

اثر متقابل اسانس به لیمو و نانو امولسیون کیتوسان بر فعالیت‌های آنزیمی، محتوای آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فیتوشیمیایی میوه تمشک (*Rubus ulmifolius sub sp. sanctus*)

شیرین رحمن زاده ایشکه^۱، محمدرضا اصغری^۲، حبیب شیرزاد^۳، ابوالفضل علیرضالو^{۴*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استاد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- استادیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۴* - استادیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه (نویسنده مسئول)

چکیده

میوه تمشک به دلیل لطافت زیاد و داشتن آب بالا مستعد آلودگی به عوامل قارچی بوده و از عمر قفسه‌ای کوتاهی برخوردار است. در پژوهش حاضر، کارایی نانو امولسیون کیتوسان و اسانس به لیمو به عنوان پوشش‌های خوراکی جهت افزایش عمر قفسه‌ای تمشک مورد بررسی قرار گرفت. میوه‌های تمشک برداشت شده، با اسانس به لیمو در غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر تیمار شد و سپس با نانو امولسیون کیتوسان در غلظت‌های ۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مورد تیمار قرار گرفته و به سردخانه‌ای با دمای 4 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۹۵ درصد انتقال یافتند. محتوای فنل و فلاونوئید کل، غلظت آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های PAL و گایاکول پراکسیداز میوه‌ها هر سه روز یکبار مورد ارزیابی قرار گرفتند. میوه‌های تیمار شده از فعالیت آنزیم PAL و محتوای آنتوسیانین بیشتری برخوردار بودند. بیشترین فعالیت آنزیم PAL (۱۳۶/۵۵) نانو مول وزن تر بر دقیقه در تیمار ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان و بیشترین میزان آنتوسیانین (۱۲۹/۲۲) میلی‌گرم سیانیدین ۳-گلوکوزید در ۱ میلی‌لیتر عصاره در تیمار ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان در روز نهم مشاهده شد. همچنین بیشترین محتوای فنل کل (۵۷/۵۳ میلی‌گرم گالیک‌اسید در ۱ میلی‌لیتر عصاره) در نمونه‌های مربوط به شاهد در روز نهم مشاهده شد. میزان فلاونوئید کل با گذشت زمان از روندی نزولی برخوردار بود. پوشش دهی میوه تمشک با اسانس به-لیمو و نانو امولسیون کیتوسان می‌تواند به عنوان روشی سالم، میزان ترکیبات بیوشیمیایی از جمله فنل و آنتوسیانین و فعالیت آنزیم‌های دخیل در بیوستز ترکیبات فنولیک مانند PAL را افزایش دهد.

کلید واژگان: تمشک، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی، فلاونوئید، آنزیم PAL

*مسئول مکاتبات: a.alirezalu@urmia.ac.ir

۱- مقدمه

تمشک سیاه با نام علمی *Rubus ulmifolius sub sp. Sanctus* یکی از اعضای خانواده گلسرخیان و زیر خانواده ی *Rosoideae* است. این جنس تمشک در قسمت هایی از آسیا و اروپا رشد کرده و نام رایج آن حولی برمبل^۱ می باشد. میوه آن سته است که مقدار زیادی از ترکیبات فنلی و رنگیزه های مهمی مانند آنتوسیانین را دارا می باشد و منبع خوبی از آنتی اکسیدان- های طبیعی و ویتامین های A, B و C است. همچنین این میوه ها داروی مناسبی برای درمان چندین بیماری به خصوص دیابت می باشند [۱]. بعد از توت فرنگی، بلو بری ها و تمشک ها بیشترین محبوبیت را برای تازه خوری در بین بری ها دارند و از مشکلات مهم پس از برداشت آن ها، حساسیت به اتلاف آب، نرم شدن، صدمات مکانیکی و به ویژه پاتوژن های پس از برداشت مانند *Rhizopus sp*, *Penicillium*, *Aspergillus nigr* و *expansum*, *Botrytis cinerea*, می باشد [۲].

یکی از روش هایی که برای کنترل پاتوژن ها استفاده می شود استفاده از قارچ کش های مصنوعی است که منجر به افزایش مقاومت قارچ ها و تولید سویه های جدیدی از آن ها می شود [۳ و ۴]. به همین دلیل برای جایگزینی سموم شیمیایی از روش هایی مانند اتمسفر تغییر یافته با CO₂ بالا، خنک سازی، تیمارهای گرمایی و اسمزی، پرتوافکنی و پوشش های خوراکی استفاده می شود [۵-۷]. در سال های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه ی استفاده از پوشش های خوراکی و یا زیست تخریب پذیر برای افزایش عمر پس از برداشت محصولات باغی به عمل آمده است. پوشش های خوراکی به صورت لایه محافظ در سطح محصول قرار گرفته و شرایطی مانند بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته ایجاد می کنند [۸ و ۹]. پوشش های خوراکی با ایجاد یک مانع نیمه تراوا در مقابل بخار آب، اکسیژن و دی اکسید کربن در روی محصول موجب حفظ کیفیت، سلامت، ثبات خواص فیزیکی محصولات و ماندگاری آن ها می شوند [۱۰]. کیتوسان یکی از انواع پوشش های خوراکی بر پایه ی پلیمرهای طبیعی کیتین است. کیتوسان پلیمر β (۱ و ۴) ان- استیل دی گلوکز آمین است که از استیل زدایی کیتین سخت پوستان، حشرات و قارچ ها تولید می شود [۱۱]. کیتوسان دارای خواص میکروب کشی، آفت کشی، قارچ کشی، باکتری کشی و ویروس کشی طبیعی است که استفاده از سموم شیمیایی

در محصولات کشاورزی را کاهش داده و موجب افزایش سلامت غذایی محصول می شود. کیتوسان به دلیل خاصیت نیمه تراوایی خود نفوذپذیری نسبی به بخار آب داشته و مانع خوبی برای اکسیژن می باشد و از این طریق اتمسفر درونی محصول را تغییر داده و باعث افزایش ماندگاری محصول می شود [۱۲-۱۴].

فناوری نانو در پوشش های خوراکی و بسته بندی ها می تواند با کاهش اندازه ی ذرات و کوچکتر کردن منافذ پوشش ها باعث افزایش کارایی آن ها در مقایسه با پوشش های خوراکی معمولی شود و ارتقای کیفی مواد بسته بندی را به دنبال داشته باشد. تحقیقات انجام شده نشانگر این امر است که کاربرد پوشش های نانو امولسیون کیتوسان باعث افزایش ماندگاری در توت فرنگی و پرتقال می شود [۱۱]. از میان انواع پوشش های خوراکی مختلف، اسانس ها نیز روی میوه های سته مورد آزمایش قرار گرفته اند. اسانس ها متابولیت های ثانویه ای هستند که در گیاهان معطر یافت می شوند و به عنوان ترکیباتی طبیعی، متنوع و با خصوصیات پیچیده شناخته می شوند. و نقش مهمی را در حفاظت گیاه به دلیل داشتن خصوصیات ضد باکتریایی، ضد ویروسی، قارچ کشی و حشره کشی ایفا می کنند [۱۶]. اسانس ها به عنوان متابولیت های ثانویه گیاهی، ماندگاری محصولات باغبانی را به دلیل داشتن فعالیت ضد قارچی و ضد میکروبی خود افزایش می دهند. توانایی اسانس ها در کاهش ضایعات پس از برداشت و همچنین طبیعی بودن و ضرر کمتر آن ها برای سلامتی انسان منجر به افزایش علاقه و توجه مردم به اسانس ها شده است [۱۷]. گیاه دارویی به لیمو جنس *Lippia* یکی از ۲۰۰ گونه متعلق به خانواده *Verbenaceae* است، که به طور گسترده ای در آمریکا و آفریقا توزیع شده است [۱۸]. معمولاً *Lippia citriodora* به عنوان یک چاشنی برای تهیه غذا و یک ترکیب معطر برای نوشیدنی ها استفاده می شود [۱۹]. او ۸- سینئول، ژرانیول، اینالول و لیمونن از ترکیبات مهم *Lippia citriodora* هستند [۲۰].

امروزه به دلیل افزایش مقاومت پاتوژن ها به ویژه قارچ ها در برابر قارچ کش های سنتزی و تولید سویه های جدیدی از آن ها، اعمال یک نوع قارچ کش طبیعی موثر نبوده و استفاده از روش های تلفیقی پیشنهاد می شود. در این راستا، کیتوسان علاوه بر ویژگی های خود در افزایش عمر پس از برداشت محصولات

کیتوسان نیز از شرکت دانش بنیان نانو نوین پلیمر واقع در شهر ساری خریداری شد.

۲-۳- فرآیند اعمال تیمارها

برای تهیه غلظت‌های مربوط به اسانس به لیمو چهار ظرف یک لیتری حاوی آب مقطر تهیه شده و سپس مقادیر ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس به لیمو به ظروف فوق اضافه گردید، باتوجه به ماهیت روغنی بودن اسانس و عدم حل شدن آن در آب مقطر از توئین ۸۰ جهت امولسیون کردن اسانس در آب استفاده شد. سپس برای اعمال تیمارمربوط به اسانس، ۶۰ گرم از میوه‌ها به مدت سه دقیقه در داخل ظرف حاوی امولسیون اسانس و آب مقطر با غلظت مشخص غوطه‌ور شدند و بعد از آن به مدت ۵ دقیقه روی دستمال کاغذی ضخیم قرار داده شدند تا محلول حاوی اسانس اضافی روی میوه گرفته شود. سپس جهت اعمال تیمار نانوامولسیون کیتوسان، غلظت های ۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر تهیه شده و همان میوه‌ها در داخل ظروف حاوی نانوامولسیون کیتوسان به مدت سه دقیقه غوطه‌ور شده و سپس در داخل ظروف یکبار مصرف از قبل استریل شده قرارگرفته و با پارافیل دور درب ظروف جهت جلوگیری از تبادل هوا مسدود شده و به سردخانه‌ای با دمای 4 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد انتقال یافتند.

۲-۴- اندازه‌گیری میزان فنل کل

اندازه‌گیری مواد فنلی با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو انجام گرفت. برای انجام این کار ابتدا مقدار ۳۰ میکرولیتر عصاره غلیظ (عصاره‌ای که با گرفتن آب میوه از تمشک تهیه شده بود) در داخل لوله آزمایش ریخته شده و ۹۰ میکرولیتر آب مقطر به آن اضافه گردید، سپس ۶۰۰ میکرولیتر فولین ۱۰ درصد به آن‌ها اضافه شد و بعد از ۵-۱۰ دقیقه، ۴۸۰ میکرو لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شد. پس از قراردادن نمونه‌ها به مدت نیم ساعت در تاریکی و در دمای اتاق، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (MODEL: UV2100 PC) جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. جهت رسم منحنی استاندارد نیز از گالیک اسید استفاده شد. میزان فنل کل عصاره‌ها براساس میلی گرم معادل گالیک اسید در ۱ میلی‌لیتر عصاره میوه گزارش شد [۲۳].

باغبانی، می‌تواند به عنوان نگه دارنده اسانس عمل نموده و از فراریت آن بکاهد. Vargas و همکاران [۲۱] کیتوسان را در ترکیب با اسیداولئیک به عنوان پوشش خوراکی در میوه توت فرنگی طی ۱۴ روز نگهداری بررسی کرده و متوجه شدند که استفاده از این تیمار باعث می‌شود نمونه‌ها از تغییرات تنفس کمتری برخوردار باشند. Perdones و همکاران [۲۲] از ترکیب کیتوسان و اسانس لیمو برای پوشش میوه‌ی توت فرنگی استفاده کردند و زمان نگهداری در سردخانه با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد را چهارده روز گزارش کردند. در این مطالعه، برای اولین بار پوشش خوراکی نانو امولسیون کیتوسان در ترکیب با اسانس به لیمو با هدف بررسی فعالیت‌های آنزیمی، محتوای آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فیتوشیمیایی میوه تمشک پس از برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه میوه‌ها

میوه‌های تمشک مورد استفاده در این آزمایش که به صورت وحشی و تحت شرایط دیم در منطقه خان دره سی با طول جغرافیایی ($29^{\circ} 07' 45''$)، عرض جغرافیایی ($37^{\circ} 19' 16''$) و ارتفاع از سطح دریا (۱۳۹۲ متر) رشد کرده بودند، جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری در اوایل صبح انجام شد و تا حد امکان سعی شد میوه‌هایی برداشت شوند که در مرحله بلوغ تجاری بوده (رنگ قرمز) و از نظر رنگ، شکل و اندازه شبیه به همدیگر و بدون آسیب یا دارای کمترین میزان آسیب‌دیدگی باشند. میوه‌ها پس از برداشت در کارتن‌های تمیز قرار داده شده و به سردخانه واقع در گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انتقال یافتند. اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط به نمونه‌های شاهد روز برداشت (صفر) و اعمال تیمارها در همان روز برداشت انجام گرفت.

۲-۲- تهیه اسانس به لیمو و نانوامولسیون

کیتوسان

اسانس‌گیری از برگ‌های گیاه به لیمو که از شهر اراک خریداری شده بود با دستگاه کلونجر و روش تقطیر با آب مقطر به مدت سه ساعت صورت گرفت، اسانس‌های تهیه شده در داخل ویال‌های کدر به دلیل جلوگیری از نفوذ نور و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نانوامولسیون

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

Abs control: میزان جذب شاهد (بلنک)

Abs sample: میزان جذب نمونه

۲-۸- سنجنش فعالیت آنزیم فنیل آلانین

آمونیا لایز (PAL)

برای سنجنش فعالیت آنزیم PAL از روش Karthikeyan و همکاران [۲۸] با کمی تغییر استفاده شد. ۰/۵ گرم از بافت تازه میوه با استفاده از ۱/۵ میلی لیتر بافر استخراج (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی وینیل پیرولیدون و ۱/۴ میلی مولار مرکاپتواتانول) با $pH = 7$ کوبیده شد سپس به مدت ۱۵ دقیقه در $12000 \times$ دور در دقیقه در دمای $4^{\circ}C$ سانتریفیوژ شد. پس از اتمام سانتریفیوژ از عصاره رویی برای سنجنش آنزیم استفاده شد. محتوی نمونه برای سنجنش آنزیم حاوی ۳۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی، ۱ میلی لیتر بافر سنجنش (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی وینیل پیرولیدون و ۱/۴ میلی مولار مرکاپتواتانول) با $pH = 8/8$ و ۱۰۰۰ میکرو لیتر L-فنیل آلانین ۱۲ میلی مولار بود که به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن ماری) با دمای $30^{\circ}C$ قرار داده شده و جذب در طول موج $290\ nm$ با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت گردید. محاسبه فعالیت آنزیم PAL با استفاده از قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی ($9630\ \mu l.cm^{-1}$) و برحسب نانو مول وزن تر بر دقیقه انجام گردید.

۲-۹- سنجنش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

(GPX)

برای سنجنش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX)، ۰/۱ گرم از بافت تازه میوه ا توزین شد و در داخل هاون چینی موجود روی یخ قرار گرفت سپس ۱/۵ میلی لیتر بافر استخراج (بافر فسفات پتاسیم ۱۲۵ میلی مولار با $pH = 7/8$) به آن اضافه نموده و پس از ساییدن محلول رویی را در داخل میکروتیوب ریخته و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای $4^{\circ}C$ با دور ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. جهت سنجنش فعالیت آنزیم ۲۰۰ میکرو لیتر از عصاره آنزیمی را داخل لوله آزمایش ریخته و به آن ۲۰۰ میکرو لیتر گایاکول ۲۲ میلی مولار اضافه شده و پس از آن ۲ میلی لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۲۵ میلی مولار اضافه شد. بعد جهت قرائت، محلول فوق را در داخل سل ریخته و جهت جلوگیری از واکنش سریع پراکسید هیدروژن با محلول حاضر پراکسید هیدروژن را در داخل

۲-۵- اندازه گیری فلاونوئید کل

برای سنجنش میزان فلاونوئید کل ۵۰ میکرو لیتر از عصاره غلیظ داخل لوله آزمایش ریخته شده و به آن ۱۵۰ میکرو لیتر نیتريت سدیم ۵ درصد اضافه گردید. پس از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرو لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد اضافه شد و در مرحله بعد $1000\ \mu l$ سود ۱ نرمال به محلول حاصل اضافه و با آب مقطر به حجم ۵ میلی لیتر رسانده شد. در پایان جذب محلول حاصل در طول موج $380\ nm$ نانومتر نسبت به شاهد قرائت شد. برای رسم منحنی استاندارد از کوئرسیتین استفاده شد. میزان فلاونوئید کل عصاره ها براساس میلی گرم معادل کوئرسیتین در ۱ میلی لیتر عصاره میوه گزارش شد [۲۴].

۲-۶- اندازه گیری محتوای آنتوسیانین کل

برای اندازه گیری محتوای آنتوسیانین کل از روش اختلاف pH ها استفاده شد. برای این منظور ابتدا دو بافر با pH های ۱ و ۴/۵ تهیه شده و سپس ۵۱۰۰ میکرو لیتر از هر نمونه با ۲/۵ میلی لیتر از بافرهای تهیه شده مخلوط و سپس جذب آن ها در طول موج های ۵۳۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت گردید [۲۵] در نهایت با استفاده از فرمول زیر برای محاسبه جذب کل هر یک از عصاره ها استفاده شد [۲۶].

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

محتوای آنتوسیانین کل به صورت میلی گرم سیانیدین ۳- گلوکوزید معادل ۱۰۰ گرم وزن تر و طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$TAC = A * MW * V * DF * 100 / \varepsilon * 100$$

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

۲-۷- اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی به

روش DPPH

برای ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی از روش DPPH استفاده شد. برای این کار ۲۰۰۰ میکرو لیتر از محلول DPPH را (که از قبل آماده شده بود) در داخل لوله های آزمایش استریل ریخته شد و سپس مقدار مشخصی از عصاره میوه هر یک از نمونه ها 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 $517\ nm$ نانومتر قرائت گردید. جهت تهیه شاهد (بلنک) نیز به روش فوق عمل شد ولی به جای عصاره، متانول ۸۰ درصد استفاده شده و طبق فرمول زیر محاسبه گردید [۲۷].

احتمال ۱ درصد داشتند. بالاترین محتوای فنل کل در نمونه‌های مربوط به شاهد در روز نهم با مقدار ۵۷/۵۳ میلی‌گرم گالیک‌اسید در ۱ میلی‌لیتر عصاره و پایین‌ترین آن‌ها مربوط به نمونه‌های دارای اثر متقابل تیمارهای ۵۰۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان در روز ششم با مقدار ۲۷/۵۰ میلی‌گرم گالیک‌اسید در ۱ میلی‌لیتر عصاره مشاهده شد (شکل ۱). میزان فنل کل نمونه‌های تیمار شده نیز مانند آنزیم PAL در اکثر تیمارها به مرور زمان افزایش یافت، که می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم PAL با افزایش زمان نگهداری باشد. از سوی دیگر کیتوسان که یکی از تیمارهای این آزمایش بود علاوه بر خاصیت ضد قارچی، دارای پتانسیل القای دفاع آنزیمی و ترکیبات فنلی در گیاهان نیز می‌باشد [۳۰]. همچنین لیو در سال ۲۰۰۸ گزارش کرد که میزان ترکیبات فنلی در گوجه فرنگی و میوه‌های تیمار شده با کیتوسان القاء می‌شود [۱۳].

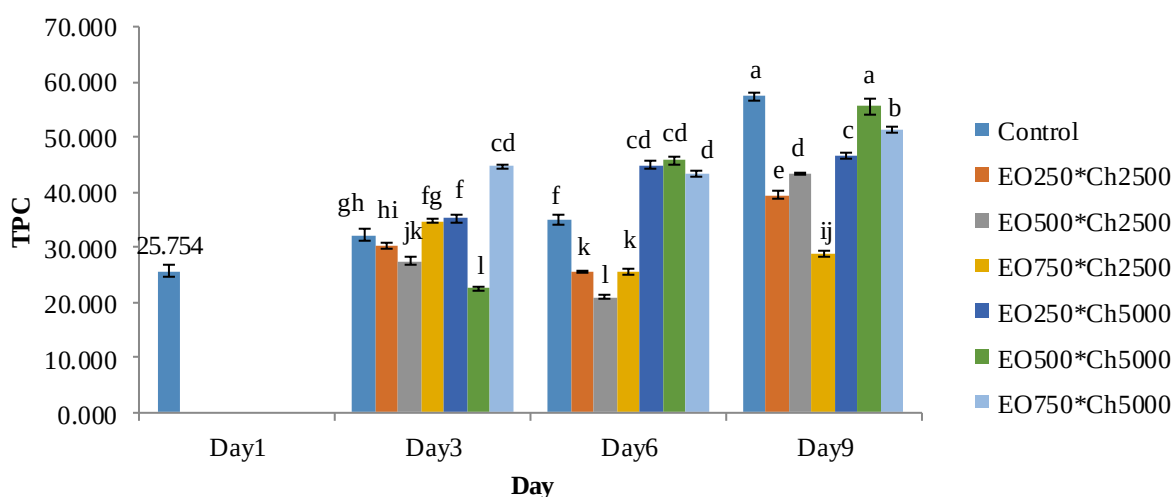


Fig 1 The amounts of total phenolic contents in different treatments (EO: essential oil and Ch: chitosan nano-emulsion)

در ۱ میلی‌لیتر عصاره مشاهده شد (شکل ۲). مطابق نتایج بدست آمده مقدار فلاونوئید کل در اکثر نمونه‌های تیمار شده به مرور زمان کاهش یافت که این موضوع با توجه به این که مقدار فلاونوئید در میوه‌های نارس بیشتر از میوه‌های کاملاً رسیده است [۳۱] قابل توجه می‌باشد و طبیعی است که میوه‌های دارای پوشش خوراکی در مقایسه با میوه‌های بدون پوشش (شاهد) از تبدلات گازی کمتری با محیط برخورد دارند و در نتیجه میزان تنفس کمتری دارند بنابراین سرعت رسیدن در آن‌ها کاهش می‌یابد، زیرا که با گذشت زمان و طی فرآیند پیری به دلیل افزایش تنفس به ویژه در نمونه‌های شاهد موجب از هم پاشیدگی درونی میوه می‌شود.

دستگاه اسپکتروفتومتر اضافه نموده و جذب را در زمان‌های صفر و ۱ دقیقه بعد از اضافه شدن پراکسید هیدروژن در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد [۲۹].

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

اندازه‌گیری شاخص‌ها در روزهای سوم، ششم و نهم طی مدت نگهداری صورت گرفت. کلیه داده‌های به دست آمده در چهار تکرار و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز شده، و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- محتوای فنل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان فنل کل نمونه‌های شاهد و تیمار شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح

۳-۲- میزان فلاونوئید کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان فلاونوئید کل نمونه‌های شاهد و تیمار شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال ۱ درصد داشتند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان فلاونوئید کل نمونه‌ها از ۲/۲۵ تا ۷/۳۵ میلی‌گرم کوئرستین در ۱ میلی‌لیتر عصاره متغیر بوده و بیشترین آن در اثر متقابل بین تیمار ۷۵۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان با مقدار ۷/۳۵ میلی‌گرم کوئرستین در ۱ میلی‌لیتر عصاره و کمترین میزان آن در اثر متقابل بین ۲۵۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان با مقدار ۲/۲۵ میلی‌گرم کوئرستین

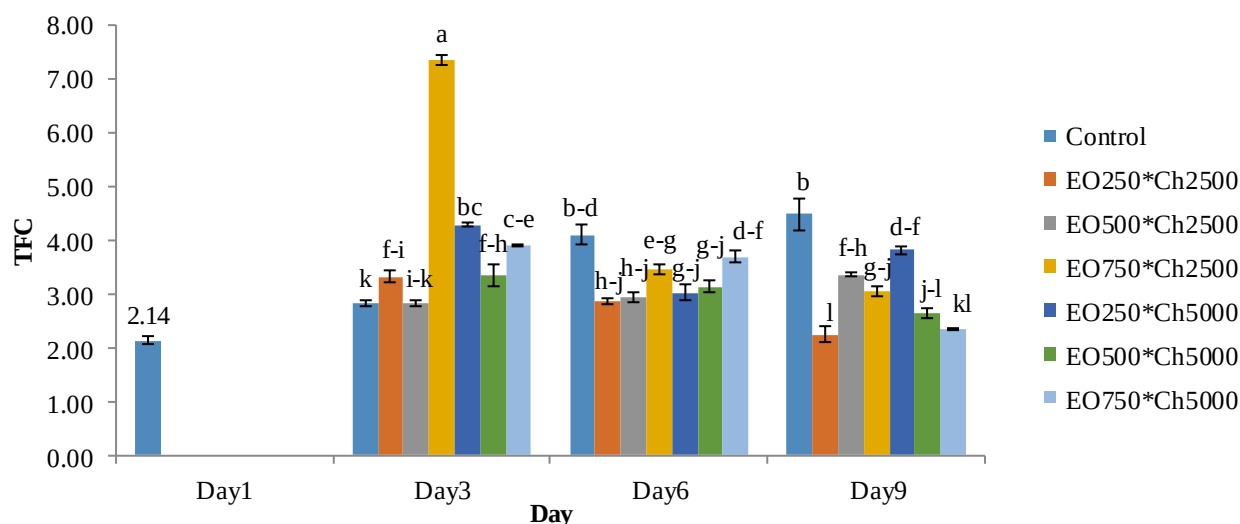


Fig 2 The amounts of total flavonoid contents in different treatments (EO: essential oil and Ch: chitosan nano-emulsion)

۳-۳- میزان آنتوسیانین کل

گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان در روز نهم می‌تواند به دلیل افزایش رسیدگی میوه و همچنین افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالایز باشد، همچنین در این مطالعه میزان آنتوسیانین در نمونه‌های مربوط به شاهد از روندی نزولی برخوردار بود که می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز باشد، زیرا سلول‌های میوه‌های تیمار نشده به دلیل برخورداری نبودن از هیچ نوع پوششی تبدلات گازی بیشتری با هوا داشته و اکسیژن بیشتری را جهت فعالیت آنزیم PPO در اختیار دارند [۲۱] افزایش در محتوای آنتوسیانین کل در طول انبارداری قبلاً گزارش شده در تمشک، توت فرنگی و بلوبری-ها [۳۲]. همچنین افزایش در میزان آنتوسیانین کل نمونه‌ها در طول نگهداری ممکن است ناشی از افزایش فعالیت آنزیم PAL باشد که شروع کننده مسیر بیوستز فنل‌ها و آنتوسیانین‌ها است. [۳۳].

در این تحقیق میزان سیانیدین ۳-گلوکوزید به عنوان شاخصی برای اندازه گیری غلظت آنتوسیانین نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان تغییرات این شاخص در نمونه‌های تیمار و شاهد نگهداری شده در سردخانه در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص شده است بیشترین میزان آنتوسیانین نمونه‌ها در اثر متقابل میوه‌های تیمار شده با غلظت ۷۵۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان در روز نهم پس از انبارداری مشاهده شد، کمترین میزان آنتوسیانین نیز در میوه‌های شاهد روز نهم پس از انبارداری مشاهده شد. محتوای آنتوسیانین میوه‌های تیمار شده اختلاف معنی‌داری با شاهد در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (شکل ۳). وجود بالاترین میزان آنتوسیانین کل در نمونه‌های مربوط به تیمار با ۷۵۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی

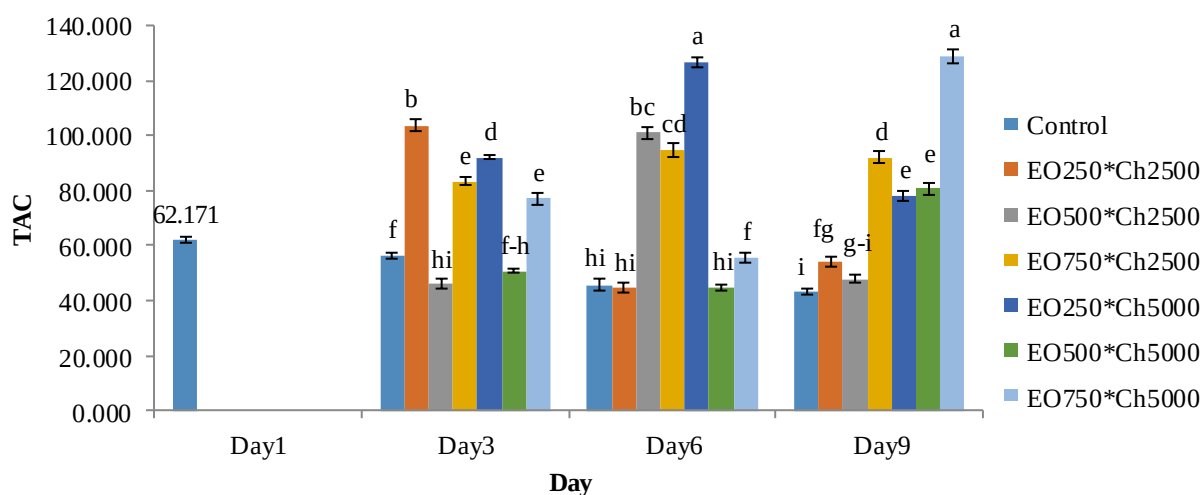


Fig 3 The amounts of total anthocyanin content in different treatments (EO: essential oil and Ch: chitosan nano-emulsion)

روز نهم نگهداری و کمترین میزان آن در اثر متقابل نمونه‌های تیمار شده با ۷۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان روز سوم نگهداری مشاهده شد. همچنین تفاوت معنی داری درمیزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های شاهد و تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که بری‌ها یک منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند [۳۴ و ۳۵]. این آنتی-اکسیدان‌های طبیعی گیاهی تولید ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها را تحریک می‌کنند [۳۶]. همچنین، Wang و همکاران نیز در سال ۲۰۰۰ عنوان کردند [۳۷] که ارتباط مثبتی بین ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. از سوی دیگر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها می‌تواند به وسیله‌ی فاکتورهایی از جمله شرایط محیطی تحت تاثیر قرار بگیرد [۳۸].

۳-۴- فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تمشک تیمار شده با اسانس و نانو امولسیون کیتوسان و نیز تمشک‌های شاهد در شکل (۴) نشان داده شده است، مطابق نتایج بدست آمده این شاخص (به جز تیمار مربوط به ۷۵۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان که در روز ششم نسبت به روز سوم کاهش جزئی داشت) با گذشت زمان در تمام تیمارها روند صعودی داشته و با گذشت زمان افزایش یافت. همچنین درنمونه‌های مربوط به شاهد روز سوم نیز نسبت به روز برداشت کاهش بسیار جزئی مشاهده شد. در بقیه موارد همه نمونه‌های تیمار شده و شاهد با گذشت زمان از روند صعودی برخوردار بودند. بالاترین میزان فعالیت آنتی-اکسیدانی در اثر متقابل نمونه‌های تیمار شده با ۲۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان

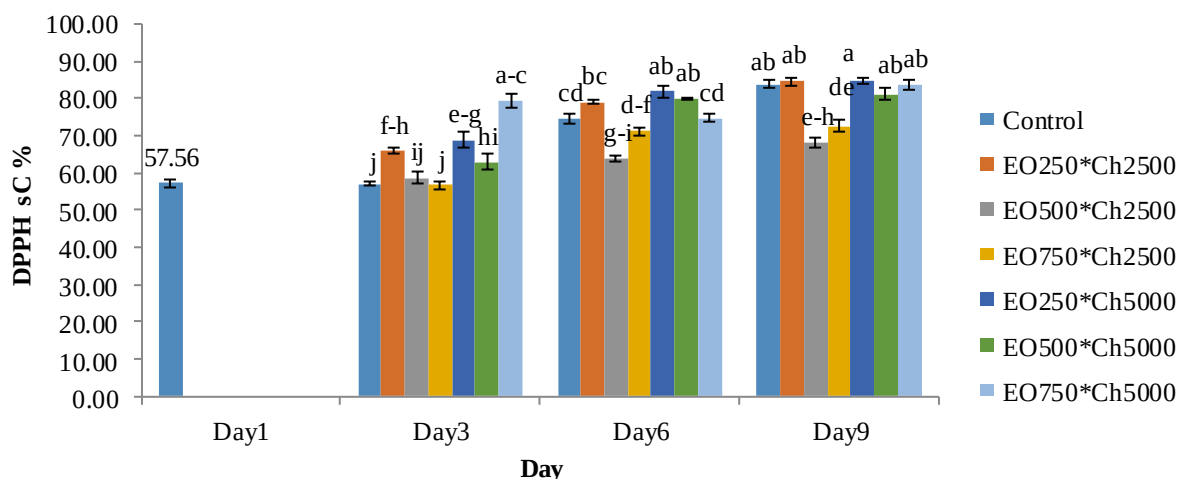


Fig 4 The antioxidant activity by DPPH assay in different treatments (EO: essential oil and Ch: chitosan nano-emulsion)

امولسیون کیتوسان با مقدار ۳۹/۴۰ نانو مول وزن تر بر دقیقه بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان داد که بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. طبق نتایج حاصل از این تحقیق در اکثر تیمارها با افزایش مدت زمان نگهداری میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز روندی صعودی به خود گرفت، بیوستز فنل‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان از طریق مسیر شیکمات-فنیل پروپانوید-فلاونوئیدها انجام می‌گیرد و PAL یک آنزیم کلیدی در مسیر فنیل پروپانویدهاست که فنیل آلانین را به ترنس سینامیک اسید تبدیل می‌کند [۳۸]. پیشنهاد شده است که فعالیت آنزیم PAL یک مسئولیت کلیدی در تنظیم متابولیسم فنیل پروپانویدها دارد [۳۹]. نتایج تحقیق

۳-۵- فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز (PAL)

مطابق نتایج بدست آمده فعالیت آنزیم PAL در اکثر تیمارها (به جز در نمونه‌های مربوط به شاهد و اثر متقابل تیمار ۲۵۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان) در روزهای مختلف نگهداری از روندی صعودی برخوردار بود، همچنین بیشترین فعالیت آنزیمی در بین نمونه‌ها مربوط به تیمار ترکیبی ۵۰۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان در روز نهم پس از نگهداری با مقدار ۱۳۶/۵۵ نانو مول وزن تر بر دقیقه و کمترین فعالیت آنزیم PAL مربوط به تیمار ترکیبی ۲۵۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو

تحقیق حسن پور در سال ۲۰۱۴ [۳۳] مطابقت داشت (شکل ۵).

حاضر نشان داد که تیمار اسانس به لیمو و نانو امولسیون کیتوسان به طور معنی داری میزان فعالیت آنزیم PAL را با گذشت زمان افزایش دادند که این نتایج با نتایج حاصل از

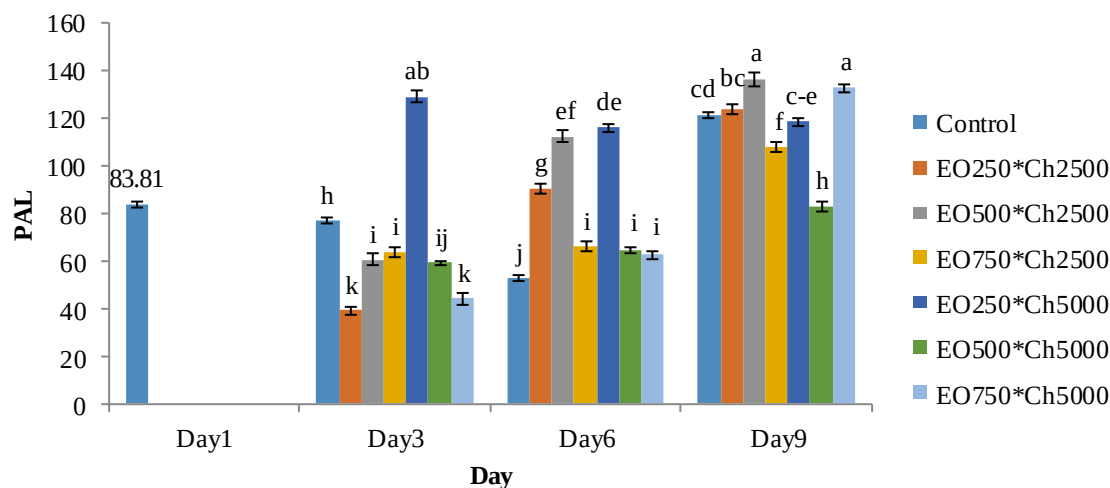


Fig 5 The phenylalanine ammonilase (PAL) activity in different treatments (EO: essential oil and Ch: chitosan nano-emulsion)

امولسیون کیتوسان در روز ششم پس از نگهداری و پایین ترین میزان آن در اثر متقابل تیمار ۵۰۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو امولسیون کیتوسان مشاهده شد (شکل ۶). همچنین با تجزیه واریانس داده ها مشخص شد که بین نمونه های شاهد و تیمار شده تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت.

۳-۶- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

نتایج بدست آمده در این تحقیق در رابطه با میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در بین تمشک های شاهد و تیمار شده نشانگر متغیر بودن این شاخص از ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۵ میکرو مول پراکسید هیدروژن بر دقیقه بر یک گرم وزن تر بود، بنابراین بالاترین میزان فعالیت این آنزیم در اثر متقابل تیمار ۷۵۰ میکرو لیتر بر لیتر اسانس و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو

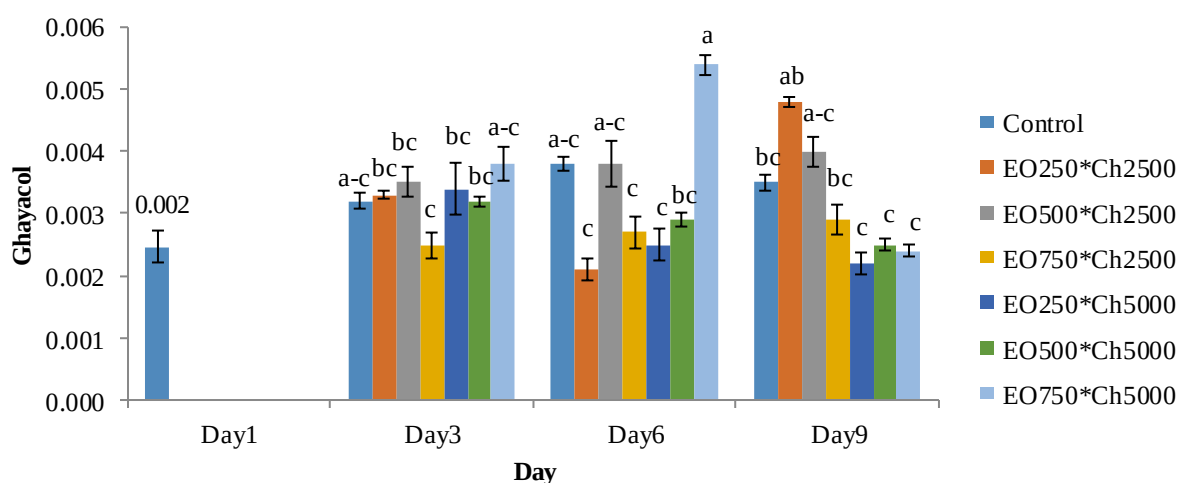


Fig 6 The guaiacol peroxidase (GPX) activity in different treatments (EO: essential oil and Ch: chitosan nano-emulsion)

responses in pear fruit. Food chemistry. 159: 29-37.

- [5] Fan, G., Zha, J., Du, R., and Gao, L. 2009. Determination of soluble solids and firmness of apples by Vis/NIR transmittance. Journal of Food Engineering. 93: 416-420.
- [6] Castelló, M., Fito, P., and Chiralt, A. 2010. Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage. Journal of food engineering. 97, 64-71.
- [7] Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V.D., and Moldão-Martins, M. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* × *Camarosa*) under commercial storage conditions. LWT-Food Science and Technology. 52: 80-92.
- [8] Flores, S., Haedo, S., and Campos, C. 2007. Antimicrobial performance of potassium sorbate supported in tapioca starch edible films. European Food Research and Technology. 225: 375-384.
- [9] Franssen, L. R., Rumsey, T. R., and Krochta, J. M. 2004. Whey protein film composition effects on potassium sorbate and natamycin diffusion. Journal of Food Science. 69(5): 347-353.
- [10] Diab, T., Biliaderis, C., Gerasopoulos, G. D., and Sfakiotakis, E. 2001. Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 81: 988-1000.
- [11] Bautista-Banos, S., Hernandez-Lauzardo, A. N., Velazquez-del Valle, M. G., Hernandez- Lopez, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina E., and Wilson, C. L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Protection. 25: 108-118.
- [12] 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: 2784-91.
- [13] Liu, J., Zhang, J., and Xia, W. 2008. Hypocholesterolaemic effects of different chitosan samples in vitro and in vivo. Food Chemistry. 107: 419-25.

۴- نتیجه گیری 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. در این میان، میوه‌هایی مثل تمشک علاوه بر جنبه‌ی تغذیه‌ای، از ارزش دارویی بسیار بالایی برخوردار بوده که توجه ویژه محققان پس از برداشت را می‌طلبد. از سوی دیگر با توجه به نگرانی فزاینده‌ی عموم مردم و دانشمندان علوم تغذیه در مورد اثرات سوء مواد شیمیایی نگه دارنده لزوم توجه بیشتر به استفاده از مواد طبیعی جهت نگه‌داری محصولات کشاورزی بیش از پیش احساس می‌گردد. در بین مواد طبیعی نگه دارنده، کیتوسان علاوه بر خاصیت قارچ‌کشی دارای کارایی حفظ اسانس روی میوه‌ها به عنوان مکمل حفظ کیفیت میوه‌ها نیز تلقی می‌گردد. در این مطالعه از نانو امولسیون کیتوسان استفاده شده است که کاهش اندازه‌ی ذرات (فناوری نانو) سبب افزایش کارایی مواد تشکیل دهنده‌ی پوشش می‌شود. با اعمال این دو تیمار می‌توان خصوصیات بیوشیمیایی میوه تمشک از جمله ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی را افزایش داد.

۵- منابع

- [1] Kanegusuku, M., Sbors, D., Stefanelo Bastos, E., Maria de Souza, M., Cechinel-Filho, V., Augusto Yunes, R., Delle Monache, F., and Niero, R. 2007. Phytochemical and Analgesic Activity of Extract, Fractions and a 19-Hydroxyursane-Type Triterpenoid Obtained from *Rubus rosaefolius* (*Rosaceae*). Biological and Pharmaceutical Bulletin. 30: 999-1002.
- [2] Reddy, M.V.B., Angers, P., Castaigne, F., and Arul, J. 2000. Chitosan Effects on Blackmold Rot and Pathogenic Factors Produced by *Alternaria alternata* in Postharvest Tomatoes. American society for horticultural science. 125:742-747.
- [3] J. Janisiewicz, W., and Korsten, L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. Annual Review of Phytopathology. 40:411-441.
- [4] Yu, C., Zeng, L., Sheng, K., Chen, F., Zhou, T., Zheng, X., and Yu, T. 2014. γ -Aminobutyric acid induces resistance against *Penicillium expansum* by priming of defence

- leaves. Journal of Pharmacol-online. 1: 7-14.
- [24] Shi, J., Yu, J., Pohorly, J., Young, J. C., Bryan, M., and Wu, Y. 2003. Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution. Journal of Food Agric Environ. 1:42-7.
- [25] Chung, Y.C., Chen, S.J., Hsu, C.K., Chang, C.T., and Chou, S.T. 2005. Studies on theantioxidative activity of Graptopetalum paraguayense E. Walther. Food Chemistry. 91: 419-424.
- [26] Giusti, M.M., and Wrolstad, R.E. 2001. Characterization & measurement of anthocyanins by UV, visible spectroscopy. Current protocols in food analytical chemistry. 47: 777-780.
- [27] 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: 516-22.
- [28] 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.
- [29] Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
- [32] 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.
- [30] Bautista-Banos, S. A. N., Hernandez-Lauzardo, M. G., Velazquez-del Valle, M., Hernandez-Lopez, E., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, C., and Wilson, L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Protection. 25: 108-118.
- [31] 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.
- [14] Marguerite, R. 2006. Chitin and chitosan: properties and applications. European Polymer juornal. 31: 603-32.
- [15] Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badie, F., Mohammad hosseini, Z., Ahmadi, K., and Ghanati, K. 2013. Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 8 (2) :9-19.
- [16] Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., and Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils—a review. Food and chemical toxicology. 46: 446-475.
- [17] Vergis, J., Gokulakrishnan, P., Agarwal, R.K., and Kumar, A. 2015. Essential Oils as Natural Food Antimicrobial. Food Science and Nutrition. 55:1320-1323.
- [18] Santos-Gomes, P.C., Fernandes-Ferreira, M., and Vicente, A.M.S., 2005. Composition of the essential oils from flowers and leaves of Vervain (*Aloysia triphylla* (L'Herit.) Britton) grown in Portugal. J. Essential Oil Research. 17 (1), 73-78.
- [19] Shahhoseini, R., Ghorbani, H., Karimi, S.R., Estaji, A., and Moghaddam, M. 2013. Qualitative and Quantitative Changes in the Essential Oil of Lemon Verbena (*Lippia citriodora*) as Affected by Drying Conditio. Drying Technology. 31:1020-1028.
- [20] Catherine, A., Dimitra, D., Petros, A. T., Costas, F., and Moschos, P. 2007. Chemical composition of the essential oil from leaves of *Lippia citriodora* H.B.K. (*Verbenaceae*) at two developmental stages. Journal of Biochemical Systematics and Ecology. 35: 831-837.
- [21] Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., and Gonzalez- Martinez, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. Postharvest Biology and Technology. 41: 164-71
- [22] Perdones, A., Sánchez-González, L., Chiralt, A., Vargas, M. 2012. Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. Postharvest Biology and Technology. 70: 32-41.
- [23] Ebrahimzadeh, M. A., Hosseinimehr, S. J., Hamidinia, A., and Jafari, M. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activity of Feijoa sallowiana fruits peel and

- capacity and phytochemical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes in Iran. *Scientia Horticulturae*. 129: 459–463.
- [37] Wang, S.Y., and Lin, H.S. 2000. Antioxidant activity in fruit and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Agricultural and Food Chemistry*. 48: 140–146.
- [38] Pérez-Balibrea, S., Moreno, D. A., and García-Viguera, C. 2011. Improving the phytochemical composition of broccoli sprouts by elicitation. *Food chemistry*. 129: 35-44.
- [39] Jahangir, M., Abdel-Farid, I. B., Kim, H. K., Choi, Y. H., and Verpoorte, R. 2009. Healthy and unhealthy plants: The effect of stress on the metabolism of *Brassicaceae*. *Environ. Experimental of Botany*. 67: 23–33.
- [32] Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A., and Prior, R. L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 4638-4644.
- [33] Hassanpour, Hamid. 2015. Effect of Aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit. *journal LWT- Food science and Technology*. Vol.60(1): 495-501.
- [34] Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., and Heinonen, M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49, 4076–4082.
- [35] Heinonen, I.M., Lehtonen, J.P., and Hopia, I.A. 1998. Antioxidant Activity of Berry and Fruit Wines and Liquors. *Food Chemistry*. 46:25-31.
- [36] Hassanpour, H., Hamidoghli, Y., Hajilo, J., and Adlipour, M. 2011. Antioxidant

Combination effects of Lemon essential oil and chitosan nano-emulsion on enzyme activity, antioxidant capacity and phytochemical content of Raspberry fruit

Rahmanzadeh Ishkeh, SH.¹, Asghari, M. R.², Shirzad, H.³, Alirezalu, A.^{4*}

1. M. Sc of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran,

2. professor of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran,

3. Assistant Professor of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran,

4. Assistant Professor of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran,

Due to high softness and water content, Raspberry fruit is very perishable and highly sensitive susceptible to fungi leading to a very short shelf life. In this study, the effects of a nano-chitosan based coating in combination with lemon essential oil on extending the shelf life of raspberry were studied. Harvested raspberry fruits were treated with lemon essential oil at 0, 250, 500 and/or 750 $\mu\text{l/l}$, and then coated with chitosan nano-emulsion at 0, 2500 and 5000 mg/l and stored at 4 ± 2 °C with 85-95% RH. Total phenolics and flavonoid content, the concentration of anthocyanins, the antioxidant activity and the activity of PAL and guaiacol peroxidase enzymes were evaluated every three days. The PAL activity and anthocyanin content of fruit treated were significantly higher. The highest PAL activity ($136.55 \text{ nmol min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ of fresh weight) and anthocyanin content ($129.22 \text{ mg cyanidin 3-galactoside equivalent/1 mL juice}$) were observed in the $500 \mu\text{l l}^{-1} \text{ EO} \times 2500 \text{ mg l}^{-1} \text{ CH}$ and $750 \mu\text{l l}^{-1} \text{ EO} \times 5000 \text{ mg l}^{-1} \text{ CH}$ treatments on the 9th day, respectively. Also the highest total phenolic content ($57.53 \text{ mg GAE/1 mL juice}$) was observed in the control treatment on the 9th day. The values of total flavonoid content showed a downward trend over the storage period for all treatments. Coating the perishable fruits of raspberry with a nano-chitosan based coating containing lemon essential oil is introduced as a safe treatment for increasing the phytochemical compounds such as total phenolic and flavonoid contents and the activity of the enzymes involved in the biosynthesis of phenolic compounds such as PAL.

Key words: Raspberry, Activity antioxidant, Phenolic compounds, Flavenoid, PAL enzyme

* Corresponding Author E-Mail Address: a.alirezalu@urmia.ac.ir