Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

علمی پژوهشی

تاثیر مهارکنندگی برخی اسانس‌های گیاهی روی کپک سبز (*Penicillium digitatum*) و پارامترهای کیفی پس‌از برداشت میوه لیمو

معصومه عباسی[۱]، عبدالمجید میرزاعلیان‌دستجردی[۲*]، مجید عسکری‌سیاهویی[۳]، منصوره شمیلی[۲]، بابک مدنی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

۳- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.

٤- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۹ /۰٤/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰٦/۳۱)

چکیده

پوسیدگی ناشی از کپک سبز *پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم* ازنظر اقتصادی مهم‌ترین بیماری‌های پس‌ازبرداشت لیمو در همه مناطق تولیدی است. در این تحقیق، اثرات اسانس‌های گیاهی (دارچین، میخک، آویشن‌باغی و آویشن‌شیرازی) به‌منظور کنترل پوسیدگی ناشی از کپک سبز در میوه لیموی مکزیکن‌لایم (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime) مطالعه شد. لیموهای مکزیکن با سوسپانسیون قارچ *پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم* مایه‌زنی و با اسانس‌های روغنی در سه سطح غلظت صفر (شاهد)، ۰/۱ و ۰/۲ درصد 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 دادند که اسانس‌های گیاهی تأثیر معنی‌داری بر پوسیدگی میوه، کاهش وزن، *L، *a، *b، محتوای فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل داشتند. پس از ۲۱ روز انبارمانی، محتوای فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه تیمارشده با اسانس‌های گیاهی نسبت به شاهد بیشتر بود. به‌علاوه اسانس‌های گیاهی در کنترل شدت پوسیدگی و کاهش وزن موثر بودند و درمقایسه با شاهد، شاخص‌های*L و*b را کاهش دادند. پس‌از ۲۱ روز انبارمانی میوه تیمار شده با اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد، پوسیدگی پس‌ازبرداشت هفت برابر کمتر از شاهد اما ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر از شاهد داشت. بنابراین اسانس آویشن باغی اثر مناسب‌تری روی کنترل کپک سبز و حفظ کیفیت میوه لیموی مکزیکن دارد.

کلید واژگان: پوسیدگی پس‌ازبرداشت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم، لیموترش

* مسئول مکاتبات: mirzaalian@hormozgan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

۱- مقدمه

مرکبات ازجمله مهم‌ترین میوه‌های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری و از محصولات مهم اقتصادی در جهان می‌باشند [۱]. یکی از گونه‌های مهم مرکبات، لیمو[1] می‌باشد که رقم مکزیکن[2] یا لیموآب بیشترین سطح زیرکشت را در ایران به‌خود اختصاص داده است. میوه این نوع لیمو دارای پوست سبز، گوشت زرد، معطر و مزه ترش که عمدتا از آب میوه اسیدی این رقم به‌عنوان آبلیمو در غذاهای مختلف استفاده می‌شود [۲]. در لیمو با توجه به اسیدی‌بودن میوه، برخی قارچ‌های عامل پوسیدگی در طی انبار می‌توانند کیفیت میوه را تحت‌تاثیر قرار دهند [۳]. کپک سبز ناشی از *پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم* از بیماری‌های مهم پس‌ازبرداشت در انواع مرکبات است که خسارت‌های زیادی به میوه در طول دوره نگه‌داری وارد می‌کند و موجب افزایش ضایعات پس‌ازبرداشت، می‌شود [٤]. درحال حاضر برای کنترل بیماری‌های قارچی مرکبات از قارچ‌کش شیمیایی استفاده می‌شود که باعث آلودگی محیط‌زیست، باقی‌ماندن قارچ‌کش روی سطح میوه و به‌خطرافتادن سلامتی مصرف‌کنندگان می‌شود. اثرات زیست‌محیطی قارچ‌کش‌های مصنوعی منجر به توسعه راه‌کارهای جایگزین و استفاده از مواد طبیعی برای کاهش بیماری‌های پس‌ازبرداشت شده است [۵]. به‌تازگی اسانس یا عصاره‌های گیاهی به‌دلیل توانایی در جلوگیری از گسترش آلودگی قارچی و طولانی‌تر شدن عمر قفسه‌ای میوه‌ها مورد توجه چشمگیری قرار گرفته است [٦]. اسانس‌های گیاهی حاوی انواع مختلفی از متابولیت‌های ثانویه ازجمله آلکالوئیدها، ترپنوئیدها، ترکیبات فنلی یا فلاونوئیدها می‌باشند که به‌عنوان یک راه‌حل سازگار با محیط‌زیست می‌توانند جهت کنترل قارچ‌ها موثر باشند [۷]. استفاده از اسانس‌های گیاهی سبب حفظ کیفیت و کنترل کپک سبز در بلوبری [۸]، توت فرنگی [۹]، پرتقال [۱۰] و مرکبات [۱۱] شده است. اسانس آویش باغی و نعناع باعث کاهش پوسیدگی پرتقال مایه‌زنی‌شده با کپک سبز شده است [۱۲ و ۱۳]. همچنین اسانس آویشن باغی به‌تنهایی موجب کاهش پوسیدگی پرتقال والنسیا مایه‌زنی‌شده با کپک سبز شده است [۱۳]. کاربرد اسانس گیاهی در میوه‌های سیب و فلفل نه‌تنها سبب کنترل رشد باکتری و گونه‌های پنی‌سیلیوم شده است بلکه باعث افزایش عمر انباری آن‌ها نیز شده است [١٤]. فعالیت ضدقارچی اسانس‌های گیاهی درمقابل بیمارگر مشخص می‌تواند در میوه‌های مختلف، متفاوت باشد [۱۵]. ویژگی ضدقارچی اسانس‌ها به میزان فنل‌ها، الکل‌ها، کتون‌ها و هیدروکربن‌ها بستگی دارد و هرچه اسانس‌ها دارای ترکیبات فنلی بیشتری باشند، میزان فعالیت ضدقارچی بالاتری دارند [١٦]. اسانس گیاه دارچین[3]، به‌دلیل حضور مقادیر سینامالدهید، اسانس میخک[4] نیز به‌موجب فراوانی اوژنول، آویشن شیرازی[5] به‌خاطر داشتن تیمول و کارواکرول بالا و آویشن باغی[6]، به‌علت وجود تیمول، کارواکرول، پاراسیمن و گاماترپینن دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و فعالیت ضدمیکروبی و قارچکشی زیادی هستند [۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۱]. در بین ترکیبات فنلی، تیمول فعال‌ترین ترکیب موجود در برگ و ساقه گیاهان است که در سطوح مختلفی وجود دارد. این ترکیب فعالیت ضدمیکروبی قوی داشته و زمانی‌که با موادی مانند کارواکرول ترکیب می‌شود اثر هم‌افزایی شدیدی نشان می‌دهد [۲۲]. اسانس‌ها با تغییر در نفوذپذیری و یکپارچگی غشای سلولی میکروارگانیسم‌ها، منجر به نشت اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها شده و بر رشد و شکل آن‌ها تاثیر می‌گذارند [۲۳]. کاربرد اسانس یا عصاره گیاهی برای کنترل بیماری‌های پس‌ازبرداشت نه‌تنها خطری برای سلامت انسان ندارد بلکه با خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی که دارد موجب حفظ کیفیت میوه و افزایش عمر انباری آن‌ها می‌شود [۱۰]. از آن‌جایی‌که لیموی مکزیکن ازجمله محصولات مهم اقتصادی نواحی جنوب کشور است که تحقیقات محدودی روی آن صورت گرفته است. یکی از مشکلات آن محدودیت بازه عرضه محصول به بازار است که درصورت نگه‌داری در انبار می‌توان علاوه‌بر 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 موجب شیوع بیماری‌های قارچی از جمله کپک سبز در محصول می‌شود. لذا پژوهش حاضر به‌منظور کنترل طبیعی کپک سبز با استفاده از اسانس‌های گیاهی و نیز بررسی اثرات اسانس‌های گیاهی بر خصوصیات کیفی میوه لیمو انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

میوه لیموترش رقم مکزیکن از یک باغ تجاری 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 هیپوکلریت‌سدیم ۱٪ ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو و مجددا توسط الکل اتانول۷۰٪ سطح آن‌ها ضدعفونی و در دمای محیط خشک شدند. بعد از خشک شدن، یک زخم سطحی به ابعاد ۲×۲ میلی‌متر روی پوست میوه ایجاد گردید و با سوسپانسیون قارچ *پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم*[7] (ایزوله استاندارد موسسه تحقیقات گیاه

1. *Citrus aurantifolia* Swinglr
2. Mexican lime

3. *Cinnamomum zeylanicum* Blume
4. *Syzygium aromaticum* L.
5. *Zataria multiflora* Boiss
6. *Thymus volgaris* L.
7. *Penicillium digitatum* 1037 c

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

پزشکی ایران 1037C) مایه‌زنی شدند. جهت تهیه محلول سوسپانسیون ابتدا سویه قارچ روی محیط‌کشت PDA کشت شد و بعد از چهار روز، محیط‌کشت در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون مخلوط شد و محلول سوسپانسیون با دستگاه گلبول‌شمار به‌غلظت 10^6 اسپور در هر میلی‌لیتر تهیه شد. میوه‌های مایه‌زنی شده به‌مدت ۲٤ ساعت در هوای آزاد روی ورقه‌های آلومینیوم استریل‌شده قرارداده‌شدند تا قارچ به داخل میوه نفوذ کند. درادامه غوطه‌وری میوه با غلظت‌های مختلف (صفر، ۰/۱ و ۰/۲ درصد) اسانس‌های دارچین، میخک، آویشن شیرازی و آویشن باغی (شرکت باریج اسانس با درجه خلوص ۹۹/۹۹ درصد) به‌مدت دو دقیقه انجام شد و پس از خشک‌شدن در دمای اتاق، تعداد ۱۰ عدد میوه در کیسه‌های پلی‌اتیلن دارای ۱٦ سوراخ بسته‌بندی شده و درنهایت در سردخانه در دمای ۱± ۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ – ۹۰ درصد به‌مدت صفر، ۷، ۱٤ و ۲۱ روز نگهداری شدند. شاخص‌های کیفی مورد ارزیابی در هر دوره عبارت بودند از:

۲-۱- کاهش وزن میوه

در زمان‌های مختلف انبارمانی وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و کاهش وزن میوه نسبت به زمان برداشت با استفاده از فرمول زیر بیان شد [۲٤].

کاهش وزن میوه (٪) = [وزن اولیه/ (وزن ثانویه– وزن اولیه)] ×۱۰۰

۲-۲- میزان شدت پوسیدگی

به‌عنوان درصد سطح آلودگی میوه به بیماری پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم می‌باشد. بنابراین با اندازه‌گیری سطح کپک در میوه‌های کپک‌زده، درصد میانگین شدت پوسیدگی مشخص شد [۲۵].

۲-۳- میزان مواد جامد محلول (TSS)

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

۲-٤- اسید قابل‌تیتراسیون (TA)

ابتدا پنج میلی‌لیتر آب میوه با ٤۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و چند قطره معرف فنل فتالئین 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 زیر و براساس میلی‌گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه محاسبه شد [۲٦].

اسید قابل‌تیتراسیون (٪) = [(V*N*Meq) /(Y*1000)] ×۱۰۰

V= میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر

N = نرمالیته سود مصرفی

Meq = میلی‌اکی‌والان اسید غالب (اسید سیتریک)

Y = میلی‌لیتر حجم عصاره

۲-۵- رنگ پوست

رنگ پوست میوه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج[1] اندازه‌گیری شد. در هر زمان اندازه‌گیری، تعداد پنج میوه از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و شاخص‌های روشنایی رنگ یا L* (سفیدی رنگ)، a* (قرمزی رنگ) و b* (زردی رنگ) در سه نقطه مختلف پوست هر میوه، اندازه‌گیری شد.

۲-٦- میزان فنل کل گوشت

جهت اندازه‌گیری میزان محتوای فنل از روش فولین-سیتوکالتیو[2] توسط دستگاه میکروپلیت ریدر (Epoch, Biotech, USA) استفاده گردید. ابتدا ۳۲ میکرولیتر عصاره میوه را با ۹۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۲ درصد مخلوط کرده و پس از ۳ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، ۱۸۰ میکرولیتر فولین ۵۰ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و سپس جذب مخلوط واکنش توسط دستگاه میکروپلیت ریدر در طول‌موج ۷۵۰ نانومتر خوانده شد [۲۷]. درنهایت میزان فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم گوشت میوه به‌صورت mg GAE 100 g^{-1} FW بیان شد.

۲-۷- میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت

جهت اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره میوه را با یک میلی‌لیتر DPPH[3] (۲ و ۲- دی‌فنیل، ۱- پیکریل‌هیدرازیل ۰/۱ میلی‌مولار) و یک میلی‌لیتر بافر تریس یک درصد مخلوط نموده و به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد. سپس جذب مخلوط واکنش توسط دستگاه میکروپلیت ریدر در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر(A) اندازه گیری شد و با استفاده از فرمول زیر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی محاسبه شد [۲۸].

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪) =

[(A Control-A Sample) /(A Control)] ×۱۰۰

۲-۸- طرح آزمایش و واکاوی داده ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی (تیمار و زمان) بر پایه طرح کاملا تصادفی در سه تکرار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام گرفت. واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD[4] در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

1. Chromameter (Minolta CR400, Japan)
2. Folin-Ciocalteu
3. 2,2-Diphenylpicryl hydrazil
4. Least Significant Difference

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

Table 1 Analysis of variance of qualitative and quantitative traits of Mexican lime fruits

Mean Square										
Weight loss	Decay severity	b	a	L	Antioxidant	Phenol	TA	TSS	D.F	S.V
10.45**	1524.9**	132.4**	113.0**	30.1*	1135.3**	15584.0*	27.56**	12.76**	3	Time
1.09**	693.9**	63.7**	8.7**	31.6**	179.7^{ns}	16933.0**	2.45*	0.65**	8	treatment
0.15**	60.6**	14.4^{ns}	3.8**	5.8^{ns}	580.3**	13685.2**	1.34 ^{ns}	0.31 ^{ns}	24	Time × treatment
0.03	2.3	17.6	1.3	8.2	202.3	5879.7	1.09	0.21	72	Error
13.6	10.5	11.7	8.7	5.6	25.2	22.9	10.9	7.9		C.V%

^{ns}, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

۳-۱- شدت پوسیدگی

شدت پوسیدگی تحت‌تاثیر تیمار و زمان انبارمانی قرار گرفت و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). با افزایش مدت انبارمانی، شدت پوسیدگی میوه‌های لیموترش افزایش یافت به‌طوری‌که شدت پوسیدگی میوه در روز ۲۱ به‌طور معنی‌داری بیشتر از روزهای ١٤ و ۷ بود. پس از ١٤ روز انبارمانی، بالاترین میزان شدت پوسیدگی(۲٦/۷۷ درصد) در تیمار شاهد و کمترین میزان شدت پوسیدگی(۲/۷۵ درصد) در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد وجود داشت. پس از ۲۱ روز انبارمانی، کمترین میزان شدت پوسیدگی (٦ درصد) میوه در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد مشاهد شد که اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها و تیمار شاهد داشت و بیشترین میزان شدت پوسیدگی در تیمار شاهد (٤۲ درصد) وجود داشت که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۱). در همه تیمارها در طول دوره نگه‌داری شدت پوسیدگی افزایش پیدا کرد اما پس از ۲۱ روز، کمترین میزان شدت پوسیدگی در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. خاصیت ضدقارچی اسانس‌های گیاهی در برابر بیماری‌های مهم پس از برداشت در سیب [٦]، پرتقال [۱۳]، لمون [۳] و گلابی [۲۹] نیز گزارش شده است. خصوصیت ضدمیکروبی اسانس‌های گیاهی به‌دلیل حضور یک هسته آروماتیک و گروه هیدروکسیل است که بر پیوندهای هیدروژنی آنزیم در میکروارگانیسم‌ها موثر می‌باشد [۳۰] اسانس‌ها مسیر متابولیکی میکروارگانیسم را تحت‌تاثیر قرار داده و درواقع فنل موجود در اسانس در غلظت‌های پایین پروتئین را تخریب می‌کند و در غلظت‌های بالا به آنزیم‌های درگیر در تولید انرژی میکروارگانیسم آسیب می‌زند [۳۱].

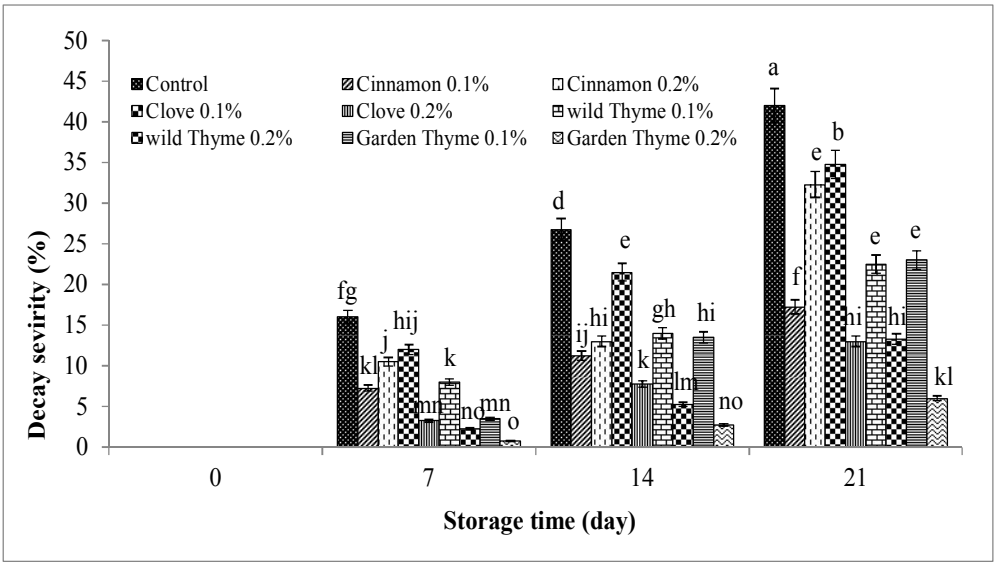

Fig 1 Effect of treatments and storage time on decay severity (%) of Mexican lime fruits

اثر ضدمیکروبی اسانس می‌تواند ناشی از آسیب‌دیدن غشای سلول‌های قارچ به‌وسیله اسانس باشد [۳۲]. حلقه‌های فنلی اسانس‌های گیاهی در فعالیت ضدمیکروبی نقش دارند و درواقع بین تعداد و مکان‌های گروه OH روی حلقه‌های فنلی و سمیت آن‌ها رابطه وجود دارد و با افزایش هیدروکسیلاسیون، میزان سمیت افزایش پیدا می‌کند [۳۳]. اثرات ضدمیکروبی اسانس‌های گیاهی به‌دلیل خصوصیت چربی‌دوست بودن آن است که در قسمت لیپید غشای سلولی جایگزین شده و

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

انسجام غشا و تعادل یون‌های معدنی را از بین می‌برند [۳٤]. فعالیت ضدمیکروبی اسانس 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 [۳۵].

۳-۲- درصد کاهش وزن

اثرات متقابل تیمار و زمان نگهداری بر شاخص درصد کاهش وزن میوه لیموترش در سطح یک درصد معنی‌دار شد. افزایش مدت نگه‌داری موجب افزایش معنی‌دار کاهش وزن میوه گردید و در روز بیست و یکم به‌طور معنی‌داری بیشتر از روزهای هفتم و چهاردهم بود. پس از ۲۱ روز انبارمانی، بیشترین میزان کاهش وزن در تیمار شاهد (با مقدار ۲/۳۲ درصد) و کمترین میزان کاهش وزن (۰/٦٦ درصد) در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها است (شکل ۲).

کاهش آب درونی میوه با تحت‌تاثیر قرار دادن تراوت و تازگی میوه می‌تواند به‌طور مستقیم روی کیفیت ظاهری میوه موثر باشد. پوشش محصولات کشاورزی با مواد طبیعی مانند پوشش‌های خوراکی، عصاره‌های گیاهی و اسانس‌ها در طول مدت نگه‌داری می‌توانند به‌عنوان یک مانع فیزیکی جهت کاهش آب‌ازدست‌دهی و کاهش اثرات جانبی تنفس عمل کرده و باعث حفظ تازگی میوه‌ها شود [۳۵]. یکی از پارامترهای مهم در کیفیت میوه، کاهش وزن است که ویژگی‌های ظاهری و کیفیت تغذیه‌ای میوه را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد [۳٦]. کاهش وزن در میوه می‌تواند ناشی از افزایش تنفس و تعرق باشد [۳۷].

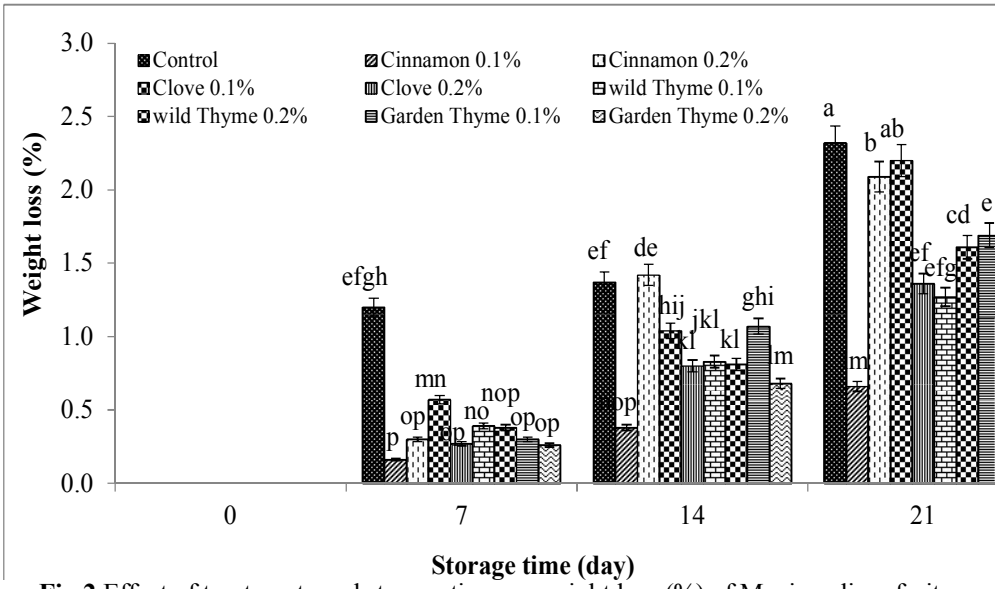

Fig 2 Effect of treatments and storage time on weight loss (%) of Mexican lime fruits

۳-۳- شاخص‌های رنگ پوست

اثر ساده زمان و نیز اثر ساده تیمار بر شاخص‌های L* و b* معنی‌دار شدند، درحالی‌که اثرات متقابل آن‌ها بر این شاخص‌ها معنی‌دار نشدند. اثرات متقابل تیمار و زمان بر شاخص a* معنی‌دار شد (جدول ۱). میزان 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)، ۷ و ۱٤ هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها بر میزان روشنایی رنگ پوست میوه نشان داد که بالاترین میزان روشنایی در تیمار شاهد (٦٥/٤) و کمترین میزان (٦۰/۷) در تیمار آویشن باغی ۰/۱ درصد مشاهده شد (شکل ٤).

میزان شاخص a* رنگ به‌تدریج با افزایش مدت انبارمانی، افزایش یافت که حاکی از کاهش رنگ سبز پوست میوه است. پس از ۷ روز انبارمانی، کمترین میزان شاخص a* در تیمار شاهد (۱٤/۵-) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۱ درصد (۱۱/٦-) داشت. پس از ۱٤ روز انبارمانی، بالاترین میزان a* مربوط به تیمار آویشن باغی ۰/۱ درصد (۸/۵-) بود که نشان‌دهنده بیشترین میزان حفظ رنگ سبز پوست لیموترش در این تیمار می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. پس از ۲۱ روز انبارمانی، نیز بیشترین میزان شاخص a* در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۱ درصد (۸/٦-) مشاهده شد (جدول ۲). در طول دوره نگه‌داری مقدار شاخص b* (زردی رنگ) پوست میوه افزایش یافت که به‌دلیل کاهش کلروفیل و افزایش کاروتنوئید همزمان با پیشرفت

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

مراحل رسیدن میوه می‌باشد. بیشترین میزان زردی پوست در روز ۲۱ به‌دست آمد (شکل ۵). در بین تیمارهای آزمایش، بالاترین میزان این شاخص (۳۸/۲) در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین میزان این شاخص (۳۱/۱) در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۱ درصد البته بدون اختلاف معنی‌دار با اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد و اسانس دارچین ۰/۲ درصد و اسانس میخک ۰/۱ و ۰/۲ درصد به‌دست آمد (شکل ٦). کمتر افزایش‌یافتن میزان*b در میوه‌های دارای اسانس روغنی بیشتر ناشی از اثربخشی اسانس بر جلوگیری از تخریب کلروفیل، حفظ ساختار کلروفیل و کیفیت رنگ در طی فرآیند رسیدن میوه به‌دلیل داشتن فعالیت آنتی‌اکسیدانتی اسانس‌های گیاهی می‌باشد [۱۰]. 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 [۳۸]. افزایش مقدار*L و*a پوست میوه و به‌طورکلی تغییرات رنگ در طول دوره رسیدن تحت‌تاثیر آنزیم‌های کلروفیلاز قرار گرفته که منجر به هیدرولیز گروه فیتول کلروفیل شده و باعث کاهش تیرگی رنگ سبز می‌گردد، همچنین با نگه‌داری زیاد، تحت‌تاثیر آنزیم پلی-فنل اکسیداز قرار گرفته و منجر به بروز رنگ قهوه‌ای در میوه می‌شود [۳۹]. میوه مرکبات در طی مراحل رسیدن و بلوغ، به‌دلیل نافرازگرا بودن، شدت تنفس و سطح تولید اتیلن کمی دارد [٤٠]. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که با افزایش انبارمانی، کلروفیل پوست میوه تجزیه و مقدار آن کاسته شده اما بر میزان کاروتنوئید پوست افزوده می‌شود که باعث افزایش روشنایی پوست مرکبات می‌شود [٤١]. تیمار میوه انبه با اسانس به‌لیمو باعث حفظ رنگ میوه و کاهش بیماری و جلوگیری از فساد میوه شده است [٤٢]. در دوره نگه‌داری، به‌دلیل تخریب رنگیزه‌های کلروفیل، رنگ میوه روشن‌تر می‌شود، تخریب کلروفیل و تغییرات رنگ در میوه های پوشش‌دار نسبت به شاهد کمتر بوده که این موضوع نشان‌دهنده کاهش سرعت رسیدن در میوه‌های پوشش‌دار می باشد [٤٣]. در پژوهشی روی پرتقال نشان داده شد که اسانس آویشن شیرازی و باغی باعث حفظ بهتر رنگ میوه در طی انبارمانی شد [۱۰] که پژوهش ما با یافته‌های آن مطابقت داشت.

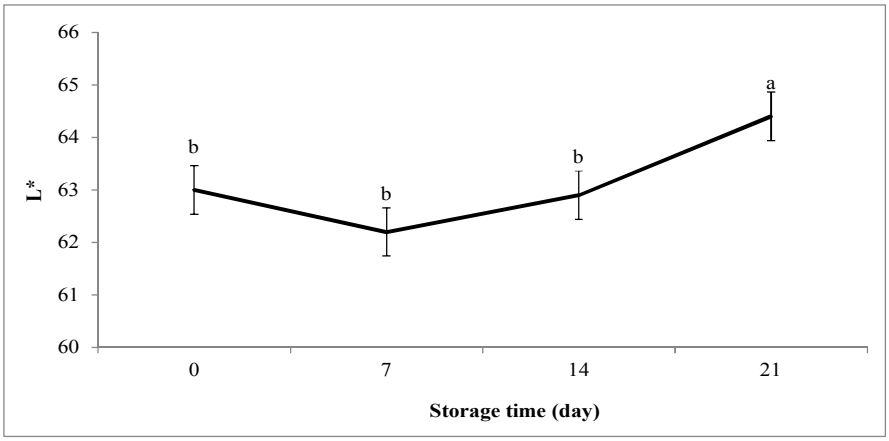

Fig 3 Effect of storage time on L* of Mexican lime fruits

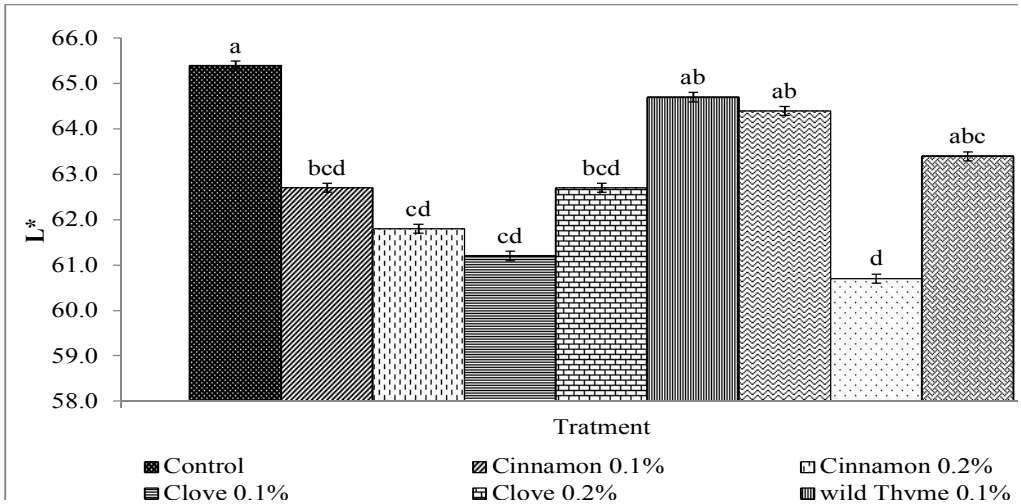

Fig 4 Effect of different essential oils (clove, wild thyme, garden thyme and cinnamon) treatments on L* of Mexican lime fruits

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

Table 2 Effect of treatments and storage time on a* of Mexican lime fruits

	Time 0	7	14	21
Treatment		a		
Control	-16.3^{o}	-14.5^{jklmno}	-12.5^{defghi}	-9.1^{a}
Cinnamon 0.1%	-15.9^{no}	-13.9^{g-m}	-13.5^{fghijk}	-10.0^{abc}
Cinnamon 0.2%	-14.0^{hijklm}	-12.7^{d-j}	-12.5^{defghi}	-12.3^{defgh}
Indian Clove 0.1%	-15.2^{klmno}	-13.1^{d-j}	-13.5^{fghijk}	-9.4^{ab}
Indian Clove 0.2%	-15.7^{mno}	-12.4^{defgh}	-12.8d-j	-9.1^{a}
Shirazi Thyme 0.1%	-16.0^{no}	-14.1^{h-n}	-12.3^{defgh}	-11.5^{cd}
Shirazi Thyme 0.2%	-15.5^{lmno}	-14.0^{hijklm}	-12.4^{defgh}	-11.8^{cdef}
Garden Thyme 0.1%	-14.4^{ijklmn}	-11.6^{cde}	-8.5^{a}	-8.6^{a}
Garden Thyme 0.2%	-13.8^{ghijkl}	-12.9^{d-j}	-12.0^{defg}	-11.2^{bcd}

Similar letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test.

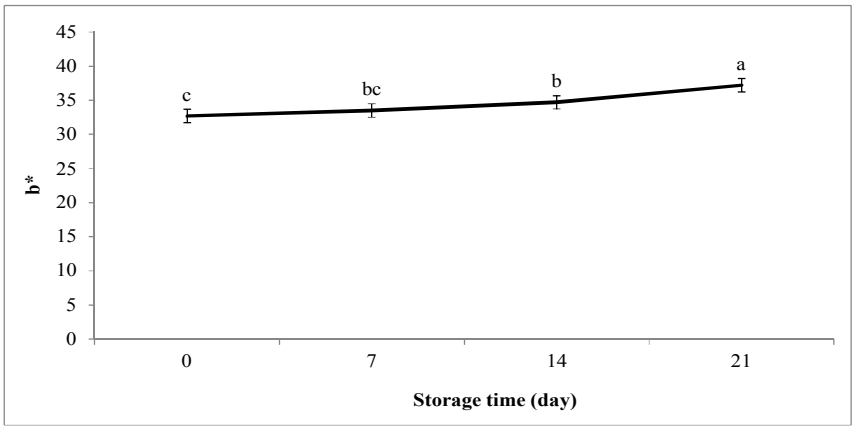

Fig 5 Effect of storage time on b* of Mexican lime fruits

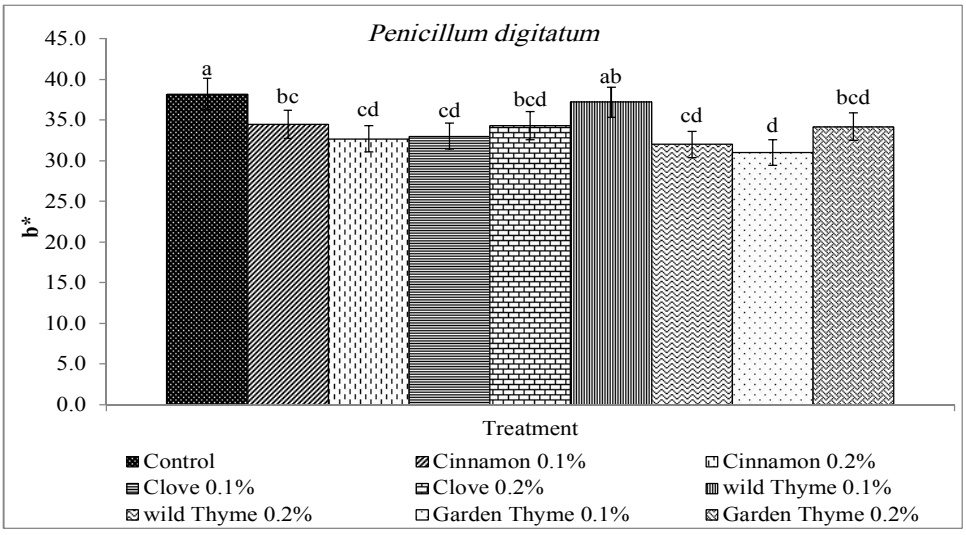

Fig 6 Effect of different essential oils (clove, wild thyme, garden thyme and cinnamon) treatments on b* of Mexican lime fruits during storage at 8°C

۳-٤- مواد جامد محلول

اثر ساده تیمار و زمان بر میزان درصد مواد جامد محلول کل میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). در این پژوهش مقدار مواد جامد محلول با اینکه در هفته اول نگهداری کاهش یافت اما در هفته‌های دوم و سوم روند افزایشی نشان داد. بالاترین میزان مواد جامد محلول در روز ۲۱ انبارمانی مشاهده شد (شکل۷). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کمترین میزان مواد جامد محلول با ۵/۵۸ درصد بریکس در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد به‌دست آمد (شکل ۸).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

افزایش درصد مواد جامد محلول کل میوه در طول دوره نگه‌داری می‌تواند به‌دلیل کاهش میزان رطوبت میوه و افزایش غلظت آب میوه باشد [٤٤]. مطالعات مختلف نشان داد که افزایش میزان قند مرکبات طی دوره انبار می‌تواند به‌دلیل شکسته شدن پلی‌ساکاریدهای نامحلول دیواره سلول به قندهای محلول [٤٥]، کاهش میزان آب آماسیدگی یا تورژسانس سول‌های بافت گوشت میوه [٤٦]، تخریب دیواره سلولی و افزایش نشت یون‌ها [٤٧] و کاهش آب میوه به‌وسیله فرآیند تعرق و تغلیظ آب میوه [٤٨] باشد. افزایش میزان مواد جامد محلول درطی عمر انباری در پرتقال ناول [٤٦] و پرتقال خونی [٤٩] و لیموترش [١١] مشاهده شده است.

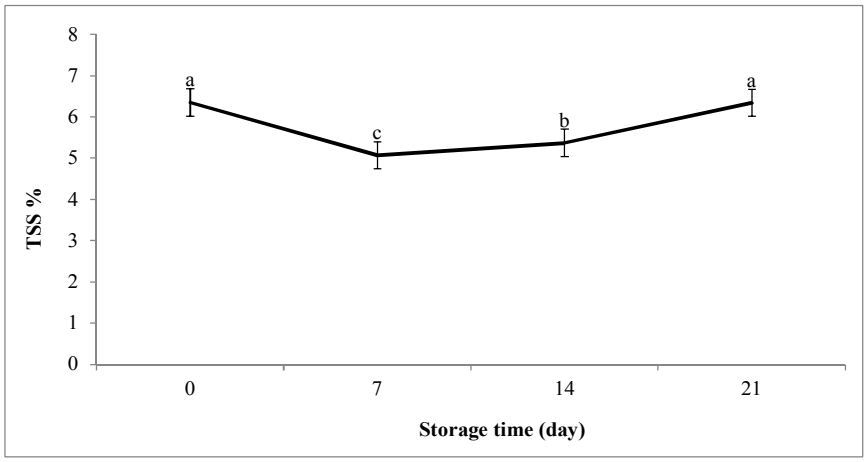

Fig 7 Effect of storage time on TSS of Mexican lime fruits.

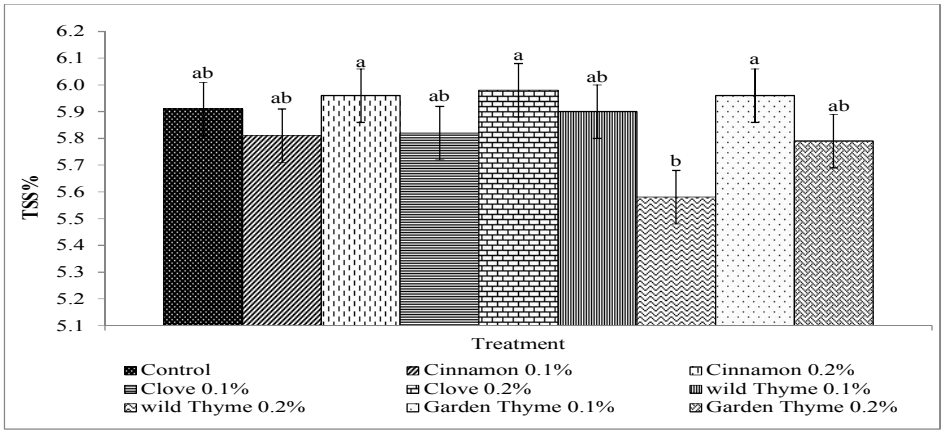

Fig 8 Effect of different essential oils (clove, wild thyme, garden thyme and cinnamon) treatments on TSS of Mexican lime fruits during storage at 8°C.

۳-۵- اسید قابل تیتراسیون

اثر ساده تیمار و نیز اثر ساده زمان انبار بر میزان اسید قابل‌تیتر به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار شد درحالی‌که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ١). مقدار اسید قابل‌تیتراسیون هرچند تا هفته اول مختصری افزایش یافت اما بعد از آن با پیشرفت مراحل رسیدن میوه تا هفته ٢١ به‌تدریج کاهش یافت (شکل ٩). بیشترین میزان حفظ اسید قابل‌تیتراسیون در تیمار اسانس آویشن شیرازی ٠/١ درصد به‌دست آمد (شکل ١٠). از آنجایی‌که اسید قابل‌تیتر به‌طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسید آلی غالب میوه (اسید سیتریک) است که درطی فرآیند تنفس، مصرف شده و از میزان آن کاسته می‌شود [٥٠]. بنابراین هر تیماری که باعث کندی رسیدن و پیری میوه گردد می‌تواند موجب کاهش سرعت تغییرات اسید قابل‌تیتراسیون درطول دوره نگه‌داری گردد [٥١]. در طول مدت انبارمانی، از اسیدهای آلی میوه برای تولید انرژی در فرآیند تنفس استفاده می‌شود [٥٢]. به‌عبارت دیگر اسیدهای آلی جزء مواد اولیه تنفس هستند که به‌علت مصرف آن‌ها در طول دوره نگه‌داری، میزان اسید قابل‌تیتراسیون در میوه کاهش می‌یابد. لذا موضوع کاهش اسید قابل‌تیتر در طول دوره انبار که در این مطالعه به‌دست آمد با نتایج تحقیقات دیگر بر روی میوه سیب [٥٢]، گوجه‌فرنگی [٥٣] و انار [٥٤] مطابقت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

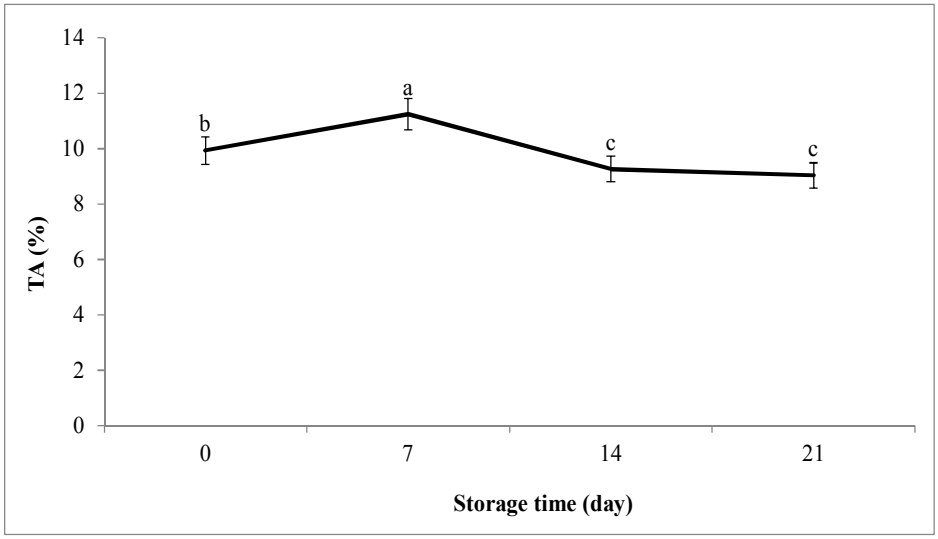

Fig 9 Effect of storage time on TA of Mexican lime fruits.

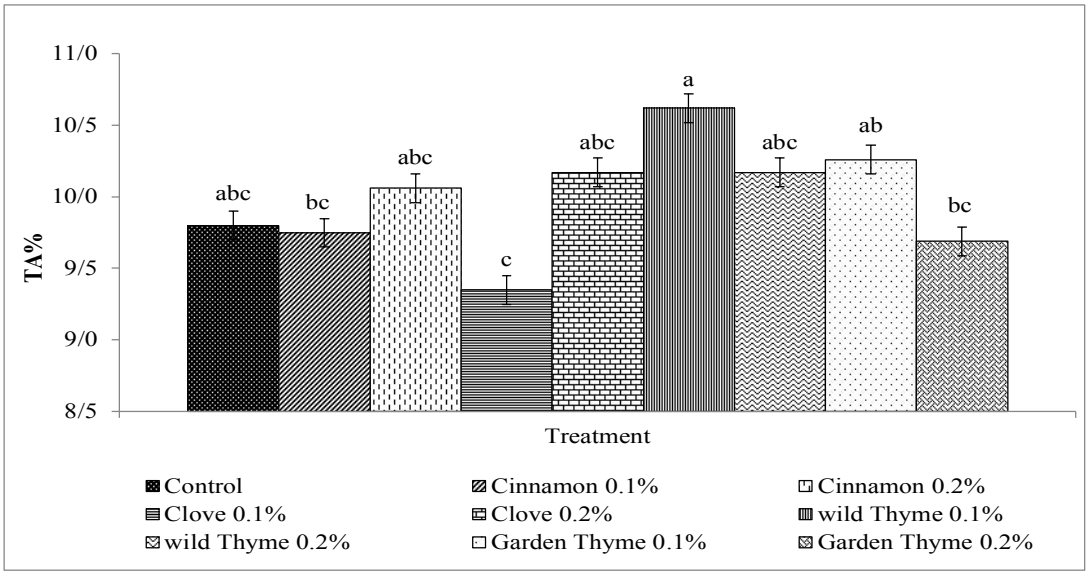

Fig 10 Effect of different essential oils (clove, wild thyme, garden thyme and cinnamon) treatments on TA of Mexican lime fruits during storage at 8 C.

۳-٦- محتوای فنل کل

اثر ساده تیمار و اثر متقابل تیمار و زمان بر محتوای فنل کل میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که حداکثر میزان حفظ ترکیبات فنلی میوه در تیمار اسانس میخک ۰/۲ درصد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت ولی با تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۱ و ۰/۲ درصد و اسانس آویشن شیرازی ۰/۲ درصد تفاوت معنی داری نداشت. در روز هفتم انبارمانی، بالاترین میزان فنل در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۱ درصد بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۱ درصد و تیمار اسانس میخک ۰/۱ درصد و اسانس دارچین ۰/۱ درصد مشاهده شد و کمترین میزان فنل در تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۱۱). فنل‌ها جزء متابولیت‌های ثانویه هستند که در تولید مواد معطر و رنگ میوه‌ها نقش دارند [۵۵]. در مراحل رسیدن و پیری میوه، عمل پراکسیده‌شدن و ازدست‌دادن آب غشای پلاسمایی موجب زوال و نشت ترکیبات فنلی از واکوئل شده و این ترکیبات درمعرض آنزیم پلی‌فنل اکسیداز قرارگرفته و اکسیداسیون ترکیبات فنلی تسریع و فرآیند قهوه‌ای‌شدن درحضور اکسیژن افزایش می‌یابد [٥٦]. در میوه ترکیبات فنلی با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مرتبط است به‌گونه‌ای‌که با کاهش محتوای فنلی میوه فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه نیز کاهش می‌یابد [۵۷]. نتایج پژوهشی که اثر اسانس مرزه باغی را بر پوسیدگی کپک سبز لیموترش مورد بررسی قرار داده بود نشان داد که میزان فنل کل میوه در پایان دوره انبارمانی کاهش یافت [۱۱] که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

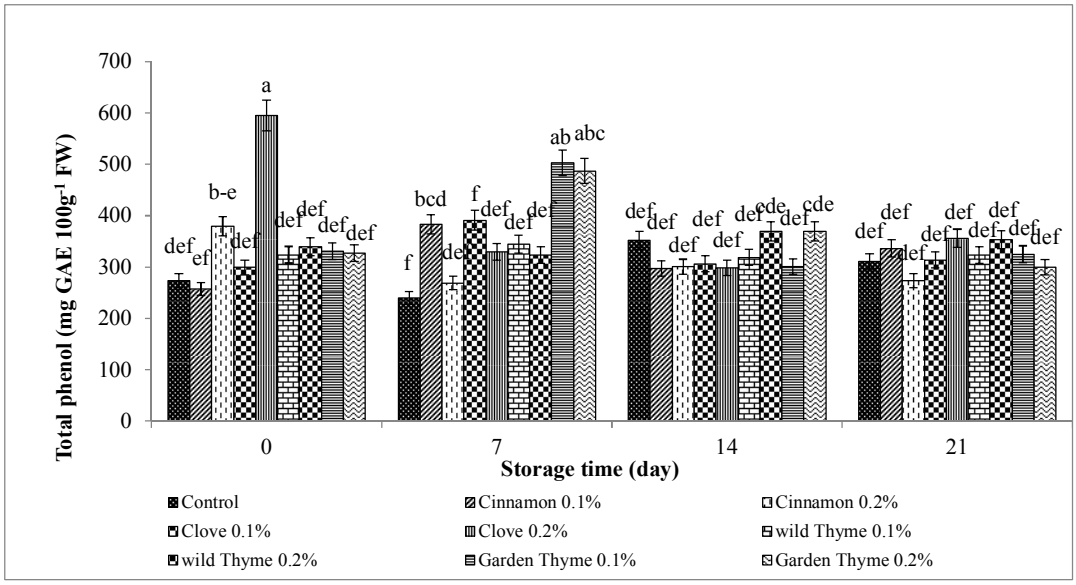

Fig 11 Effect of different essential oils (clove, wild thyme, garden thyme and cinnamon) treatments and storage time on total phenol of Mexican lime fruits

۳-۷- فعالیت آنتی‌اکسیدان کل

اثر ساده زمان و اثر متقابل تیمار و زمان بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه در سطح یک درصد ازنظر آماری معنی‌دار شد. پس از ۷ روز انبارمانی، بیشترین میزان حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدان (با ٦٦/٤ درصد) در تیمار اسانس میخک ۰/۲ درصد و کمترین میزان در تیمار شاهد (٤١/٤ درصد) مشاهده شد. پس از ١٤ روز انبارمانی، بالاترین میزان حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدان (با ٦٨/٨ و ٦٨/٧ درصد) به‌ترتیب در تیمارهای اسانس آویشن باغی ۰/۱ درصد و ۰/۲ درصد و کمترین میزان (۳۲٪) در تیمار شاهد مشاهده شد. پس از ۲۱ روز انبارمانی نیز بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان میوه در تیمار اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد مشاهده شد (شکل ۱۲). فعالیت آنتی اکسیدانی یکی از فاکتورهای مهم کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها است که بر سلامتی انسان موثر است [٥٨]. کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طی دوره انبار ممکن است به‌دلیل ازبین‌رفتن ساختار سلول همزمان با پیری میوه باشد [٥٩]. زیرا با از بین رفتن دیواره سلولی باعث آزادشدن آنزیم‌های اکسیداتیو، هیدرولیتیک و آنتی‌اکسیدانی میوه می‌شود [٦٠ و ٦١]. اسانس‌های گیاهی در طی دوره نگه‌داری با حفظ ترکیبات فنلی موجب حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه شده‌اند [٦٢- ٦٤].

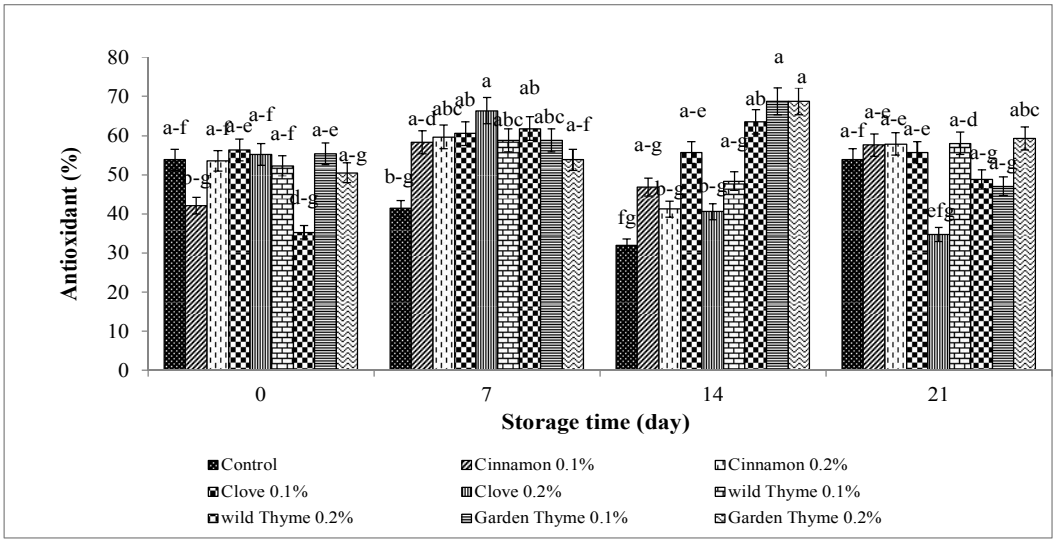

Fig 12 Effect of different essential oils (clove, wild thyme, garden thyme and cinnamon) treatments and storage time on antioxidant of Mexican lime fruits.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

٤- نتیجه‌گیری

طبق نتایج این آزمایش، استفاده از اسانس‌های گیاهی سازگار با محیط‌زیست اثرات خوبی در حفظ خصوصیات کیفی و کنترل بیماری‌های قارچی پس‌ازبرداشت لیموترش دارد. کاربرد اسانس آویشن باغی ۰/۲ درصد روی میوه لیموترش به‌خوبی توانست رشد کپک سبز ناشی از قارچ *پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم* را کنترل کند. بنابراین اسانس‌های گیاهی از جمله آویشن باغی پتانسیل خوبی برای استفاده مستقل یا برای توسعه فرمولاسیون جدید برای کنترل قارچ‌های بیماری‌زا دارند و یک جایگزین مناسب برای قارچ‌کش‌های مصنوعی و به‌حداقل رساندن ضایعات پس‌ازبرداشت کپک سبز روی لیموترش است.

٥- منابع

[1] Campelo, L.M. L., de Almeida, A.A. C., de Freitas, R.L. M., Cerqueira, G.S., de Sousa, G.F., Saldanha, G.B., Feitosa, C.M. and de Freitas, R.M. 2011. Antioxidant and antinociceptive effects of Citrus limon essential oil in mice. BioMedicine Research International: 1-8.

[2] Abutalebi, A. and Hasanzade, H. 2006. Citrus heritage reserves;cultivar and rootstocks. Shiraz: Avand Andishe.

[3] Perez-Alfonso, CO., Martınez-Romero, D., Zapata, PJ., 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. Int. J. Food Microbiol.: 101-106.

[4] Regnier, T., Combrinck, S., Veldman, W. and Du Plooy, W. 2014. Application of essential oils as multi-target fungicides for the control of *Geotrichum citri-aurantii* and other postharvest pathogens of citrus. Ind. Crop Prod (61): 151-159.

[5] Montesinos-Herreroa, Clara, Moscoso-Ramíreza, PedroA. and Paloua, Lluís 2016. Evaluation of sodium benzoate and other food additives for the control of citrus postharvest green and blue molds. Postharvest Biology and Technology: 72–80.

[6] 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: 1-8.

[7] Daniel, CK., Lennox, CL. and Vries , FA. 2015. In vivo application of garlic extract in combination with clove oil to prevent postharvest decay caused by Botrytis cinerea, *Penicillium expansum* and *Neofabraea alba* on apples. Postharvest Biol Technol: 88-92.

[8] Mehra, L.K., MacLean, D.D., Shewfelt, R.L., Smith, K.C. and Scherm, H. 2013. Effect of postharvest biofumigation on fungal decay, sensory quality, and antioxidant levels of blueberry fruit. Postharvest Biology and Technology: 109-115.

[9] Shao, X., Wang, H., Xu, F. and 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: 94–101.

[10] 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: 152–158.

[11] 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: 524–530.

[12] Badawi, F.M.I., Sallam, M.A.N., Ibrahim, A.R. and Asran, M.R. 2011. Efficacy of some essential oils on controlling green mold orange and their effects on postharvest quality parameters. Plant Pathology Journal : 168–174.

[13] 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: 14932–14936.

[14] Krasniewska, K., Gniewosz, M., Synowiec, A., Przyby, J.L., 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: 63–72.

[15] Kouassi, K.H. S., Bajji, M. and Jijakli, H. 2012. The control of postharvest blue and green molds of citrus in relation with

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

essential oil–wax formulations, adherence and viscosity. Postharvest Biology and Technology: 122-128.

[16] Hendel, N., Larous, L, and Belbey, L. 2016. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and it's in vitro inhibitory effect on Penicillium digitatum. International Food Res. Journal: 1725-1732.

[17] Shan, B., Cai, Y.Z., Brooks, J.D. and Corke, H. 2007. Antibacterial properties and major bioactive components of cinnamon stick (*Cinnamomum burmannii*): activity against foodborne pathogenic bacteria. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55 (14): 5484-5490.

[18] Moosavian, m. and Darvishnia, M. 2017. Chemical composition and antifungal activity of *Syzygium aromaticum* L. essential oil. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 33 (4): 552-562.

[19] Sharififar, F., Moshafi, M., Mansouri, S., Khodashenas, M. and Khoshnoodi, M. 2007. In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic *Zataria multiflora* Boiss. Food Control. 18: 800-805.

[20] Saei-Dehkordi, s.s., Tajik, H, Moradi, M and Khalighi-Sigaroodi, F 2010. Chemical composition of essential oils in *Zataria multiflora* Boiss. from different parts of Iran and their radical scavenging and antimicrobial activity. Food Chem. Toxicol. 48: 1562-1567.

[21] Djabou, N., Muselli, A., Allali, H., Dib, M.E.A., Tabti, B., Varesi, L. and Costa, J. 2012. Chemical and genetic diversity of two Mediterranean subspecies of *Teucrium. polium* L. Phytochemistry. 83: 51-62.

[22] Cristani, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M.G., Micieli, D., Venuti, V., Bisignano, G., Saija, A. and Trombetta, D. 2007. Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. J. Agric. Food Chem. 55: 6300–6308.

[23] Guo, N., Zang, Y.-P., Cui, Q., Gai, Q.-Y., Jiao, J., Wang, W. and 2017. The preservative potential of Amomum tsaoko essential oil against *E. coil*, its antibacterial property and mode of action. Food Control : 236–245.

[24] 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: 23-32.

[25] Madani, B., Mahmud T., MudaM. , Alan R., Biggs, Jugah, K.r, Yahya, A., Amin, T. and Taha, R.S. 2014. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. Crop Protection: 55-60.

[26] 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: 158-167.

[27] Meyers, K.J., Watkins, C.B. , Pritts, M.P. and Liu, R.H. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry: 6887-6892.

[28] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L.W.T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology: 25-30.

[29] Nikkhah, M., Hashemi, M., Habibi Najafi, M.B. and Farhoosh, R. 2017. Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. Int. L. Food Microbiol.: 285-294.

[30] Farag, R.S., Daw, Z.Y., Hewed, F.M. and El-Baroty, G.S.A. 1989. Antimicrobial activity of some Egyptian spice oils. Journal of Food Protection: 665-667.

[31] Nychas, G.J.E. 1995. Natural antimicrobials from plants. In: Gould GW of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). Journal of Applied Microbiology: 170-175.

[32] Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, I. 2008. Biological effects of essential oils – a review. Food Chemistry Toxicology: 446-475.

[33] 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 : 1561-1568.

[34] 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: 33-42.

[35] Bosquez-Molina, E., Jesus, E., Bautista-Banos, S., Verde-Calvo, J. and Morales-

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

[*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. Postharvest Biology and Technology: 348-354.

[46] 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: 159-167.

[47] Cordenunsi, B.R. , Genovese, M.I. , do Nascimento, J.R. O. , Hassimotto, N.M. A. , 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: 113-121.

[48] White, P.J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. Journal of Experimental Botany: 1995-2000.

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

[50] Kazemi, M., Aran, M. and Zamani, S. 2011. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. American Journal of Plant Physiology: 113-119.

[51] Jalili Marandi, R. 2013. Postharvest Physiology. Urmia: Jihad Daneshgahi.

[52] El-Anany, A.M., Hassan, G.F. A. 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: 5-11.

[53] 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: 42-47.

[54] 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: 4507-4514.

[55] Jeong, H.L., Jin, W.J., Kwang, D.M. and Kee, P.J. 2008. Effects of anti-browning agents on polyphenoloxidase activity and total phenolics as related to browning of fresh-cut 'Fuji' apple. ASEAN Food Journal: 79-87.

[56] Aydin, N. and Kadioglu, A. 2001. Changes in the chemical composition, 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 Biol. Technol.: 132-137.

[36] 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: 199-208.

[37] 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: 2163-2166.

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

[39] 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: 1-16.

[40] Kader, A.A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops.: UCANR Publications, vol. 3311.

[41] Goldschmidt, E.E. , Huberman, M. and Goren, R. 1993. Probing the role of endogenous ethylene in the degreening of citrus fruit with ethylene antagonists. Plant Growth Regulation: 325-329.

[42] 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: 254–258.

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

[44] Pierce, B. and Kader, A. 2003. Responses of 'Wonderful' pomegranates to controlled atmospheres. Acta Horticulturae: 751-757.

[45] 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

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

polyphenol oxidase and peroxidase activities during development and ripening of Medlar fruits (*Mespilus germanica* L.). Bulgarian Journal of Plant Physiology: 85-92.

[57] Shiri, M.A., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D. and Dad, M. 2011. Changes in phenolic compounds and antioxidant capacity of fresh-cut table grape (*Vitis vinifera*) cultivar 'Shahaneh' as influence by fruit preparation methods and packagings. Australian Journal of Crop Science: 1515.

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

[59] Ullah, A., Abbasi, N.A. , Shafique, M. and Qureshi, A.A. 2017. Influence of Edible Coatings on Biochemical Fruit Quality and Storage Life of Bell Pepper cv. Yolo Wonder. Journal of Food Quality: 1-11.

[60] Baldwin, E.A., Burns, J.K. , Kazokas, W., Brecht, J.K. , Hagenmaier, R.D. , Bender, R.J. and Pesis, E. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. Postharvest Biology and Technology: 215-226.

[61] Goyal, A.,Siddiqui, S., Upadhyay, N. and Soni, J. 2014. Effects of ultraviolet irradiation, pulsed electric field, hot water and ethanol vapours treatment on functional properties of mung bean sprouts. Journal of Food Science and Technology: 708-714.

[62] Roussos, PA. 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.

[63] 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: 824-837.

[64] Jayaprakasha, K. and Patil, BS. 2007. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citronand blood orange. Food Chemistry: 410-418.

www.SID.ir

Archive of SID

Inhibitory Effect of Some Essential Oils on Control of Green Mold (*Penicillium digitatum*) and Postharvest Quality Parameters of Lime Fruit

Abbasi, M. [1], Mirzaalian Dastjerdi, A. [2*], Askari Siahouee, M. [3], Shamili, M. [2], Madani, B. [4]

1. Ph.D. student, post-harvest physiology and technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3. Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Hormozgan, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Iran.
4. Horticultural Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Hormozgan, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

(Received: 2020/06/27 Accepted: 2020/09/21)

Green mold rot disease caused by *Penicillium digitatum* is the most economically important postharvest disease of lime fruit in all production areas. In this research, effects of essential oils (*Cinnamomun verum*, *Eugenia caryophyllata*, *Thymus vulgaris*, *Zataria multiflora*) for controlling green mold rot in Mexican lime (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime) fruit were studied. Mexican limes were inoculated by *Penicillium digitatum* suspension and were immersed with the essential oils at three levels 0 (as control), 0.1 and 0.2% (v/v). Then, fruits were kept at 8±1°C and 90-95% relative humidity for 21 days. The results showed that the essential oils significantly affected fruit decay, weight loss, L*, a*, b*, total phenolic content and total antioxidant activity. After 21 days of storage, total phenolic content and total antioxidant activity of treated fruit with essential oils were higher compared with the control. In addition, essential oils were effective in decay and water loss control, and decreasing L* and b* compared with the control. The garden thyme essential oil at 0.2% decreased postharvest decay seven times lower than control but increased total phenolic compounds and antioxidant activity compared to the control 21 days after storage. Therefore, garden thyme essential oil has a strong effect on controlling green mold and maintaining quality of Mexican lime fruit.

Keywords: Postharvest decay, Antioxidant activity*, Penicillium digitatum,* Lime

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:28 IRST on Saturday January 23rd 2021

* Corresponding Author E-Mail Address: mirzaalian@hormozgan.ac.ir.

www.SID.ir