Antifungal effect of some essential oils on increasing shelf life and quality parameters of pomegranate fruit

Mina Bahrami [1], Mehdi Jahani [2,*] and Mohammad Hossein Aminifard [3]

Graduate M.Sc., Plant Pathology. College of Agriculture, University of Birjand.

[2] Associate Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Birjand.

[3] Associate Professor, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Birjand.

*Corresponding Author: mjahani@birjand.ac.ir

Introduction

Long term storage of pomegranate fruit is compromised bypathogens that cause postharvest rots and decay. Pomegranatesare predisposed to attack from various pathogens at pre- and/orpostharvest stage, which has a significant impact on fruit qual-ity and storage life. These pathogens often cause damage to thetissues, thereby making the fruit unsaleable. A significant portionof pomegranate pre- and postharvest losses is attributed to dis-eases 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).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), total phenol (mg galic acid/100 f FW), antioxidant (%), antocyanin (mg/g) 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 that 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 most inhibitory effect of fungi included the essential oil of Ginger, Zenian, Tarragon and Cardamom, respectively. Also, lack of growth in essential oil of Ginger was observed in all samplings. The above results showed that the essential oils were able to stop the growth of the fungus colony and show a favorable inhibitory effect. 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 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 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. In 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.

نسخه پیش انتشار

بررسی اثر ضدقارچی برخی اسانس‌های گیاهان دارویی بر افزایش عمر انبارمانی و پارامترهای کیفی میوه انار

مینا بهرامی [۱]– مهدی جهانی [۲] – محمدحسین امینی فرد [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهپزشکی دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار گروه گیاهپزشکی دانشگاه بیرجند

۳- دانشیار گروه باغبانی دانشگاه بیرجند

آدرس،شماره تماس وایمیل نویسنده مسئول: مهدی جهانی-استاد راهنما

بیرجند / دانشکده کشاورزی گروه گیاهپزشکی

mjahani@birjand.ac.ir

چکیده

عصاره و اسانس برخی از گیاهان دارویی دارای خاصیت ضد میکروبی 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 ضد قارچی اسانس‌های زنجبیل، زنیان، ترخون و هل در پنج غلظت صفر، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر روی میوه انار جهت جلوگیری از رشد قارچ پنی‌سیلیوم در شرایط *In vitro* و *In vivo* است. نتایج آزمایش *In vitro* نشان داد که افزایش غلظت اسانس‌ها، فعالیت ضد قارچی آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد، به‌طوری‌که کم‌ترین قطر کلونی قارچ از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس به‌دست 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 به‌دست آمد وکم‌ترین آن در اسانس هل مشاهده شد. اسانس زنجبیل دارای بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول (۱۵/۷۹)، فنول 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. نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیش‌ترین میزان آنتی اکسیدان میوه‌های انار آلوده به قارچ پنی‌سیلیوم در تیمار ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس زنیان به‌دست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که می‌توان از اسانس‌های گیاهی زنجبیل و زنیان به‌عنوان کنترل‌کننده بیماری‌های پس از برداشت در محصولات کشاورزی استفاده کرد.

کلمات کلیدی: آنتوسیانین، بازدارندگی، پس از برداشت، ضد قارچ

مقدمه

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

قارچ‌ها شایع‌ترین پاتوژن‌های پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات در سراسر جهان هستند (Xiao and 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 جنس بیش‌تر میوه‌ها را آلوده کرده و منجر به ظهور لکه‌هایی

عموماً سبز رنگ روی میوه‌هایی نظیر هلو، سیب و پرتقال می‌شوند. بنابراین به این طریق باعث کاهش کیفی محصولات تولیدی می‌شوند (Louw and Korsten, 2014).

مدیریت پس از برداشت پاتوژن‌ها بیماری‌زا در محصولات تازه عمدتاً با استفاده از قارچ‌کش‌ها انجام می‌شود (El-Mari *et al.*, 2014 ؛Ramady *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 به جای قارچ‌کش‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Teksur, 2015). استفاده از اسانس‌ها به‌عنوان جایگزینی برای قارچ‌کش‌های مصنوعی، پتانسیل زیادی برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت در محصولات تازه نشان داده است (Sivakumar and Bautista-Baños, 2014؛ Antunes and Cavaco, 2010).

اسانس‌ها دارای ترکیبات پیچیده فعال مانند فنل‌ها، هیدروکربن‌ها، الکل‌ها، کتون‌ها و آلدهیدها هستند که یک اثر هم‌افزایی در اجزای آن مشاهده شده و توانایی جلوگیری از گسترش پوسیدگی‌های قارچی را در میوه دارند (Oliveiraa *et al.*, 2019). کاربرد اسانس و عصاره‌های گیاهی برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت نه تنها 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 ضد قارچی را اسانس‌های آویشن باغی و دارچین جهت کنترل *Penicillium expansum* و *Botrytis cinerea* روی میوه گلابی داشتند که از طریق زخم‌زنی و مایه‌زنی روی میوها ایجاد شده بود (Nikkhah *et al.*, 2017). محققین در بررسی اثر ضد قارچی اسانس نعناع در غلظت‌های ۶۲/۵، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرو لیتر 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 ضد قارچی بیش‌تری در برابر رشد گونه‌های قارچی مورد مطالعه داشت (Valkova *et al.*, 2023). محققین 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 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 زیان بار 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* بر روی میوه انار مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق اثر چهار اسانس گیاهی، شامل اسانس‌های زنیان، ترخون، زنجبیل و هل درغلظت‌های مختلف و به صورت 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 خالص سازی قارچ‌ها

در ابتدا برای جداسازی جدایه‌های قارچی، میوه‌های آلوده انار که دارای علائم بودند جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. از نقاط آلوده میوه، ریز نمونه‌هایی تهیه شدند تا پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۲ تا ۳ دقیقه و سه بار شستشو 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 گردیدند. پس از بررسی نمونه‌ها و رشد آن‌ها بر اساس شکل پرگنه قارچ و تهیه اسلایدهای میکروسکوپی با استفاده از کلیدهای موجود قارچ‌ها شناسایی گردیدند. برای خالص‌سازی از محیط کشت آب–آگار استفاده شد. برای خالص‌سازی از 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 ضد قارچی اسانس‌های مذکور بر روی قارچ پنی‌سیلیوم، به روش 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 شده 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 نه 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 انجماد محیط، دیسک‌هایی به قطر پنج میلی‌متر به‌وسیله لوپ استریل 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).

داده‌های مربوط به میانگین رشد از راه جدول تجزیه واریانس (ANOVA) مورد تجزیه قرار گرفتند و نتایج آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.4 مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

آلوده‌سازی میوه‌ها با سوسپانسیون قارچ

در ابتدا انارهای رقم شیشه‌کپ آماده شده از باغی در روستای معصوم آباد شهرستان بیرجند را با آب مقطر استریل آبکشی سطحی نموده و بر روی کاغذ صافی استریل سترون پهن نمودیم تا خشک شوند. مراحل بعدی آزمایش در شرایط استریل در اتاق کشت و زیر هود انجام گرفت. سپس میوه‌ها را به سوسپانسیون اسپور قارچ (۱×۱۰^{۶} اسپور در میلی‌لیتر آب مقطر استریل) منتقل کردیم و به مدت سه تا پنج دقیقه در آن نگه داشتیم. 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 ۷ روز، ده میلی‌لیتر آب مقطر سترون سازی شده 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 شومار[1] یک محلول سوسپانسیون $۱۰^{۶}$ اسپور در میلی‌لیتر تهیه شد و در یک بشر به مقدار ۲۰۰

[1]- Haemocytometer

میلی‌لیتر، جهت فرو بردن میوه‌های توت‌فرنگی و آلوده کردن آن‌ها تهیه گردید. بعد از خروج میوه‌ها از سوسپانسیون قارچ، آن‌ها را به روی کاغذ صافی منتقل کرده و به مدت دو ساعت برای ثابت شدن تلقیح قارچی زیر هود قرار دادیم. 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 نمودیم) به‌مدت سه دقیقه غوطه‌ور نموده و بعد از خشک کردن روی کاغذ صافی استریل، آن‌ها را داخل ظروف یکبار مصرف و به یخچال با دمای چهار درجه سلسیوس منتقل نمودیم. سپس خصوصیات مختلف میوه مورد ارزیابی قرار گرفت.

درصد پوسیدگی میوه به‌صورت مشاهده‌ای در پنج درجه شامل۵= میوه‌هایی که ظاهر عالی داشتند و رنگ و حالت خود را حفظ کرده بودند. ۴= میوه‌هایی که در صد خیلی کمی حدود زیر ۱۰ در صد خرابی دا شتند. 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 دا شتند. ۱= میوه‌هایی که بیشتر از ۵۰ درصد لهیدگی و سیاهی دا شتند (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. اسید کل به روش 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 فنول کل میوه با استفاده از معرف فولین سیکالتو و به‌و سیله اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Chuah *et al.*, 2008) و بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی آب میوه از روش خنثی کنندگی 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 بر حسب نیوتون بر کیلوگرم گزارش شد.

نتایج و بحث

قطر کلونی قارچ *Penicillium* sp.

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده غلظت اسانس بر میانگین قطر کلونی قارچ *Penicillium* sp. بود، با توجه به نتایج مقایسه میانگین غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس، دارای کم‌ترین قطر کلونی قارچ (۱۷/۹۱ میلی‌متر) بود و بیش‌ترین قطر کلونی قارچ (۴۲/۰۰ میلی‌متر) در تیمار شاهد (غلظت صفر) به‌دست آمد (جدول ۱)، هم‌چنین مشاهده شد که اثر ساده نوع اسانس بر میانگین قطر کلونی قارچ معنی‌دار بود، ملاحظه شد که کم‌ترین قطر کلونی قارچ مربوط به تیمار اسانس زنجبیل (۸/۷۰ میلی‌متر) و بیش‌ترین قطر کلونی قارچ در تیمار هل (۳۸/۸۶ میلی‌متر) بود (جدول ۲). اثر متقابل تیمارها نیز تأثیر معنی‌داری بر میانگین رشد قطر کلونی قارچ داشت به‌طوری‌که تیمار مصرف اسانس زنجبیل در سطوح (۴۰۰ تا ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر)سبب توقف ۱۰۰ درصدی رشد قارچ شد (شکل ۳). نتایج آزمایش جهانی و همکاران نشان داد که غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آنیسون در محیط PDA به‌طور کامل رشد قارچ *Penicillium* sp. را مهار کرد (Jahani *et al.*, 2020). سایر محققین 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 پنی سیلیوم شدند (Aminifard and Bayat, 2017).

سمیت سلولی اسانس عمدتاً به‌دلیل حضور فنول‌ها، آلدئیدها و الکل‌هاست 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 میکروارگانیسم‌ها اثر بگذارد (Farag *et al.*, 1989). هم‌چنین در برخی از مطالعات گزارش شده است که اسانس‌های گیاهی ممکن است مسیر متابولیکی میکروارگانیسم‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. ترکیبات فنولی 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 اسانس های زنجبیل، زنیان، ترخون و هل استفاده گردید که هر کدام از اسانس ها، دارای اجزای مختلفی می باشند. ترکیبات شیمیایی اسانس زنجبیل شامل زینجیبرن (ترکیب اصلی) و به‌دنبال آن جرنیال، بیزابولن و آر–کورکومن می باشد. با این‌ها ممکن است حدود ۷۰–۶۰ جزء دیگر در آن باشد. اینها مسئول عملکرد ضد میکروبی اسانس زنجبیل هستند (Sefu *et al.*, 2015) علاوه بر این، روغن زنجبیل دارای ترکیبات شیمیایی چند وجهی است که شامل ترکیبات اصلی و جزئی مربوط به نحوه عملکرد ضد قارچی است. سیترال به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب اسانس زنجبیل شناخته شده است (Cao *et al.*, 2021) و مطالعات مختلف، آن را به‌عنوان مهار چندین پاتوژن 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 ضد قارچی اسانس‌ها ممکن است با اثرات هم افزایی 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 ضد قارچی اسانس زنیان به وجود ترکیبات تیمول، آرا– سایمن و گاما–ترپینن در آن نسبت داده شده است (Bairwa et al., 2012; Astani and Schnitzler, 2014). مطالعات متعددی اثر قارچ کشی مونوترپن‌ها و سزکوئی ترپن‌های اکسیژنه را تأیید می‌کنند (Adekenov, 2017; Petrović et al., 2019). به‌نظر 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 دیگراجزای اصلی اسانس گیاه دارویی هل شامل ۱و۸ سینئول، لینالول و آلفا ترپینیل استات می‌باشد (Savan and Küçükbay, 2013). و مطالعات قبلی اثرات ضد میکروبی 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 (Zielin´ska-Błajet and Feder-Kubis, 2020).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرغلظت‌های مختلف اسانس روی رشد قطری قارچ *Penicillium*sp. در شرایط *In vitro*

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

غلظت (میکرولیتر در لیتر) Concentration (µl/l)	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

حرف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطوح ۵ درصد است.

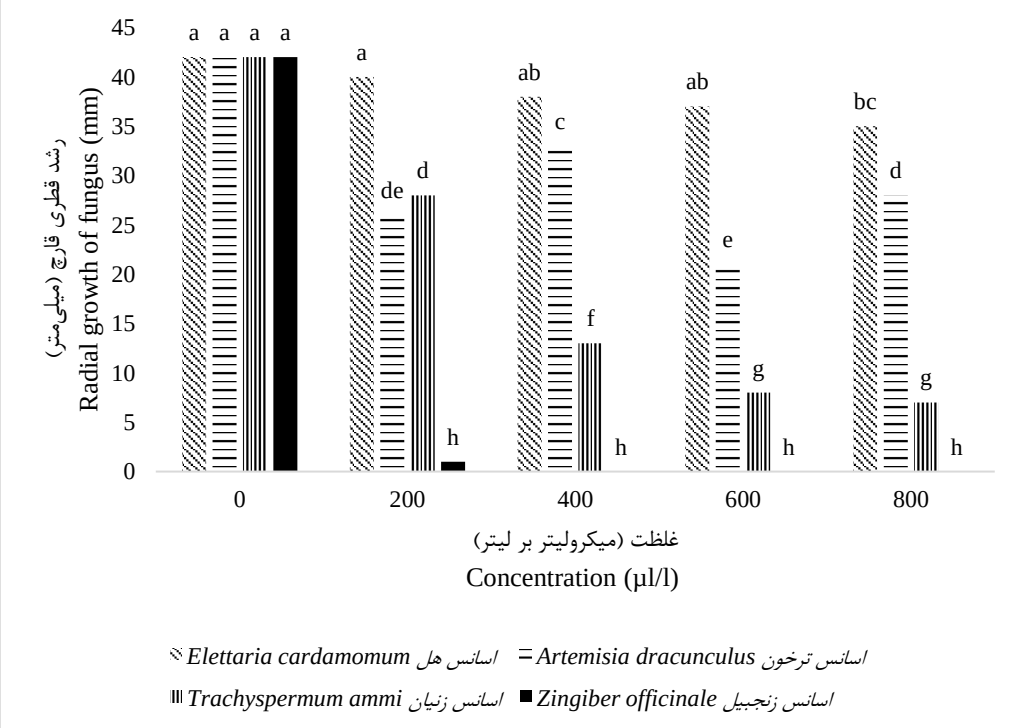
The same letter indicates no significant difference between treatments at 5% levels.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثراسانس‌های مختلف روی رشدقارچ *Penicillium* sp. در شرایط *In vitro*

Table 2. Comparison of means of the effect of type of essential oils on radial growth for *Penicillium* sp. fungi treatments in *in vitro* conditions

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

حرف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطوح ۵ درصد است.
The same letter indicates no significant difference between treatments at 5% levels.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرهای مختلف اسانس و غلظت آنها روی رشد قطری قارچ *Penicillium* sp.

Figure 1. Comparison of means of the effect of type and concentration of essential oils on radial growth for *Penicillium* sp. fungi

ظاهر میوه

اثر ساده غلظت و نوع اسانس تأثیر معنی‌داری بر ظاهر میوه‌های انار داشت اما 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 تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). در مورد فاکتور نوع اسانس، بهترین ظاهر میوه در انارهای آغشته به اسانس زنیان و زنجبیل به‌دست آمد و کم‌ترین آن در اسانس هل مشاهده شد (جدول ۳).

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 (Perez-Alfonso *et al.*, 2012)، گلابی (Nikkhah *et al.*, 2017) و انگور (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 شدند (Krasniewska *et al.*, 2014). اثر ضدمیکروبی اسانس‌ها می‌تواند ناشی از آسیب غشای 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 میکروارگانیسم می‌شود (Nychas, 1995). خاصیت آبگریزی اسانس‌های گیاهی موجب جایگزینی در قسمت لیپیدی غشای پلاسمایی و از بین رفتن انسجام و یکپارچگی غشا و در نتیجه باعث نشت یون‌ها، اسیدهای

نوکلئیک و پروتئین‌ها از غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها می‌شود (Bagamboula *et al.*, 2004; Guo *et al.*, 2017). فعالیت ضدمیکروبی اسانس‌ها هم‌چنین می‌تواند به‌دلیل جلوگیری از حمل و نقل الکترونی و نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی میکروارگانیسم‌ها باشد که منجر به کمبود پروتئین، فسفات و پتاسیم سلول می‌شود (Ramezanian *et al.*, 2016).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت و اسانس بر صفات کیفی مورد بررسی میوه‌های انار آلوده به قارچ *Penicillium* sp.

Table 3. Comparison of means of the average effect of concentration and essential oil on the investigated qualitative traits of pomegranate fruits infected with *Penicillium* sp.

تیمارها Treatments	ظاهر میوه Appearance of the fruit	مواد جامد محلول TSS	pH	اسیدیته کل Total acidity (meq/g)	فنول کل Total phenol (mg galic acid /100 g FW)	آنتی‌اکسیدان Antioxidant (%)	آنتوسیانین Anthocyanin (mg/g)	سفتی بافت Tissue firmness (N/Kg)
غلظت (میکرولیتر در لیتر) Concentration (µl/L)								
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}
اسانس Essential oil								
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 مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون مقایسه میانگین با هم تفاوت معنی‌داری ندارد.

The same letter indicates no significant difference between treatments at 5% levels.

مواد جامد محلول

نتایج به‌دست آمده 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 به‌دست 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 از تبخیر زود هنگام آب محصول می‌شود و با ایجاد پیوند با مولکول‌های آب به شکل ترکیبی در سلول باقی می‌ماند و میوه‌های تیمار شده با اسانس نسبت به شاهد مواد جامد محلول بیش‌تری را حفظ می‌کنند (Atress *et al.*, 2010؛ Jalili Marandi *et al.*, 2011). در نتایجی مشابه محققین گزارش کردند که بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول از غلظت ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس به‌دست

آمد. هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که میوه‌های انگور آلوده به قارچ پنی‌سیلیوم تیمار شده 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 تیمار شاهد و بیش‌ترین آن در غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، که بالاترین میزان pH آب میوه از اسانس زنجبیل به‌دست آمد که با اسانس زنیان در یک سطح آماری قرار داشتند و کم‌ترین میزان شاخص مذکور از اسانس‌های ترخون و هل به‌دست آمد (جدول ۳).

همسو با نتایج ما نیکوز و تزورتزاکیز (Nikos and 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 نیمه تراوا 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 تیمار شده 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 به‌دست آمد (جدول ۳). میوه‌های تیمار شده با اسانس ترخون بیش‌ترین میزان اسیدیته کل (۰/۸۷ میلی اکی والان بر گرم) را دارا بودند که با میوه‌های تیمار شده 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 تیمار شده 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 تیمار شده با اسانس به‌دلیل تغییر غلظت گازهای تنفسی و در نتیجه کاهش تنفس و کاهش اکسیداسیون اسیدهای آلی می‌باشد (Yaman and Bayindirh, 2002). به‌نظر می‌رسد که اسانس‌ها، سرعت تخریب اسیدهای آلی را کاهش دهد (Mahmood *et al.*, 2012). برخی محققین بیان داشتند که اسانس‌ها با دارا بودن ترکیبات فنلی به عنوان یک مکانیسم دفاعی با کاهش تنفس و تولید اتیلن باعث حفظ اسیدهای آلی می‌شوند (Nasrullah Zade Asl, 2012). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با نتایج امینی فرد و بیات (Aminifard and Bayat, 2017) مطابقت دارد که بیان کردند بیش‌ترین میزان اسیدیته کل میوه پرتقال خونی آلوده به قارچ پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آنیسون حاصل شد.

میزان فنول کل

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر ساده غلظت (در سطح احتمال پنج درصد) و نوع اسانس (در سطح احتمال یک درصد) بر فنول کل میوه انار بود ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳).
میوه‌های آلوده به قارچ پنی‌سیلیوم تیمار شده با غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارای بیش‌ترین میزان فنول 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 تیمار شاهد (غلظت صفر) و غلظت ۴۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۳). میوه‌های تیمار شده با اسانس زنجبیل بیش‌ترین میزان فنول 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 القا 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 پاتوژن‌ها 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 القایی می‌شود (Banani *et al.*, 2018). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی خارج 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 به‌دست آمده است (Casimir and 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 فنول کل میوه‌های زرشک آلوده به قارچ آلترناریا افزوده شد و بیش‌ترین میزان فنول کل از غلظت ۸۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس به‌دست آمد (Sazvar *et al.*, 2022). تمشک‌های تیمار شده 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 PAL 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 توت فرنگی میزان فعالیت آنزیم PAL را افزایش داده که این افزایش تا ۵۰ درصد نسبت به نمونه شاهد بوده است.

درصد آنتی اکسیدان

نتایج آنالیز به دست آمده حاکی از آن است که اثر ساده اسانس و غلظت و اثر متقابل غلظت و اسانس بر درصد آنتی اکسیدان معنی‌دار بوده است. نتایج نشان داد که میوه‌های آلوده تیمار شده با اسانس زنیان با غلظت ۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر دارای بالاترین آنتی اکسیدان (۸۱/۳۳ درصد) بود (جدول ۴).
فعالیت آنتی اکسیدانی یکی از فاکتورهای مهم کیفی میوه‌ها و سبزی‌هاست 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 and Yin, 2000). اسانس‌های گیاهی در طی دوره نگه‌داری با حفظ ترکیبات فنولی موجب حفظ فعالیت آنتی اکسیدانی میوه شده‌اند (Roussos, 2011; Jayaprakasha and Patil, 2007).
در تحقیقی مشابه روی پرتقال خونی آلوده به قارچ پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم نشان داده شد که با افزایش غلظت اسانس

آنیسون و زیره سیاه بر درصد آنتی اکسیدان آب میوه افزوده شد (Aminifard and Bayat, 2017). هم‌چنین تمشک‌های تیمار شده با اسانس‌های گیاهی سطوح بالای مواد فنلی، محتوای آنتوسیانین و فعالیت آنتی اکسیدانی قوی‌تری نسبت به تمشک‌های تیمار نشده داشتند (Jin *et al.*, 2012). در گزارشی مشابه، توت فرنگی‌های تیمار شده با تیمول یا اوژنول سطوح بالاتری از آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و ظرفیت جذب رادیکال های 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 تیمار شده 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 تیمار شده 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 تیمار 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 تلقیح شده 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 اجزای لینالول، کارواکرول، آنتول و پریل آلدئید باعث افزایش آنتوسیانین‌ها، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی در زغال اخته شدند (Wng et al., 2008). نتایج آزمایش ما 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 در بهترین ظاهر میوه و کم‌ترین میزان پوسیدگی از غلظت ۶۰۰ میکرولیتر در لیتر به‌دست آمد که انارهای تیمار شده در این غلظت اسانس کم‌ترین میزان آنتوسیانین را داشتند (جدول ۳).

سفتی بافت

همان طور 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 به‌دست 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) به‌دست 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 به‌دست 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 and Tahmasebi, 2017). سایر محققین (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 به‌دست آمده از این تحقیق، جو و دوان (Ju *et al.*, 2000) گزارش کردند که گلابی‌های تیمار شده 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 اجزای تشکیل دهنده 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 (Shahiri Tabaestani *et al.*, 2013) شده است.

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت و اسانس بر صفات کیفی مورد بررسی میوه‌های انار آلوده به قارچ پنی‌سیلیوم

Table 4. Comparison of means of interaction effect of concentration and essential oil on the investigated qualitative traits of pomegranate fruits infected with *Penicillium* sp.

اسانس Essential oil	غلظت Concentration (µl/L)	آنتی اکسیدان Antioxidants (%)	آنتوسیانین Anthocyanin (mg/g)
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 یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار تیمارها می‌باشد.

The same letter indicates no significant difference between treatments at 5% levels.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که اسانس زنجبیل اثر ضد قارچی 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 کنترل کننده بیماری‌های پس از برداشت در دوره انبارمانی توصیه می‌شود.

منابع

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economic Entomol,* 18(2), 265-267.

Adekenov, S.M. (2017). Sesquiterpene lactones with unusual structure. Their biogenesis and biological activity. *Fitoterapia*, 121, 16-30.

Aidoo, K.E., Smith, J.E., & Henderson, R.S. (1991). *Postharvest storage and preservation of tropical crops. In Mycotoxin and animal foods*. CRC pres.

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)

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

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)

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

AOAC. (1980).*Official method of analysis*, 13th Edn. Washington, D.C.

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)

Asghari, M. (2014). *Hormones and New (non-classical) Plant Growth Regulators*. Urmia University Publications, 352 p.

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.

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.

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

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

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

Bairwa, R., Sodha, R.S., & Rajawat, B.S. (2012): *Trachyspermum ammi*. *Journal of Pharmacognosy Phytochemistry*, 6(11), 56-60.

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

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

Cao, J., Liu, H., Wang, Y., He, X., Jiang, H., Yao, J., ... & 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

Casimir, C.A., & Min, D.B. (2002). *Food lipids Chemistry. Nutrition and Biotechnology*. CRC Press, 928 p.

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

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.

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; Lichtfouse, E., Ed., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 15, 65–152

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.doi: 10.4315/0362-028X-52.9.665.

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.DOI:10.5897/AJB11.505

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

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

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)

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

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

Jayaprakasha, K., & Patil, B.S. (2007). In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citronand blood orange. *Food Chemistry*, 410 - 418.https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.038

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

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

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

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

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.

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

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

Mari, M., di Francesco, A., & Bertolini, P. (2014). Control of fruit postharvest diseases: Old issues and innovative approaches. *Stewart PostharvestReview*, 10, 1–4.doi:10.2212/spr.2014.1.1

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 ofCrimson'Table grapes. *Acta Horticulturae*, 682(3), 1723-1729.doi: 10.17660/ActaHortic.2005.682.230

Meighani, H., Boroomand, N., & Moghbeli, E. (2018). Effect of chitosan coating and $CaCl_2$ on maintaining postharvest quality and antioxidant compound of strawberry fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 76(15), 307- 317.(In Persian with English abstract)

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. https://doi.org/10.22059/ijhst.2014.50518

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)

Nelson, P., E., Toussoun, T., A., & Marasas, W. F. O., (1983). *Fusarium species: an illustrated manual for identification*. Pennsylvania state University Press.

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

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

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.DOI:10.1007/978-1-4615-2105-1_4

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

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

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.

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.

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

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)

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*, 3 -40.https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.040

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. DOI: 10.15406/hij.2019.03.00123

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

Savan, E.K., & Küçükbay, F.Z. (2013). Essential oil composition of *Elettaria cardamomum* Maton. *Journal of Applied Biological Sciences*, 7(3), 42-45.

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.

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.

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

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.DOI:10.3906/tar-1101-1671

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

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.

Teksur, P.K. (2015). Alternative technologies to control postharvest diseases of pomegranate. *Stewart Postharvest Review*, 11, 1–8.doi:10.2212/spr.2015.4.3

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Yang, X., Niu, Z., Wang, X., Lu, X., Sun, J., Carpena, M., Prieto, M.A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., Liu, C., et al. (2022). The Nutritional and bioactive components, potential health function and comprehensive utilization of pomegranate: A Review. *Food Reviews International*, 1–27. https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2110260

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

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