مقاله پژوهشی

اثر نانوامولسیون کیتوزان و اسانس رازیانه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فیتوشیمیایی میوه توت سیاه (*Morus nigra* L.)

وحید پرویزی[۱]، حبیب شیرزاد[۲]*، ابوالفضل علیرضالو[۳] و شیرین رحمن‌زاده ایشکه[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۲۴- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳)

چکیده

استفاده از پوشش‌های خوراکی در افزایش انبارمانی و حفظ کیفیت محصولات باغبانی به عنوان ایده‌ای جدید در کشاورزی نوین مطرح می‌باشد. میوه‌های توت سیاه برداشت شده، با نانوامولسیون کیتوزان در غلظت‌های ۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسانس رازیانه در غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر مورد تیمار قرارگرفت و به سردخانه‌ای با دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۸۵ درصد انتقال یافت. در این تحقیق شاخص‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای آنتوسیانین کل، فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز، pH، مواد جامد محلول و اسیدهای قابل تیتراسیون در روزهای سوم، ششم و نهم پس از انبارداری و با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در میوه‌های تیمار شده بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار ترکیبی ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان در روز سوم بود. بیشترین تأثیر در فعالیت آنزیم PAL مربوط به تیمار ترکیبی ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس رازیانه و۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان در روز نهم بود و همچنین در اکثر تیمارها (به جز در نمونه‌های مربوط به شاهد) در روزهای مختلف نگهداری از روندی صعودی برخوردار بود. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه مربوط به تیمار ترکیبی ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان در روز نهم مشاهده شد. نتایج این پژوهش بیانگر افزایش عمر انبارداری و حفظ ویژگی‌های کیفی و کمی در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های بدون پوشش در طول دوره انبارداری بود.

کلمات کلیدی: آنزیم PAL، ترکیبات فنلی، توت سیاه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

۱- دانش آموخته کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۴- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

* پست الکترونیک: h.shirzad@urmia.ac.ir

مقدمه

توت سیاه با نام علمی *Moras nigra* L. و از خانواده Moraceae می‌باشد که بومی شرق آسیا و در هند، پاکستان و ایران گسترده شده است (قهرمان، ۱۳۷۳). توت سیاه به وسیله ترکیبات (آنتوسیانین)، برخی املاح (سدیم، پتاسیم، کلسیم، سلنیم، روی و فسفر)، ویتامین‌ها (ویتامین A، گروه B، C و E)، اسیدهای فنولیک (گالیک، پاراکوماریک، کافئیک و فرولیک) و پلیمرهای فنولیک (الاژیک اسید) شناخته می‌شود (حسن و یوسف، ۲۰۰۹). توت سیاه محتوی فلاونوئید آنتوسیانین بالایی بوده و این فلاونوئید جایگاه مخصوصی در محتوی پلی‌فنولیک توت سیاه دارد (حسن و یوسف، ۲۰۰۹؛ سژدک[1] و همکاران، ۲۰۰۸).

یکی از روش‌های مهم در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی و به‌ویژه محصولات باغبانی کاربرد پوشش‌دهنده‌های خوراکی در سطح محصول است. پوشش خوراکی منابع تجدید شونده شامل لیپیدها، پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها هستند که وظیفه بازدارندگی در برابر عبور بخار آب، گازها و دیگر مواد را دارند و نیز می‌توان بسیاری از ترکیبات مورد استفاده در فنّاوری پس از برداشت همچون عوامل ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها، رنگ‌ها و افزودنی‌های مجاز خوراکی را به آن‌ها اضافه نمود. به‌طوری که کیفیت محصولات غذایی تازه و فرآوری شده را حفظ و ماندگاری مواد غذایی را افزایش می‌دهند (آریولا[2] و همکاران، ۲۰۱۳). کیتوزان با وزن ملکولی کم یکی از انواع پوشش‌های خوراکی بر پایه پلیمرهای طبیعی کیتین است. کیتوزان دارای خواص میکروب‌کشی، آفت‌کشی، قارچ‌کشی، باکتری‌کشی و ویروس کشی طبیعی است که استفاده از سموم شیمیایی در محصولات کشاورزی را کاهش داده و موجب افزایش سلامت غذایی محصول می‌شود. کیتوزان به دلیل خاصیت نیمه تراوایی خود نفوذپذیری نسبی به بخار آب داشته و مانع خوبی برای اکسیژن می‌باشد و از این طریق اتمسفر درونی محصول را تغییر داده و باعث افزایش ماندگاری محصول می‌شود (کوفیجی[3] و همکاران، ۲۰۰۵؛ مارگریت[4]، ۲۰۰۶).

اسانس‌های گیاهی ترکیبات پیچیده و فعالی هستند که به‌عنوان متابولیت ثانویه در گیاهان تولید شده و توسط عطر قوی خود شناسایی می‌شوند (فوجیتا و کوبو[5]، ۲۰۰۴). استفاده بالقوه از اسانس‌ها، به‌عنوان ضدمیکروب‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در گوشت، ماهی، میوه، سبزی‌ها و فرآورده‌های لبنی گزارش شده است (سانچز-گونزالز[6] و همکاران، ۲۰۱۱). رازیانه (*Foeniculum vulgare*) گیاهی است دارویی که متعلق به خانواده آپیاسه می‌باشد (دیاز ماروتو[7] و همکاران، ۲۰۰۶). اسانس رازیانه متشکل از سی نوع ترکیب ترپنوئیدی می‌باشد که مهمترین این ترکیبات عبارتند از آنتول، فنکون و استراگول (دامجانوویچ[8] و همکاران، ۲۰۰۵؛ گل‌فراز[9] و همکاران، ۲۰۰۸).

تحقیقات نشان می‌دهد که اسپری‌کردن محلول حاوی کیتوزان بر روی میوه‌ها و گل‌ها موجب افزایش زمان نگهداری و پیشگیری از فساد زود هنگام محصول می‌شود (مزرعلی[10] و مزرعلی، ۲۰۰۵). پوشش نانوامولسیون حاوی کیتوزان باعث افزایش ماندگاری به میزان ۲/۵ برابر و بهبود ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی شد (عشقی و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی کیتوزان در ترکیب با عصاره پونه کوهی، آویشن و همچنین عصاره لیمو مورد استفاده قرار گرفت که با این پوشش‌ها ماندگاری توت‌فرنگی تا ۱۴ روز افزایش یافت (وو[11] و همکاران، ۲۰۱۱). در پژوهشی دیگر از ترکیب کیتوزان و اسانس لیمو برای پوشش میوه توت‌فرنگی استفاده شد که باعث افزایش ماندگاری میوه به مدت چهارده روز در انبار با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد شد.

فناوری نانو در پوشش‌های خوراکی و بسته‌بندی‌ها می‌تواند با کاهش اندازه ذرات و کوچکتر کردن منافذ پوشش‌ها باعث افزایش کارایی آن‌ها در مقایسه با پوشش‌های خوراکی معمولی شود. پوشش‌دهی میوه توت‌فرنگی با نانوامولسیون حاوی کیتوزان می‌تواند به‌عنوان روشی ایمن و کارا در افزایش نگهداری میوه توت‌فرنگی در انبار و حفظ بهتر

1. Szajdek
2. Arriola
3. Kofuji
4. Marguerite
5. Fujita and Kubo
6. Sánchez-González
7. Diaaz-Maroto
8. Damjanovic
9. Gulfraz
10. Muzzarelli
11. Vu

کیفیت میوه باشد (پردنز[1] و همکاران، ۲۰۱۲). علیرضالو و همکاران (۱۳۹۷) گزارش دادند که پوشش کیتوسان حاوی عصاره چای سبز به عنوان ترکیب فعال باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ظاهری میوه توت‌فرنگی رقم سلوا شد. در یک آزمایش اثر نانوبیوکامپوزیت یک درصد و اسانس آویشن و میخک یک درصد بر افزایش ماندگاری پس از برداشت و حفظ کیفیت گیلاس رقم تک‌دانه مشهد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نانوبیوپلیمر و اسانس آویشن بر اثر حفظ آب‌میوه، درصد کاهش وزن میوه را بهتر کنترل نمود و موجب تثبیت بهتر مواد جامد محلول و قند کل نسبت به شاهد در مرحله انبارداری گردید (نبی‌فرخانی، ۱۳۹۲).

در پژوهش دیگری کاربرد اسانس آویشن در فاز بخار در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده، فعالیت آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمونیالیاز، کیتیناز، بتا ۱ و ۳ گلوکوناز، پراکسیداز، (آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی) کاتالاز و سوپر اکسیداز دیسموتاز و همچنین فنل کل را افزایش داد (بیل[2] و همکاران، ۲۰۱۴).

با توجه به ویژگی‌های مطلوب و خواص ضدمیکروبی و آنتی اکسیدانی کیتوزان و اسانس رازیانه، پژوهش حاضر جهت بررسی اثرات این ترکیبات روی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، بیوشیمیایی و ماندگاری میوه توت سیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه میوه‌ها

میوه‌های توت سیاه مورد آزمایش در این تحقیق از شهرستان نقده (سولدوز) در مرداد ماه تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. میوه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه انتقال یافتند. شاخص‌های مربوط به نمونه‌های شاهد در روز برداشت (صفر) اندازه‌گیری و اعمال تیمارها در همان روز برداشت انجام گرفت.

تهیه اسانس رازیانه و نانوامولسیون کیتوزان

استخراج اسانس به روش تقطیر با آب[3] و توسط دستگاه کلونجر[4] در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی انجام گرفت. نانوامولسیون کیتوزان از شرکت دانش بنیان نانونوین پلیمر واقع در شهر ساری خریداری شد.

اعمال تیمارها

در این تحقیق اسانس رازیانه در غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر مورد استفاده قرار گرفت. برای اعمال تیمار مربوط به اسانس، ۶۰ گرم از میوه‌ها به مدت سه دقیقه در داخل ظرف حاوی امولسیون اسانس، آب مقطر و چند قطره توئین ۸۰ برای امولسیون اسانس با غلظت‌های مختلف و مشخص غوطه‌ور شدند. برای اعمال تیمار نانو-امولسیون کیتوزان، غلظت‌های ۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شده و میوه‌ها در داخل ظروف حاوی نانو-امولسیون کیتوزان به مدت سه دقیقه غوطه‌ور شده و بعد از آن به مدت ۵ دقیقه روی دستمال کاغذی ضخیم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا محلول حاوی نانوامولسون کیتوزان اضافی روی میوه گرفته شود، برای تیمار تلفیقی نیز ابتدا میوه‌ها در محلول نانوامولسیون کیتوزان و سپس در محلول اسانس غوطه‌ور شدند، سپس میوه‌ها در داخل ظروف یکبار مصرف پلاستیکی قرارگرفته و به مدت ۹ روز به سردخانه‌ای با دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۸۵ درصد انتقال یافتند. نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر در مراحل مختلف آزمایش (روزهای صفر، ۳، ۶ و ۹) انجام گرفت.

شاخص‌های مورد ارزیابی

اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین کل (TAC)

برای اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین کل از روش اختلاف pH استفاده شد. برای این منظور ابتدا دو بافر با pHهای ۱ و ۴/۵ تهیه شده سپس ۲/۵ میلی‌لیتر از بافر ۱ در لوله آزمایش ریخته بعد از آن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به محلول حاصل اضافه کرده و جذب را در دو طول موج ۷۰۰ nm و ۵۳۰ قرائت شد، سپس ۲/۵ میلی‌لیتر از بافر ۲ (pH= ۴/۵) را در لوله آزمایش ریخته و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به آن اضافه کرده و جذب آن نیز در دو طول موج ۷۰۰ و ۵۳۰ قرائت شد (چونگ[5] و همکاران، ۲۰۰۲). در نهایت با استفاده از فرمول زیر برای محاسبه جذب کل هر یک از عصاره‌ها

1. Perdones
2. Bill
3. Hydrodistillation
4. Clevenger apparatus
5. Chung

استفاده شد (جیوستی و ولستاد[1]، ۲۰۰۱).

$$A = (A_{530} - A_{700})\ pH = 1 - (A_{530} - A_{700})\ pH = 4.5$$

محتوای آنتوسیانین کل بر اساس میلی‌گرم سیانیدین ۳-گلوکوزید در میلی‌لیتر عصاره و طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$TAC = \frac{A*MW*V*DF*100}{\varepsilon*100}$$

A = جذب، MW = وزن ملکولی، DF = فاکتور رقت و ε = جذب مولی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

برای ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش DPPH استفاده شد. برای این کار ۰/۰۰۸۸ میکرولیتر از محلول DPPH را (که از قبل آماده شده بود) در داخل لوله‌های آزمایش استریل ریخته شد و سپس مقدار ۱۰ سی‌سی عصاره میوه هر یک از نمونه‌ها به آن اضافه شده و محلول حاصل در دمای اتاق و در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده شد. جذب محلول حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت گردید. جهت تهیه شاهد (بلنک) نیز به روش فوق عمل شد ولی به جای عصاره، متانول ۸۰ درصد استفاده شده و طبق رابطه ۳ محاسبه گردید (چیو[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

$$RSA = \frac{(\text{Abs control})t = 30\ \text{min} - (\text{Abs sample})t = 30\ \text{min}}{(\text{Abs control})t = 30\text{min}} \times 100$$

سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL)

برای سنجش فعالیت آنزیم PAL از روش (کارتیکیان[3]، ۲۰۰۶) با کمی تغییر استفاده شد. ۰/۵گرم از بافت تازه میوه با استفاده از ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استخراج (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی‌وینیل پیرولیدون و ۱/۴ میلی‌مولار مرکاپتو اتانول) با pH=۷ کوبیده شد سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. پس از اتمام سانتریفیوژ از عصاره رویی برای سنجش آنزیم استفاده شد. محتوی نمونه برای سنجش آنزیم حاوی ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۱ میلی‌لیتر بافر سنجش(بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی‌وینیل پیرولیدون ۱/۴ میلی‌مولار مرکاپتواتانول) ۸/۸ pH و ۱ میلی لیتر L-فنیل‌آلانین ۱۲ میلی‌مولار بود که به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن‌ماری) با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و جذب در طول موج ۲۹۰nm با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. محاسبه فعالیت آنزیم PAL با استفاده از قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی ۹۶۳۰l.cm-μ و بر حسب نانومول بر گرم وزن تر انجام گردید.

اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون (TA)

برای اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون از روش تیتراسیون استفاده شد. ابتدا ۲ میلی‌لیتر از عصاره میوه در داخل ارلن مایر ریخته شد و روی آن ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و سپس با قرار دادن الکترود pH متر دیجیتالی مدل (pH-Meter CG 824) ساخت آلمان، عمل تیتراسیون توسط هیدروکسیدسدیم (NaOH) ۰/۱ نرمال (۴ گرم در لیتر) تا pH= ۸/۲ صورت گرفت (ایالازاوالا[4]، ۲۰۰۷).

مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بر حسب معادل اسید ایزوسیتریک محاسبه شد:

$$TA = \frac{S.N.F.E}{C} \times 100$$

اندازه‌گیری مواد جامد قابل حل کل (TSS)

برای اندازه‌گیری مواد جامد قابل حل کل، از رفراکتومتر دستی مدل ATAGO استفاده شد (ایالازاوالا، ۲۰۰۷).

اندازه‌گیری pH آب میوه

با استفاده از دستگاه pHمتر دیجیتالی (pH-Meter CG824) pH آب میوه اندازه‌گیری شد. ابتدا دستگاه با محلول‌های بافری چهار و هفت کالیبره شد. سپس ۱۰ تا ۳۰ میلی‌لیتر از آب میوه را در بشر ریخته و پس از قرار دادن الکترودهای pH متر در محلول، pH مورد نظر قرائت شد (جلیلی‌مرندی، ۱۳۹۱).

تجزیه و تحلیل آماری

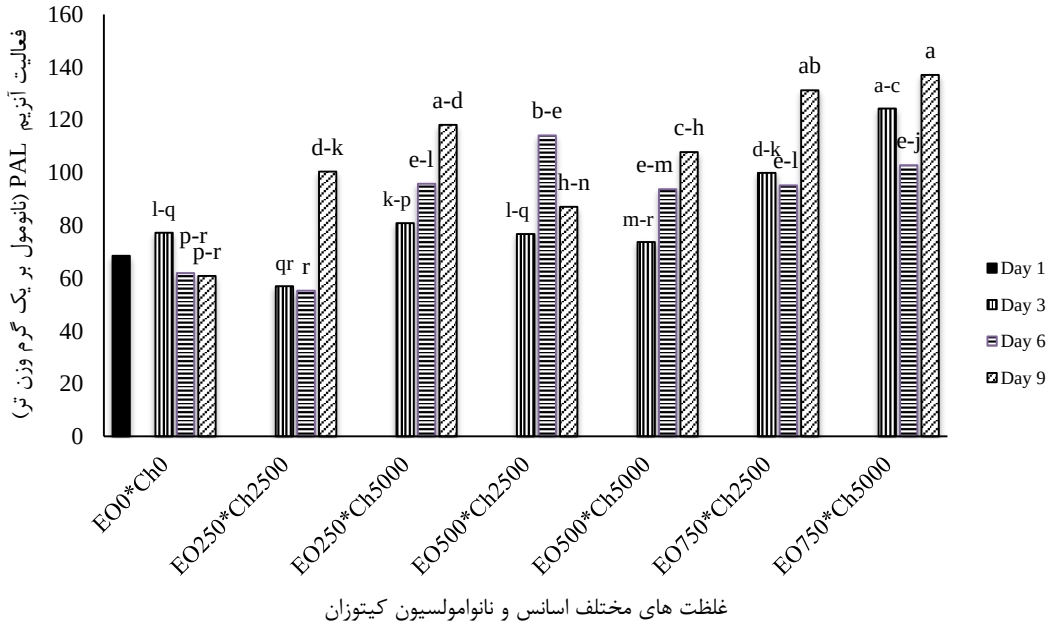
در این آزمایش تیمارهای مختلف نانوکیتوزان در ۳ سطح، اسانس رازیانه در ۴ سطح، ارزیابی در ۳ زمان و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز شدند. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

1. Giusti and Wrolstad
2. Chiou
3. karthikeyan
4. Ayala-zavala

نتایج و بحث

فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL)

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تأثیر تمامی فاکتورها در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم PAL معنی‌دار است. نمودار ۱ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه و نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان فعالیت آنزیم PAL میوه است که مطابق آن بیشترین تأثیر مربوط به تیمار ترکیبی ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس رازیانه و۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان روز نهم بود و کمترین مقدار هم مربوط به روز ششم با تیمار ترکیبی ۲۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان بود. همچنین در اکثر تیمارها (به جز در نمونه‌های مربوط به شاهد) در روزهای مختلف نگهداری از روندی صعودی برخوردار بود.



نمودار ۱ – مقایسه میانگین اثر متقابل اسانس رازیانه، نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان فعالیت آنزیم PAL میوه توت سیاه.

EO0، EO250، EO500 و EO750 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس رازیانه و Ch0، Ch2500 و Ch5000 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوامولوسیون کیتوزان می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

گزارش شده است آنزیم PAL در بیوسنتز ترکیبات فنلی میوه‌ها نقش کلیدی داشته، در مراحل نخستین رشد باعث تجمع این ترکیبات در این اندام می‌شود. فعالیت این آنزیم در پوست میوه بیش ازسایر قسمت‌های داخلی میوه گزارش شده است (مونترو[1]، ۲۰۱۱). گزارش شده است فعالیت آنزیم PAL همبستگی مثبتی با ساخت آنتوسیانین در میوه‌های پرتقال‌های خونی دارد (نجومبولوا[2] و همکاران، ۲۰۱۳). محققان گزارش کرده‌اند که تیمار اسانس به لیمو و نانوامولسیون کیتوزان به طور معنی‌داری میزان فعالیت آنزیم PAL را در میوه تمشک با گذشت زمان افزایش دادند (رحمن‌زاده[3] و همکاران، ۲۰۱۹) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. در مطالعات دیگر تأثیر تیمار اسانس‌های گیاهی روی فعالیت آنزیم PAL نشان داد که اسانس‌های گیاهی تأثیر معنی‌داری روی فعالیت این آنزیم دارند. در پژوهش شائو[4] و همکاران (۲۰۱۳) مشخص شد که تیمار اسانس درخت چای (Tea tree oil) روی توت فرنگی میزان فعالیت آنزیم PAL را افزایش داده که این افزایش تا ۵۰ درصد نسبت به نمونه شاهد بوده است.

1. Montero-Prado
2. Njombolwana
3. Rahmanzadeh
4 .Shao

مقدار آنتوسیانین کل

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد تمامی تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر میزان آنتوسیانین کل معنی‌دار است. نمودار ۲ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه و نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر آنتوسیانین کل میوه است که مطابق آن بیشترین تأثیر مربوط به تیمار ترکیبی ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان روز سوم بود و کمترین مقدار مربوط به تیمار ترکیبی ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان در روز سوم بود.

تحت شرایط انبارداری ممکن است تغییراتی در مقدار آنتوسیانین‌ها ایجاد شود (سرانو[1]و همکاران، ۲۰۰۵؛ صفا عین‌الدین و حاجی‌لو[2]، ۲۰۱۶). بالا رفتن میزان آنتوسیانین در طول دوره انبارداری را می‌توان به بالا رفتن ترکیبات فنلی و فعال شدن آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز ربط داد و افزایش میزان آنتوسیانین همبستگی بالایی با افزایش میزان مواد جامد محلول میوه در طی انبارداری دارد. آنتوسیانین‌ها بسیار ناپایدار بوده و به راحتی مستعد تخریب، می‌باشند. دما، pH، اکسیژن، قندها، یون‌های فلزی و کوپیگمانت‌ها عوامل مهمی هستند که پایداری آنتوسیانین‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (لوکوکو[3] و همکاران، ۱۹۹۴). مشخص شده است که قندها پایداری آنتوسیانین‌ها را کاهش می‌دهند (مززا[4] و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش اولیه آنتوسیانین در این مطالعه احتمالاً به دلیل رسیدگی میوه، افزایش قند میوه و همچنین فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز طی نگهداری بوده است، ولی پس از آن، افت شدیدی در میزان این شاخص مشاهده شد که می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز باشد (کائو[5] و همکاران، ۲۰۱۰). هر چند تغییرات آنتوسیانین به رقم میوه مورد نظر و همچنین ترکیب شاخص مورد بررسی نیز بستگی دارد (هرناندز-مونوز[6]، ۲۰۰۸).

1. Serrano
2. Safa Eynalladin and Hajilou
3. Lo Coco
4. Mazza
5. Cao
6. Hernandez-Munoz

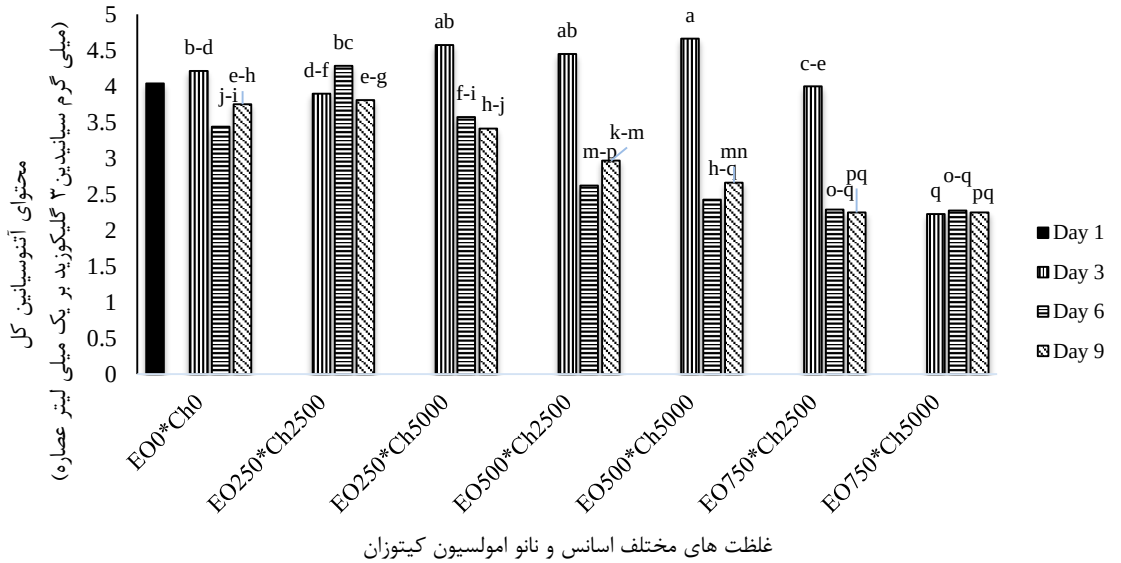
اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان می‌دهد که تأثیر تمامی فاکتورها در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار است. نمودار ۳ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه و نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر محتوای آنتی‌اکسیدانی کل میوه است که بیشترین تأثیر در نمونه مربوط به روز نهم و در تیمار ترکیبی ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان بود و کمترین تأثیر مربوط به نمونه شاهد در روز سوم بود.

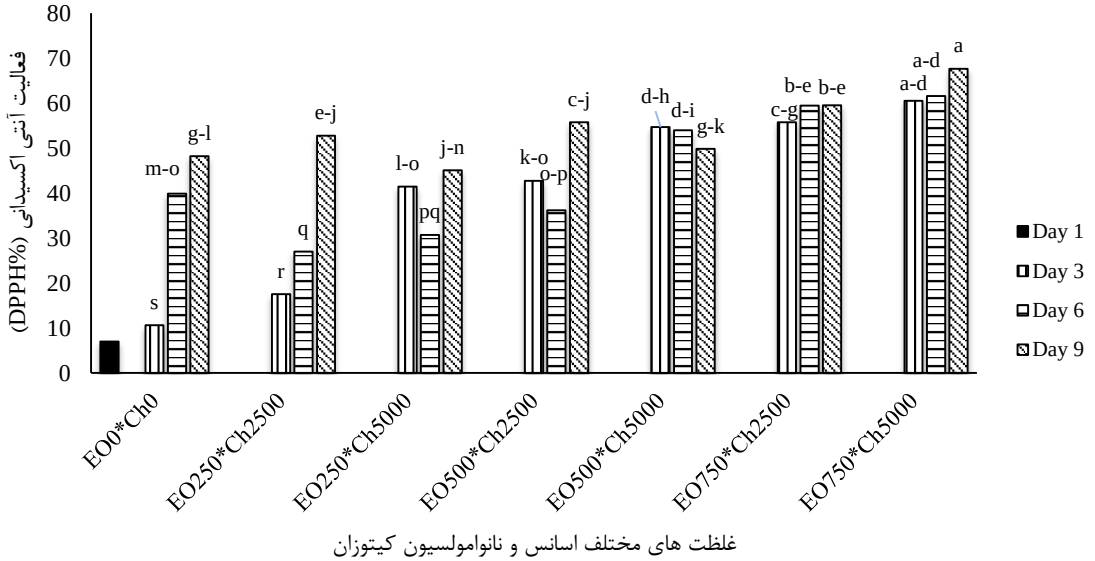
مطالعات قبلی نشان داده‌اند که بری‌ها یک منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند (کاهکونن[7] و همکاران، ۲۰۰۱). این آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی گیاهی تولید ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها را تحریک می‌کنند (حسن‌پور[8] و همکاران، ۲۰۱۱). وانگ[9] و همکاران نیز در سال ۲۰۰۰ عنوان کردند که ارتباط مثبتی بین ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. از سوی دیگر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها می‌تواند به وسیله فاکتورهایی از جمله شرایط محیطی تحت تأثیر قرار بگیرد (عین‌الدین و حاجی‌لو، ۲۰۱۶). سیستم آنتی‌اکسیدانی به وسیله سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن، میوه‌ها را از ناهنجاری‌ها محافظت کرده و در حقیقت باعث افزایش کیفیت تغذیه‌ای و ظاهری میوه‌ها می‌شود (سیاری[10] و همکاران، ۲۰۱۱).

در پژوهشی که سیاری و غریبی (۱۳۹۴) روی کیفیت میوه توت فرنگی نگهداری شده در انبار انجام دادند، نشان دادند که استفاده از تیمار اسانس اسطوخودوس سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شده و این افزایش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. با افزایش دوره انبارمانی فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه توت سیاه افزایش یافت، این نتایج با یافته‌های سیاری و همکاران (۱۳۹۴) که گزارش کردند آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب میوه انار در طول دوره انبارداری روند افزایشی داشتند، مطابقت داشت (سیاری و همکاران، ۲۰۱۱).

7. Kahkonen
8. Hassanpour
9. Wang
10. Sayyari



نمودار ۲ – مقایسه میانگین اثر متقابل اسانس رازیانه، نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان محتوای آنتوسیانین کل میوه توت سیاه. EO0، EO250، EO500 و EO750 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس رازیانه و Ch0، Ch2500 و Ch5000 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوامولوسیون کیتوزان می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.



نمودار۳– مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه، نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان محتوای آنتی‌اکسیدانی کل میوه توت سیاه. EO0، EO250، EO500 و EO750 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس رازیانه و Ch0، Ch2500 و Ch5000 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوامولوسیون کیتوزان می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

نتایج آزمایشات رستم‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) مبین این بود که استفاده از تیمار کیتوزان به عنوان پوشش خوراکی در سیب رقم سلطانی نگهداری شده در انبار، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش داده که با نتایج مطالعه حاضر نیز مطابقت داشت. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد ارتباط مثبتی بین ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین بیشترین ظرفیت

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای پس از برداشت اسانس رازیانه، نانوامولسیون کیتوزان، زمان نگهداری و اثر متقابل آن‌ها بر صفات اندازه گیری شده میوه توت سیاه (*Morus nigra* L.) در طول دوره نگهداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		فعالیت آنزیم PAL	محتوای آنتوسیانین کل	ظرفیت آنتی-اکسیدانی(DPPH%)
اسانس رازیانه	۳	۲۶۹۲/۸۲**	۳/۶۸**	۱۵۶۰/۲۷**
نانوامولسیون کیتوزان	۲	۷۰۵۸/۷۴ **	۱/۵۳**	۲۵۲/۷۲**
زمان نگهداری	۲	۳۵۹۹/۹۰**	۴/۲۶**	۱۶۹۵/۸۰**
اسانس× نانوامولسیون کیتوزان	۶	۱۲۸۷/۷۴**	۲/۴۱**	۶۹۱/۵۵**
اسانس × زمان نگهداری	۶	۷۹۷/۷۶**	۱/۲۵**	۲۱۱/۳۳**
نانوامولسیون کیتوزان× زمان نگهداری	۴	۶۳۱/۰۶**	۲/۲۳**	۲۶۱/۲۳**
اسانس × نانوامولسیون کیتوزان × زمان نگهداری	۱۲	۶۵۰/۱۹**	۰/۷۶**	۲۶۷/۴۵**
اشتباه آزمایشی	۷۲	۶۸/۵۵	۰/۰۲	۹/۵۴
ضریب تغییرات		۹/۰۵	۴/۹۴	۶/۳۱

** ، * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری درسطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

آنتی‌اکسیدانی می‌تواند با بیشترین ترکیبات فنلی همراه باشد.

میزان اسید قابل تیتراسیون (TA)

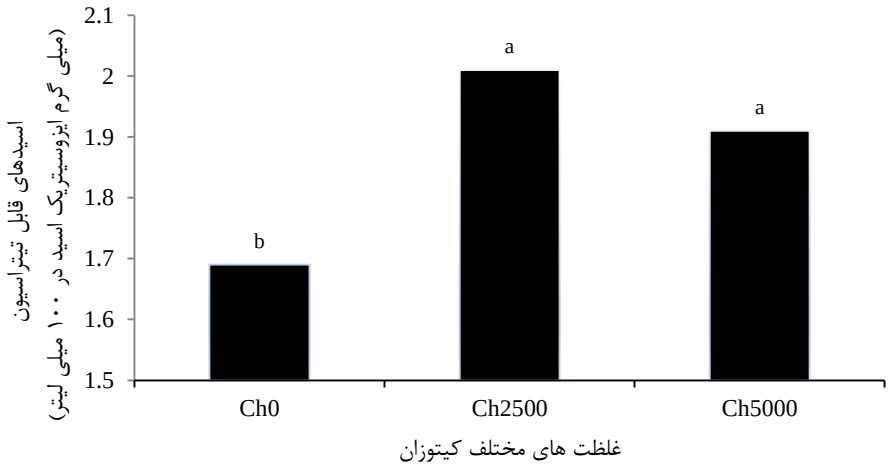
نتایج جدول تجزیه واریانس ۲ نشان می‌دهدکه اثرات ساده اسانس، نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون دارند. اثرات متقابل اسانس و کیتوزان، اسانس و زمان نگهداری، نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده و اثرات سه جانبه اسانس و کیتوزان و زمان نگهداری تفاوت معنی داری را نشان ندادند.

نمودار ۴ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر ساده نانوامولسیون کیتوزان بر میزان اسید قابل تیتراسیون میوه است که مطابق آن بالاترین مقدار اسیدهای آلی در غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولوسیون کیتوزان. همچنین از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۵۰۰۰ و۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان دیده نمی‌شود.

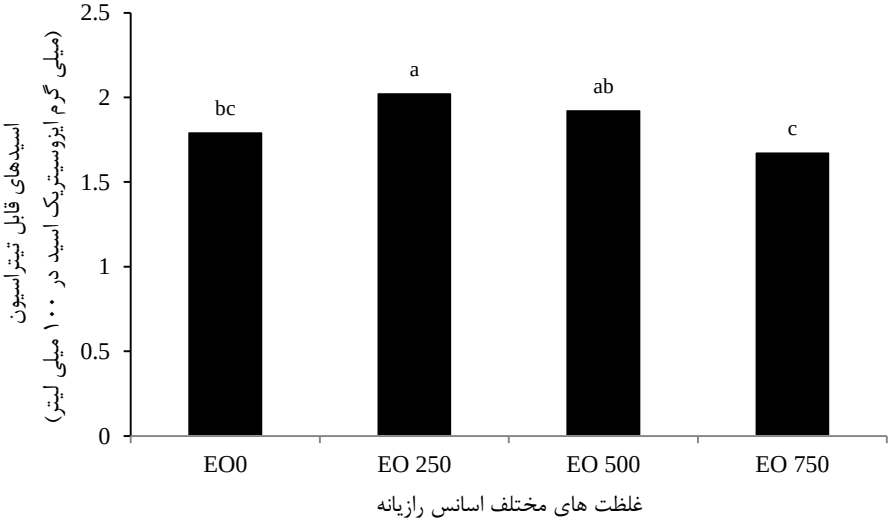
اسیدهای آلی به عنوان یک ذخیره انرژی میوه می‌باشند. اسیدهای آلی میوه، مواد اولیه تنفس هستند. در آزمایش تأثیر کیتوزان ۰/۵ و ۱ درصد) در انگور رقم شاهرودی نیز میزان اسیدهای آلی تیمارشده با کیتوزان در مقایسه با انگورهای تیمار نشده بالاتر بود (شیری[1] و همکاران، ۲۰۱۳). تیمارهای کیتوزان در میوه‌های هلو، گوجه فرنگی و توت فرنگی اثر معنی‌داری در افزایش اسیدهای آلی میوه‌ها نشان دادند در حالیکه در انبه، اسیدهای آلی را به میزان جزئی کاهش دادند که این کاهش با کم شدن کیفیت خوراکی در ارتباط است (هان[2] و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج پژوهش فینی دخت و همکاران در سال ۱۳۹۱ نشان داد که تیمار کیتوزان ۰/۵ درصد باعث تثبیت اسیدهای آلی میوه گیلاس شد.

نمودار۵ نشان دهنده مقایسه میانگین اثر ساده اسانس رازیانه بر میزان اسید قابل تیتراسیون میوه است که مطابق آن بیشترین تأثیر در میوه‌های تیمار شده با اسانس رازیانه۲۵۰ میکرولیتر بر لیتر می‌باشد و کمترین تأثیر مربوط

1. Shiri
2. Han



نمودار۴- مقایسه میانگین اثرساده نانوامولسیون کیتوزان بر میزان اسید قابل تیتراسیون میوه توت سیاه. Ch0، Ch2500 و Ch5000 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوامولوسیون کیتوزان می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.



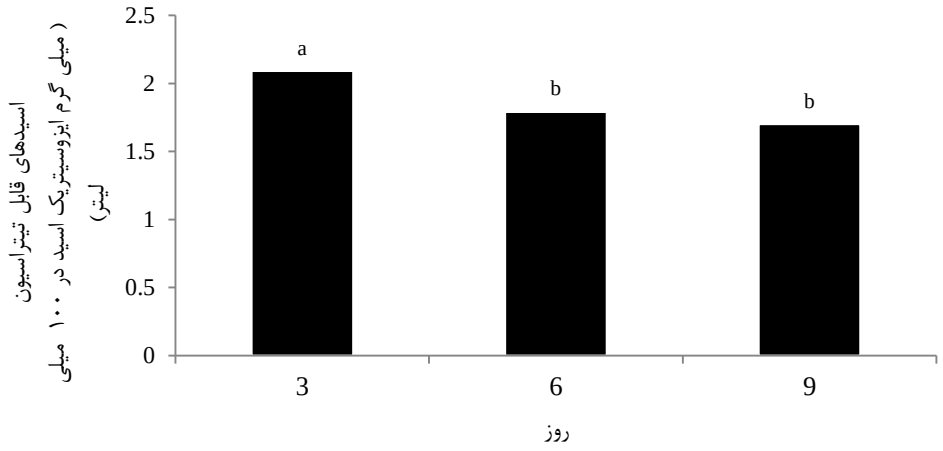
نمودار ۵- مقایسه میانگین اثر ساده اسانس رازیانه بر میزان اسید قابل تیتراسیون میوه توت سیاه. EO0، EO250، EO500 و EO750 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس رازیانه می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

به غلظت صفر میکرولیتر بر لیتر اسانس بود.

اسانس‌ها از طریق کاهش فرآیندهای اکسیداسیونی نظیر تنفس، مصرف اسیدهای آلی در محصولات را کاهش می‌دهند (گیلین[1] و همکاران، ۲۰۰۷) . همچنین اسانس‌ها افزایش متابولیسم منجر به تولید اتیلن، رسیدگی و پیری میوه‌ها را در طی انبارداری و نیز پس از انبار طولانی مدت به تأخیر می‌اندازند (المونر[2] و همکاران، ۲۰۰۷). جلیلی‌مرندی و همکاران در سال ۲۰۱۱ گزارش کردند تیمار انگورهای رومیزی با اسانس آویشن و اسانس زیره اثری بر اسید قابل تیتراسیون نداشتند. اما وصال‌طلب و همکاران در سال ۱۳۹۱

1. Guilin

2. Almoner



نمودار۶ – مقایسه میانگین اثرساده زمان نگهداری بر میزان اسید قابل تیتراسیون میوه توت سیاه. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

گزارش کردند تیمار پس از برداشت انگورها با اسانس میخک مقدار اسید قابل تیتراسیون را به تدریج کاهش داد (زندی[1] و همکاران، ۲۰۱۳)

نمودار۶ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر ساده زمان نگهداری بر میزان اسید قابل تیتراسیون میوه است که مطابق آن با گذشت زمان انبارداری، مقدار اسیدهای قابل تیتراسیون به طور معنی‌داری کاهش یافت که دلیل آن مصرف اسیدهای آلی در فعالیت‌های متابولیسمی میوه می‌باشد.

مواد جامد محلول(TSS)

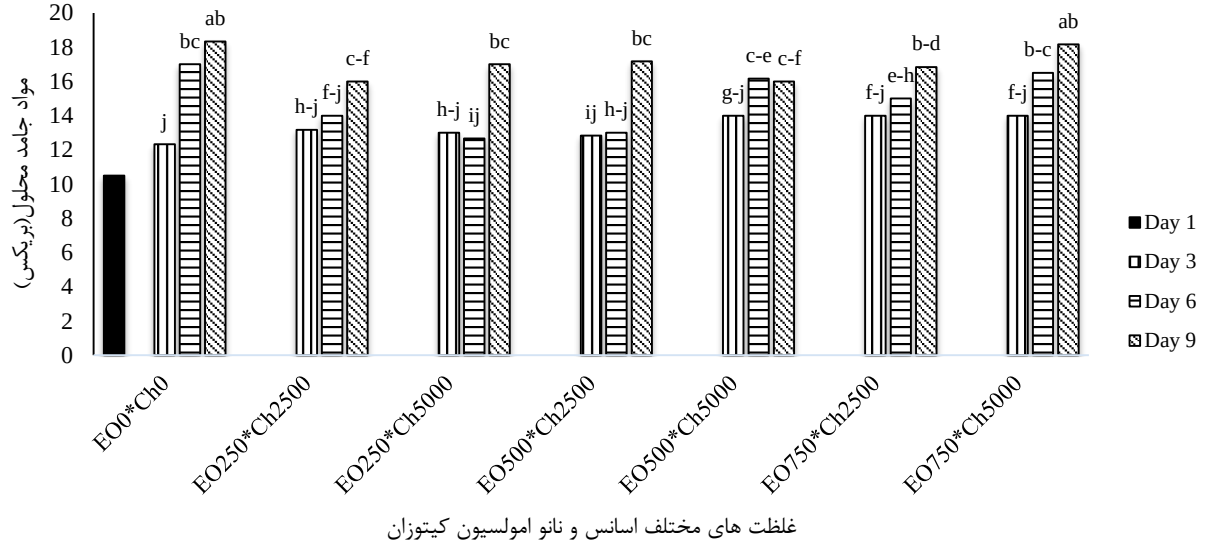
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که تمامی فاکتورها در سطح احتمال یک درصد بر میزان مواد جامد محلول معنی‌دار است. نمودار ۷ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه و نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان مواد جامد محلول میوه است که مطابق آن بیشترین و کمترین مقدار مواد جامد محلول به ترتیب در روزهای نهم و سوم در غلظت‌های صفر نانوامولسیون کیتوزان و صفر اسانس رازیانه مشاهده شد.

گزارش شده است که تغییرات مواد جامد محلول در میوه ها به عوامل متعددی مانند میزان قند میوه، اسیدیته و پکتین-های محلول در میوه بستگی دارد. تغییرات مواد جامد محلول به دلیل تنفس سلولی و تبدیل دی‌ساکاریدها به مونوساکارید می‌تواند روندی افزایشی داشته باشد ولی با گذشت زمان و مصرف مونوساکاریدها در اثر تنفس، روند افزایش نسبت به روزهای قبل ملایم‌تر می‌شود. بر اساس گزارش محققان، تأثیر کیتوسان بر میزان مواد جامد قابل حل در میوه‌های مختلف متفاوت است.

مشخص شده است که پوشش‌های کیتوسان، به دلیل ایجاد یک لایه نیمه تراوا در اطراف میوه و نیز ایجاد یک اتمسفر کنترل شده داخلی موجب کاهش تنفس وکاهش تولید اتیلن و نیز جلوگیری از اثر اتیلن و افزایش عمرانباری میوه‌ها شده و در نتیجه از مصرف و کاهش مواد جامد قابل حل جلوگیری می‌نمایند (عبداللهی[2] و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس مطالعات برخی محققین گزارش گردیده که انبارداری به مدت ۷ و ۱۴ روز سبب افزایش مواد جامد محلول توت‌فرنگی رقم سلوا شده است (دلیری[3]، ۲۰۱۵). چنین نتایجی در پژوهش حاضر نیز مشخص شد و با گذشت زمان انبارداری میزان مواد جامد محلول افزایش یافت. افزایش TSS میوه ممکن است به علت فعالیت متابولیکی میوه باشد. افزون بر این، تخریب پکتین، سلولز و همی‌سلولز دیواره‌یاخته‌ای بخش‌های میوه، ممکن است منجر به آزادسازی ماده‌های محلول شود که می‌تواند بر مقدار TSS اثر مستقیم داشته باشد (دلیری، ۲۰۱۵).

1. Zandi

2. Abdolahi
3. Daliri



نمودار ۷ – مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه، نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان محتوای مواد جامد محلول میوه توت سیاه. EO0، EO250، EO500 و EO750 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس رازیانه و CH0، CH2500 و CH5000 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوامولوسیون کیتوزان می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

pH عصاره میوه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثرات ساده اسانس رازیانه و زمان نگهداری و اثر متقابل اسانس و نانوامولسیون کیتوزان در سطح احتمال ۱ درصد و اثر سه جانبه (اسانس و کیتوزان و زمان نگهداری) در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان pH عصاره میوه معنی‌دار بود. همچنین اثرات دو جانبه اسانس و زمان نگهداری، کیتوزان زمان نگهداری و اثر ساده نانوامولسیون کیتوزان معنی‌داری نشد.

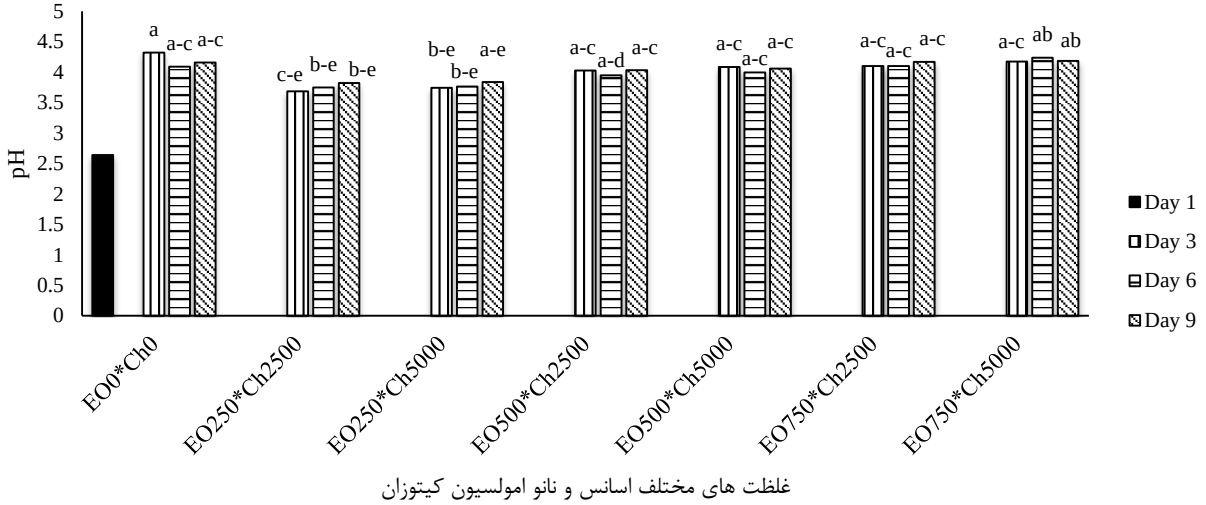
نمودار ۸ نشان‌دهنده مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه و نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان pH میوه است که بیشترین تأثیر مربوط به نمونه تیمار شده با غلظت صفر نانوامولوسیون کیتوزان و اسانس رازیانه در روز سوم بود.

پوشش‌های خوراکی یک سد با نفوذپذیری انتخابی در برابر گازهای تنفسی O_2 و CO_2 ایجاد کرده و با حفظ CO_2 در سطحی بالاتر از حالت طبیعی و کاهش O_2، یک اتمسفر تغییر یافته در اطراف محصول به وجود آورده و باعث کاهش تنفس، تولید و اثر اتیلن و درنتیجه کاهش سرعت فرآیند پیری شده و مصرف اسیدهای آلی و قندها کاهش یافته و از افزایش pH محصولات جلوگیری می‌کند (چونگ[1] و همکاران، ۲۰۱۵). اما پژوهش دیگری نشان داد که اسانس باعث افزایش pH میوه‌های توت فرنگی و گوجه فرنگی می‌شود (تورتزاکیس[2]، ۲۰۰۷). افزایش pH به علت فعالیت‌های بیوشیمیایی داخل میوه است که سبب می‌شود اسیدهای آلی میوه به ماده‌های قندی تبدیل شوند (ربیعی[3] و همکاران، ۲۰۱۱). در بررسی اسانس آویشن و اسانس اسطوخودوس در میوه سیب مشخص شده است که اسانس آویشن اثر معنی‌داری بر مقدار اسیدتیه میوه داشت (وانگ، ۲۰۱۳).

نتیجه‌گیری کلی

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی جهت بهبود خصوصیات فیتوشیمیایی و افزایش عمر پس از برداشت محصولات باغبانی به ویژه محصولات کوتاه عمر صورت گرفته است.

1. Cheung
2. Tzortzakis
3. Rabiei



نمودار۸ – مقایسه میانگین اثر متقابل بین اسانس رازیانه، نانوامولسیون کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان pH میوه توت سیاه. EO0، EO250، EO500 و EO750 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس رازیانه و CH0، CH2500 و CH5000 به ترتیب غلظت صفر، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوامولوسیون کیتوزان می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

جدول ۲ – جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای پس از برداشت اسانس رازیانه، نانوامولسیون کیتوزان، زمان نگهداری و اثر متقابل آن‌ها بر صفات اندازه‌گیری شده میوه توت سیاه در طول دوره نگهداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		اسیدیته کل (TA)	مواد جامد محلول (TSS)	pH
اسانس	۳	۰/۷۸**	۸/۳۱**	۰/۱۶**
نانوامولسیون کیتوزان	۲	۰/۹۶**	۴/۱۲**	۰/۰۶ ^{ns}
زمان نگهداری	۲	۱/۸۲**	۱۹۵/۳۹**	۰/۲۳**
اسانس× نانوامولسیون کیتوزان	۶	۰/۱۸*	۶/۸۵**	۰/۳۹**
اسانس × زمان نگهداری	۶	۰/۱۶*	۱۳/۲۸**	۰/۰۳ ^{ns}
نانوامولسیون کیتوزان× زمان نگهداری	۴	۰/۲۰*	۳/۰۵**	۰/۰۰ ^{ns}
اسانس × نانوامولسیون کیتوزان × زمان نگهداری	۱۲	۰/۰۴ ^{ns}	۸/۲۵**	۰/۰۶*
اشتباه آزمایشی	۷۲	۰/۰۶	۰/۶۳	۰/۰۳
ضریب تغییرات		۱۳/۴۲	۵/۲۴	۴/۷۰

** ، * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد ،۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

توت سیاه به دلیل فساد سریع توسط میکروارگانیسم‌ها از جمله کپک‌ها و تغییرات پس از برداشت مانند نرم شدگی و تنفس، ماندگاری مناسبی ندارد. به همین علت، پژوهش‌های فراوانی در راستای افزایش مدت ماندگاری چنین میوه‌های در حال انجام است. هدف این مطالعه افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه توت سیاه با استفاده از پوشش نانوامولسیون کیتوزان و اسانس رازیانه بود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر مشخص شد که میوه‌های تیمار شده با تیمار ترکیبی ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس رازیانه و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولوسیون کیتوزان در روز سوم بالاترین میزان آنتوسیانین را داشتند. بیشترین تاثیر تیمارها بر میزان فعالیت آنزیم PAL مربوط به تیمار ترکیبی ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس رازیانه و۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوامولسیون کیتوزان در روز نهم بود. همچنین بیشترین تأثیر بر فعالیت

آنتی‌اکسیدانی در نمونه مربوط به روز نهم و در تیمار ترکیبی ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی‌گرم برلیتر نانو امولسیون کیتوزان مشاهده شد. در مجموع نتایج این پژوهش بیانگر افزایش عمرانبارداری و حفظ ویژگی‌های کیفی و کمی در میوه‌های پوشش داده شده با نانوامولوسیون کیتوزان و اسانس رازیانه نسبت به میوه‌های بدون پوشش در طول دوره انبارداری بود.

منابع

جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۹۱. فیزیولوژی بعد از برداشت (جابجایی و نگهداری میوه، سبزی، گیاهان زینتی و گیاهان دارویی). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد آذربایجانغربی، ۵۹۴ ص.

رستم‌زاده، ب.، رامین، ع.، امینی، ف. و پیرمرادیان، م. ۱۳۹۲. اثر پوشش‌دهی با کیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت میوه سیب رقم سطانی. مجله محصولات زراعی و باغی، ۵(۱۷): ۲۷۲-۲۶۳.

سیاری، م. و غریبی، ر. ۱۳۹۴. اثر اسانس اسطوخودوس و متیل سالیسیلات بر کنترل کپک خاکستری و کیفیت میوه توت. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹(۴): ۶۷۰-۶۶۲.

عشقی، س.، هاشمی، م.، محمدی، ع.، بدیعی، ف.، محمدحسینی، ز.، احمدی‌صومعه، ک. و قناتی، ک. ۱۳۹۲. تأثیر پوشش نانوامولسیون حاوی کیتوزان بر افزایش ماندگاری و ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی پس از برداشت. فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۲ :۱۸-۲۷.

علیرضالو، ک.، توکلیان، ر.، جعفرپور، پ. ۱۳۹۷. تأثیر کاربرد پس از برداشت پوشش کیتوزان حاوی عصاره چای سبز بر ویژگیهای کیفی و ماندگاری میوه توت‌فرنگی رقم سلوا. پژوهش‌های میوه‌کاری، ۳(۱): ۵۶-۴۳.

فینی‌دخت، س.ر.، اصغری، م.ر. و شیرزاد، ح. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد کیتوزان و کلرورکلسیم بر کاهش پوسیدگی پس از برداشت و تغییر ویژگی‌های کیفی گیلاس رقم سیاه مشهد. علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶(۴): ۳۸۴-۳۷۸.

قهرمان، آ. ۱۳۷۳. کروموفیت‌های ایران. نشر دانشگاهی. ۷۴۶ ص.

نبی‌فرخانی، ن. ۱۳۹۲. تأثیر پوشش‌دهی با نانوکامپوزیت و اسانس‌های گیاهی بر عمر انبارداری و ویژگی‌های کیفی میوه گیلاس. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

Abdolahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Bernousi, I. and Meshkatalsadat, M. 2010. Study on the potential use of Essential oils for decay control and quality preservation of 'Tabarzeh' table grape. Journal of Plant Protection research, 50: 45-52.

Almenar, E., Valle, V.D., Catala, R. and Gavara, R. 2007. Active package for wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 55: 2240-2245.

Arriola, O.C., Rocha, M.O.C., Hernandez, A.B., Brauer, J.M.E. and Jatomea, M.P. 2013. Controlled release matrices and micro/nanoparticles of chitosan with antimicrobial potential: development of new strategies for microbial control in agriculture. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(7): 1525–1536.

Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y. and Gonzalez-Aguilar, G.A. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Tecnology and Biotecchnology, 45(2): 166-173.

Bill, M., Sivakumar, D., Korsten, L. and Thompson, A.K. 2014. The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. Crop Protection, 64: 159-167.

Cao, S., Hu, Z. and Pang, B. 2010. Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. Postharvest Biol Technol, 55: 150-153.

Chang, Q., Zuo, Z., Harrison, F. and Chow, M.S.S. 2002. Hawthorn, The Journal of Clinical Pharmacology, 42(6): 605–612.

Cheung, R., Ng, T., Wong, J. and Chan, W. 2015. Chitosan: An Update on Potential Biomedical and Pharmaceutical Applications. Marine Drugs, 13(8): 51-56.

Chiou, A., Karathanos, V.T., Mylona, A., Salta, F.N., Preventi, F. and Andrikopoulos, N.K. 2007. Currants (*Vitis vinifera* L.) content of simple phenolics and antioxidant activity. Food Chemistry, 102(2): 516-522.

Daliri, M. 2015. Effect of Salicylic Acid and Sperimen as two eco-friendly Materials in post-harvest life of Strawberry cv. Selva. GMP Review, 16: 74-81.

Damjanovic, B., Lepojevio, Z., Zivkovic, V. and Tolic, A. 2005. Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seed with supercritical co_2:comparison with hydrodistillation. Food Chemistry, 92(1):143-149.

Diaaz-Maroto, M.C., Pea rez-Coello, M.S., Esteban, J. and Sanz, J. 2006. Comparison of the volatile composition of wild fennel samples (*Foeniculum vulgare* Mill.) from Central Spain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(18): 6814–6818.

Fujita, K. and Kubo, I. 2004. Potentiation of fungicidal activities of trans-anethole against Saccharomycescerevisiae under hypoxic conditions. Journal of Bioscience and Bioengineering, 98(6): 490–492.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 47: 777-780.

Guilin, F., Zapata, P.J., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, S. and Valero, D. 2007. Improvement of the overall quality of table grapes stored under modified atmosphere packaging in combination with natural antimicrobial compounds. Journal of Food Science, 72(3): 185-190.

Gulfraz, M., Mehmood, S., Minhas, N., Jabeen, N., Kausar, R., Jabeen, K. and Arshad, G. 2008. Composition and antimicrobial properties of essential oil of *Foeniculum vulgare.* African Journal of Biotechnology, 7(24): 4364-4368.

Han, C., Lederer, C., McDaniel, M. and Zhao, Y. 2004. Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings. Journal of Food Science, 70: 172–178.

Hassan, H.A. and Yousef, M.I. 2009. Mitigating effects of antioxidant properties of black berry juice on sodium fluoride induced hepatotoxicity and oxidative stress in rats. Food Chem Toxicol, 47(9): 2332-2337.

Hassanpour, H., Hamidoghli, Y., Hajilo, J. and Adlipour, M. 2011. Antioxidant capacity and phytochemical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes in Iran. Scientia Horticulturae, 129: 459–463.

Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D. and Gavara, D. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry *(Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry, 110(2): 428–435.

Kahkonen, M.P., Hopia, A.I. and Heinonen, M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(8): 4076–4082.

Karthikeyan, M., Radhika, K., Mathiyazhagan, S., Bhaskaran, R., Samiyappan, R. and Velazhahan, R. 2006. Induction of phenolics and defense-related enzymes in coconut (*Cocos nucifera* L.) roots treated with biocontrol agents. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18: 367-377.

Kofuji, K., Qian, C.J., Nishimura, M., Sugiyama, I., Murata, Y. and Kawashima, S. 2005. Relationship between physicochemical characteristics and functional properties of chitosan. European Polymer Journal, 41: 2784-2791.

Lo Coco, F., Valentini, C., Novell, V. and Ceccon, L. 1994. High-Performance Liquid Chromatografic Determination of 2-Furaldehyde and 5-Hydroxymethyl-2- Furaldehyde in Processed Citrus Juices. Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies, 17(3): 603-617.

Marguerite, R. 2006. Chitin and chitosan: properties and applications. European Polymer Journal, 31: 603-32.

Mazza, G., Fukumoto, L., Delaquis, P., Girard, B. and Ewert, B. 1999. Anthocyanins, phenolics andcolor of cabernet franc, merlot and pinot noir wines from British Columbia, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41: 4009-4017.

Montero-Prado, P., Rodriguez-Lafuente, A. and 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.

Muzzarelli, R.A.A. and Muzzarelli, C. 2005. Chitosan chemistry: relevance to the biomedical sciences. Advances in Polymer Science, 186: 151-209.

Njombolwana, N.S., Erasmus, A., Van Zyl, J.G., Du Plooy, W., Cronje, P.J.R. and Fourie, P.H. 2013. Effects of citrus wax coating and brush type on imazalil residue loading, green mould control and fruit quality retention of sweet oranges. Postharvest Biology and Technology, 86: 362–371.

Perdones, A., Sánchez-González, L., Chiralt, A., and Vargas, M. 2012. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. Postharvest Biology and Technology, 70: 32-41.

Rabiei, V., Shirzadeh, E., Rabbi Angourani, H. and Sharafi, Y. 2011. Effect of Thyme and Lavender Essential oils on the qualitative and quantities' traits and traits and storage life of apple Jon gold cultivar. Medicinal Plant, 5: 5522-5527.

Rahmanzadeh Ishkeh, S., Asghari, M.A., Shirzad, H., Alirezalu, A. and Ghasemi, G. 2019. Lemon verbena (*Lippia citrodora*) essential oil effects on antioxidant capacity and phytochemical content of raspberry (*Rubus ulmifolius* subsp. sanctus). Scientia Horticulturae, 248: 297-304.

Safa Eynalladin, M. and Hajilou, j. 2016. Effect of postharvest application of methyl jasmonat on qualitative traits and storage life of strawberry cv. 'camarosa'. Food industry research, 26(2): 277-288.

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.

Sayyari, M., Salvador, C., Daniel, V., Huertas, M.D. and María, S. 2011. Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. Postharvest Biology and Technology, 60.2: 136-142.

Serrano, M., Martinz-Romeo, D., Castillo, S., Guillen, F. and Valevo, D. 2005. The use natural anti-Fungal compound impound improves the beneficial effect of modified atmosphere packaging in sweet cherry storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6: 115-123.

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, 77: 94-101.

Shiri, M.A., Bakhshi, D., Ghasemnezhad, M., Dadi, M., Papachatzis, A. and Kalorizou, H. 2013. Chitosan coating improves the shelf life and postharvest quality of table grape (*Vitis vinifera*) cultivar Shahroudi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37: 148-156.

Szajdek, A. and Borowska, E. 2008. Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Berry Fruits: AReview. Plant Foods Hum Nutr (Formerly Qualitas Plantarum), 63(4):147-156.

Tzortzakis, N.G. 2007. Maintaining post-harvest quality of fresh produce with volatile compounds. Innovative Food Science Emerge Technology, 8: 111–116.

Vu, K.D., Hollingsworth, R.G., Leroux, E., Salmieri, S. and Lacroix, M. 2011. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. Food Research International, 44: 198-203.

Wang, Q., Ellis, P.R. and Murphy, S.B. 2000. The stability of guar gum in an aqueous system under acidic conditions. Food Hydrocolloids, 14: 129-134.

Wang, S.Y. and 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.

Zandi, K., Weisany, W., Ahmadi, H., Bazargan, I. and Naseri, Lotfali. 2013. Effect of Nanocomposite-Based Packaging on Postharvest Quality of Strawberry during Storage. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2(5): 28-36.