علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵ (ص ۹۱-۸۱) DOI: 10.22059/ijhs.2016.58214

تأثیر اسانس‌های تیمول و منتول به همراه بسته‌بندی با پوشش سلوفان در حفظ کیفیت پس از برداشت میوهٔ توت‌فرنگی رقم پاروس

فاطمه نوروزی فاز[1]*، سید حسین میردهقان[2]، حمیدرضا کریمی[3] و حسین علایی[4]
۱، ۲، ۳ و ٤. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیاران و استادیار، دانشگاه ولیعصر رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/٤ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۸/۱۹)

چکیده

توت‌فرنگی عمر انبارمانی پایینی دارد و ازآنجاکه به‌صورت تازه‌خوری مصرف می‌شود، استفاده از روش‌های سالم و طبیعی برای افزایش عمر انباری آن ضروری است. در این پژوهش، تأثیر سطوح مختلف اسانس‌های تیمول و منتول (۰؛ آب مقطر، شاهد؛ ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرولیتر) به‌صورت تدخینی در بسته‌بندی با پوشش سلوفان در حفظ کیفیت پس از برداشت میوهٔ توت‌فرنگی بررسی شد. ویژگی‌های کیفی میوه‌ها پس از ۰، ۱۰ و ۱۷ روز نگهداری در دمای ۱±۲°C و رطوبت نسبی ۵±۹۰درصد ارزیابی شد. تیمار اسانس موجب حفظ سفتی، افزایش شاخص کروما و درخشندگی و کاهش تغییرپذیری رنگ و وزن نسبت به شاهد شد. این تیمار بر اسید کل، ویتامین ث و مواد جامد محلول اثر معنی‌داری نداشت، اما با افزایش زمان انبارمانی از میزان آن‌ها کاسته شد. آنتوسیانین و فعالیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) طی انبارمانی در آغاز افزایش و پس‌ازآن کاهش نشان دادند و منتول ۵ میکرولیتر سبب افزایش معنی‌دار ترکیب‌های فنلی نسبت به شاهد شد. اسانس تیمول تا حدودی سبب تغییر مزه و بوی میوه‌ها شد. با توجه به نبود تأثیر نامطلوب منتول بر بو و مزه نسبت به تیمول و تأثیر مثبت آن بر ویژگی‌های کیفی میوه، منتول می‌تواند به‌عنوان یک عامل فعال در بسته‌بندی توت‌فرنگی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: **اسانس، ترکیب‌های فنلی، سفتی، فعالیت ضداکسیدانی.**

مقدمه

توت‌فرنگی میوه‌ای است که باوجود نافرازگرا بودن، یکی از میوه‌های بسیار فسادپذیر بوده و طول عمر و ماندگاری پایینی دارد. کاهش کیفیت پس از برداشت در این میوه بیشتر ناشی از فعالیت سوخت‌وسازگری (متابولیکی) و تنفس نسبی بالا و حساسیت به پوسیدگی‌های قارچی به‌ویژه کپک خاکستری است (Atress *et al*., 2010). در این راستا برخی تیمارها برای افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت توت‌فرنگی استفاده می‌شود. بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته (MAP[1]) ساده‌ترین تیمار فیزیکی است که اثرگذاری‌های بسیار سودمندی دارد و با کاهش میزان تنفس، به تأخیر پیری و بهبود صفات کیفی فراورده کمک می‌کند (Allende *et al*., 2007)، اما MAP غیرفعال[2] برای اطمینان کامل از حفظ کیفیت و سلامت فرآورده که تأمین‌کنندهٔ تقاضای مصرف‌کننده باشد، کافی نیست. افزایش رطوبت درون بسته (Sivakumar & Korsten, 2006) ممکن است سبب اثرگذاری‌های زیانباری مانند افزایش آلودگی‌های قارچی شود. بسته‌بندی فعال[3] یک دیدگاه ابتکاری

* تلفن: ۰۹۱۵۸۹۸۰۱۰۵
E-mail: F.norozi14@yahoo.com

1. Modified Atmosphere Packaging
2. Passive MAP
3. Active MAP

است که پاسخگوی تغییرپذیری‌های پیوستهٔ تقاضای مصرف‌کننده و روندهای بازار است (Serrano *et al*., 2008). هدف اصلی بسته‌بندی غیرفعال، فراهم کردن یک‌لایهٔ نفوذناپذیر روی محصول است، درحالی‌که در بسته‌بندی فعال، به‌منظور بهبود ویژگی‌های پوشش و افزایش مدت ماندگاری مادهٔ غذایی از یک چند ترکیب‌های شیمیایی و فیزیکی در پوشش و لایه و غشا (فیلم) بسته‌بندی استفاده می‌شود (Moradi *et al*., 2010). بسته‌بندی با مواد ضد میکروب یکی از نویدبخش‌ترین انواع بسته‌بندی فعال است. در میان مواد فعالی که برای این نوع بسته‌بندی به کار می‌روند، اسانس‌های گیاهی که موادی طبیعی و سازگار با طبیعت هستند، بسیار سودمند خواهند بود (Almenar *et al*., 2009). منشأ طبیعی این ترکیب‌ها، نگرانی‌های مصرف‌کننده از اثرگذاری‌های سوء بقایای مواد شیمیایی در مواد غذایی را برطرف می‌کند.

در پژوهش Valverde *et al*. (2005) عنوان شد که افزودن اژنول، تیمول و منتول به بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته، سبب کنترل کاهش وزن، کاهش تغییرپذیری رنگ و نسبت قند به اسید و حفظ سفتی میوهٔ انگور می‌شود. همچنین Valero *et al*. (2008) گزارش کردند، تلفیق بسته‌بندی با اسانس‌های منتول و اوژنول در انگور، کاهش سفتی، تغییرپذیری شاخص‌های L* و a* و افزایش شاخص رسیدگی انگور (نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل عیارسنجی یا تیتراسیون) را به تعویق انداخت. همچنین میزان ویتامین ث و محتوای آنتوسیانین میوه‌ها در حبه‌های انگور تیمارشده در پایان آزمایش نسبت به شاهد بیشتر بود. آنان توانستند با کاربرد اسانس منتول و اوژنول توسعهٔ قارچی در بسته‌بندی انگور را به تأخیر اندازند. سفتی میوه‌های گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی با تیمار اسانس اکالیپتوس (Tzortzakis, 2007) و زاویهٔ هیو، کروما، درخشندگی و شاخص b توت‌فرنگی با کاربرد اسانس زیره (Asghari Marjanlo *et al*., 2009) در طول مدت نگه‌داری حفظ شد. Jin *et al*. (2012) با کاربرد کارواکرول و آنتول در تمشک گزارش کردند، میوه‌های تیمارشده، فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) و محتوای مواد فنولیکی و آنتوسیانین بیشتری داشته و ظرفیت پاداکسندگی آن‌ها نسبت به میوه‌های تیمارنشده بیشتر است. در پژوهش Montero-Prado *et al*. (2011) اسانس دارچین سبب بهبود صفات کیفی حسی میوه‌های هلو شد. این تیمار از فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز که باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و درنتیجه نشت یونی می‌شود، جلوگیری کرد. با توجه به منشأ طبیعی اسانس‌های گیاهی و نبود اثرگذاری جانبی آن‌ها در سلامت انسان و به دلیل نقش این ترکیب‌ها در افزایش عمر انبارمانی میوه‌ها، در این پژوهش تأثیر تلفیقی اسانس‌های گیاهی تیمول و منتول با بسته‌بندی بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت توت‌فرنگی رقم پاروس در مدت انبارداری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های توت‌فرنگی رقم پاروس با قیچی از یک گلخانه با بستر کشت خاکی واقع در شهرستان جیرفت، هنگامی‌که ۷۰ تا ۸۰ درصد میوه‌ها رنگ قرمز به خود گرفته بودند، برداشت شدند و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشگاه ولیعصر(عج) رفسجان منتقل شدند. در آزمایشگاه میوه‌های آسیب‌دیده و غیریکنواخت جدا شده و میوه‌های سالم و یکنواخت برای اعمال تیمار آماده شدند. پیش از اعمال تیمار ویژگی‌هایی مانند کاهش وزن، سفتی، رنگ میوه، مواد جامد محلول، درصد اسید، ویتامین ث، ترکیب‌های فنلی، فعالیت پاداکسندگی و آنتوسیانین کل میوه‌ها اندازه‌گیری شدند.

برای اعمال تیمار، حدود ۲۰۰ گرم میوهٔ سالم و بدون هرگونه آلودگی درون ظرف‌هایی به ابعاد ۲۳×۱۸×۵ سانتی‌متر قرار گرفت و اسانس‌های تیمول و منتول خالص به‌دست‌آمده از شرکت Sigma، هرکدام در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرولیتر با سمپلر روی گاز سترون موجود در ظرف بسته‌بندی اضافه شد (Valero *et al*., 2006). از ۱۰ میکرولیتر آب مقطر به‌عنوان شاهد استفاده شد. بی‌درنگ ظرف با پوشش سلوفان پوشانده و به سردخانه با دمای ۱±۲°C و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰درصد انتقال داده شد. پس از ۱۰ (زمان انباری اول) و ۱۷ (زمان انباری دوم) روز، میوه‌ها از انبار خارج و ویژگی‌های کیفی میوه‌ها اندازه‌گیری شد.

ویژگی‌های مورداندازه‌گیری

کاهش وزن با توزین میوه‌ها قبل و پس از دوره‌ی انباری مشخص و با فرمول زیر محاسبه و برحسب درصد بیان شد (Ali *et al*., 2011).

$$\text{کاهش وزن (٪)} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

برای بررسی رنگ سطح میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta CR 400) رنگ ۳ قسمت مختلف از سطح ۴ میوه در واحد آزمایشی خوانده شد. میزان رنگ با شاخص‌های L^*، a^* و Chroma بیان شد. شاخص کروما و میزان تغییرپذیری رنگ از روز برداشت میوه‌ها تا پس از دو زمان انباری با فرمول‌های زیر محاسبه شد. L_0، a_0 و b_0 شاخص‌های رنگی در روز برداشت و L، a و b شاخص‌های رنگی پس از گذشت زمان انبارمانی است (Castillo *et al*., 2014).

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{[(L0 - L)^2 + (a0 - a)^2 + (b0 - b)^2]}$$

سفتی بافت میوه بانفوذ میلهٔ دستگاه سفتی‌سنج (Lutron FG5020) با نوک کاوشگر (پروب) ۴ میلی‌متری، در ۴ میوه از واحد آزمایشی، برحسب کیلوگرم نیرو، pH آب‌میوه به‌طور مستقیم با قرار دادن حس‌گر (سنسور) pHمتر (Germany inolab 720, WTW82362) در ۱۵-۲۰ میلی‌لیتر آب‌میوه در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس و میزان مواد جامد محلول کل با قرار دادن چند قطره آب‌میوه روی صفحهٔ منشور شکست‌سنج (رفرکتومتر) دستی (PAL-1 Atago, Japan) اندازه‌گیری و برحسب درجهٔ بریکس بیان شد (Almenar *et al*., 2009).

اسید کل میوه، پس از رقیق کردن ۳ میلی‌لیتر آب‌میوه با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر با معرف فنل فتالئین ۱ درصد به روش عیارسنجی با سود ۰/۲ نرمال تا مرحلهٔ تغییر رنگ به صورتی اندازه‌گیری و با فرمول زیر برحسب گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه محاسبه شد (Ali *et al*., 2011). میزان ویتامین ث میوه‌ها نیز با ۳ میلی‌لیتر آب‌میوه و رقیق کردن آن با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر، با معرف نشاستهٔ ۱درصد به روش عیارسنج با محلول ید در یدور پتاسیم تا مرحلهٔ تغییر رنگ به خاکستری اندازه‌گیری شد. هر ۱ میلی‌لیتر ید در یدور پتاسیم مصرفی معادل ۰/۸۸ میلی‌گرم ویتامین ث است. درنهایت میزان ویتامین ث میوه برحسب میلی‌گرم ویتامین ث در ۱۰۰ سی‌سی آب‌میوه محاسبه شد (Vahdat *et al*., 2012).

$$\text{اسید (٪)} = \frac{\text{میزان سود مصرفی} \times \text{والانس گرم اسید غالب} \times \text{نرمالیته سود}}{\text{وزن نمونه} \times ۱۰۰۰} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین کل با روش اختلاف pH صورت گرفت. ۵ گرم میوه در هاون چینی همگن شده و پس از سانتریفیوژ، ۱ میلی‌لیتر روشناور با ۹ میلی‌لیتر بافر هیدروکلریک اسید-پتاسیم با pH ۱ و دوباره ۱ میلی‌لیتر روشناور با ۹ میلی‌لیتر بافر استات با pH ۴/۵ رقیق شد. سپس جذب نور محلول‌های آماده‌شده در طول‌موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) خوانده شد و میزان آنتوسیانین کل برحسب میلی‌گرم پلارگونیدین ۳- گلوکوزید در کیلوگرم وزن تازه با فرمول زیر محاسبه شد (Wang & Gao, 2013).

$$\text{Absorbance (A)} = (A_{510\ pH\ 1} - A_{700\ pH1}) - (A_{510\ pH\ 4.5} - A_{700\ pH4.5})$$

$$\text{Total anthocyanin (mg Kg FW}^{-1}) = (A/22400^{a})\ (10^{3})\ (468.84^{b})\ (10^{c})$$

a: ضریب مولی خاموشی پلارگونیدین ۳- گلوکوزید

b: وزن مولکولی پلارگونیدین ۳- گلوکوزید

c: عامل رقیق‌سازی، $۱۰^{۳}$: ضریب تبدیل

به‌منظور اندازه‌گیری ترکیب‌های فنلی کل و فعالیت پاداکسندگی درآغاز عصاره‌گیری از میوه با بافر فسفات که از محلول‌های K_2HPO_4 و KH_2PO_4 با pH ۷/۸ تهیه می‌شود، صورت گرفت (Sayyari *et al*., 2011). برای اندازه‌گیری ترکیب‌های فنلی میزان ۱۰۰ میکرولیتر روشناور عصاره با ۴۰۰ میکرولیتر بافر فسفات، ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱:۱۰ و ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد رقیق شده و پس از Vertex به مدت ۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده شد. سپس میزان جذب با دستگاه

طیف‌سنج نوری (T80 UV/VIS Spectrometer PG Instruments LTD) در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان ترکیب‌های فنلی با استفاده از استاندارد گالیک اسید ۱ میلی‌مولار برحسب معادل میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه محاسبه شد (Ayala-Zavala *et al*., 2004). برای محاسبهٔ میزان فعالیت پاداکسندگی، به کیووت دستگاه طیف‌سنج نوری حاوی ۱۹۰۰ میکرولیتر گلایسین بافر،۴۰ میکرولیتر ABTS[1] و۴۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن، ۶۰ میکرولیتر پراکسیداز اضافه شد و پس از هم زدن میزان جذب نور در طول‌موج ۷۳۰ نانومتر خوانده شد. سپس ۱۵ میکرولیتر روشناور عصاره به آن اضافه کرده و پس از ۱ دقیقه قرار دادن در دستگاه، میزان جذب در همان طول‌موج خوانده شد. از اختلاف میزان جذب‌های خوانده‌شده برای محاسبهٔ ترکیب‌های پاداکسندگی استفاده شد (Serrano *et al*., 2005a). فعالیت پاداکسندگی با استفاده از استاندارد اسیدآسکوربیک ۱ میلی‌مولار بر مبنای میلی‌گرم معادل اسیدآسکوربیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه محاسبه شد.

بررسی تأثیر تیمارها بر مزه و بوی میوه‌ها، با آزمون میزگردی (پانل) انجام گرفت. بدین منظور مجموعه‌ای ۴ نفره میوه‌های تیمارها را چشیده و بدون ارتباط با یکدیگر پرسش‌نامه‌ای که قبلاً تهیه شده بود را تکمیل کردند. چگونگی ارزیابی میزان تأثیر تیمار اسانس بر بوی میوه به این صورت بود که به ویژگی بوی نامطلوب میوه نمره‌ای از ۱ تا ۵ که شامل ۱: بسیار کم، ۲: کم، ۳: متوسط، ۴: زیاد و ۵: بسیار زیاد بود، داده شد (Valero *et al*., 2006).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ کامل تصادفی با ۴ تکرار و دو عامل شامل زمان انبارمانی و تیمار اسانس، انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌های آزمایش با نرم‌افزار آماری MSTATC و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

1. 2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diamonium salt

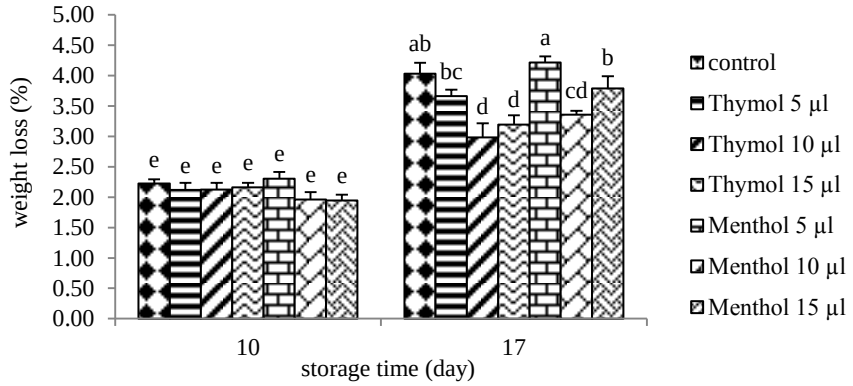
نتایج و بحث

کاهش وزن

با توجه به شکل ۱ میزان کاهش وزن در طول مدت انبارمانی در همهٔ تیمارها افزایش داشته است. پس از ۱۰ روز انبارمانی، تفاوت بین تیمارها محسوس نیست، اما در پایان مدت انبارمانی، همهٔ تیمارها به‌استثنای منتول ۵ میکرولیتر، به‌طور بارزی کاهش وزن میوه‌ها را کاهش دادند، به‌طوری‌که تیمول ۱۰ و ۱۵ میکرولیتر و منتول ۱۰ میکرولیتر کاهش معنی‌دار میزان افت وزن را نسبت به شاهد موجب شدند.

باگذشت زمان و تشدید تبخیر و تعرق به دلیل یکسان نبودن فشار بخارآب در فضاهای بین یاخته‌ای بافت‌ها و اتمسفر احاطه‌کنندهٔ میوه از یک‌سو و نیز تشدید فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر، کاهش وزن در طی زمان امری طبیعی است (Mostofi *et al*., 2010).

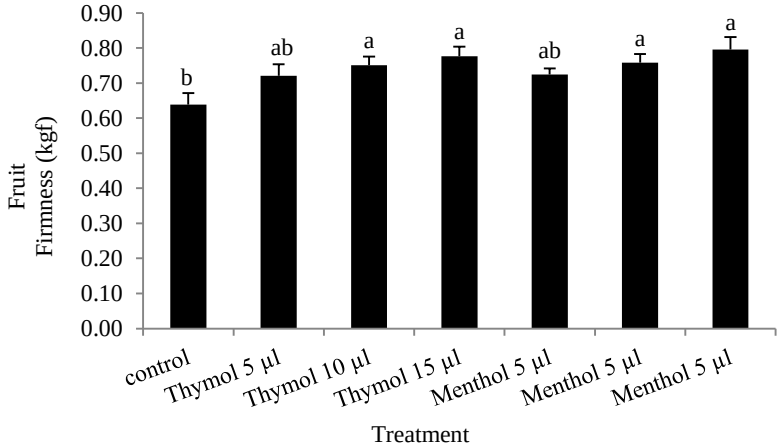
شدت تنفس بالا به‌موجب تسریع فرآیندهای رسیدگی و پیری، سبب مصرف مواد غذایی میوه می‌شود (Gao *et al*., 2013) و این خود سبب کاهش وزن میوه طی انبارمانی می‌شود. Valero *et al*. (2006) گزارش کردند که اسانس اژنول و تیمول سبب تأخیر فرآیندهای رسیدگی در میوهٔ انگور می‌شود. پس ممکن است اسانس‌های گیاهی به‌طور غیرمستقیم با ایجاد تأخیر در پیری میوه، سبب کنترل کاهش وزن آن شوند. افزون بر این، در پژوهش‌های Asghari Marjanlo *et al*. (2009) با کاربرد اسانس ریحان روی میوهٔ توت‌فرنگی و Montero-Prado *et al*. (2011) با کاربرد اسانس دارچین روی هلو، آلودگی قارچی در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های تیمارشده نیز یکی از عامل‌های مؤثر بر کاهش وزن در میوه‌های تیمارنشده عنوان شده است. فساد میکروبی بیشتر سبب تخریب بافت و درنتیجه افت وزن بیشتر می‌شود. ویژگی ضدمیکروبی اسانس‌های گیاهی برای کنترل پوسیدگی‌های قارچی در میوه‌هایی همچون تمشک (Jin *et al*., 2012)، انگور (Valero *et al*., 2006)، هلو (Montero-Prado *et al*., 2011) و توت‌فرنگی (Asghari Marjanlo *et al*., 2009) به اثبات رسیده است.



شکل ۱. تأثیر متقابل تیمار و زمان انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوهٔ توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس
حروف همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.
Figure 1. Effect of interaction between types of chemicals and of storage period on weight loss percentage of strawberries during storage at 2±1 ºC.
Similar letters represented no significant difference among means by Duncan test at p< 0.05.

سفتی

باوجود کاهش سفتی طی انبارمانی (جدول۱)، سفتی در میوه‌های تیمارشده با اختلاف معنی‌داری (به‌جز سطح ۵ میکرولیتر هر دو اسانس) نسبت به شاهد حفظ شد. با افزایش میزان تیمول و منتول، سفتی بافت میوه روندی افزایشی را طی می‌کند، هرچند اختلاف بین نوع اسانس و غلظت‌های مختلف آن‌ها معنی‌دار نیست (شکل ۲). هنگام نرم شدن بیشترین تغییرپذیری در دیوارهٔ یاخته‌ای در جزء پکتین رخ می‌دهد. Ali *et al.* (2011) کاهش سفتی توت‌فرنگی طی مدت انبارمانی را ناشی از حضور آنزیم پلی‌گالاکتروناز دانستند که پلی‌یورونیدهای دیوارهٔ یاخته‌ای را حل و تجزیه می‌کند. همانند نتایج این پژوهش، سفتی میوه‌های هلو (Montro-Prado *et al.*, 2011) و گوجه‌فرنگی (Tzortzakis, 2007) تیمارشده با اسانس دارچین در مقایسه با شاهد حفظ شد. باوجوداینکه سازوکار عمل اسانس‌های گیاهی در حفظ سفتی هنوز ناشناخته است (Serrano *et al.*, 2005b)، اما بنابر نظر Valero *et al.* (2006) افزودن این ترکیب‌ها به MAP در حفظ سفتی را می‌توان به کاهش فعالیت آنزیم‌های نرم‌کنندهٔ دیوارهٔ یاخته‌ای نسبت داد. افزون بر این حفظ فشار آماس (تورژسانس) بیشتر درنتیجهٔ کنترل کاهش وزن توسط اسانس‌های گیاهی از عامل‌های مؤثر بر تأخیر نرم‌شدگی میوه است (Castillo *et al.*, 2014).

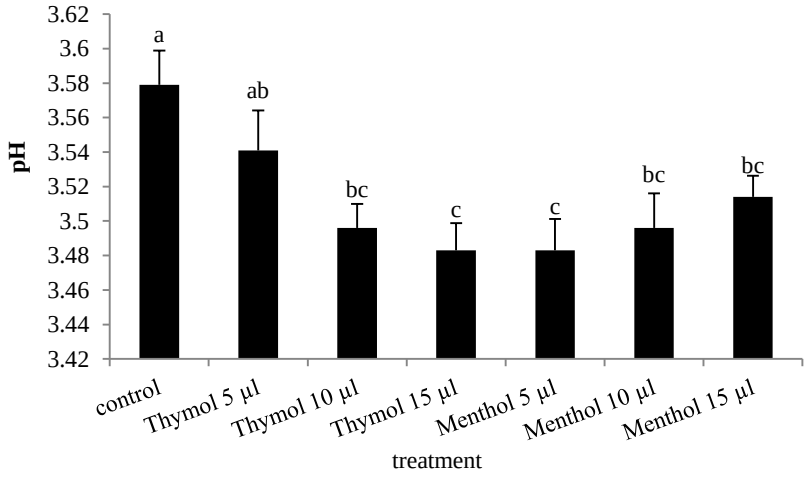


شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف اسانس بر سفتی بافت میوهٔ توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس
حروف همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.
Figure 2. Effect of different levels of essential oil on firmness of strawberries during storage at 2±1ºC.
Similar letters represented no significant difference between means by Duncan test at p< 0.05.

مواد جامد محلول کل، اسید کل، اسیدآسکوربیک و pH آب‌میوه

با توجه به جدول ۱ کاهش مواد جامد محلول و میزان اسیدآسکوربیک در توت‌فرنگی باگذشت زمان قابل مشاهده است، اما اسید کل میوه تحت تأثیر هیچ‌کدام از عامل‌ها قرار نگرفت. مواد جامد محلول و اسیدهای آلی توسط فرآیند تنفس برای حمایت فعالیت‌های عادی زندگی یک محصول در طول انبارمانی، مصرف می‌شوند (Gao *et al*., 2013). به‌عبارت‌دیگر علت کاهش میزان مواد جامد محلول در طول انبارداری مربوط به میزان بالای تنفس و فرآیند پیری در میوه است. کاهش اسیدآسکوربیک نیز که یکی از پاداکسنده‌های مهم است، به دلیل آن مصرف این ویتامین به‌عنوان دهندهٔ الکترون به اکسنده‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد است (Abdollahi *et al*., 2010). افزون بر این کاهش اسیدآسکوربیک طی انبارمانی به مصرف آن طی واکنش تنفس نیز مربوط است (Atress *et al*., 2010). نتایج پژوهش‌های Atress *et al*. (2010) و Abdollahi *et al*. (2010) روی توت‌فرنگی، مؤید نتایج این پژوهش هستند.

در رابطه با pH آب‌میوه، به‌جز تیمار تیمول در سطح ۵ میکرولیتر، میزان pH در همهٔ تیمارها نسبت به شاهد با اختلاف معنی‌داری در سطوح پایین‌تر حفظ شد. تیمار تیمول در سطح ۱۵ و منتول در سطح ۵ میکرولیتر کمترین میزان pH در بین دیگر تیمارها را داشتند (شکل ۳). pH بیانگر درجهٔ اسیدی آب‌میوه است. هرچقدر که میزان اسیدهای آلی بیشتر باشد، pH کمتر خواهد بود. بنابراین کاهش pH در اثر تیمارهای اسانس نسبت به شاهد بیانگر حفظ اسیدهای آلی در میوه طی مدت انبارداری است. ازآنجاکه اسید آلی غالب توت‌فرنگی اسیدسیتریک است و اسیدسیتریک یکی از مواد اصلی تنفس است (Alikhani *et al*., 2009)، به نظر می‌رسد آهسته شدن بلوغ فیزیولوژیکی میوه (Valero *et al*., 2006) درنتیجهٔ کاربرد تیمول و منتول، سبب حفظ pH پایین آب‌میوه شده است.



شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف اسانس بر pH آب‌میوهٔ توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس
حروف همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.
Figure 3. Effect of different levels of essential oil on pH of strawberries juice during storage at 2±1ºC.
Similar letters represented no significant difference between means by Duncan test at p< 0.05.

عطر و بو

تیمول به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد سبب ایجاد یک بوی نامطلوب در میوه‌ها شد و بیشترین سطح تیمول (۱۵ میکرولیتر) شدیدترین بو را ایجاد کرد. اسانس منتول در تغییر عطر و بوی میوه با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول۳). برای کاربرد پس از برداشت، عامل ضد قارچی نباید اثر زیانباری روی ظاهر یا کیفیت فرآوردهٔ تیمارشده بگذارد. به‌طورکلی باید پذیرفت

که ایراد اصلی برای استفاده از این ترکیب‌های طبیعی وجود بوی شدید است که گاهی روی ویژگی‌های حسی فرآورده تأثیر زیانباری خواهد داشت (Serrano *et al*., 2008). بنابراین ایجاد بو با کاربرد اسانس‌های گیاهی پرهیزناپذیر است. بااین‌حال می‌توان از ترکیب‌هایی استفاده کرد که ایجاد بوی کمتری دارند. در این زمینه، در این پژوهش مشخص شد که باوجود تأثیر تاحدودی یکسان دو اسانس تیمول و منتول در حفظ کیفیت میوه، منتول تأثیر ناچیزی روی عطر و بوی میوه دارد. افزون بر این باید سعی شود با استفاده از روش‌های مناسب، از کمترین غلظت اسانس‌ها استفاده شود تا تأثیر زیانبار آن‌ها نیز به کمترین برسد.

جدول ۱. تأثیر زمان انبارمانی بر برخی ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس

Table 1. Effect of storage periods on some qualitative parameters of strawberries during storage at 2±1ºC.

Storage time (day)	Total Soluble Solides (º Brix)	Vitamin C (mg per 100 mL of fruit juice)	Firmness (Kgf)	pH of fruit juice	Titrable Acidity (g of citric acid per 100 mL of fruit juice)	odor
0	6.5 [a]	81.40 [a]	0.74 [ab]	3.51 [a]	0.99 [a]	-
10	5.5 [b]	78.83 [a]	0.77 [a]	3.50 [a]	0.99 [a]	1.32 [a]
17	5.3 [b]	70.12 [b]	0.70 [b]	3.52 [a]	0.98 [a]	1.29 [a]

حروف همسان در ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

Similar letters within column represented no significant difference between means by Duncan test at $p< 0.05$.

آنتوسیانین، ترکیب‌های فنلی و فعالیت پاداکسندگی

همانند نتایج Wang & Gao (2013)، در این پژوهش نیز میزان آنتوسیانین میوه تنها تحت تأثیر زمان انبارمانی قرار گرفت، به‌طوری‌که باگذشت زمان از مرحلهٔ برداشت میزان آن در آغاز به‌طور معنی‌داری افزایش (۱۹درصد افزایش نسبت به زمان برداشت) و پس‌ازآن کاهش (۳۲/۵درصد کاهش نسبت به زمان انباری اول) نشان داد (جدول ۲). پیشرفت فرآیندهای رسیدگی طی انبارمانی از علل افزایش آنتوسیانین میوه عنوان شده است (Valero *et al*., 2006). این یافته‌ها مبین این حقیقت است که زیست‌ساخت (بیوسنتز) آنتوسیانین پس از برداشت هنوز ادامه دارد (Wang & Gao, 2013). کاهش میزان این رنگیزه با طولانی شدن زمان انبارمانی ممکن است به پیری و از بین رفتن بافت میوه و تخریب آنتوسیانین‌ها مربوط باشد.

بیشترین و کمترین میزان ترکیب‌های فنلی به ترتیب با میانگین ۱۳۰/۶۰ و ۸۴/۲۷ معادل میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه پس از ۱۰ و ۱۷ روز انبارمانی مشاهده شد (جدول ۲). تیمار تیمول و منتول در سطح ۵ میکرولیتر به ترتیب ۱۵ و ۲۶/۸ درصد افزایش در ترکیب‌های فنلی را نسبت به شاهد باعث شدند. اختلاف بین دیگر تیمارها با یکدیگر و با شاهد معنی‌دار نیست (جدول ۳). فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز عامل کلیدی در تجمع مواد فنولیکی است و این فعالیت طی مراحل بلوغ و پس از برداشت کاهش می‌یابد (Sanchez-Gonzalez *et al*., 2011). دلیل این رخداد به فعالیت پایین PAL[1] یا القای سامانه‌های آنزیمی مسئول غیرفعال کردن این آنزیم ربط داده شده است. افزون بر این در طول پیری با افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، مصرف پلی‌فنل‌ها افزایش می‌یابد و درنتیجه محتوای ترکیب‌های فنلی کل با پیری بافت میوه کاهش می‌یابد (Xu *et al*., 2009). کاهش کمتر مواد فنولیکی با کاربرد اسانس‌های گیاهی در این بررسی، با نتایج Xu *et al*. (2009) همخوانی دارد. Shao *et al*. (2013) نیز گزارش کردند که استفاده از اسانس درخت چای[2] (Tea tree oil) به‌صورت تدخینی در توت‌فرنگی، باعث تحریک فعالیت PAL تا ۵۰ درصد افزایش می‌شود. افزون بر این ویژگی ضد پیری اسانس‌ها در کاهش سرعت تخریب پلی‌فنل‌ها و درنتیجه حفظ محتوای بالای ترکیب‌های فنلی بی‌تأثیر نیست.

با توجه به جدول۲ افزایش (۶۴/۷ درصد نسبت به زمان برداشت) و کاهش (۴۷/۳ درصد نسبت به زمان انباری اول) فعالیت پاداکسندگی باگذشت زمان انبارمانی بسیار مشهود است، به‌طوری‌که حداکثر فعالیت پاداکسندگی با میانگین ۱۲۹/۵ پس از ده روز

1. Phenyl alanine ammonialyase
2. *Melaleuca alternifolia*

و حداقل آن با میزان ۶۸/۲۲ معادل میلی‌گرم اسیدآسکوربیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه، پس از هفده روز انبارمانی مشاهده شد. گزارش شده است که همبستگی مثبتی بین فعالیت پاداکسندگی و محتوای آنتوسیانین یا مواد فنولیکی کل وجود دارد (Ayala-Zavala *et al*., 2004). به‌احتمال‌زیاد افزایش ظرفیت پاداکسندگی به افزایش آنتوسیانین مربوط بوده و کاهش آن پس از ۱۷ روز انبارمانی به علت پیری و از بین رفتن بافت میوه و پوسیدگی میوه است (Wang & Gao, 2013; Vahdat *et al*., 2012). افزایش فعالیت پاداکسندگی در اثر افزایش مواد فنولیکی و رنگیزهٔ آنتوسیانین در پژوهش Valero *et al*. (2006) روی انگور و Vahdat *et al*. (2012) روی توت‌فرنگی گزارش شده است. از سوی دیگر اسیدآسکوربیک یک پاداکسندهٔ مهم است که در مقاومت به پیری شرکت دارد (Gao *et al*., 2013)، کاهش ویتامین ث به‌نوبه‌ی خود می‌تواند در کاهش فعالیت پاداکسندگی نقش داشته باشد.

جدول ۲. تأثیر زمان انبارمانی بر میزان آنتوسیانین، ترکیب‌های فنلی و فعالیت پاداکسندگی میوهٔ توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس

Table 2. Effect of storage time on anthocyanin, phenolic compounds and antioxidant activity of strawberries during storage at 2±1ºC.

Storage time (day)	Anthocyanin (mg per kg fresh weight)	Phenolic compounds (mg of galic acid equivalent per 100 g fresh weight)	Antioxidant activity (mg of ascorbic acid equivalent per 100 g fresh weight)
0	155.1 ^{b}	99.74 ^{b}	78.63 ^{b}
10	184.5 ^{a}	130.60 ^{a}	129.90 ^{a}
17	124.4 ^{c}	84.27 ^{c}	68.22 ^{c}

حروف همسان در ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

Similar letters within column represented no significant difference between means by Duncan test at p< 0.05.

جدول ۳. تأثیر تیمار اسانس بر میزان ترکیب‌های فنلی کل و تغییر بوی میوهٔ توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس

Table 3. Effect of essential oil treatment on phenolic compounds content and odor change of strawberries during storage at 2±1ºC

		Thymol			Menthol		
	control	5 µL	10 µL	15 µL	5 µL	10 µL	15 µL
Phenolic compounds (mg of galic acid equivalent per 100 g fresh weight)	97.06 ^{b}	111.6 ^{ab}	100.2 ^{b}	102.4 ^{b}	123.0 ^{a}	100.4 ^{b}	99.26 ^{b}
Adverse odor of fruits	1.14 ^{c}	1.50 ^{ab}	1.39 ^{abc}	1.57 ^{a}	1.19 ^{bc}	1.14 ^{c}	1.19 ^{bc}

حروف همسان در ردیف بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

Similar letters within row represented no significant difference between means by Duncan test at p< 0.05.

رنگ میوه

بیشترین میزان شاخص درخشندگی، شاخص کروما و شاخص a میوه در زمان برداشت مشاهده شد و به‌جز شاخص درخشندگی که کمترین میزان خود را پس از ده روز انبارمانی نشان داد، شاخص کروما و شاخص a میوه پس از هفده روز انبارمانی به کمترین رسید (جدول ۴). اسانس‌های مختلف اثر مثبتی بر شاخص درخشندگی و شاخص کروما میوه‌ها داشته و موجب کاهش تغییرپذیری رنگ نسبت به شاهد شدند. تیمارهای تیمول ۱۵ و منتول ۵ میکرولیتر با اختلاف معنی‌داری میزان شاخص درخشندگی را نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین (۹/۳۶) و کمترین (۴/۲۷) میزان تغییرپذیری رنگ به ترتیب در شاهد و منتول ۵ میکرولیتر مشاهده شد که نسبت به شاهد ۵۴/۴ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵).

رنگ میوهٔ توت‌فرنگی باگذشت زمان طی انبارمانی و افزایش پیری میوه تغییر می‌کند. میوه‌ها تیره می‌شوند، روشنی و شفاف بودن رنگ سطح میوه کم‌تر می‌شود و قهوه‌ای شدن سطح میوه رخ می‌دهد (Hernandez-munos *et al*., 2008). افزودن تیمول، منتول و اژنول در بسته‌بندی گیلاس سبب تأخیر در تغییرپذیری رنگ پوست و دم میوه نسبت به شاهد

شده است (Serrano *et al*., 2005b). در این پژوهش نیز تلفیق تیمول و منتول با بسته‌بندی تغییرپذیری رنگ میوه را طی انبارمانی کاهش داد. اگرچه شواهد کافی برای نقش این ترکیب‌های طبیعی در مورد این موضوع وجود ندارد، اما عنوان شده است که ممکن است فعالیت پاداکسندگی اسانس‌های گیاهی پسابش یا آب‌زدایی (دهیدراسیون) و وجود مواد مسبب قهوه‌ای شدن میوه را کاهش دهند (Serrano *et al*., 2005b). افزایش شاخص درخشندگی با کاربرد اسانس در این پژوهش با نتایج Atress *et al*. (2010) و Asghari Marjanlo *et al*. (2009) روی توت‌فرنگی همخوانی دارد. تأخیر در پیری در اثر کاربرد اسانس‌ها از دلایل کاهش تغییرپذیری رنگ میوه و افزایش شاخص درخشندگی عنوان شده است (Valero *et al*., 2006). Hernandez-Munoz *et al*. (2008) نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت آنتوسیانین میوهٔ توت‌فرنگی، این میوه به‌تدریج قرمزتر شده و شفافیت و روشنی رنگ خود را از دست می‌دهد، یعنی میوه‌ها در مدت انبارداری به‌واسطهٔ ساخت آنتوسیانین، قرمزتر و تیره‌تر می‌شوند (Atress *et al*., 2010).

جدول ۴. تأثیر زمان انبارمانی بر شاخص‌های رنگی توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس

Table 4. Effect of storage time on color values of strawberries during storage at 2±1ºC.

Storage time (day)	L* value	chroma	a* value	Color changes
0	41.61 ^{a}	52.26 ^{a}	40.13 ^{a}	-
10	38.40 ^{c}	47.99 ^{b}	38.06 ^{b}	6.67 ^{a}
17	40.30 ^{b}	48.40 ^{b}	37.74 ^{b}	5.36 ^{a}

حروف همسان در ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

Similar letters within column represented no significant difference between means by Duncan test at p< 0.05.

جدول ۵. تأثیر تیمول و منتول بر شاخص‌های رنگی میوهٔ توت‌فرنگی طی انبارمانی در دمای ۱±۲ درجهٔ سلسیوس

Table 5. Effect of thymol and menthol on color values of strawberries during storage at 2±1ºC.

		L* value	Chroma	a* value	Color changes
	control	38.77 ^{b}	47.82 ^{b}	38.17 ^{a}	9.36 ^{a}
Thymol	5 µL	40.08 ^{ab}	49.57 ^{a}	38.41 ^{a}	6.14 ^{ab}
	10 µL	40.19 ^{ab}	50.08 ^{a}	38.90 ^{a}	5.40 ^{b}
	15 µL	40.59 ^{a}	50.10 ^{a}	38.62 ^{a}	5.27 ^{b}
Menthol	5 µL	40.47 ^{a}	50.34 ^{a}	38.77 ^{a}	4.27 ^{b}
	10 µL	39.88 ^{ab}	49.85 ^{a}	38.87 ^{a}	5.76 ^{b}
	15 µL	40.10 ^{ab}	49.56 ^{a}	38.73 ^{a}	5.90 ^{b}

حروف همسان در ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن است.

Similar letters within column represented no significant difference between means by Duncan test at p< 0.05.

نتیجه‌گیری کلی

صرف‌نظر از تأثیر تا حدودی نامطلوب اسانس تیمول بر بوی میوه، تیمار اسانس تیمول و منتول تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی داشت، به‌طوری‌که سبب کنترل کاهش وزن، حفظ سفتی و کاهش تغییرپذیری رنگ میوه شد و حفظ pH آب‌میوه و افزایش ترکیب‌های فنلی میوه را موجب شد.

REFERENCES

1. Abdollahi, R., Asghari, M. R. & Esmaiili, M. (2010). Effect of nitric oxide and putrescine on quality attributes and storage life of strawberry fruit cv. Selva. *Journal of Food Industry Research*, 3(1), 177-190. (in Farsi)
2. Ali, A., Abrar, M., Sultan, M. T., Din, A. & Niaz, B. (2011). Postharvest physicochemical changes in full ripe strawberries during cold storage. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(1), 38-41.
3. Alikhani, M., Sharifani, M., Azizi, M., Musavizadeh, S.J. & Rahimi, M. (2009). Increasing shelf life and maintaining quality of strawberry (*Fragaria ananassa* L.) with application of mucilage edible coating and plant essential oil. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources*, 16(2), 1-10. (in Farsi)

4. Almenar, E., Catala, R., Hernandez-Munoz, P. & Gavara, R. (2009). Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone. *LWT - Food Science and Technology*, 42, 587-593.
5. Allende, A., Marin, A., Buendia, B., Tomas-Barberan, F. & Gil, M. I. (2007). Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O_3, superatmospheric O_2 and high Co_2) on health promotingcompounds and shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 201-211.
6. Asghari Marjanlo, A., Mostofi, Y., Shoeibi, Sh. & Fattahi, M. (2009). Effect of cumin essential oil on postharvest decay and some quality factors of strawberry. *Journal of Medicinal Plants*, 8(1), 25-43.
7. Atress, A.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.
8. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. & Gonzalez-Aguilar, G.A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacityand aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensm.-Wiss. u.-Technology*, 37, 687-695.
9. Castillo, S., Perez-Alfonso, C. O., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Serrano, M. & Valero, D. (2014). The essential oils thymol and carvacrol applied in the packing linesavoid lemon spoilage and maintain quality during storage. *Food Control*, 35, 132-136.
10. Gao, P., Zhu, Z. & Zhang, p. (2013). Effects of chitosan–glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydrate Polymers*, 95, 371-378.
11. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V. D., Velez, D. & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatmenton strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110, 428-435.
12. Jin, P., Wang, S.Y., Gao, H., Chen, 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.
13. Montero-Prado, P., Rodriguez-Lafuente, A. & Nerin, C. (2011). Active label-based packaging to extend the shelf-life of "Calanda" peach fruit: Changes in fruit quality and enzymatic activity. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 211-219.
14. Moradi, M., Tajik, H., Razavi Rohani, S.M., Oromiehie, A., Malekinejad, H. & Saei-Dehkordi, S.S. (2010). Antioxidant, color and antibacterial properties of edible chitosan film incorporated with *zataria multiflora* boiss essential oil against *Listeria monocytogenes*. *Armaghane-danesh (Journal of Yasuj University of Medical Sciences)*, 15(4), 303-315. (in Farsi)
15. Mostofi, Y., Mosayebzadeh, A., Emamjomeh, Z., Nikkhah, M. J. & Dehestaniardakani, M. (2010). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on storage life and maintainance quality grapes cv. Shahroodi. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 41(2), 163-172. (in Farsi)
16. Sanchez-Gonzalez, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., Gonzalez-Martinez, C. & Chafer, M. (2011). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 57-63.
17. Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Serrano, M. & Valero, D. (2011). Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry*, 124, 964-970.
18. Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S. & Valero, D. (2005a). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stage. *Jornal of Agricultural Food Chemistry*, 53, 2741-2745.
19. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F. & Valero, D. (2005b). The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 115-123.
20. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Valverde, J.M., Zapata, P.J., Castillo, S. & Valero, D. (2008). The addition ofessential oils to MAP as a tool to maintain the overall quality of fruits. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 464-471.
21. 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.
22. Sivakumar, D. & Korsten, L. (2006). Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention of litchi cv. Mauritius. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 135-142.
23. Tzortzakis, N. G. (2007). Maintaining postharvest quality of fresh produce with volatile compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 111-116.
24. Vahdat, Sh., Ghasemnezhad, M., Fotouhi Ghazvini, R., Shiri, M.A. & Khodaparast, S.A.A. (2012). Effect of different concentration of Aloevera gel on maintaining postharvest quality of strawberry. *Publication of Food Industry Research*, 22(3), 271-285. (in Farsi)

25. Valero, D., Valverde, J.M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. & Serrano, M. (2006). The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety andfunctional properties of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 317-327.
26. Valverde, J.M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M. & Valero, D. (2005). Improvement of table grapes quality and safety by the combination of modified atmosphere packaging (MAP) and eugenol, menthol, or thymol. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *53*(19), 7458-7464.
27. Wang, S. Y. & Gao, H. (2013). Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria* × *aranassa* Duch.). *LWT-Food Science and Technology*, 52, 71-79.
28. Xu, W.T., Peng, X., Luo, Y., Wang, J., Guo, X. & Huang, K. (2009). Physiological and biochemical responses of grapefruit seed extract dip on ‘Redglobe’ grape. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 471-476.

Eeffect of thymol and menthol essential oils combined with packaging with celofan on the maintenance of postharvest quality of strawberry cv. Parus

Fatemeh Norouzi Faz[1*], Seyed Hossein Mirdehghan[2], Hamidreza Karimi[3] and Hossein Alaei[4]
1, 2, 3, 4. M.Sc. Student, Associate Professors and Assisitant Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
(Received: Feb. 23, 2014 - Accepted: Nov. 10, 2014)

ABSTRACT

Strawberry has a short shelf life and since it is consumed as fresh, the use of healthy and natural methods to increase its postharvest life is necessary. In this study, effect of different levels of thymol and menthol essential oils (0 (distillated water, control), 5, 10 and 15 µl) in the packaging with celofan as fumigation on postharvest maintenance quality of strawberries was studied. Qualitative characteristic of strawberries was evaluated after 0, 10 and 17 days storage at 2±1°C and 90±5 % RH. Essential oils treatment led to maintain fruit firmness, increment of chroma value and brightness and reduced color changes and weight loss compared to control. This treatment had no significant effect on total acidity, soluble solids content and vitamin C, but these values decreased over storage. Anthocyanin content and antioxidant activity increased during storage initially and then decreased. Menthol at 5 µl led to significant increase of phenolic compounds compared to control. Thymol essential oil changed the odor of fruits slightly. Regarding lack of adverse effect of menthol on flavor compared to thymol and its positive effect on the qualitative postharvest parameters, it can be used as an active agent in strawberry packaging.

Keywords: antioxidant activity, essential oil, firmness, phenolic compounds.

* Corresponding author E-mail: F.norozi14@yahoo.com Tel: +98 915 8980105