مقاله پژوهشی

تأثیر برخی اسانس‌های گیاهی بر پوسیدگی کپک‌آبی (*Penicillium italicum*) و ویژگی‌های کیفی میوه لیموترش (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime)

معصومه عباسی[۱]، عبدالمجیدمیرزاعلیان‌دستجردی[۲]*، مجید عسکری‌سیاهویی[۳]، منصوره شمیلی[۴] و بابک‌مدنی[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۲۵- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱۷)

چکیده

ترکیبات طبیعی مانند اسانس‌های گیاهی به‌عنوان یک روش سالم برای کنترل پوسیدگی پس از برداشت و نیز تأخیر در پیری میوه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مطالعه با هدف بررسی اثرات اسانس‌های میخک، دارچین، آویشن شیرازی و آویشن باغی روی کنترل پوسیدگی ناشی از *پنی‌سیلیوم ایتالیکوم* و برخی ویژگی‌های کیفی لیموترش رقم مکزیکن لایم در طی انبارمانی انجام شد. لیموها با سوسپانسیون قارچ مایه‌زنی و با اسانس‌های روغنی در سه غلظت صفر (شاهد)، ۰/۱ و ۰/۲ درصد در اتانول ۱/۵٪ حجمی- حجمی، غوطه‌ور شدند. سپس میوه‌های لیمو در دمای ±۱ ۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به‌مدت ۲۱ روز نگه‌داری شدند. نتایج نشان داد که اسانس‌های گیاهی در کنترل کپک آبی و حفظ کیفیت پس از برداشت میوه لیمو مؤثر بودند. پس از ۲۱ روز انبارمانی، اسانس‌های آویشن باغی در غلظت ۰/۲ درصد و دارچین ۰/۱ درصد به‌ترتیب ۵۸/۸ و ۵۵/۹ درصد پوسیدگی پس از برداشت کمتری نسبت به شاهد داشتند. با این حال در این دو تیمار محتوای فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری در مقایسه با شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می توان بیان داشت که کاربرد اسانس‌های گیاهی به‌خصوص آویشن باغی و دارچین به‌عنوان یک قارچ‌کش طبیعی می‌تواند در کنترل بیماری ناشی از کپک آبی مرکبات مفید باشد.

کلمات کلیدی: آویشن باغی، آویشن شیرازی، دارچین، میخک

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۳- استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس

۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۵- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر عباس

* پست الکترونیک: mirzaalian@hormozgan.ac.ir.

مقدمه

لیموترش رقم مکزیکن‌لایم یا لیموی‌آب شیراز با نام علمی *Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime به‌علت طعم مطبوع و داشتن ترکیباتی مانند ویتامین‌های C، B_1، B_2، B_3، B_6، B_9، مواد معدنی نظیر آهن، کلسیم، فسفر و منیزیم، آنتی‌اکسیدان‌هایی چون فنل و فلاونوئیدها دارای خواص ضدسرطانی زیادی است و برای بیماری‌های قلبی و عروقی بسیار مفید است (ال‌اُتمانی[1] و همکاران، ۲۰۱۱). منشأ لیموترش مجمع الجزایر هندشرقی است (ابوطالبی و حسن‌زاده[2]، ۲۰۰۷). ایران یکی از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده لیموترش است که با میزان تولید ۴۴۵۴۶۰ تن در جایگاه دهم جهان قرار گرفته است (فائو، ۲۰۱۸). میوه لیموترش هرچند محبوبیت زیادی داشته اما عوامل بیماری‌زا سبب ضایعات زیادی در محصول طی حمل و نقل و انبارمانی می‌گردند (رسولی[3] و همکاران، ۲۰۱۹).

پوسیدگی‌های ناشی از کپک‌های سبز و آبی از بیماری‌های رایج در کیفیت میوه لیمو در طول دوره انبار هستند که به‌علت مشاهده آسان پوسیدگی و دور ریختن میوه باعث مشکلات سلامتی نمی‌شوند اما منجر به زیان اقتصادی زیادی می‌گردند (پرزآلفونسو[4] و همکاران، ۲۰۱۲). زیان اقتصادی ناشی از کپک‌ها در صنعت مرکبات جهان موجب شده است تا همه دنبال راه حل مناسبی برای جایگزینی قارچ‌کش‌های شیمیایی باشند (مونتسینوس‌هررا[5]، ۲۰۱۶). اسانس‌های گیاهی به‌دلیل پذیرش مصرف‌کننده و سازگاری با محیط زیست می‌توانند برای کنترل عوامل بیماری‌زای قارچی موثر باشند (ژانگ[6] و همکاران، ۲۰۱۹؛ خلیق[7] و همکاران، ۲۰۱۹). 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 (اولیویرا[8] و همکاران، ۲۰۱۹). اسانس‌ها با تغییر در نفوذپذیری و یکپارچگی غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها، منجر به نشت سلولی و در نتیجه بر رشد و شکل سلول آن‌ها تأثیر می‌گذارند (گوو[9] و همکاران، ۲۰۱۷). در یک بررسی مشخص گردید که در بین اسانس‌های گیاهی، آویشن باغی[10]، دارچین[11]، رزماری[12] و مرزنجوش[13]، بیشترین فعالیت ضدقارچی را اسانس‌های آویشن‌باغی و دارچین جهت کنترل *Penicillium expansum* و *Botrytis cinerea* روی میوه گلابی داشتند که از طریق زخم‌زنی و مایه‌زنی روی میوه ایجاد شده بود (نیکخواه[14] و همکاران، ۲۰۱۷).

گزارش شده است که اسانس آویشن باغی، کپک سبز و آبی را در مرکبات به خوبی کنترل می‌کند (آراز و یوسایی[15]، ۲۰۰۱؛ لیو[16] و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از اسانس آویشن باغی و میخک[17] از رشد کپک سبز و آبی روی میوه پرتقال[18] بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن جلوگیری می‌کند (یحیی زاده[19] و همکاران، ۲۰۰۹). کاربرد اسانس‌های نعناع فلفل[20] و آویشن باغی در میوه پرتقال (فاطمی و همکاران، ۲۰۱۱) و اسانس‌های تیمول و کارواکرول[21] در لمون[22] (پرزآلفونسو و همکاران، ۲۰۱۲)، پوسیدگی میوه را کاهش داده است. کاربرد اسانس و عصاره‌های گیاهی برای کنترل بیماری های پس از برداشت نه‌تنها خطری برای سلامت انسان ندارد، بلکه با خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی که اسانس دارد موجب افزایش کیفیت و عمرانباری میوه می‌شود (رمضانیان[23] و همکاران، ۲۰۱۶). کاربرد پس از برداشت اسانس‌های مختلف گیاهی روی میوه انگور باعث کندشدن روند کاهش وزن، حفظ رنگ میوه و قندهای محلول، کاهش پوسیدگی و افزایش عمرانباری میوه شده است (مارتینزرومرو[24] و همکاران، ۲۰۰۵).

لیموی مکزیکن از جمله میوه‌های مهم اقتصادی مناطق جنوبی کشور است که قیمت بالایی در بازار داشته و تحقیقات محدودی روی آن صورت گرفته است. یکی از مشکلات آن محدودیت بازه عرضه محصول به بازار است که

1. El-Otmani
2. Aboutalebi and Hasanzadeh
3. Rasouli
4. Pe´rez-Alfonso
5. Montesinos-Herreroa
6. Zhang
7. Khaliq
8. Oliveiraa
9. Guo
10. *Thymus vulgaris*
11. *Cinnamomum zeylanicum*
12. *Rosmarimus officinalis*
13. *Origanum majorana*
14. Nikkhah
15. Arras and Usai
16. Liu
17. *Syzygium aromaticum* L.
18. *Citrus sinensis* cv. valencia
19. Yahyazadeh
20. *Mentha piperita*
21. Thymol and Carvacrol
22. *Citrus limon*
23. Ramezanian
24. Martinez-Romero

درصورت نگهداری در انبار می‌توان علاوه بر افزایش فرصت عرضه، بر ارزش اقتصادی آن نیز افزود. اما این میوه برخلاف میوه‌های مناطق معتدله به سرما حساس بوده و جهت نگهداری آن، چاره‌ای جز نگهداری در انبار با دمای بالاتر نیست که این خود موجب شیوع بیماری‌های قارچی از جمله کپک آبی در محصول می‌شود. لذا پژوهش حاضر به منظور کنترل طبیعی آن با استفاده از اسانس‌های گیاهی و نیز بررسی اثرات اسانس‌های گیاهی بر خصوصیات کیفی میوه لیمو انجام شد.

مواد و روش‌ها

میوه لیموترش مکزیکن از یک باغ تجاری در موقعیت ۲۷/۲۸ عرض جغرافیایی، ۵۷/۱۱ طول جغرافیایی و ۱۹۵ متری از سطح دریا واقع در شهرستان رودان در مرحله سبز بالغ با رعایت نکات فنی، برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شد. میوه‌های سالم، یکنواخت و یک‌شکل، انتخاب و با هیپوکلریدسدیم یک درصد ضدعفونی و سپس با آب‌مقطر شستشو و مجددا توسط اتانول ۷۰٪ سطح آن‌ها ضدعفونی و در دمای محیط خشک شدند. بعد از خشک‌شدن، یک زخم سطحی به ابعاد ۲×۲ میلی‌متر روی پوست میوه ایجاد گردید و با سوسپانسیون قارچ پنی‌سیلیوم-ایتالیکوم[1](ایزوله استاندارد موسسه تحقیقات گیاهپزشکی ایران 1050C) مایه‌زنی شدند. جهت تهیه محلول سوسپانسیون ابتدا سویه قارچ روی محیط کشت PDA کشت شد و بعد از چهار روز، محیط کشت در ۱۰۰ میلی-لیتر آب‌مقطر سترون مخلوط شد و محلول سوسپانسیون با دستگاه گلبول‌شمار به‌غلظت ۱۰۶ اسپور در هر میلی‌لیتر تهیه شد. میوه‌های مایه‌زنی شده به‌مدت ۲۴ ساعت در هوای آزاد روی ورقه‌های آلومینیوم استریل شده، قرار داده شدند تا قارچ به داخل میوه نفوذ کند. در ادامه غوطه‌وری میوه با غلظت‌های مختلف (صفر، ۰/۱ و ۰/۲ درصد حجمی-حجمی) اسانس‌های دارچین، میخک، آویشن شیرازی[2]و آویشن‌باغی (شرکت باریج‌اسانس با درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد) به‌مدت دو دقیقه انجام شد. برای تهیه غلظت‌های مختلف اسانس از اتانول ۱/۵ درصد استفاده شد. اتانول ۱/۵ درصد نیز به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. تعداد ۱۰ عدد میوه، پس از تیمار در دمای اتاق خشک شده و در کیسه‌های پلی‌اتیلن دارای ۱۶ سوراخ بسته‌بندی شده و در نهایت در سردخانه در دمای ۱ ± ۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به مدت صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز نگهداری شدند.

شناسایی ترکیبات اسانس‌ها با استفاده از دستگاه گاز گروماتوگرافی جرمی (GC/MS) انجام شد و اجزاء مهم اسانس آویشن‌باغی شامل تیمول (۵۰/۴٪)، سیمن (۳۱/۴٪)، لینالول (۴/۱٪) و کارواکرول (۲/۶٪)، اسانس آویشن شیرازی شامل کارواکرول (۷۱/۱٪)، گاما-ترپینن (۷/۳٪) و آلفا-پینن (۴/۳٪)، اسانس دارچین شامل سینام آلدهید (۸۱/۴٪)، لینالول (۳/۹۹٪)، کاریوفیلین (۳/۹٪) و سیمن (۲/۹٪) و ترکیبات اصلی اسانس میخک شامل اوژنول (۸۷٪) و اوژنول‌استات (۹/۷٪) بود. شاخص‌های کیفی مورد ارزیابی میوه هر دوره نگهداری عبارت بودند از:

کاهش وزن میوه

در هر زمان انبارمانی، وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و کاهش وزن میوه نسبت به زمان برداشت با استفاده از رابطه (۱) اندازه‌گیری شد (رزاق[3] و همکاران، ۲۰۱۴).

رابطه (۱)

= کاهش وزن میوه (٪)

۱۰۰×[وزن اولیه/ (وزن ثانویه- وزن اولیه)]

شدت پوسیدگی

شدت پوسیدگی به‌عنوان درصد سطح آلودگی میوه به قارچ پنی‌سیلیوم ایتالیکوم می‌باشد. بنابراین با اندازه گیری سطح کپک میوه‌های آلوده، درصد میانگین شدت پوسیدگی مشخص شد (مدنی[4] و همکاران، ۲۰۱۴).

مواد جامد محلول (TSS)

با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دیجیتال (DBR95, Taiwan) میزان درصد مواد جامد محلول برحسب درصد بریکس آب میوه اندازه‌گیری شد.

اسیدیته قابل‌تیتراسیون (TA)

ابتدا پنج میلی‌لیتر آبمیوه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و چند قطره معرف فنل‌فتالئین در آن ریخته و با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۲ عمل تیتراسیون انجام شد و حجم سود مصرفی یادداشت گردید. با استفاده از رابطه

1. *Penicillium italicum*
2. *Zataria multiflora* Boiss
3. Razzaq
4. Madani

(۲) و براساس میلی‌گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آبمیوه محاسبه شد (حسنی[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

رابطه (۲)

= اسیدیته قابل‌تیتراسیون (٪)

$[(V*N*Meqwt)/(Y*1000)]\times 100$

V= میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر، N= نرمالیته سود مصرفی، Meqwt= میلی‌اکی‌والان اسید غالب (اسید سیتریک)، Y = میلی‌لیتر حجم عصاره

رنگ پوست

رنگ پوست‌میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج[2] (Minolta CR400, Japan) اندازه‌گیری شد. در هر زمان اندازه‌گیری، تعداد پنج میوه از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و شاخص‌های L^* (سفیدی رنگ)، a^* (قرمزی رنگ) و b^* (زردی رنگ) در سه نقطه مختلف پوست هر میوه، اندازه‌گیری شد.

میزان فنل کل گوشت

جهت اندازه‌گیری مقدار فنل کل گوشت میوه از روش فولین-سیتوکالتیو[3] توسط دستگاه میکروپلیت‌ریدر (Epoch, Biotech, USA) استفاده گردید. ابتدا ۳۲ میکرولیتر عصاره میوه را با ۹۰۰ میکرولیتر کربنات‌سدیم ۲ درصد مخلوط کرده و پس از ۳ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، ۱۸۰ میکرولیتر معرف فولین ۵۰ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و سپس جذب مخلوط واکنش توسط دستگاه میکروپلیت‌ریدر در طول موج ۷۵۰ نانومتر خوانده شد (مایرز[4] و همکاران، ۲۰۰۳) و در نهایت میزان فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم گوشت میوه به‌صورت $mgGAE100g^{-1}FW$ محاسبه شد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه، ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره میوه با یک میلی‌لیتر DPPH[5] (۲ و ۲-دی‌فنیل، ۱-پیکریل‌هیدرازیل ۰/۱ میلی‌مولار) و یک میلی‌لیتر بافر تریس یک درصد مخلوط نموده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد. سپس توسط دستگاه میکروپلیت‌ریدر در طول موج ۵۱۷ نانومتر جذب (A) مخلوط واکنش اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه (۳) درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه محاسبه گردید (برند ویلیامز[6] و همکاران، ۱۹۹۵).

رابطه (۳)

= فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪)

$[(A\ Control-A\ Sample)/(A\ Control)]\times 100$

اسیدآسکوربیک

مقدار اسیدآسکوربیک میوه با روش طیف‌سنجی نوری با استفاده از منحنی استاندارد اسیدآسکوربیک (صفر تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اندازه‌گیری شد (اعتمادی‌پور[7] و همکاران، ۲۰۲۰). در این روش ۰/۱ میلی‌لیتر از آبمیوه به ۱۰ میلی‌لیتر از اسیدمتافسفریک اضافه و بعد از لرزش و قرار دادن به‌مدت ۴۵ دقیقه در دمای محیط، مقدار یک میلی‌لیتر از آن را به ۹ میلی‌لیتر از محلول ۲ و ۵ دی‌کلرو ایندوفنل افزوده و بعد از تکان‌دادن مجدد، جذب در طول موج ۵۱۰ نانومتر با استفاده از میکروپلیت‌ریدر (Epoch, Biotek, USA) قرائت شد. مقدار اسید آسکوربیک برحسب میلی‌گرم اسیدآسکوربیک در ۱۰۰ گرم بافت تازه گوشت میوه محاسبه شد.

طرح آزمایش و تجزیه‌آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح کاملا تصادفی در سه تکرار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام گرفت. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD[8] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تحقیق نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف اسانس گیاهی و زمان نگهداری در بیشتر شاخص‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱).

1. Hassani
2. Chromameter
3. Folin-Ciocalteu
4. Meyers
5. 2,2-Di phenyl picryl hydrazil
6. Brand-Williams
7. Etemadipoor
8. Least Significant Difference

شدت پوسیدگی

اثر اصلی و برهمکنش تیمار و زمان بر شدت پوسیدگی میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش مدت انبارمانی، شدت پوسیدگی میوه لیموترش افزایش یافت به طوری‌که شدت پوسیدگی میوه در روز ۲۱ به‌طور معنی‌داری بیشتر از روزهای ۷ و ۱۴ بود. پس از ۱۴ روز انبارمانی، بالاترین مقدار شدت پوسیدگی در تیمار شاهد با دو برابر افزایش در مقایسه با روز هفتم انبارمانی به‌دست آمد و کمترین مقدار شدت پوسیدگی در تیمار اسانس آویشن‌باغی ۰/۲ درصد با ۶۶/۷ درصد کاهش در مقایسه با شاهد مشاهده شد. پس از ۲۱ روز انبارمانی، کمترین مقدار شدت پوسیدگی میوه در تیمار اسانس آویشن‌باغی ۰/۲ درصد با ۵۸/۸ درصد اختلاف در مقایسه با شاهد مشاهده شد (شکل ۱). در همه تیمارها شدت پوسیدگی در طول دوره نگهداری افزایش پیدا کرد اما پس از ۲۱ روز، کمترین مقدار شدت پوسیدگی در تیمار اسانس آویشن‌باغی ۰/۲ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌ها در رابطه با اثر تیمار اسانس و زمان بر صفات کیفی میوه لیمو ترش

منبع تغییرات S.V	df	میانگین مربعات (M.S) pH	TSS	TA	فنل	آنتی‌اکسیدان	روشنایی (L*)	قرمزی (a*)	زردی رنگ (b*)	شدت پوسیدگی	درصد کاهش وزن	اسید آسکوربیک
زمان	۳	۰/۰۷۰**	۱۵/۵۸**	۱۱/۳۹**	۳۸۸۶۰/۸**	۳۶۲*	۱۴۲/۱**	۱۱۲/۶**	۲۷۵/۷**	۱۱۱/۳**	۹/۶۵**	۱۰۹/۳**
تیمار	۸	۰/۰۱۵**	۰/۸۵*	۲/۲۴ns	۹۳۶۸/۴**	۱۷۶/۸ns	۳۶/۰**	۱/۸ns	۱۰۰/۶**	۱۷/۱**	۰/۹۲**	۵/۷**
زمان*تیمار	۲۴	۰/۰۲۰**	۰/۶۸*	۱/۶۳ns	۴۳۳۶/۲*	۲۳۳/۷**	۹/۴ns	۱/۵ns	۸/۹ns	۳/۵**	۰/۲۳**	۰/۸ns
خطا	۷۲	۰/۰۰۳	۰/۳۸	۱/۲۵	۲۳۲۰/۳	۹۱/۱	۱۱/۸	۲/۹	۱۱/۹	۰/۴	۰/۰۱	۱/۳
ضریب تغییرات C.V%		۳/۸	۱۰/۹	۱۱/۲	۱۵/۹	۱۶/۴	۵/۲	۱۲/۲	۸/۰	۱۸/۶	۱۳/۸	۱/۸

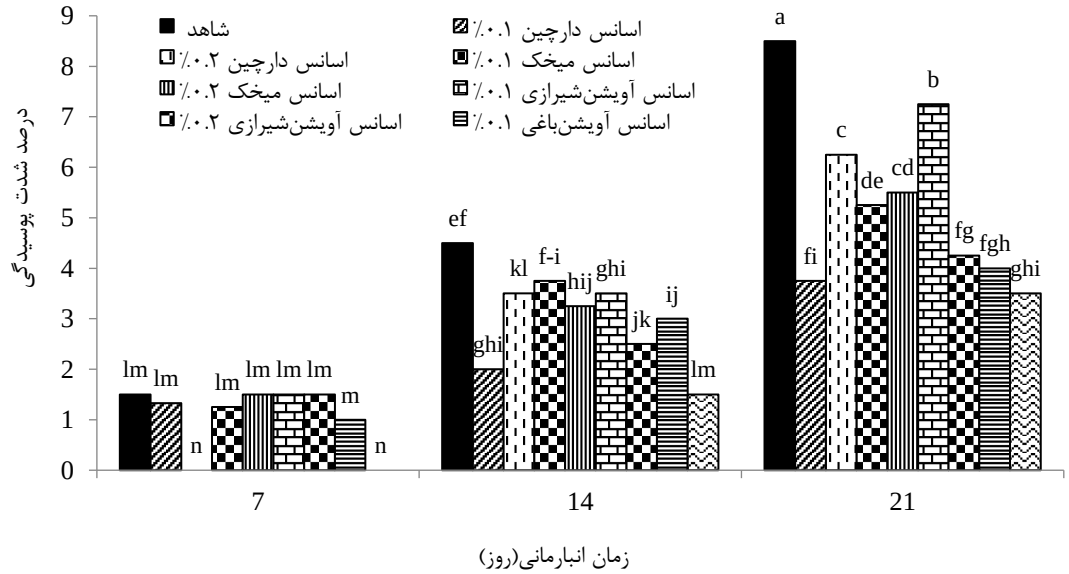
ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

کاهش پوسیدگی با کاربرد اسانس‌های گیاهی در میوه‌های سیب[1] (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۹)، پرتقال (فاطمی[2] و همکاران، ۲۰۱۱)، لمون (پرزآلفونسو و همکاران، ۲۰۱۲)، گلابی[3](نیکخواه و همکاران، ۲۰۱۷) و انگور[4](مارتینز رومرو، ۲۰۰۷) نیز گزارش شده است. کاربرد اسانس‌های گیاهی باعث جلوگیری از رشد باکتری و گونه‌های پنیسیلیوم و افزایش عمرانباری میوه‌های سیب و فلفل شدند (کراسنیوسکا[5]و همکاران، ۲۰۱۴). اثر ضدمیکروبی اسانس‌ها می‌تواند ناشی از آسیب غشای سلول‌های قارچ به‌وسیله اسانس‌ها باشد (باکالی[6] و همکاران، ۲۰۰۸). فعالیت ضدقارچی به‌دلیل وجود حلقه آروماتیک و گروه هیدروکسیل در اسانس‌ها است که بر پیوندهای هیدروژنی آنزیم‌های قارچ اثر می‌گذارد (فاراگ[7] و همکاران، ۱۹۸۹). هر چه تعداد گروه هیدروکسیل روی حلقه‌های فنلی اسانس‌ها بیشتر باشد، اثرات سمیت آن‌ها بر قارچ‌ها افزایش می‌یابد (اولتی[8] و همکاران، ۲۰۰۲). 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 (نیچاس[9]، ۱۹۹۵). 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 (باگامبولا[10]و همکاران، ۲۰۰۴؛ گوو و همکاران، ۲۰۱۷). فعالیت ضدمیکروبی اسانس‌ها همچنین می‌تواند به‌دلیل جلوگیری از حمل و نقل الکترونی و نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی میکرو ارگانیسم‌ها باشد که منجر به کمبود پروتئین، فسفات و پتاسیم سلول می‌شود (رمضانیان و همکاران، ۲۰۱۶).

کاهش وزن

درصد کاهش وزن میوه، تحت تأثیر تیمار و زمان انبارمانی قرار گرفت و اثر برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). افزایش مدت نگه‌داری موجب افزایش معنی‌دار کاهش وزن میوه گردید. پس از ۲۱ روز انبارمانی،

1. *Malus domestica*
2. Fatemi
3. *Pyrus communis*
4. *Vitis vinifera*
5. Krasniewska
6. Bakkali
7. Farag
8. Ultee
9. Nychas
10. Bagamboula



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهمکنش زمان و تیمار بر شدت پوسیدگی در میوه لیموترش. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

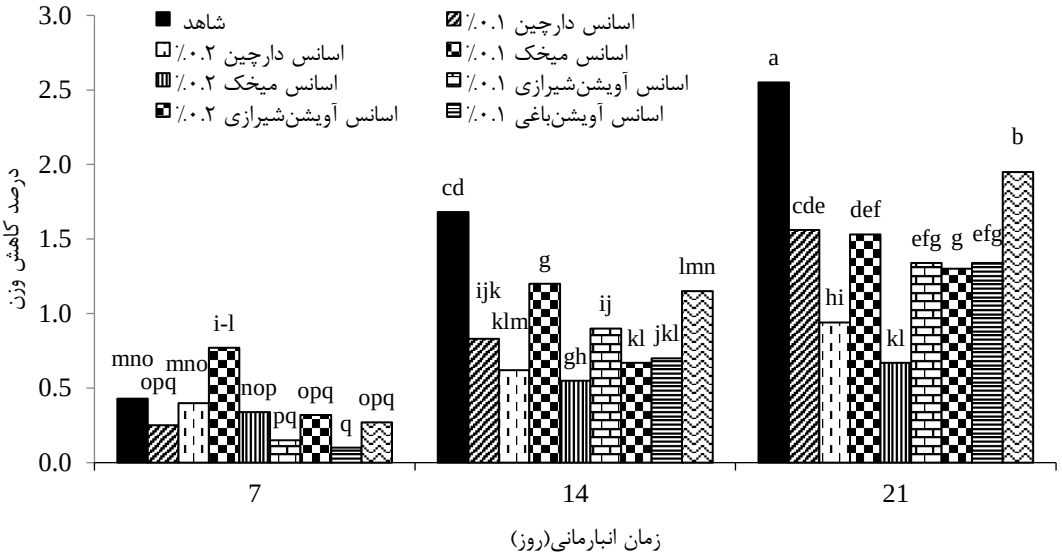
بیشترین مقدار کاهش وزن در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار کاهش وزن در تیمار اساس آویشن‌باغی ۰/۲ درصد با ۷۳/۷ درصد اختلاف در مقایسه با شاهد به‌دست آمد (شکل ۲). کاهش آب درونی میوه با تحت تأثیر قرار دادن طراوت و تازگی میوه می‌تواند به‌طور مستقیم روی کیفیت ظاهری میوه موثر باشد. پوشش میوه با مواد طبیعی از جمله پوشش‌های خوراکی، عصاره‌های گیاهی و اسانس‌ها در طول مدت نگه‌داری می‌توانند به عنوان یک مانع فیزیکی جهت کاهش آب از دست‌دهی و کاهش اثرات جانبی تنفس عمل کرده و باعث حفظ تازگی محصول شود (بوسکویز مولینا[1] و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از از پارامترهای مهم در کیفیت میوه، کاهش وزن است که ویژگی‌های ظاهری و کیفیت تغذیه‌ای میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (تانادا پالمو و گروسو[2]، ۲۰۰۵). کاهش وزن در میوه می‌تواند ناشی از افزایش تنفس و تعرق باشد (لی[3] و همکاران، ۲۰۱۲).

شاخص‌های رنگ پوست

اثر اصلی زمان و نیز اثر اصلی تیمار بر شاخص‌های L* (روشنی رنگ) و b* (زردی رنگ) معنی‌دار شدند. همچنین اثر اصلی زمان نگه‌داری بر شاخص a* (قرمزی رنگ) معنی‌دار شد، در حالی که اثرات برهمکنش آن‌ها بر این شاخص‌ها معنی‌دار نشدند (جدول ۱). مقدار روشنایی رنگ پوست لیمو در طول دوره نگه‌داری افزایش یافت. هرچند در شاخص L* رنگ پوست، روز ۲۱ انبارمانی نسبت به دیگر روزهای انبارمانی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، اما در بین روزهای شروع آزمایش (روز برداشت) و ۷ روز بعد هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها بر مقدار روشنایی رنگ پوست میوه نشان داد که بالاترین مقدار روشنایی در تیمار آویشن باغی ۰/۱ درصد (۶۶/۱) و کمترین مقدار (۶۳/۵) در تیمار آویشن شیرازی ۰/۱ درصد مشاهده شد (جدول ۳). مقدار شاخص a* رنگ به‌تدریج با افزایش مدت انبارمانی، افزایش یافت که حاکی از کاهش رنگ سبز پوست میوه است. به‌طوری‌که مقدار شاخص a* در ۲۱ روز انبارمانی، نسبت به دیگر روزهای انبارمانی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. اما در بین روزهای هفتم و چهاردهم هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در طول زمان نگه‌داری مقدار شاخص b* (زردی رنگ) پوست میوه افزایش یافت که به‌دلیل کاهش رنگیزه کلروفیل و افزایش کاروتنوئید همزمان با پیشرفت مراحل رسیدن میوه می‌باشد.

بیشترین مقدار زردی پوست در روز ۲۱ به‌دست آمد (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش، کمترین مقدار این شاخص (۳۶/۱) در تیمار اسانس دارچین ۰/۱ درصد به‌دست آمد

1. Bosquez-Molina
2. Tanada-Palmu and Grosso
3. Li



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر برهمکنش زمان و تیمار بر درصد کاهش وزن در میوه لیموترش. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

(جدول۳). رنگ پوست میوه لیموترش از پارامترهای مهم کیفیت میوه است که تعیین کننده زمان بلوغ و برداشت است و مستقیما در پذیرش مشتری موثر است (پائولو[1] و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش مقدار L* و a* پوست میوه و به طورکلی تغییرات رنگ در طول دوره رسیدن تحت تأثیر آنزیم‌های کلروفیلاز قرار گرفته که منجر به هیدرولیز گروه فیتول کلروفیل شده و باعث کاهش تیرگی رنگ سبز می‌گردد، همچنین با نگه‌داری زیاد، تحت تأثیر آنزیم پلی فنل‌اکسیداز قرار گرفته و منجر به بروز رنگ قهوه‌ای در میوه می‌شود (سانچز-گونزالس[2] و همکاران،۲۰۱۱). میوه مرکبات در طی مراحل رسیدن و بلوغ، به‌دلیل نافرازگرا بودن، شدت تنفس و سطح تولید اتیلن کمی دارد (کادر[3]، ۲۰۰۲). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که با افزایش انبارمانی، کلروفیل پوست میوه تجزیه و مقدار آن کاسته شده اما بر مقدار کاروتنوئید پوست افزوده می‌شود که باعث افزایش روشنایی پوست مرکبات می‌شود (گلداشمیت[4] و همکاران، ۱۹۹۳). تیمار میوه انبه با اسانس به‌لیمو باعث حفظ رنگ، کاهش بیماری و جلوگیری از فساد میوه شده است (رجنیر[5] و همکاران، ۲۰۰۸). در دوره نگه‌داری، به‌دلیل تخریب رنگیزه‌های کلروفیل، رنگ میوه روشن‌تر می‌شود، تخریب کلروفیل و تغییرات رنگ در میوه‌های با پوشش نسبت به شاهد کمتر بوده که این موضوع نشان‌دهنده کاهش سرعت رسیدن در میوه‌های پوشش‌دار می‌باشد (سانتوس[6] و همکاران، ۲۰۱۸). در پژوهشی اسانس آویشن‌شیرازی و آویشن‌باغی باعث حفظ بهتر رنگ میوه پرتقال در طی دوره انبارمانی شد (رمضانیان و همکاران، ۲۰۱۶) که پژوهش ما با یافته‌های آن مطابقت داشت.

مواد جامد محلول

اثرات برهمکنش تیمار و زمان بر مقدار درصد مواد جامد محلول کل میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول۱). مقدار مواد جامد محلول در طول دوره نگهداری افزایش یافت و بالاترین مقدار مواد جامد محلول در روز ۲۱ انبارمانی مشاهده شد. کمترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار اسانس دارچین ۰/۱ درصد با ۱۵/۷ درصد افزایش در مقایسه با روز شروع انبارمانی به‌دست آمد (جدول ۴). افزایش درصد مواد جامد محلول کل میوه در طول دوره نگه‌داری می‌تواند به‌دلیل کاهش مقدار رطوبت میوه و افزایش غلظت آب میوه باشد (پیرس و کادر[7]، ۲۰۰۳). مطالعات مختلف نشان داد که افزایش میزان قند مرکبات طی دوره انبار می‌تواند به دلیل شکسته شدن پلی ساکاریدهای نامحلول دیواره سلول به قندهای محلول

1. Palou
2. Sánchez-González
3. Kader
4. Goldschmidt
5. Regnier
6. Santos
7. Pierce and Kader

جدول ۲- مقایسه میانگین مولفه‌های رنگ پوست لیموترش تحت تأثیر مدت انبارمانی

صفت / زمان(روز)	صفر	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
L	۶۳/۱^{c}	۶۳/۳^{c}	۶۵/۴^{b}	۶۷/۶^{a}
a	-۱۵/۵^{c}	-۱۳/۶^{b}	-۱۳/۰^{b}	-۱۰/۷^{a}
b	۳۴/۴^{c}	۳۶/۰^{c}	۳۹/۰^{b}	۴۱/۱^{a}

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک برای هر شاخص هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین مولفه‌های رنگ پوست لیموترش تحت تأثیر تیمارهای مختلف

تیمار / صفت	L	a	b
شاهد	۶۴/۴^{ab}	-۱۲/۸^{ab}	۳۶/۶^{ab}
اسانس دارچین ۰/۱٪	۶۵/۳^{a}	-۱۲/۵^{a}	۳۶/۱^{b}
اسانس دارچین ۰/۲٪	۶۴/۵^{ab}	-۱۴/۰^{b}	۳۷/۶^{ab}
اسانس میخک ۰/۱٪	۶۵/۱^{a}	-۱۳/۸^{ab}	۳۷/۸^{ab}
اسانس میخک ۰/۲٪	۶۴/۶^{ab}	-۱۳/۷^{ab}	۳۸/۰^{ab}
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۱٪	۶۳/۵^{b}	-۱۳/۴^{ab}	۳۷/۱^{ab}
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۲٪	۶۵/۴^{a}	-۱۳/۳^{ab}	۳۷/۹^{ab}
اسانس آویشن‌باغی ۰/۱٪	۶۶/۱^{a}	-۱۲/۹^{ab}	۳۸/۵^{ab}
اسانس آویشن‌باغی ۰/۲٪	۶۴/۹^{ab}	-۱۲/۸^{ab}	۳۹/۳^{a}

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

(راپیساردا[1] و همکاران، ۲۰۰۸)، کاهش مقدار آب آماسیدگی یا تورژسانس سلول‌های بافت گوشت میوه (اوبلند[2] و همکاران، ۲۰۰۸)، تخریب دیواره سلولی و افزایش نشت یون‌ها (کوردنونسی[3] و همکاران، ۲۰۰۵) و کاهش آب‌میوه به‌وسیله فرآیند تعرق و تغلیظ آب‌میوه (وایت[4]، ۲۰۰۲) باشد. افزایش مقدار مواد جامد محلول در طی عمرانباری در پرتقال ناول (اوبلند و همکاران، ۲۰۰۸) و پرتقال خونی (حبیبی و رمضانیان[5]، ۲۰۱۷) و لیموترش (اترش[6] و همکاران، ۲۰۱۸) مشاهده شده است.

اسیدیته قابل‌تیتراسیون

اثر اصلی زمان بر مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون طی هفته اول انبارمانی افزایش یافت اما بعد از آن با پیشرفت مراحل رسیدن میوه تا روز ۲۱ انبارمانی به‌تدریج کاهش یافت (شکل ۳). از آنجایی که اسیدیته قابل تیتراسیون به‌طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسید آلی غالب میوه (اسیدسیتریک) است که در طی فرآیند تنفس، مصرف شده و از مقدار آن کاسته می‌شود (کاظمی[7] و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین هر تیماری که باعث کندی رسیدن و پیری میوه گردد، می‌تواند موجب کاهش سرعت تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون در طول دوره نگهداری گردد (جلیلی‌مرندی، ۱۳۹۱). در طول مدت انبارمانی، از اسیدهای آلی برای تولید انرژی در فرآیند تنفس استفاده می‌شود (ال‌انای[8] و همکاران، ۲۰۰۹) به عبارت دیگر اسیدهای آلی میوه جزء مواد اولیه تنفس هستند که به‌علت مصرف آن‌ها در طول دوره نگه‌داری، مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه کاهش می‌یابد. لذا موضوع کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در طول دوره انبار که در این مطالعه به‌دست آمد، با نتایج تحقیقات دیگر روی میوه سیب (ال‌انای و همکاران، ۲۰۰۹)، گوجه‌فرنگی (علی[9] و همکاران، ۲۰۱۰) و انار (میگانی[10] و همکاران، ۲۰۱۵) مطابقت دارد.

1. Rapisarda
2. Obenland
3. Cordenunsi
4. White
5. Habibi and Ramezanian
6. Atrash
7. Kazemi
8. El-Anany
9. Ali
10. Meighani

جدول ۴- اثرات برهمکنش تیمارهای مختلف و زمان انبارمانی بر مقدار مواد جامد محلول لیموترش

تیمار / زمان(روز)	صفر	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
شاهد	۵/۲۰$^{g-k}$	۵/۵۷$^{e-k}$	۵/۷۷$^{d-j}$	۶/۸۰^{abc}
اسانس دارچین ۰/۱٪	۵/۳۰$^{g-k}$	۵/۰۷$^{k-h}$	۵/۳۳$^{g-k}$	۶/۱۳$^{b-g}$
اسانس دارچین ۰/۲٪	۵/۳۰$^{g-k}$	۴/۸۷^{ijk}	۵/۱۳$^{g-k}$	۶/۶۰$^{a-d}$
اسانس میخک ۰/۱٪	۵/۰۷$^{h-k}$	۴/۹۷$^{h-k}$	۵/۸۳$^{c-j}$	۶/۹۷^{ab}
اسانس میخک ۰/۲٪	۵/۳۰$^{g-k}$	۵/۰۷$^{h-k}$	۵/۹۳$^{c-h}$	۶/۶۰$^{a-d}$
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۱٪	۵/۵۳$^{f-k}$	۴/۷۳^{k}	۵/۳۰$^{g-k}$	۶/۳۷$^{a-f}$
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۲٪	۵/۹۰$^{c-h}$	۵/۲۳$^{g-k}$	۵/۷۷$^{d-j}$	۷/۲۷^{a}
اسانس آویشن‌باغی ۰/۱٪	۵/۷۷$^{d-j}$	۵/۷۳$^{d-k}$	۵/۲۰$^{g-k}$	۶/۶۰$^{a-d}$
اسانس آویشن‌باغی ۰/۲٪	۵/۳۰$^{g-k}$	۴/۸۳^{jk}	۵/۲۷$^{g-k}$	۶/۵۷$^{a-e}$

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

pH[1]

اثر اصلی تیمار، زمان و اثر برهمکنش آن‌ها بر pH میوه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). pH طی زمان انبارمانی کاهش یافت. در روز ۲۱ انبارمانی کمترین مقدار pH در تیمار اسانس آویشن‌باغی ۰/۱ و ۰/۲ درصد بدون اختلاف معنی‌دار به‌ترتیب با ۲۳ و ۲۳/۷ درصد کاهش در مقایسه با شاهد به‌دست آمد. بیشترین مقدار pH در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۴). کاهش pH به‌دلیل افزایش اسیدهای آلی است. در طول مدت انبار، به‌علت اکسیداسیون ترکیبات مانند آلدهید و کتون‌ها، pH کاهش می‌یابد (مانزانو و دیاز[2]، ۲۰۰۱). ترمانیدز[3] و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که در میوه توت‌فرنگی pH آب‌میوه در طی انبار کاهش می‌یابد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

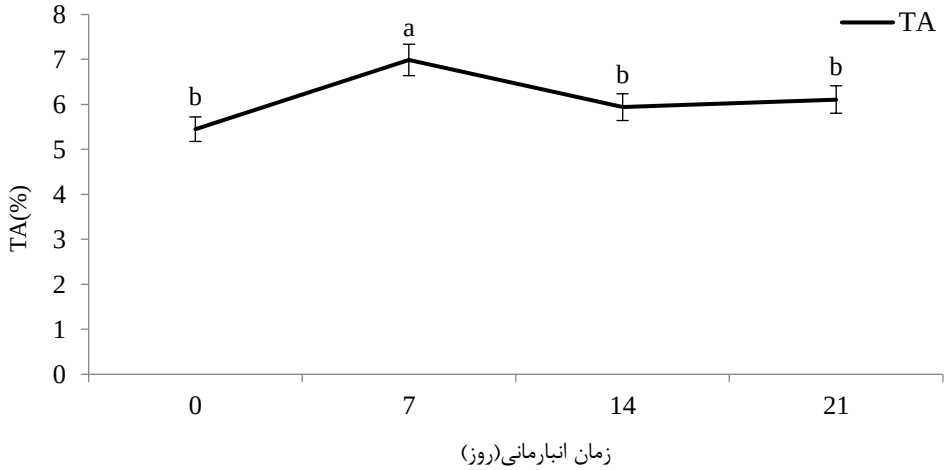
فنل کل

اثر اصلی تیمار و زمان در سطح یک درصد و اثر برهمکنش آن‌ها بر فنل میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). پس از ۲۱ روز انبارمانی، بالاترین مقدار فنل در تیمار اسانس آویشن‌باغی ۰/۲٪ با ۵۱/۵٪ افزایش در مقایسه با شاهد به‌دست آمد و کمترین مقدار فنل کل در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). در این پژوهش، کاهش در مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون همراه با افزایش مقدار فنل در دوره نگه‌داری مشاهده شد که با نتایج حاصل شده در میوه پاپایا[4] (ادای[5] و همکاران، ۲۰۱۳) و گوجه‌فرنگی (علی و همکاران، ۲۰۱۳) همسو می‌باشد. افزایش مقدار فنل پرتقال طی انبارمانی نیز گزارش شده است (حبیبی و رمضانیان، ۲۰۱۷). افزایش فنل کل در انبار ممکن است به‌دلیل شکستن ساختار سلولی بافت میوه باشد (رزاق و همکاران، ۲۰۱۴). در واقع اسکلت کربنی در ترکیب‌های فنلی توسط اسیدهای آلی تأمین شده و کاهش در اسید آلی میوه باعث بیوسنتز ترکیبات فنلی میوه می‌شود (راپیساردا و همکاران، ۲۰۰۸).

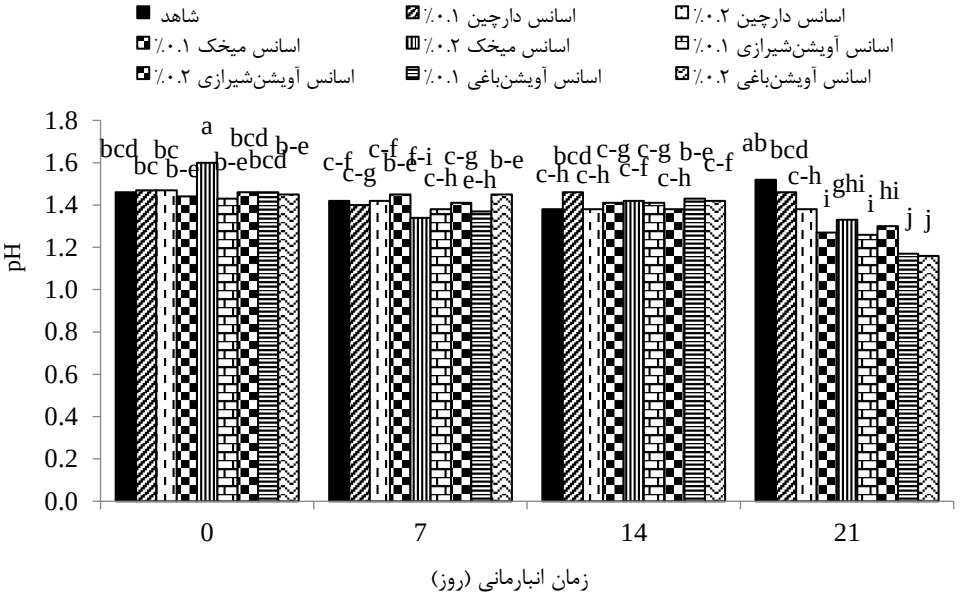
فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اثر اصلی زمان در سطح پنج درصد و اثر برهمکنش تیمار و زمان بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه در سطح یک درصد از نظر آماری معنی‌دار شد. مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی میوه در مدت انبارمانی افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روز ۲۱ انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با اسانس آویشن‌باغی ۰/۲ درصد با ۲۴ درصد افزایش نسبت به شاهد به‌دست آمد و کمترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۶). فعالیت آنتی‌اکسیدانی یکی از فاکتورهای مهم کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها است که بر سلامتی انسان موثر است (گووریو[6] و همکاران، ۲۰۱۵). اسانس‌های گیاهی در طی دوره نگه‌داری با حفظ ترکیبات فنلی موجب حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه شده‌اند (روسوس[7]، ۲۰۱۱؛ کاتو[8] و

1. Power of Hydrogen
2. Manzano and Diaz
3. Turmanidze
4. *Carica papaya*
5. Addai
6. Guerreiro
7. Roussos
8. Kato



شکل ۳ - تأثیر زمان نگهداری بر مقدار اسید قابل‌تیتر میوه لیموترش. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۴ – اثر برهمکنش تیمارهای مختلف و مدت نگه‌داری بر مقدار pH میوه لیموترش. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

همکاران، ۲۰۰۴؛ جایاپراکاشا [1] و پاتیل، ۲۰۰۷). بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با مقدار فنل رابطه مثبتی وجود دارد (حبیبی و رمضانیان، ۲۰۱۷). بالاتر بودن فعالیت آنتی اکسیدانی در زمان سوم اندازه‌گیری، به‌علت بالاتر بودن مقدار فنل کل در این میوه‌ها است. بین مقدار فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه انبه همبستگی وجود دارد (خلیق [2] و همکاران، ۲۰۱۶). به‌طور کلی تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی در مدت انباری و تغییرات فنل در طی انبار روند مشابهی دارند (حبیبی و رمضانیان، ۲۰۱۷).

اسیدآسکوربیک

مقدار اسیدآسکوربیک میوه تحت تأثیر تیمار اسانس قرار گرفت و در سطح یک درصد از نظر آماری معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین مقدار اسیدآسکوربیک در میوه‌های تیمار شده با اسانس دارچین ۰/۱ و ۰/۲ درصد و اسانس آویشن شیرازی ۰/۲ درصد و اسانس آویشن‌باغی ۰/۲ درصد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. افزایش مقدار اسید آسکوربیک میوه در تیمارهای اسانس می‌تواند به‌دلیل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی فنلی موجود در اسانس‌ها

1. Jayaprakasha and Patil

2. Khaliq

جدول ۵- تأثیر تیمارهای مختلف و مدت نگه‌داری بر مقدار فنل کل (میلی‌گرم گالیک‌اسید/۱۰۰ گرم وزن تازه) لیموترش

زمان(روز) / تیمار	صفر	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
شاهد	۲۴۲/۴$^{h-k}$	۳۶۱/۴$^{a-d}$	۲۹۷/۴$^{d-j}$	۲۷۸/۷$^{e-k}$
اسانس دارچین ۰/۱٪	۲۴۶/۷$^{g-k}$	۳۹۰/۷^{abc}	۳۲۵/۷$^{c-f}$	۳۳۲/۷$^{b-f}$
اسانس دارچین ۰/۲٪	۲۴۳/۱$^{h-k}$	۳۲۱/۱$^{c-h}$	۲۷۴/۴$^{e-k}$	۳۳۱/۷$^{c-f}$
اسانس میخک ۰/۱٪	۲۲۵/۷^{jk}	۲۸۱/۷$^{e-k}$	۲۷۲/۷$^{e-k}$	۳۸۲/۷^{abc}
اسانس میخک ۰/۲٪	۲۳۷/۷^{ijk}	۳۲۸/۴$^{c-f}$	۲۹۸/۱$^{d-j}$	۳۶۳/۴$^{a-d}$
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۱٪	۲۶۲/۴$^{f-k}$	۳۰۲/۱$^{d-j}$	۲۷۸/۷$^{e-k}$	۳۱۵/۷$^{c-i}$
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۲٪	۲۷۷/۴$^{e-k}$	۳۳۵/۷$^{b-f}$	۳۷۴/۷$^{a-d}$	۴۱۰/۴^{ab}
اسانس آویشن‌باغی ۰/۱٪	۲۳۷/۴^{ijk}	۳۳۰/۴$^{c-f}$	۳۴۳/۴$^{b-e}$	۳۶۶/۴$^{a-d}$
اسانس آویشن‌باغی ۰/۲٪	۲۰۷/۴^{k}	۳۲۸/۱$^{c-f}$	۲۸۲/۷$^{e-k}$	۴۲۲/۴^{a}

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۶ - مقایسه میانگین تیمارهای مختلف و زمان‌های انبارمانی بر مقدار آنتی‌اکسیدان میوه لیموترش

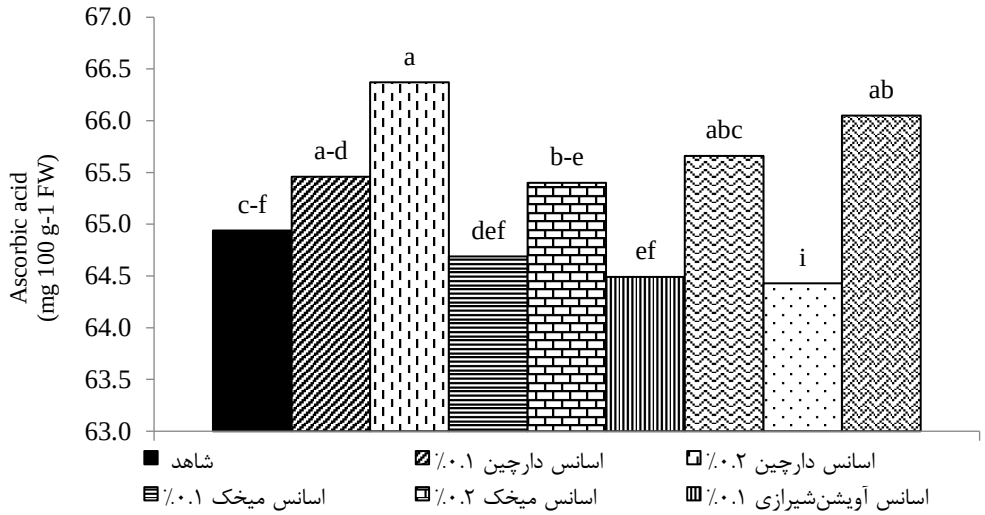
زمان(روز) / تیمار	صفر	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
شاهد	۷۱/۶^{a}	۶۰/۲$^{a-g}$	۵۲/۸$^{b-g}$	۵۶/۰$^{a-g}$
اسانس دارچین ۰/۱٪	۷۰/۷^{ab}	۵۳/۰$^{b-g}$	۴۶/۱^{fg}	۶۵/۱$^{a-e}$
اسانس دارچین ۰/۲٪	۶۳/۲$^{a-f}$	۴۷/۲$^{d-g}$	۵۹/۴$^{a-g}$	۶۲/۶$^{a-f}$
اسانس میخک ۰/۱٪	۶۲/۰$^{a-f}$	۵۶/۶$^{a-g}$	۴۳/۴^{g}	۶۹/۲^{ab}
اسانس میخک ۰/۲٪	۶۱/۵$^{a-f}$	۵۸/۸$^{a-g}$	۶۵/۴$^{a-d}$	۶۷/۶^{ab}
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۱٪	۶۱/۹$^{a-f}$	۴۶/۹^{efg}	۵۵/۸$^{a-g}$	۶۵/۶$^{a-d}$
اسانس آویشن‌شیرازی ۰/۲٪	۶۱/۲$^{a-f}$	۵۵/۴$^{a-g}$	۵۵/۴$^{a-g}$	۶۶/۱^{abc}
اسانس آویشن‌باغی ۰/۱٪	۵۵/۴$^{a-g}$	۶۸/۹^{ab}	۵۸/۶$^{a-g}$	۶۵/۲$^{a-e}$
اسانس آویشن‌باغی ۰/۲٪	۵۴/۱$^{a-g}$	۵۴/۹$^{a-g}$	۶۳/۱$^{a-f}$	۶۹/۴^{ab}

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

باشد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه را بهبود می‌بخشد (زینگ و همکاران، ۲۰۱۱). نتیجه تحقیق حاضر با مطالعه رمضانیان و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که عصاره‌های طبیعی مانند اسانس آویشن‌باغی ۰/۲٪ و دارچین ۰/۱٪ می‌تواند جهت کنترل کپک آبی و کاهش پوسیدگی میوه لیموترش به‌کار رود. بنابراین تیمارهای اسانس آویشن‌باغی و دارچین به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای قارچ‌کش‌های مصنوعی جهت کنترل پس از برداشت بیماری‌های ناشی از قارچ‌ها در میوه لیموترش و نیز برای کاهش ضایعات پس از برداشت آن استفاده شود.



شکل ۵ - اثر تیمارهای مختلف اسانس بر مقدار اسیدآسکوربیک میوه لیموترش. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

منابع

جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۹۱. فیزیولوژی بعد از برداشت. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد آذربایجانغربی، ۵۹۴ ص.

Aboutalebi, A. and Hasanzadeh, H. 2007. Citrus germplasm cultivars and rootstocks. Avand andishe press.

Addai, Z.R., Abdullah, A., Mutalib, S.A. and Musa, K.H. 2013. Effect of gum arabic on quality and antioxidant properties of papaya fruit during cold storage. International Journal of Chemtech Research, 5(6): 2854-2862.

Ali, A., Maqbool, M., Alderson, P.G. and Zahid, N. 2013. Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. Postharvest Biology and Technology, 76: 119-124.

Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S. and Alderson, P.G. 2010. Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology, 58(1): 42-47.

Arras, G. and Usai, M. 2001. Fungitoxic activity of 12 essential oils against four posthar-vest citrus pathogens: chemical analysis of *Thymus capitatus* oil and its effect insubatmospheric pressure conditions . Journal of Food Protection, 64(7): 1025-1029.

Atrash, S., Ramezanian, A., Rahemi, M., Mostofizadeh Ghalamfarsa, R. and Elhadi, Y. 2018. Antifungal Effects of Savory Essential Oil, Gum Arabic, and Hot Water in Mexican Lime Fruits. Hortscience, 53(4): 524–530.

Bagamboula, C.F., Uyttendaele, M. and 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.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, I. 2008. Biological effects of essential oils– a review. Food and Chemistry Toxicology, 46(2): 446-475.

Bosquez-Molina, E., Jesus, E., Bautista-Banos, S., Verde-Calvo, J. and Morales-Lopez, J. 2010. Inhibitory effect of essential oils against Colletotrichum gloeosporioides and Rhizopus stolonifer in stored papaya fruit and their possible application in coatings. Postharvest Biology and Technology, 57(2): 132-137.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology, 28(1): 25-30.

Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., do Nascimento, J.R., Hassimotto, N.M., Dos Santos, R.J. and Lajolo, F.M. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. Food Chemistry, 91(1): 113-121.

El-Anany, A.M., Hassan, G.F. and Ali, F.R. 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-Otmani, M., Ait-Oubahou, A. and Zacarias, L. 2011. Citrus spp.: Orange, mandarin, tangerine, clementine, grapefruit, pomelo, lemon and lime. Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Açai to Citrus. Elsevier, 437-516.

Etemadipoor, R., Dastjerdi, A.M., Ramezanian, A. and Ehteshami, S. 2020. Ameliorative effect of gum arabic, oleic acid and/or cinnamon essential oil on chilling injury and quality loss of guava fruit. Scientia Horticulture, 266: 1–10.

FAO. 2018. http://faostat.fao.org

Farag, R., Daw, Z., Hewed, F. and El-Baroty, G. 1989. Antimicrobial activity of some Egyptian spice oils. Journal of Food Protection, 52: 665-667.

Fatemi, S., Jafarpour, M., Eghbaisaied, S., Rezapour, A. and 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.

Goldschmidt, E.E., Huberman, M. and Goren, R. 1993. Probing the role of ethylene in the degreening of citrus fruit with ethylene antagonists. Plant Growth Regulation, 12(3): 325-329.

Guerreiro, A.C., Gago, C., Faleiro, M., Miguel, M. and Antunes, M. 2015. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on Arbutus unedoL. fresh fruit storage. Postharvest Biology and Technology, 100: 226-233.

Guo, N., Zang, Y.P., Cui, Q., Gai, Q.Y., Jiao, J., Wang, W., Zu, Y.G. and 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.

Habibi, F. and Ramezanian, A. 2017. Vacuum infiltration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage. Food Chemistry, 227: 1-8.

Hassani, F., Javanmard, M. and Garousi, F. 2010. Shelf-life investigation of whey protein concentrate rice bran oil coated kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). Iranian journal of Food Science and Technology Research, 6(3): 158-167.

Jayaprakasha, K. and Patil, B. 2007. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citronand blood orange. Food Chemistry, 101(1): 410-418.

Kader, A.A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops Vol. 3311. UCANR Publications.

Kato, M., Ikoma, Y., Matsumoto, H., Sugiura, M., Hyodo, H. and Yano, M. 2004. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. Plant Physiol, 134(2): 824-837.

Kazemi, M., Aran, M. and Zamani, S. 2011. Effect of salicylic acid on quality characteristics of apple fruits during storage. American Journal of Plant Physiology, 6(2): 113-119.

Khaliq, G., Abbas, H.T., Ali, I. and Waseem, M. 2019. Aloe vera gel enriched with garlic essential oil effectively controls anthracnose disease and maintains postharvest quality of banana fruit during storage. Horticulture, Environment and Biotechnology, 60(5): 1-11.

Khaliq, G., Mohamed, M.T., Ghazali, H.M., Ding, P. and Ali, A. 2016. Influence of gum arabic coating enriched with calcium chloride on physiological, biochemical and quality responses of mango (*Mangifera indica* L.) fruit stored under low temperature stress. Postharvest Biology and Technology, 111: 362-369.

Krasniewska, K., Gniewosz, M., Synowiec, A., Przyby, J.L., Baczek, K. and 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.

Li, S.M., Liu, L.D., Zhang, L., Wu, R.Z., Zhu, X.K. and Ming, J. 2012. Effect of nitric oxide treatment on storage quality and disease resistance of satsuma mandarin fruits. In Advanced Materials Research, 524: 2163-2166.

Liu, X., Wang, L.P., Li, Y.C., Li, H.Y., Yu, T. and Zhang, X.D. 2009. Antifungal activity of thyme oil against Geotrichum citri-aurantii in vitro and in vivo . Journal of Applied Microbiology, 107(5): 1450-1456.

Madani, B., Mohamed, M.T.M., Biggs, A.R., Kadir, J., Awang, Y., Tayebimeigooni, A. and Shojaei, T.R. 2014. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. Crop Protection, 55: 55-60.

Manzano, J. and Diaz, A. 2001. Effect of storage time, temperature and wax coating on the quality of fruits of „Valencia‟ orange (Citrus sinensis L.). Proc Int Soc Trop Hort, 44: 24-29.

Martinez-Romero, D., Castillo, S., Valverde, J., Guillen, F., Valero, D. and Serrano, M. 2005. The use of natural aromatic essential oils helps to maintain post-harvest quality of 'Crimson'table grapes. Acta horticulturae, 1723-1729.

Meighani, H., Ghasemnezhad, M. and Bakhshi, D. 2015. Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. Journal of Food Science and Technology, 52(7): 4507-4514.

Meyers, K., Watkins, C.B., Pritts, M.P. and Liu, R.H. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(23): 6887-6892.

Montesinos-Herreroa, C., Moscoso-Ramíreza, P.A. and Paloua, L. 2016. Evaluation of sodium benzoate and other food additives for the control of citrus postharvest green and blue molds. Postharvest Biology and Technology, 115: 72–80.

Nikkhah, M., Hashemi, M., Habibi Najafi, M. and Farhoosh, R. 2017. Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. International Journal of Food Microbiology, 257: 285-294.

Nychas, G. 1995. Natural antimicrobials from plants. In: Gould GW of melaleuca alternifolia (tea tree oil). Journal of Applied Microbiology, 170-175.

Obenland, D., Collin, S., Sievert, J., Fjeld, K., Doctor, J. and Arpaia, M.L. 2008. Commercial packing and storage of navel oranges alters aroma volatiles and reduces flavor quality. Postharvest Biology and Technology, 47(2): 159-167.

Oliveira, J., Parisi, M.C.M., Baggio, J.S., Silva, P.P.M., Paviani, B., Spoto, M.H.F. and 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.

Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G., Welti-Chanes, J. and Swanson, B. 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. Journal of Food Science, 64(1): 42–45.

Perez-Alfonso, C., Martınez-Romero, D., Zapata, P., Serrano, M., Valero, D. and 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.

Pierce, B. and Kader, A. 2003. Responses of ‘Wonderful’ pomegranates to controlled atmospheres. Acta Horticulturae, 751-757.

Ramezanian, A., Azadi, M., Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R. and Saharkhiz, M.J. 2016. Effect of Zataria multiflora Boiss and Thymus vulgaris L. essential oils on black rot of ‘Washington Navel’ orange fruit. Postharvest Biology and Technology, 112: 152–158.

Rapisarda, P., Bianco, M.L., Pannuzzo, P. and Timpanaro, N. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes (*Citrus sinensis* L.) Osbeck]. Postharvest Biology and Technology, 49(3): 348-354.

Rasouli, M., Koushesh Saba, M. and Ramezanian, A. 2019. Inhibitory effect of salicylic acid and Aloe vera gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. Scientia Horticulturae, 247: 27-34.

Razzaq, K., Khan, A.S., Malik, A.U., Shahid, M. and Ullah, S. 2014. Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in ‘Samar Bahisht Chaunsa’mango. Postharvest Biology and Technology, 96: 23-32.

Regnier, T., Du Plooy, W., Combrinck, S. and Botha, B. 2008. Fungitoxicity of Lippia scaberrima essential oil and selected terpenoid components on two mango postharvest spoilage pathogens. Postharvest Biology and Technology, 48(2): 254–258.

Roussos, P. 2011. Phytochemicals and antioxidant capacity of orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv.Salustiana) juice produced under organic and integrated farming system in Greece. Scientia Horticulturae, 129(2): 3-40.

Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A. and Cháfer, M. 2011. Use of essential oils in bioactive edible coatings: a review. Food Engineering Reviews, 3(1): 1-16.

Santos, T.M., Men de Sá Filho, M.S., Silva, E.D.O., da Silveira, M.R., de Miranda, M.R.A., Lopes, M.M. and Azeredo, H.M., 2018. Enhancing storage stability of guava with tannic acid-crosslinked zein coatings. Food Chemistry, 257: 252-258.

Tanada-Palmu, P.S. and Grosso, C.R. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. Postharvest biology and technology, 36(2): 199-208.

Turmanidze, T., Jgenti, M., Gulua, L. and Shaiashvili, V. 2017. Effect of ascorbic acid treatment on some quality parameters of frozen strawberry and raspberry fruits. Annals of Agrarian Science, 15(3): 370-374.

Ultee, A., Bennik, M.H.J. and 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.

White, P.J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. Journal of Experimental Botany, 53(377): 1995-2000.

Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y. and Tang, Y. 2011. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry, 124(4): 1443–1450.

Yahyazadeh, M., Zare, R., Omidbaigi, R., Faghih-Nasiri, M. and Abbasi, M. 2009. Control of Penicillium decay on citrus fruit using essential oil vapours of thyme or clove inside polyethylene and nano-clay polyethylene films. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 84(4): 403-409.

Zhang, W., Shu, C., Chen, Q., Cao, J. and 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.