و تأخیر در فرآیند تنفس، روند رسیدگی میوه و متابولیسم اسیدهای آلی را کاهش می‌دهند و منجر به حفظ pH میوه می‌شوند.

میزان اسیدیته کل

با توجه به نتایج این آزمایش، اثر ساده غلظت و نوع اسانس بر اسیدیته کل معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت (جدول ۳). میوه‌های آلوده به قارچ *پنیسیلیوم* تیمار نشده با اسانس (شاهد) و تیمارشده با غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارای کم‌ترین میزان اسیدیته کل (۰/۷۸ میلی اکی والان بر گرم) بودند که بیش‌ترین میزان این شاخص (۰/۹۱ میلی اکی والان بر گرم) از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر به دست آمد (جدول ۳). میوه‌های تیمارشده با اسانس ترخون بیش‌ترین میزان اسیدیته کل (۰/۸۷ میلی اکی والان بر گرم) را دارا بودند که با میوه‌های تیمارشده با اسانس زنجبیل (۰/۸۶ میلی اکی والان بر گرم) در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۳).

اسیدهای آلی مانند اسید مالیک یا اسید سیتریک، سوبستراهای اصلی فرآیند تنفس محسوب می‌شوند. بنابراین انتظار می‌رود که میزان کاهش اسیدیته در میوه‌های بسیار رسیده کاهش یابد (El-Anany *et al.*, 2009). سرعت بالای کاهش اسیدهای آلی در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های تیمارشده با اسانس به‌دلیل بالا بودن سرعت تنفس است که منجر به افزایش سرعت تجزیه اسیدها و ترکیبات آلی و مصرف اسیدهای آلی می‌شود و این اسیدها به‌عنوان سوبسترا در جریان تنفس مصرف می‌شوند. هم‌چنین حفظ اسیدهای آلی در نمونه‌های تیمارشده با اسانس به‌دلیل تغییر غلظت گازهای تنفسی و در نتیجه کاهش تنفس و کاهش اکسیداسیون اسیدهای آلی می‌باشد (Yaman & Bayindirh, 2002). به نظر می‌رسد که اسانس‌ها، سرعت تخریب اسیدهای آلی را کاهش دهد (Mahmood *et al.*, 2012). برخی محققان بیان داشتند که اسانس‌ها با دارا بودن ترکیبات فنلی به‌عنوان یک سازوکار دفاعی با کاهش تنفس و تولید اتیلن باعث حفظ اسیدهای آلی می‌شوند (Nasrullah Zade Asl, 2012). نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش با نتایج امینی فرد و بیات (Aminifard & Bayat, 2017) مطابقت دارد که بیان کردند، بیش‌ترین میزان اسیدیته کل میوه پرتقال خونی آلوده به قارچ *Penicillium digitatum* از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آنیسون حاصل شد.

میزان فنل کل

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده غلظت (در سطح احتمال پنج درصد) و نوع اسانس (در سطح احتمال یک درصد) بر فنل کل میوه انار بود، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳).

میوه‌های آلوده به قارچ *پنی‌سیلیوم* تیمارشده با غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارای بیش‌ترین میزان فنل کل (۰/۱۹۴ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر) بود و کم‌ترین میزان شاخص مذکور (۰/۱۸۷ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر) از شاهد (غلظت صفر) و غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۳). میوه‌های تیمارشده با اسانس زنجبیل بیش‌ترین میزان فنل کل را دارا بودند (جدول ۳).

مواد فنلی نظیر مشتقات اسید بنزوئیک در خلال آلودگی محصول به عوامل بیماری‌زا تجمع می‌یابند. این امر در نتیجه فعال شدن آنزیم کلیدی فنیل آلانین آمونیالیاز تحقق می‌یابد که فنیل آلانین را به مواد فنلی مختلف تبدیل می‌کند. فنیل آلانین آمونیالاز (PAL) اولین آنزیم در مسیر فنیل پروپانوئید است که در بیوسنتز فنل‌ها، فیتوآلکسین‌ها و لیگنین‌ها دخالت دارد. اسانس‌ها با القاء بیان ژن و هم‌چنین فعالیت این آنزیم باعث افزایش و حفظ محتوای فنل کل می‌شوند که در نهایت منجر به فعال شدن سیستم دفاعی گیاه در مقابل بیمارگرها می‌شود (Asghari, 2014). در میزبان دو نوع مقاومت، شامل مقاومت القائی موضعی (ایجاد مقاومت سریع در گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زا) و مقاومت القائی سیستمیک (ایجاد مقاومت در نقاط غیرآلوده) وجود دارد. گزارش شده است که کاربرد اسانس آویشن در میوه آووکادو سبب تحریک مقاومت‌های القائی می‌شود (Banani *et al.*, 2018).

آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی استخراج شده از منابع گیاهی شامل اسیدآسکوربیک، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها، فنل‌ها، فلاونوئیدها، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، محصولات حاصل از هیدرولیز پروتئینی، فسفولیپیدها و استرول‌ها هستند. تعدادی از این‌ها به‌طور طبیعی از آنتی‌اکسیدان‌های فنلی موجود در گیاهان به دست آمده است (Casimir & Min, 2002). نتایج تحقیق حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2019) نشان داد که تیمار غلظت ۱۰۰۰ میکرولیتر اسانس مرزنجوش بیش‌ترین تأثیر را در حفظ و افزایش فنل کل داشت.

هم‌چنین با افزایش غلظت اسانس بر میزان فنل کل میوه‌های زرشک آلوده به قارچ *آلترناریا* افزوده شد و بیش‌ترین میزان فنل کل از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس به دست آمد (Sazvar *et al.*, 2022). تمشک‌های تیمارشده با اسانس‌های گیاهی نیز سطوح بالای مواد فنلی، محتوای آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نسبت به تمشک‌های تیمار نشده داشتند (Jin *et al.*, 2012). مطالعات دیگر تأثیر تیمار اسانس‌های گیاهی روی فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا-

لیاز نشان داد که اسانس‌های گیاهی تأثیر معنی‌داری روی فعالیت این آنزیم دارند. در پژوهش شائو و همکاران (Shao *et al.*, 2013) مشخص شد که تیمار اسانس درخت چای (Tea tree oil) روی توت‌فرنگی، میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا-لیاز را افزایش داده که این افزایش تا ۵۰ درصد نسبت به نمونه شاهد بوده است.

درصد آنتی‌اکسیدان

نتایج آنالیز به‌دست‌آمده حاکی از آن است که اثر ساده اسانس و غلظت و اثر متقابل غلظت و اسانس بر درصد آنتی‌اکسیدان معنی‌دار بوده است. نتایج نشان داد که میوه‌های آلوده تیمارشده با اسانس زنیان با غلظت ۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر دارای بالاترین آنتی‌اکسیدان (۸۱/۳۳ درصد) بود (جدول ۴).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی یکی از عوامل مهم کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها است که بر سلامتی انسان مؤثر است (Guerreiro *et al.*, 2015). آنتی‌اکسیدان‌ها با حذف رادیکال‌های آزاد و کاهش تنش اکسیداتیو باعث کاهش تخریب فیزیولوژیکی و افزایش مقاومت بافت در برابر تنش‌ها و آلودگی میکروبی می‌شوند (Wang & Yin, 2000). اسانس‌های گیاهی در طی دوره نگه‌داری با حفظ ترکیبات فنلی موجب حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه شده‌اند (Roussos, 2011; Jayaprakasha & Patil, 2007).

در تحقیقی مشابه روی پرتقال خونی آلوده به قارچ *P. digitatum* نشان داده شد که با افزایش غلظت اسانس آنیسون و زیره سیاه بر درصد آنتی‌اکسیدان آب میوه افزوده شد (Aminifard & Bayat, 2017). هم‌چنین تمشک‌های تیمارشده با اسانس‌های گیاهی سطوح بالای مواد فنلی، محتوای آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نسبت به تمشک‌های تیمار نشده داشتند (Jin *et al.*, 2012). در گزارشی مشابه، توت فرنگی‌های تیمارشده با تیمول یا اوژنول سطوح بالاتری از آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و ظرفیت جذب رادیکال‌های اکسیژن را نسبت به میوه‌های تیمار نشده حفظ کردند (Wang *et al.*, 2007).

میزان آنتوسیانین

اثر غلظت و اسانس و اثر متقابل غلظت و اسانس در سطح احتمال یک درصد بر مقدار آنتوسیانین انارهای آلوده به قارچ معنی‌دار بود. نتایج اثرات متقابل تیمارها نشان داد که میوه‌های آلوده به قارچ تیمارشده با اسانس هل با غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر دارای بیش‌ترین میزان آنتوسیانین بود و میوه‌های آلوده به قارچ بدون افزودن اسانس دارای کم‌ترین میزان این شاخص بودند که با تیمارهای ۴۰۰ و ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس زنجبیل در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۴).

نتایج اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین انگورهای آلوده به قارچ *پنی‌سیلیوم* تیمارشده با غلظت‌های مختلف چندین اسانس نشان داد که بیش‌ترین میزان شاخص مذکور مربوط به اسانس زیره سیاه بود و غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر دارای کم‌ترین میزان و شاهد (صفر) بیش‌ترین میزان آنتوسیانین را داشت (Jahani *et al.*, 2020). نتایج آزمایش امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2019) نشان داد که میوه‌های توت‌فرنگی شاهد تلقیح‌شده با قارچ، بیش‌ترین میزان آنتوسیانین را نشان دادند و همین تیمار نیز بیش‌ترین کاهش وزن میوه را نشان داد. افزایش مقدار آنتوسیانین طی دوره برداشت با کاهش وزن و از دست دادن رطوبت میوه و در نتیجه تغلیظ مقدار آنتوسیانین مرتبط می‌باشد (Meyghani *et al.*, 2018). همچنین گزارش گردید که اجزاء لینالول، کارواکرول، آنتول و پریل آلدئید باعث افزایش آنتوسیانین‌ها، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در زغال اخته (*Cornus mas* L.) شدند (Wang *et al.*, 2008). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد که در تیمار اسانس هل که بیش‌ترین میزان آنتوسیانین را داشت، بیش‌ترین میزان پوسیدگی نیز در انارهای آلوده به قارچ *پنی‌سیلیوم* آغشته به اسانس هل مشاهده شد، هم‌چنین بهترین ظاهر میوه و کم‌ترین میزان پوسیدگی از غلظت ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر به دست آمد که انارهای تیمارشده در این غلظت اسانس، کم‌ترین میزان آنتوسیانین را داشتند (جدول ۳).

سفتی بافت

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود، غلظت اسانس و نوع اسانس بر شاخص سفتی بافت میوه انار معنی‌دار بود، ولی این صفت تحت تأثیر اثر متقابل فاکتورها قرار نگرفت. نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت بر سفتی بافت میوه نشان داد که بیش‌ترین سفتی بافت از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر به دست آمد که با غلظت‌های ۴۰۰ و ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر در یک سطح آماری قرار داشتند و کم‌ترین میزان صفت مورد مطالعه از غلظت صفر (شاهد) به دست آمد که با غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۳). در بین اسانس‌های مورد استفاده در این آزمایش، اسانس زنجبیل دارای بالاترین سفتی بافت میوه بود و کم‌ترین شاخص مذکور از اسانس زنیان به دست آمد که با اسانس هل اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۳).

نرم شدن میوه به افزایش فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، بتاگالاکتواکسیداز و پکتین متیل استراز بستگی دارد. اسانس‌های گیاهی موجب کاهش فعالیت این آنزیم‌ها می‌شوند، بنابراین در جلوگیری از تخریب دیواره سلولی و نرم شدن میوه مؤثر می‌باشند (Rastegar & Tahmasebi, 2017). سایر محققان (Ultee *et al.*, 1999) نیز اظهار داشتند که تغییرات و تجزیه مواد دیواره سلولی به‌خصوص پکتین در

حین رسیدن میوه توسط اسانس‌ها ممانعت می‌شود، بنابراین سفتی میوه که با رسیدن کاهش می‌یابد، از این طریق حفظ می‌شود.

در تأیید نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، جو و دوان (Ju *et al.*, 2000) گزارش کردند که گلابی‌های تیمارشده با اسانس‌های گیاهی نسبت به میوه‌های شاهد پس از شش ماه انبارمانی، سفتی بیش‌تری داشتند. و علت آن را یک موضوع آنزیمی دانسته که به اثر متقابل بین اجزاء تشکیل‌دهنده اسانس و آنزیم‌های مرتبط با نرم شدن دیواره سلولی مثل آنزیم سلولاز و پکتین متیل استراز مربوط است (Ju *et al.*, 2000). هم‌چنین گزارش شده است که اسانس‌های گیاهی سبب سفتی بافت میوه گلابی (Alikhani *et al.*, 2010) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Shahiri Tabaestani *et al.*, 2013) شده است.

جدول ۴- اثر متقابل نوع ×غلظت اسانس بر صفات کیفی مورد بررسی میوه‌های انار رقم 'شیشه‌کپ' آلوده به قارچ *پنی‌سیلیوم*

Table 4- The interaction effect of type ×concentration of essential oil on the investigated qualitative traits of pomegranate fruits cv. Shishe-kap infected with *Penicillium* sp.

اسانس Essential oil	غلظت Concentration ($\mu l.L^{-1}$)	آنتی‌اکسیدان Antioxidants (%)	آنتوسیانین Anthocyanin ($mg.g^{-1}$)
هل *Elettaria cardamomum*	0	71.33 cde*	280 abc
	200	70.97 cde	257 a-e
	400	73.56 cde	308 a
	600	64.93 fg	203 e-h
	800	69.30 def	250 b-g
ترخون *Artemisia dracunculus*	0	65.15 fg	163 h
	200	71.27 cde	265 a-d
	400	62.93 g	250 b-g
	600	76.15 b	213 d-h
	800	70.18 cde	276 abc
زنیان *Trachyspermum ammi*	0	69.03 ef	304 ab
	200	68.93 ef	246 c-g
	400	73.97 bcd	208 e-h
	600	73.45 bcde	202 fgh
	800	81.33 a	246 c-f
زنجبیل *Zingiber officinale*	0	72.42 bcde	244 c-g
	200	74.45 bc	257 a-f
	400	76.93 ab	166 h
	600	73.33 bcde	200 gh
	800	73.51 bcde	176 h

* حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

* The common letter indicates no significant difference between treatments by LSD test at 5% levels.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که اسانس زنجبیل اثر ضدقارچی بیش‌تری نسبت به سایر اسانس‌ها داشت و در غلظت‌های ۴۰۰ تا ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر مانع رشد ۱۰۰ درصدی قارچ *پنی‌سیلیوم* در شرایط *in vitro* شد. در شرایط *in vivo* در درجه اول، تیمار اسانس زنجبیل و در درجه دوم تیمار اسانس زنیان برای حفظ کمیت و کیفیت میوه انار و مهارکننده بیماری‌های پس از برداشت در دوره انبارمانی توصیه می‌شود.

References

1. Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economic Entomol*, *18*(2), 265-267. https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a
2. Adekenov, S.M. (2017). Sesquiterpene lactones with unusual structure. Their biogenesis and biological activity. *Fitoterapia*, *121*, 16-30. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2017.05.017
3. Aidoo, K.E., Smith, J.E., & Henderson, R.S. (1991). *Postharvest Storage and Preservation of Tropical Crops.* In Mycotoxin and Animal Foods. CRC Press.
4. Alikhani, M., Sharifani, M., Azizi, M., Hemmati, Kh., & Musavizadeh, S.J. (2010).The effect of some natural compounds in shelf-life and quality of pear fruit (Esfahan Shah Mive cultivar). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *16*(3), 158-171. (in Persian)

5. Aminifard, M.H., & Bayat, H. (2017). Antifungal activity of black caraway and anise essential oils against *Penicillium digitatum* on blood orange fruits. *International Journal of Fruit Science*, *18*(3), 307–319. https://doi.org/10.1080/15538362.2017.1409682
6. Amiri, A., Mortazavi, S.M.H., Mahmoodi Sourestani, M., Kiasat, A.R., & Ramezani, Z. (2019). The Effect of active microbial packaging on postharvest quality of strawberry fruit. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, *16*(87), 263-274. (in Persian with English abstract)
7. Antunes, M.D.C., & Cavaco, A.M. (2010). The use of essential oils for postharvest decay control. A–review. *Flavour and Fragrance Journal*, *25*, 351–366. https://doi.org/10.1002/ffj.1986
8. AOAC. (1980).*Official Method of Analysis*, 13th Edn. Washington, D.C.
9. Asgari Marjanlu, A., Mostofi, Y., Shoeibi, S., & Maghoumi, M. (2009). Effect of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on gray mold control and postharvest quality of strawberry (cv. Selva). *Journal of Medicinal Plants*, *8*(29), 131-139. (in Persian)
10. Asghari, M. (2014). *Hormones and New (non-classical) Plant Growth Regulators*. Urmia University Publications, Urmia, Iran. 352 p.
11. Astani, A., & Schnitzler, P. (2014). Antiviral activity of monoterpenes beta-pinene and limonene against herpes simplex virus *in vitro*. *Iran Journal Microbiology*, *6*(4), 149-55.
12. Atress, M.M., Amal, S.H., El-Mogy, M.M., Aboul-Anean H.E., & Alsanius, B.W. (2010) Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, *2*(3), 88-97.
13. Bagamboula, C.F., Uyttendaele, M., & Debevere, J. (2004). Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and pcymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiology*, *21*(1), 33-42. https://doi.org/10.1016/S0740-0020(03)00046-7
14. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, I. (2008). Biological effects of essential oils– A review. *Food and Chemistry Toxicology*, *46*(2), 446-475. https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106
15. Banani, H., Olivieri, L., Santoro, K., Garibaldi, A., Gullino, M.L., & Spadero, D. (2018). Thyme and savory essential oil efficacy and induction of resistance against botrytis cinerea through priming of defense responses in apple. *Foods*, *7*(2), 11. https://doi.org/10.3390/foods7020011
16. Bairwa, R., Sodha, R.S., & Rajawat, B.S. (2012): *Trachyspermum ammi*. *Journal of Pharmacognosy Phytochemistry*, *6*(11), 56-60.
17. Brighenti, V., Iseppi, R., Pinzi, L., Mincuzzi, A., Ippolito, A., Messi, P., Sanzani, S.M., Rastelli, G., & Pellati, F. (2021). Antifungal activity and DNA topoisomerase inhibition of hydrolysable tannins from *Punica granatum* L. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*, 4175. https://doi.org/10.3390/ijms22084175
18. Bruni, R., Medici, A., Andreotti, E., Fantin, C., Muzzoli, M., & Dehesa, M. (2003). Chemical composition and biological activities of Isphingo essential oil, a traditional Ecuadorian spice from Ocoteaquixos (lam) kosterm. (lauraceae) flower calkes. *Food Chemestry*, *85*, 415-421. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.019
19. Cao, J., Liu, H., Wang, Y., He, X., Jiang, H., Yao, J., Xia, F., Zhao, Y., & Chen, X. (2021). Antimicrobial and antivirulence efficacies of citral against foodborne pathogen *Vibrio parahaemolyticus* RIMD2210633. *Food Control*, *120*, 107507. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107507
20. Casimir, C.A., & Min, D.B. (2002). *Food Lipids Chemistry. Nutrition and Biotechnology*. CRC Press, 928 p.
21. Chuah, A.M., Lee, Y.C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J., & Matoba, T. (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of colored peppers. *Food Chemistry*, *111*, 20-28. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.022
22. El-Anany, A.M., Hassan, G.F.A., & Rehab Ali, F.M. (2009). Effects of edible coatings on the shelf-life and quality of Anna apple (*Malus domestica* Borkh) during cold storage. *Journal of Food Technology*, *7*(1), 5–11.
23. El-Ramady, H.R., Domokos-Szabolcsy, E., Abdalla, N.A., Taha, H.S., & Fári, M. (2014). *Postharvest Management of Fruits and Vegetables Storage*. In Sustainable Agriculture Reviews. E. Lichtfouse, (Ed.). Springer: Cham, Switzerland, *15*, 65–152
24. Farag, R.S., Daw, Z.Y., Hewed, F.M., & El-Baroty, G.S.A. (1989). Antimicrobial activity of some Egyptian spice oils. *Journal of Food Protection*, *52*, 665-667. https://doi.org/110.4315/0362-028X-52.9.665.
25. Fatemi, S., Jafarpour, M., Eghbaisaied, S., Rezapour, A., & Borji, H. (2011). Effect of essential oils of *Thymus vulgaris* and *Mentha piperita* on the control of green mould and postharvest quality of Citrus sinensis cv. Valencia. *African Journal of Biotechnology*, *10*(66), 14932-14936. https://doi.org/110.5897/AJB11.505
26. Guerreiro, A.C., Gago, C.M.L., Faleiro, M.L., Miguel, M.G.C., & Antunes, M.D.C. (2015). The effect of alginate -based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. *Postharvest Biology and Technology*, 226-233. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.002

27. Guo, N., Zang, Y.P., Cui, Q., Gai, Q.Y., Jiao, J., Wang, W., Zu, Y.G., & Fu, Y.J. (2017). The preservative potential of *Amomum tsaoko* essential oil against *E. coil*, its antibacterial property and mode of action. *Food Control*, *75*, 236–245. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.013
28. Hosseini, Ch., Asghari, M.R., & Khezri, M. (2019). Evaluation of oregano essential oil effects on quality and biochemical attributes of sweet cherry (*Prunus avium* L. cv. 'Takdaneh Mashhad'). *Pomology Research*, *3*(2), 55-69. (in Persian)
29. Jahani, M., Beheshti, M., Aminifard, M.H., & Hosseini, A. (2020). Effects of essential oils to control *Penicillium* sp. in *in vitro* and in *in vivo* on grapevine (*Vitis Vinifera* L.) fruit. *International Journal of Fruit Science*, *20*(2), 812-826. https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1769526
30. Jalili Marandi, R., Hassani, A., Ghosta, Y., Abdollahi, A., Pirzad, A.R., & Sefidgon, F. (2011). Improving postharvest quality of table grape cv. Rishbaba using *Thymus kotschyanus* and *Carum copticum* essential oils. *Journal of Food Safety*, *31*(1), 132-139. https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2010.00276.x
31. Jayaprakasha, K., & Patil, B.S. (2007). *In vitro* evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citronand blood orange. *Food Chemistry*, *101*(1), 410-418. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.038
32. Jin, P., Wang, S.Y., Gao, H., Zheng, Y., & Wang, C.Y. (2012). Effect of cultural system and essential oil treatment on antioxidant capacity in raspberries. *Food Chemistry*, *132*, 399-405. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.011
33. Ju, Z., Duan, Y., & Ju, Z. (2000). Plant oil emulsion modifies internal atmosphere, delays fruit ripening, and inhibits internal browning in Chinese pears. *Postharvest Biology and Technology*, *20*(3), 243-250. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00120-4
34. Kalhoro, M.T., Zhang, H., Kalhoro, G.M., Wang, F., Chen, T., Faqir, Y., & Nabi, F. (2022). Fungicidal properties of ginger (*Zingiber officinale*) essential oils against *Phytophthora colocasiae*. *Scientific Reports*, *12*(1), 2191. https://doi.org/10.1038/s41598-022-06321-5
35. Krasniewska, K., Gniewosz, M., Synowiec, A., Przyby, J.L., Baczek, K., & We Glarz, Z. (2014). The use of pullulan coating enriched with plant extracts from *Satureja hortensis* L. to maintain pepper and apple quality and safety. *Postharvest Biology and Technology*, *90*, 63-72. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.010
36. Li, K.M., Dong, X., Ma, Y.N., Wu, Z.H., Yan, Y.M., & Cheng, Y.X. (2019). Antifungal coumarins and lignans from *Artemisia annua*. *Fitoterapia*, *134*, 323-328.
37. Louw, J.P., & Korsten, L. (2014). Pathogenic *Penicillium* spp. on apple and pear. *Plant Disease*, *98*(5), 590-598. https://doi.org/10.1094/PDIS-07-13-0710-RE
38. Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., Boyce, M.C., & Saari, N. (2012). Compositional variation in sugars and organic acids at different maturity stages in selected small fruits from Pakistan. *International Journal of Molecular Science*, *13*(2), 1380-1392. https://doi.org/10.3390/ijms13021380
39. Mari, M., di Francesco, A., & Bertolini, P. (2014). Control of fruit postharvest diseases: Old issues and innovative approaches. *Stewart PostharvestReview*, *10*, 1–4. https://doi.org/10.2212/spr.2014.1.1
40. Martinez-Romero, D., Castillo, S., Valverde, J.M., Guillen, F., Valero, D., & Serrano, M. (2005). The use of natural aromatic essential oils helps to maintain post-harvest quality of crimson'table grapes. *Acta Horticulturae*, *682*(3), 1723-1729. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.230
41. Meighani, H., Ghasemnezhad, M., & Bakshi, D. (2014). Evaluation of biochemical composition and enzyme activities in browned arils of pomegranate fruits. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *1*(1), 53-65. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhst.2014.50518
42. Nasrullah Zade Asl, N. (2012). The effect of edible coatings in maintaining the quality and increasing the shelf life of fruits and vegetables. *Agricultural Engineering and Natural Resources Quarterly*, *11*, 36-31. (in Persian)
43. Nelson, P.E., Toussoun, T.A., & Marasas, W.F.O., (1983). *Fusarium Species: An illustrated Manual for Identification*. Pennsylvania state University Press.
44. Nikkhah, M., Hashemi, M., Habibi Najafi, M., & Farhoosh, R. (2017). Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. *International Journal of Food Microbiology*, *257*, 285-294. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.021
45. Nikos, G., & Tzortzakis, A. (2007). Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *8*, 111-116. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.08.001
46. Nychas, G.J.E. (1995). Natural antimicrobials from plants. In: Gould GW of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology*, *88*, 170-175. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2105-1_4
47. Oliveira, J., Parisi, M.C.M., Baggio, J.S., Silva, P.P.M., Paviani, B., Spoto, M.H.F., & Gloria, E.M. (2019). Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose. *International Journal of Food Microbiology*, *292*, 150-158. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.014

48. Perez-Alfonso, C., Martınez-Romero, D., Zapata, P., Serrano, M., Valero, D., & Castillo, S. (2012). The effects of essential oils carvacrol and thymol on growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* involved in lemon decay. *International Journal of Food Microbiology*, *158*(2), 101-106. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.07.002
49. Petrović, J., Stojković, D., & Soković, M. (2019). Terpene core in selected aromatic and edible plants: Natural health improving agents. *In Advances in Food and Nutrition Research*, *90*, 423-451. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.009.
50. Rabiei, V., Shirzadeh, E., RabbiAngourani, H., & Sharafi, Y. (2011). Effect of thyme and lavender essential oil on the qualitative and quantitative traits and storage life of apple Jonagold cultivar. *Journal of Medicinal Plant Research*, *5*(23), 5522-5527.
51. Ramezanian, A., Azadi, M., Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R., & 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. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.10.011
52. Rastegar, S., & Tahmasebi, S. (2017). The use of essential oils of rose, marigold and salvia in preventing the growth of *Botrytis sinerer* fungus in two varieties of strawberry fruit. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, *10*(3), 96-85. (In Persian)
53. Roussos, P.A. (2011). Phytochemicals and antioxidant capacity of orange (*Citrus sinensis* (l.) Osbeck cv. Salustiana) juice produced under organic and integrated farming system in Greece. *Scientia Horticulturae*, *129*(2), 253-258. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.040
54. Samad, M., Sajid, M., Hussain, I., Samad, N., & Jan, N. (2019). Influence of herbal extract and storage duration on fruit quality of china lime. *Horticulture International Journal*, *3*(3), 153-158. https://doi.org/10.15406/hij.2019.03.00123
55. Sazvar, E., Jahani, M., Aminifard, M.H., & Hosseini, A. (2022). *In vitro* and *in vivo* control of *Alternaria alternata* in barberry (*Berberis vulgaris*) by some essential oils. *Erwerbs-Obstbau*, *64*, 413–423. https://doi.org/10.1007/s10341-022-00645-2
56. Savan, E.K., & Küçükbay, F.Z. (2013). Essential oil composition of *Elettaria cardamomum* Maton. *Journal of Applied Biological Sciences*, *7*(3), 42-45.
57. Sefu, G., Satheesh, N., & Berecha, G. (2015). Antifungal activity of ginger and cinnamon leaf essential oils on mango anthracnose disease causing funge (*C. gloeosporioides*). *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, *7*(2), 26-34.
58. Shahiri Tabaestani, H., Sedaghat, N., Saeedi Pooya, E., & Alipour, A. (2013). Shelf life improvement and postharvest quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit using basil mucilage edible coating and cumin essential oil. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, *4*(9), 2346-2353.
59. Shao, X., Wang, H., Xu, F., & Cheng, S. (2013). Effects and possible mechanisms of tea tree oil vapor treatment on the main disease in postharvest strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *77*, 94-101. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.11.010
60. Shiri A., Bakhshi, D., Ghasemnezhad, M., Dadi, M., Papachatzis, A., & Kalorizou, H. (2013). Chitosan coating improved the shelf life and postharvest quality of table grape (*Vitis vinifera*) cultivar 'Shahrudi'. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *37*, 148-156. https://doi.org/10.3906/tar-1101-1671
61. Sivakumar, D., & Bautista-Baños, S. (2014). A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. *Crop Protection*, *64*, 27–37. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.05.012
62. Swain, T. (1965). *Analytical Methods for Flavonoids*. In The Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments. T.W. Goodwin, (ed.). pp. 543-544, Academic press, London, U.K.
63. Teksur, P.K. (2015). Alternative technologies to control postharvest diseases of pomegranate. *Stewart Postharvest Review*, *11*, 1–8. https://doi.org/10.2212/spr.2015.4.3
64. Turkmen, N., Sari, F., & Veliglu, Y.S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolies and antioxidant activity of selected green vegtables. *Food Chemistry*, *93*, 713-718. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.038
65. Ultee, A., Bennik, M.H.J., & Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, *68*(4), 1561-1568. https://doi.org/10.1128/AEM.68.4.1561-1568.2002
66. Ultee, A., Kets, E.P.W., & Smid, E.J. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, *65*(10), 4606-4610. https://doi.org/10.1128/AEM.65.10.4606-4610.1999
67. Valkova, V., Ďuranova, H., Galovicova, L., Vukovic, N., Vukic, M., & Kacaniova, M. (2023). Antifungal efficacy of mint essential oil against *Penicillium* spp. inoculated on carrots. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, *7*(1), 9-16. https://doi.org/10.30516/bilgesci.1206873

68. Wang, S.Y., & Yin, H.S. (2000). Antioxidant activity in fruits and levels of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and development stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*, 140-146. https://doi.org/10.1021/jf9908345
69. Wang, C.Y., Wang, S.Y., & Chen, C.T. (2008). Increasing antioxidant activity and reducing decay of blueberries by essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*, 3587–3592. https://doi.org/10.1021/jf7037696
70. Wang, C.Y., Wang, S.Y., Yin, J.J., Parry, J., & Yu, L.L. (2007). Enhancing antioxidant, antiproliferation, and free radical scavenging activities in strawberries with essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*, 6527–6532. https://doi.org/10.1021/jf070429a
71. Wang, Y., Feng, K., Yang, H., Zhang, Z., Yuan, Y., & Yue, T. (2018). Effect of cinnamaldehyde and citral combination on transcriptional profile, growth, oxidative damage and patulin biosynthesis of *Penicillium expansum*. *Frontiers in Microbiology*, *9*, 597. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00597
72. Xiao, C.L., & Rogers, J.D. (2004). A postharvest fruit rot in d'Anjou pears caused by *Sphaeropsis pyriputrescens* sp. nov. *Plant Disease*, *88*(2), 114–118. https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.2.114
73. Yaman, O., & Bayindirh, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT-Food Science and Technology*, *35*(2), 146–150. https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0827
74. Yang, X., Niu, Z., Wang, X., Lu, X., Sun, J., Carpena, M., Prieto, M.A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., Liu, C., & Li, N. (2022). The Nutritional and bioactive components, potential health function and comprehensive utilization of pomegranate: A review. *Food Reviews International*, *39*(1), 6420-6446. https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2110260
75. Zhang, W., Shu, C., Chen, Q., Cao, J., & Jiang, W. (2019). The multi-layer film system improved the release and retention properties of cinnamon essential oil and its application as coating in inhibition to penicillium expansion of apple fruit. *Food Chemistry*, *299*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125109
76. Zielińska-Błajet, M., & Feder-Kubis, J. (2020). Monoterpenes and their derivatives—Recent development in biological and medical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(19), 7078. https://doi.org/10.3390/ijms21197078