کاربرد توأم پلی‌آمین ها و کایتوزان بر ترکیبات زیستی فعال و قهوه‌ای شدن میوه پسته تر

ملیکا بارزمان[۱]، سید حسین میردهقان[۲]*، فاطمه ناظوری[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

۲- استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

۳-استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

چکیده

میوه پسته تر به واسطه داشتن ترکیبات فنلی بالا و فعالیت ضداکسیداسیونی نقش مهمی در رژیم غذایی ایفا می‌کند. یکی از مشکلات اصلی پسته تر تغییر رنگ آن و قهوه‌ای شدن میوه می‌باشد. لذا به منظور حفظ کیفیت میوه و بررسی تغییرات رنگ میوه و قهوه‌ای شدن میوه آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با سه فاکتور محلول‌پاشی پلی‌آمین (شاهد، پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین) هر کدام به غلظت ۱ میلی‌مولار قبل از برداشت، استفاده از پوشش کایتوزان (بدون پوشش و ۱ درصد کایتوزان) و زمان انبارمانی (۰، ۲۰ و ۴۰ روز) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی میوه پسته تر رقم اکبری انجام گرفت. شاخص‌های مختلف کیفیت میوه شامل مقدار ترکیبات فنلی، فعالیت ضداکسیداسیونی، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، آنتوسیانین پوست، رطوبت پوست، رنگ پوست نرم و قهوه‌ای شدن طی انبار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ترکیبات فنلی پوست و مغز، فعالیت ضداکسیداسیونی، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، آنتوسیانین پوست، رطوبت و شاخص‌های رنگ پوست نرم با افزایش زمان انبارمانی کاهش یافت و کاربرد پلی‌آمین ها سبب بهبود و حفظ کیفیت میوه طی انبار گردید که در این بین تاثیر پوتریسین نسبت به اسپرمین و اسپرمیدین بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که استفاده از پوشش یک درصدی کایتوزان به همراه پلی‌آمین‌ها طی انبار سبب حفظ رطوبت، شاخص‌های رنگ پوست نرم، مقدار آنتوسیانین ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی طی مدت‌زمان انبارمانی گردید. که در این بین کاربرد توأم پوتریسین و کایتوزان بیشترین تاثیر را بر حفظ ویژگی پسته تر و کاهش قهوه‌ای شدن طی انبار داشت. لذا محلول‌پاشی قبل از برداشت پسته با پلی‌آمین‌ها به‌ویژه پوتریسین با غلظت ۱ میلی‌مولار و پوشش‌دار کردن پسته با کایتوزان سبب کاهش میزان قهوه‌ای شدن و حفظ ترکیبات زیستی فعال طی ۴۰ روز انبارمانی پسته تر گردید.

کلید واژگان: آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، انبارمانی، ترکیبات فنلی، فعالیت ضداکسیداسیونی

*مسئول مکاتبات: mirdehghan@vru.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

۱- مقدمه

ترکیبات فنلی بـه فنـل‌هـای سـاده، اسـیدهای فنلیـک، مـشتقات هیدروکسی‌سینامیک و فلاونوئیدها طبقـه‌بنـدی مـی‌شـوند کـه بـه عنوان ترکیبات ضداکسیدان قوی مطرح شده اسـت [۱]. در دهـه-هـای اخیـر علاقـه محققـین بـه بررسـی حـضور ترکیبـات ضـد اکسیداسیونی در محصولات کشاورزی بـه دلیـل نقـش آن‌هـا در پیشگیری از بیماری‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافتـه اسـت. در واقع ضداکسیدان‌هـا از فرآینـد اکـسیداسیون کـه از عوامـل بـروز بیماری‌هایی همچون سرطان است پیشگیری کرده و از این جهت اثرات خود را بر سلامت انسان‌ها می‌گذارند [۲]. بررسی‌هـا نـشان داده اسـت کـه میـوه پـسته سرشـار از ترکیبـاتی بـا فعالیـت ضـد اکسیداسیونی بالایی است [۳]. از مهم‌تـرین ترکیبـاتی کـه در مغـز پسته دارای فعالیت ضد اکسیدان هستند می‌توان به ترکیبات فنلـی، آنتوسیانین، لوتئین، کلروفیل، فئـوفیتین، آلفـا-توکـوفرول و برخـی ترکیبات فلاونوئید اشاره کرد [٤]. ترکیبات فنلی موجـود در پـسته می‌توان به فلاونوئیدهایی مانند فلاون-۳-الـز[1]، پروانتوسـیانیدین[2]، فلاونول[3]، ایزوفلاون[4]، فلاونون[5]، اسـتیلبن[6] و اسـید فنولیـک نظیـر گالیـک اسـید اشـاره کـرد [۵]. در یـک بررسـی انجـام‌شـده روی ترکیبات فنلی مغز و پوست پـسته گـزارش‌شـده اسـت کـه مقـدار ترکیبات فنلی در پوست پسته بیشتر از مغز آن می‌باشد [٦].

در سال‌های اخیر به‌دلیل ویژگی‌هایی نظیر طعم بهتر، کاهش ارزش غذایی پسته خشک به‌خاطر فرآوری و همچنین ارزش افزوده بیشتر، پسته تر اهمیت ویژه‌ای نسبت به پسته خشک پیدا کرده است [۷]. ولی پسته تر به‌دلیل ماندگاری بسیار پایین، ترک‌خوردگی پوسته نرم، جدا شدن پوست نرم از پوست استخوانی هنگام برداشت، حمل‌ونقل و همچنین نرم‌شدگی و قهوه‌ای شدن پوست نرم طی انبارداری که از مشکلات عمده پس از برداشت پسته تر است، عمر انبارمانی بالایی ندارد [۷]. از طرف دیگر ترکیبات فنلی، آنتوسیانین موجود در میوه پسته طی انبار تغییر کرده و در نتیجه فعالیت ضداکسیداسیونی نیز کاهش پیدا می‌کند [۸]. قهوه‌ای شدن آنزیمی یکی از مشکلات میوه‌ها بعد از برداشت می‌باشد. قهوه‌ای شدن میوه طی انبار توسط یکسری آنزیم‌ها می‌باشد که به واسطه فعالیت این آنزیم‌ها ترکیبات فنلی به اورتوکینون اکسید می‌شوند [۹]. ترکیبات کینونی تحت تاثیر واکنش‌های ثانویه در مجاورت یکدیگر و یا مواد دیگر مانند پروتئین‌ها ایجاد ترکیبات رنگی به نام ملانین می‌نمایند [۱۰]. دوره برداشت و پس از برداشت میوه فرآیند رسیدن تسریع می‌شود و خیلی سریع کیفیت محصول کاهش می‌یابد، بنابراین نیاز است تا با روش‌های مختلف هم مدت انبارمانی میوه افزایش یابد و هم ویژگی‌های کیفی محصول طول دوره انبارمانی حفظ شود.

پلی‌آمین‌ها به‌عنوان ترکیبات پلی‌کاتیونی آلیفاتیک مطرح شده‌اند که عهده‌دار نقش‌های زیادی هستند. همچنین پلی‌آمین‌ها، ترکیبات بیولوژیکی فعال با وزن ملکولی کم هستند که در زمینه بهبود کیفیت فرآورده‌های باغبانی مورد توجه قرار گرفته است [۱۱]. در بررسی انجام شده روی میوه لیچی نشان داده شد که کاربرد پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدن سبب کاهش پیری و حفظ کیفیت رنگ میوه لیچی و کاهش قهوه‌ای شدن میوه طی دوره انبارمانی گردید [۱۲]. میردهقان و همکاران [۱۳] نیز نشان دادند که میوه انار طی انبار دچار تغییر رنگ شد و کاربرد پلی‌آمین سبب حفظ رنگ میوه طی انبار گردید. استفاده از این ترکیبات موجب حفظ ظاهر فراورده، کاهش صدمات مکانیکی وارده، بهبود کیفیت فرآورده و افزایش عمر انباری فرآورده به‌صورت تازه می‌شود. محلول‌پاشی قبل از برداشت با پلی‌آمین‌های پوتریسین و اسپرمیدین بر روی پسته تر نشان داد، این ترکیبات باعث کاهش سطح تولید اتیلن، افزایش حفظ سفتی، کاهش فعالیت میکروبی و افزایش عمر انبارمانی آن شده است [١٤].

یکی دیگر از راه‌های افزایش ماندگاری فراورده‌ها، استفاده از پوشش‌های خوراکی است. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد قابل‌خوردن هستند که، به‌عنوان محافظ یا پوشش زینتی روی سطح میوه‌ها و سبزی‌ها و یا در بین ترکیبات آن‌ها قرار می‌گیرند. پوشش‌های خوراکی با منبع طبیعی باید حتی‌الامکان دارای خصوصیات ارگانولپتیک خنثی، خصوصیات مکانیکی، حلالیت در آب و چربی و نفوذپذیری مناسب باشند [۱۵]. یکی از مهم‌ترین پوشش‌هایی که در دوره پس از برداشت به‌کار می‌رود، کایتوزان است. این ماده یک پلی‌ساکارید طبیعی است که، به‌طور گسترده

1. lavan-3-ols
2. Proanthocyanidins
3. Flavonols
4. Isoflavons
5. Flavanones
6. Stilbenes

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

در پوست سخت‌پوستانی مانند میگو، خرچنگ و قارچ‌ها یافت می‌شود. کایتوزان یا پلی بتا – (۱ و ٤) ان – استیل - دی – گلوکزآمین، بیوپلیمری کاتیونی است که در اثر حرارت دادن کیتین در حضور هیدروکسید سدیم به‌وجود می‌آید. این بیو پلیمر زیستی ماده‌ای غیر سمی است که به‌عنوان عامل ضد باکتری، ضد قارچی، ضد آب از دست دهی و غیره کاربرد دارد [١٦]. در یک بررسی انجام شده روی میوه لیچی نشان داده شد که کاربرد کایتوزان با تاخیر در کاهش مقدار آنتوسیانین، فلاونوئید، ترکیبات فنلی کل و تاخیر در افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز سبب کاهش قهوه‌ای شدن میوه لیچی گردید [١٧]. در یک بررسی دیگر نیز روی میوه لیچی نشان داده شد که کاربرد کایتوزان با حفظ تغییرات pH بافت میوه سبب کاهش قهوه‌ای شدن میوه گردد [١٨].

طبق پژوهشی تأثیر تیمار کایتوزان و متیل جاسمونات بر کیفیت و ویژگی‌های شیمیایی میوه توت‌فرنگی بررسی شد که مشخص گردید، کاربرد هم‌زمان دو تیمار موجب افزایش سطح لیگنین، آنتوسیانین، سطح بالاتر فیبر میوه، حفظ محتوی مواد جامد محلول و اسیدیته و کاهش فعالیت میکروبی نسبت به شاهد شد و در نتیجه عمر انبارمانی آن افزایش یافت [١٩].

نتایج یک بررسی روی میوه انگور نشان داد که ترکیبات فنلی موجود در میوه انگور طی انبار کاهش پیدا کرد و کاربرد پلی‌آمین-ها و کایتوزان سبب حفظ ترکیبات فنلی در شرایط انبار گردید و میوه‌های انگور که با پلی‌آمین و کایتوزان تیمار شده بودند حاوی ترکیبات فنلی بیشتری بودند [٢٠]. طبق پژوهش انجام‌شده، کاربرد اسید سالیسیلیک و پوتریسین در زمان برداشت و سپس غوطه‌وری در این تیمارها قبل از انتقال میوه سیب رقم گرانی اسمیت به سردخانه توانسته است، سبب جلوگیری از کاهش وزن میوه به همراه حفظ سفتی و میزان اسیدیته این محصول شود [٢١].

از آنجایی که کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها بر کیفیت میوه‌ها بعد از برداشت موثر می‌باشد ولی کاربرد همزمان پلی‌آمین به همراه کایتوزان می‌تواند کیفیت میوه را بهبود بخشد. با توجه به اینکه پوست نرم میوه پسته تر از مقدار ترکیبات فنلی بالایی برخوردار است لذا با افزایش مدت زمان انبارمانی، تغییر در ترکیبات فنلی طی انبار امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. تغییر در ترکیبات فنلی سبب ایجاد بافت قهوه‌ای در پوست نرم پسته می-شود. بنابراین هدف از انجام این آزمایش بررسی اثرات توأم کاربرد پلی‌آمین و کیتوزان بر کنترل فرآیند قهوه‌ای شدن و حفظ ارزش غذایی پسته تر می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- نحوه اجرای آزمایش

در اول شهریور سال ۱۳۹۵ (۲۰ روز قبل از برداشت احتمالی) محلول‌پاشی‌های پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین هر کدام با غلظت ۱ میلی‌مولار و شاهد تا مرحله آب چکان درخت انجام شد. در زمان برداشت میوه‌ها به‌صورت تصادفی از تمام قسمت‌های درختان برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از جداسازی و یکنواخت شدن نمونه‌ها با تیمار کایتوزان نوع متوسط به روش برس‌زنی با غلظت ۱ درصد و صفر پوشش‌دهی شدند، در نهایت میوه‌ها در ظروف پلاستیکی شفاف با جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی‌شده که در هر واحد آزمایشی حدود ۱۵۰ گرم پسته تازه قرار گرفت و در سردخانه با دمای ۱±۲درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۹۰٪ قرار گرفتند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی شامل سه فاکتور محلول‌پاشی قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها شامل کاربرد پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین هر کدام با غلظت ۱ میلی‌مولار به‌عنوان فاکتور اول و استفاده از کایتوزان که شامل میوه‌های بدون پوشش و پوشش‌دار کردن یک درصد کایتوزان به‌عنوان فاکتور دوم و زمان اندازه‌گیری شامل روز اول (صفر)، ۲۰ و ٤۰ روز به‌عنوان فاکتور سوم با سه تکرار در مجموع ۱۲ درخت اجرا گردید.

در پایان هر کدام از دوره‌های انبارمانی، صفات کیفی همچون ترکیبات فنلی کل در مغز و پوست‌تر، فعالیت ضداکسیداسیونی در مغز، فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز پوست‌تر، آنتوسیانین پوست تر، درصد رطوبت پوست، رنگ پوست‌تر و درصد قهوه‌ای شدن اندازه‌گیری شد.

۲-۲- ترکیبات فنلی کل در مغز و پوست و فعالیت ضداکسیداسیونی در مغز پسته

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

به‌منظور اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل و فعالیت ضداکسیداسیونی ابتدا عصاره‌گیری از میوه با بافر فسفات که از محلول‌های K_2HPO_4 و KH_2PO_4 با پ‌هاش ۷/۸ تهیه می‌شود، انجام شد. برای اندازه‌گیری ترکیبات 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 رقیق‌شده و پس از ورتکس به‌مدت ۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس میزان جذب نور با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان ترکیبات فنلی با استفاده از استاندارد گالیک اسید ۱ میلی‌مولار برحسب معادل میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه محاسبه گردید [۲۳].

تعیین فعالیت ضداکسیداسیونی با استفاده از DPPH به‌روش شرح داده‌شده توسط [۲٤] انجام شد. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره مغز پسته با ۹۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH 500 میکرومولار در اتانول آمیخته شد و به‌شدت توسط دستگاه ورتکس تکان داده شد و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت. نمونه شاهد هم به همین صورت تهیه شد ولی با این تفاوت که به‌جای عصاره از متانول استفاده گردید. میزان جذب از محلول به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد . واکنش آمیخته بدون DPPH برای تصحیح ماده زمینه استفاده شد. با استفاده از فرمول زیر درصد فعالیت ضداکسیداسیونی محاسبه شد:

$$\text{فعالیت ضداکسیداسیونی} = 1 - \frac{(\text{عدد نمونه} - \text{عدد ضریب تصحیح})}{\text{عدد کنترل}} \times 100$$

عدد ضریب تصحیح: عدد قرائت‌شده مربوط به آمیخته حاوی عصاره و اتانول

عدد نمونه: عدد قرائت‌شده مربوط به آمیخته حاوی عصاره و DPPH

عدد کنترل: عدد قرائت‌شده مربوط به آمیخته حاوی متانول و DPPH

۲-۳- آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در پوست تر

به‌منظور فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز از پیروگالل به‌عنوان پیش‌ماده آنزیم استفاده شد. در این واکنش مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=7)، 200 میکرولیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول‌موج ٤۲۰ نانومتر و بعد از سه دقیقه خوانده شد. فعالیت آنزیمی برحسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلی‌گرم) موجود در ۱۰۰میکرولیتر عصاره به‌دست‌آمده از روش [۲۵] محاسبه گردید.

۲-٤- آنتوسیانین پوست تر

به‌منظور اندازه‌گیری آنتوسیانین کل ابتدا ۵ گرم از بافت پوست‌تر به‌همراه ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسیکلریدریک خالص به نسبت حجمی ۹۹ به ۱) داخل لوله فالکن ۵۰ ریخته و توسط و سپس توسط دستگاه -ULTRA TURRAXمدل IKT18 basic ساییده تا به‌صورت توده یکنواختی درآید و بعداز آن مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰دقیقه با دور (4500 rpm) سانتریفیوژ شدند؛ و فاز رویی آن در لوله‌های آزمایش ریخته شد. سپس ۱میلی‌لیتر از عصاره به‌همراه ٤ میلی‌لیتر از بافر (pH=1) HCL-KCl و بافر استات (pH=4.5) ریخته و سپس میزان جذب نور دو محلول با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80 UV/VIS Spectrometer PG Instruments Ltd در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

جذبA = (A520pH1-A700pH1) – (A520pH4.5-A700pH4.5)

آنتوسیانین کل (mg/L)= (A/30.200a) (103) (433.2b) (15c)

a = molar extinction conefficient of Cyd-3-gal (Idaein)

b = Cyd-3-gal (Idaein) molecular Weight

c = dilution factor

۲-۵- درصد رطوبت پوست

بعد از جدا سازی پوست رویی از میوه، وزن پوست رویی هر واحد آزمایش توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. با استفاده از آون، نمونه‌ها خشک شدند و دوباره وزن آن‌ها مشخص شد. سپس محاسبه درصد کاهش وزن از طریق فرمول زیر انجام شد [۲۲].

رطوبت (٪) = (وزن نمونه پیش از خشک‌کردن –وزن نمونه پس از خشک‌کردن/ وزن نمونه پیش از خشک‌کردن)×۱۰۰

رنگ

به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ با استفاده از دستگاه کروماتر (Konica Minolta CR 400, Japan) رنگ ۳

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

قسمت مختلف (مغز، پوست رویی و پوست استخوانی) از سطح ۱۰ میوه از هر تکرار قرائت گردید. دستگاه رنگ‌سنج رنگ را به‌صورت سه شاخص ارائه می‌دهد. شاخص L نشان‌دهنده‌ی میزان درخشندگی (روشنایی) رنگ پوست میوه است و میزان آن از صفر (سیاه) تا ۱۰۰(سفید) متغیر است. دامنه تغییرات شاخص aاز ۶۰+ (قرمز) تا ۶۰- (سبز) است، میزان رنگ سبز از ۶۰- و میزان رنگ قرمز از ۶۰+ به سمت مرکز دیاگرام رنگ (صفر) کاهش می‌یابد. دامنه تغییرات شاخص b از ۶۰+ (زرد) تا ۶۰- (آبی) به سمت مرکز دیاگرام رنگ (صفر) کاهش می‌یابد(۲۶). شاخص Chroma شدت و یا خلوص رنگ را مشخص می‌کند و میزان آن در مرکز دیاگرام رنگ صفر است و بلافاصله از مرکز افزایش می‌یابد. شاخص‌های Chroma و Hue angle با استفاده از فرمول‌های زیر قابل‌محاسبه است [۲۷].

$$C = (a^2 + b^2)\ ½$$

$$\text{hue angle } (h°) = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

۲-۶- آنالیز آماری

در پایان آزمایش داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد با آزمون LSD محاسبه گردید. رسم نمودارها نیز به‌وسیله نرم‌افزار اکسل صورت پذیرفت.

۳- نتایج

۳-۱- ترکیبات فنلی پوست

ترکیبات فنلی پوست میوه پسته تر به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمار پلی‌آمین، کایتوزان، زمان انبارمانی و برهمکنش بین آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها از مقدار ترکیبات فنلی بیشتری نسبت به میوه‌های بدون تیمار برخوردار بودند و در این بین تیمار پوتریسین از بیشترین مقدار ترکیبات فنلی پوست برخوردار بود. نتایج همچنین نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی پوست طی انبارمانی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و تغییرات مقدار ترکیبات فنلی پوست میوه‌های پوشش‌دار شده با کایتوزان طی دوره انبارمانی نسبت به میوه‌های پوشش‌دار نشده کمتر بود. نتایج همچنین حاکی از آن است که بیشترین مقدار ترکیبات فنلی پوست در میوه‌های تیمار شده با پوتریسین در روز اول انبارمانی و بدون پوشش کایتوزان مشاهده گردید درحالی‌که کم‌ترین مقدار ترکیبات فنلی پوست در میوه‌های بدون تیمار پلی‌آمین و بدون پوشش کایتوزان ۴۰ روز بعد از انبارمانی مشاهده گردید (شکل ۱).

Table 1 ANOVA Interaction of polyamine and chitosan on hull phenolic compounds, kernel phenolic compounds, PPO activity, and antioxidant activity of pistachio fruit during storage

Source of variation	df	Means squares			
		Hull phenolic compounds	Kernel phenolic compounds	PPO activity	Antioxidant activity
Block (B)	2	0.002	0.0006	0.00001	0.0001
Polyamine (P)	3	0.13 **	0.055 **	0.00005 **	0.0006 **
Chitosan (C)	1	0.17 **	0.02 **	0.0002 **	0.08 ns
Storage (S)	2	0.85 **	0.14 **	0.000007 **	0.005 **
P×C	3	0.004 **	0.002 **	0.00003 **	0.0006 **
P×S	6	0.005 **	0.008 **	0.00004 *	0.0003 *
C×S	2	0.01 **	0.002 **	0.00003 **	0.003 ns
P×C×S	6	0.005 **	0.003 **	0.003 **	0.0004 ns
Error	49	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
CV (%)		2.96	3.50	5.42	4.89

** significant (P≤0.01), *-significant (P≤0.05) and ns- not significant (P≤0.05)

۳-۲- ترکیبات فنلی مغز

تیمار پلی‌آمین‌ها، کایتوزان و زمان انبارمانی و برهمکنش بین آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار ترکیبات

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

فنلی مغز داشت. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار ترکیبات فنلی مغز در میوه‌های پوشش‌دار شده با کایتوزان در زمان قبل از انبارمانی که با پوتریسین تیمار شده بودند مشاهده گردید و کم‌ترین مقدار ترکیبات فنلی مغز نیز در زمان اندازه‌گیری ۴۰ روز بعد از انبارمانی که هیچ‌گونه تیماری روی میوه‌ها صورت نگرفته بود مشاهده گردید (شکل ۲).

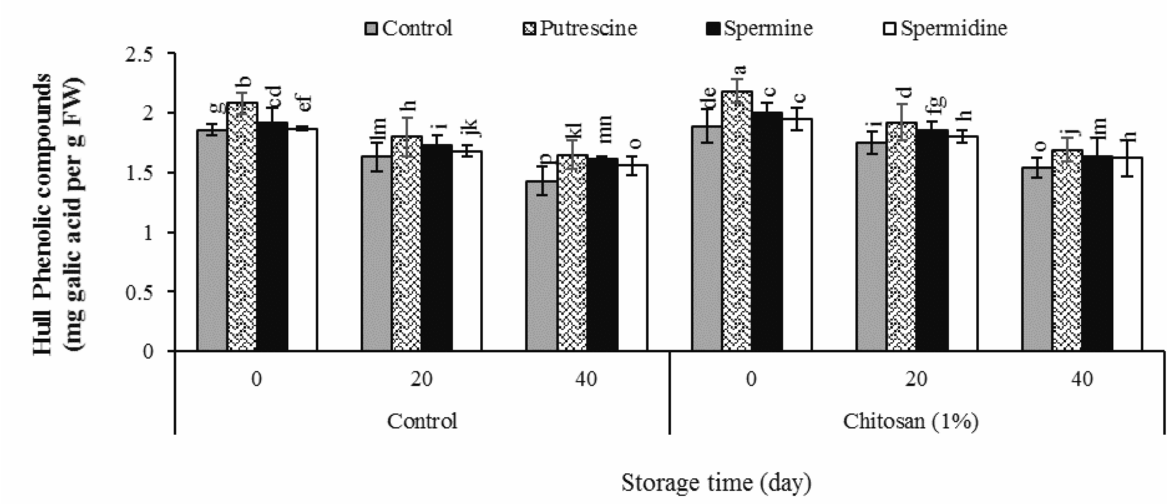

Fig 1 Interaction of polyamine and chitosan on hull phenolic compounds of pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

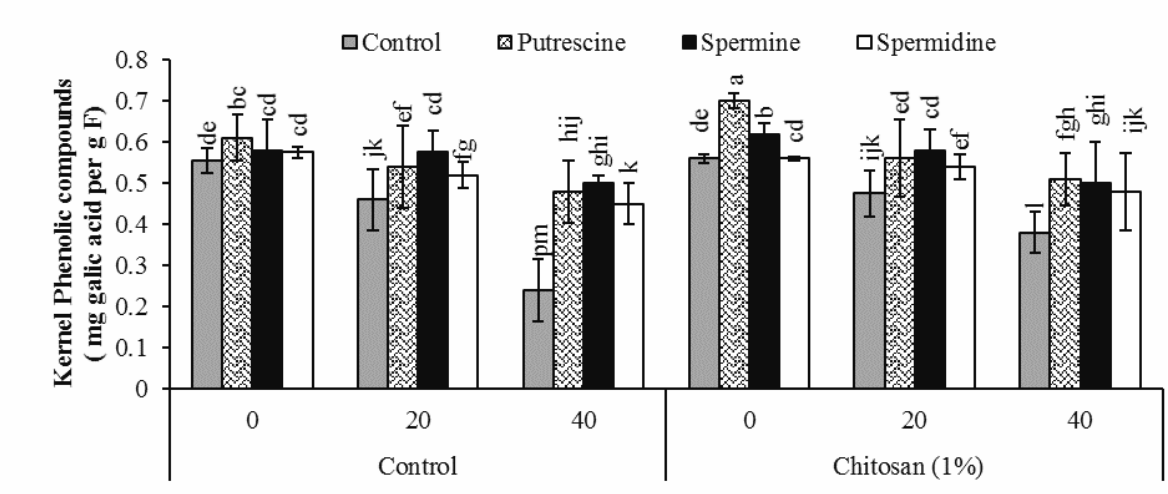

Fig 2 Interaction of polyamine and chitosan on kernel phenolic compounds of pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

۳-۳- فعالیت ضداکسیداسیونی

اثر پلی‌آمین، زمان انبارمانی و اثر متقابل بین آن‌ها بر فعالیت ضداکسیداسیونی معنی‌دار گردید. به‌طوری‌که نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که فعالیت ضداکسیداسیونی مغز پسته طی انبار کاهش پیدا کرد که در این بین میوه‌هایی تیمار شده با پلی‌آمین از فعالیت ضداکسیداسیونی بیشتری در تمام دوره

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

انبارداری برخوردار بودند (شکل A۳). نتایج مقایسه میانگین همچنین نشان داد که در بین پلی‌آمین‌ها، پوتریسین بیشترین تأثیر را بر فعالیت ضداکسیداسیونی مغز داشت و کاربرد کایتوزان اثر پلی‌آمین‌ها را بر فعالیت ضداکسیداسیونی بهبود بخشید (شکل۳ B).

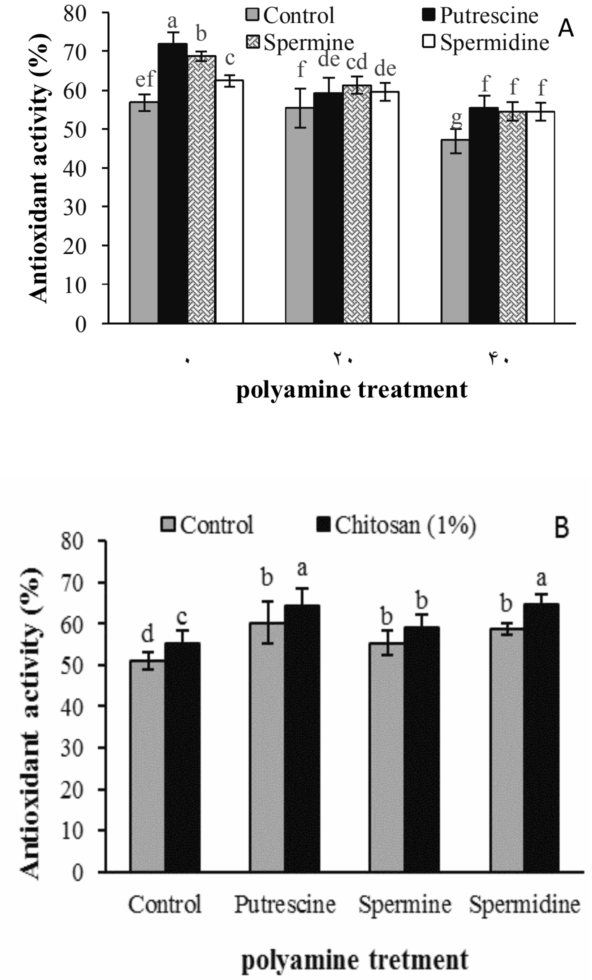

Fig 3 Interaction of polyamine and chitosan on kernel antioxidant activity of pistachio fruit during storage Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

۳-٤- فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز تحت تاثیر تیمار پلی آمین، کایتوزان، زمان انبارمانی و برهمکنش بین آن‌ها قرار گرفت. به‌طوری‌که نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز طی زمان انبارمانی به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد که در این بین میوه‌های که با پلی‌آمین تیمار شده بودند طی انبار از فعالیت آنزیمی کمتری برخوردار بودند. نتایج همچنین نشان داد میوه‌های پوشش‌دار شده با کایتوزان از فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز کمتری نسبت بدون کایتوزان برخوردار بود (شکل ٤).

۳-۵- آنتوسیانین

تیمار کاربرد کایتوزان، پلی‌آمین‌ها و زمان انبارمانی و برهمکنش بین آن‌ها بر مقدار آنتوسیانین کل معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که کاربرد پوتریسین سبب افزایش مقدار آنتوسیانین پوست گردید درحالی‌که کاربرد اسپرمین و اسپرمیدین سبب کاهش مقدار آنتوسیانین نسبت به تیمار شاهد در زمان قبل از انبارداری گردید. ولی مقدار آنتوسیانین پوست میوه‌هایی که با پلی‌آمین‌ها تیمار شده بودند
تغییرات کمتری نسبت به تیمار شاهد نشان داد. کاربرد کایتوزان نیز همچنین سبب کاهش تغییرات آنتوسیانین پوست پسته نسبت به میوه‌های شاهد گردید. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها همچنین نشان داد که بیشترین مقدار آنتوسیانین پوست در میوه-های تیمار شده با پوتریسین و کایتوزان در روز اول اندازه‌گیری مشاهده شد و کمترین مقدار آنتوسیانین در میوه‌های تیمار شده با اسپرمین و بدون کایتوزان ٤۰ روز بعداز انبارمانی مشاهده گردید (شکل ۵).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

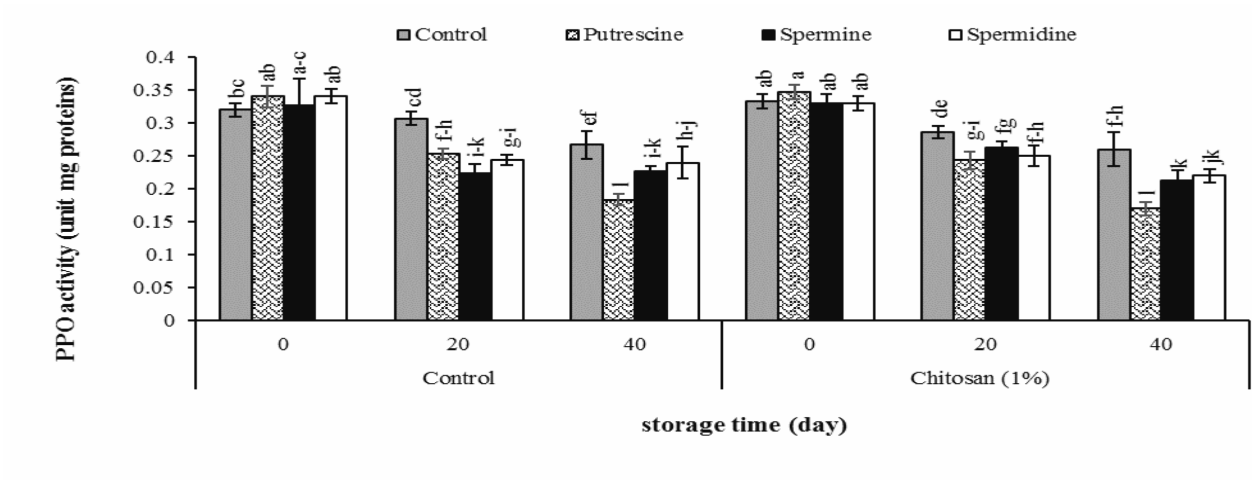

Fig 4 Interaction of polyamine and chitosan on PPO activity of pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

Table 2 ANOVA Interaction of polyamine and chitosan on hull anthocyanin, L* index, Chroma index, hue index and hull water content of pistachio fruit during storage

Source of variation	df	Means squares				
		Anthocyanin	L* index	Chroma index	Hhue index	Hull water
Block (B)	2	0.00001	26.04	4.74	0.00001	29.81
Polyamine (P)	3	0.00005**	0.05 ns	2.72 ns	0.0001 ns	75.28 **
Chitosan (C)	1	0.0002 **	822.79 **	377.37 **	0.02 **	262.88 **
Storage (S)	2	0.000007**	10.39 ns	119.43 **	0.0004 **	141.39 **
P×C	3	0.00003 **	31.35 nc	6.60 **	0.0006 ns	32.36 **
P×S	6	0.00004 *	26.54 ns	10.98 **	0.0001 ns	2.08ns
C×S	2	0.00003 **	28.63 ns	3.86 **	0.0001 **	8.76 *
P×C×S	6	0.003 **	77.77 **	3.74 **	0.00004 ns	5.28*
Error	49	0.0003	23.82	1.66	0.000007	2.92
CV (%)		5.42	12.18	3.70	2.52	5.42

** – significant (P≤0.01), *-significant (P≤0.05) and ns- not significant (P≤0.05)

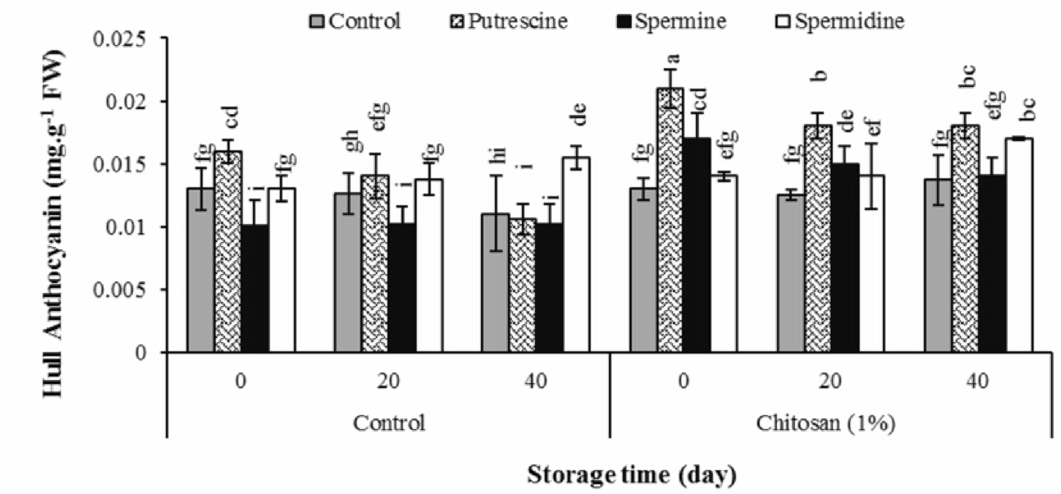

Fig 5 Interaction of polyamine and chitosan on hull anthocyanin content of pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

۳-۶- درصد رطوبت پوست

نتایج تجزیه واریانس بین تیمارها حاکی از آن بود که اثر کایتوزان، پلی‌آمین و زمان انبارداری و برهمکنش بین آن‌ها و اثرات سه‌گانه بین آن‌ها بر درصد رطوبت پوست معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که میوه‌های تیمار شده با محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها از مقدار رطوبت پوست بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده طی انبارمانی برخوردار بودند و در این بین محلول‌پاشی پوتریسین تأثیر بیشتری بر درصد رطوبت پوست نسبت به اسپرمین و اسپرمیدین طی انبارمانی داشت. نتایج همچنین حاکی از آن بود که با افزایش زمان انبارمانی رطوبت پوست کاهش یافت و در این بین میوه‌هایی که با کایتوزان پوشش داده‌شده بودند از مقدار رطوبت بیشتری نسبت به میوه‌هایی که پوشش داده نشده بودند، برخوردار بودند (شکل ٦).

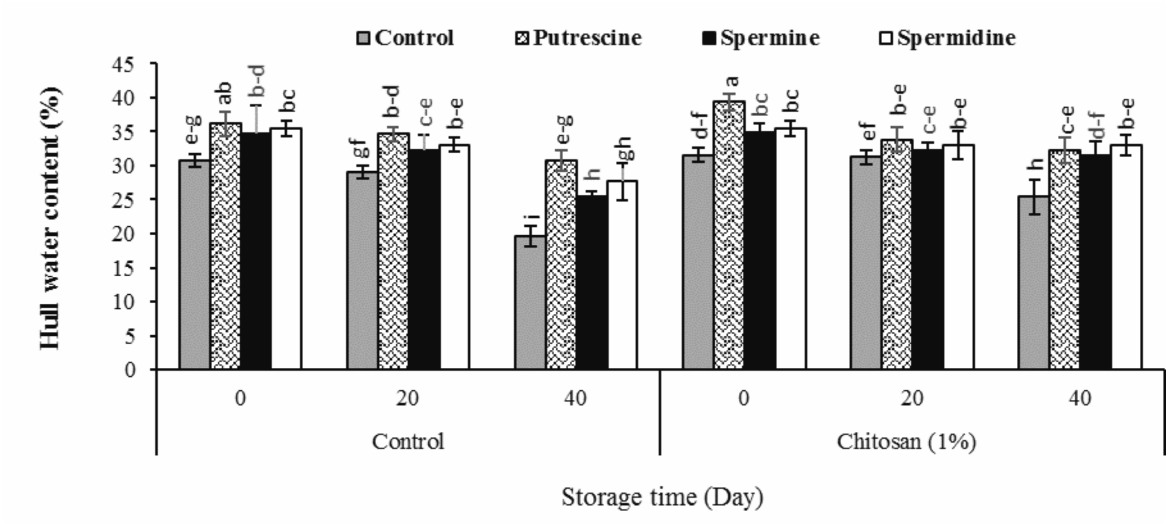

Fig 6 Interaction of application polyamine and chitosan coating on hull water content of pistachio fruit during storage

Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

۳-۷- شاخص رنگ پوست نرم پسته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده کایتوزان و اثر سه‌گانه کایتوزان، پلی‌آمین‌ها و زمان انبارمانی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص درخشندگی پوست نرم میوه پسته داشت. نتایج تجزیه واریانس بین تیمارها کاربرد کایتوزان و زمان انبارمانی و برهمکنش بین آن‌ها و اثرات سه‌گانه بر شاخص کرومای پوست نرم معنی‌دار گردید. همچنین شاخص هیو پوست نرم میوه‌های پسته تحت تأثیر اثرات ساده کایتوزان، زمان انبارمانی و برهمکنش بین کایتوزان و زمان انبارمانی قرار گرفت. درحالی‌که اثر ساده کاربرد پلی‌آمین‌ها و برهمکنش بین پلی‌آمین و زمان انبارمانی، برهمکنش زمان انبارمانی و کایتوزان و اثرات سه‌گانه آن‌ها بر شاخص هیو معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها از شاخص درخشندگی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده در ٤٠ روز بعداز انباری برخوردار بودند درحالی‌که در روز اول انبارمانی و ۲۰ روز بعداز انبارمانی تفاوت معنی‌داری بین کاربرد پلی‌آمین‌ها و تیمار شاهد مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که شاخص درخشندگی پوست طی دوره انبارمانی کاهش پیدا کرد و کاربرد کایتوزان سبب کاهش تغییرات شاخص درخشندگی طی انبارداری شدند (شکل ۷).

نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که بیشترین شاخص کروما در زمان قبل از انبارمانی که با پوتریسین تیمار شده بودند مشاهده گردید و کمترین شاخص کرومای پوست نرم نیز در زمان اندازه‌گیری ٤٠ روز بعدازآنبارمانی که هیچ‌گونه تیماری روی آن‌ها صورت نگرفته بود مشاهده شد (شکل ۸).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص هیو پوست نرم طی زمان‌های ۲۰ و ٤٠ روز اندازه‌گیری بعداز انبارمانی به ترتیب حدود ۷ و ۹ درصد کاهش پیدا کرد. درحالی‌که کاربرد کایتوزان در زمان ۲۰ روز بعداز انبارمانی از شاخص هیو بیشتری نسبت به میوه‌های بدون پوشش برخوردار بودند ولی تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های پوشش داده‌شده با کایتوزان و بدون پوشش در زمان‌های صفر و ٤٠ روز انبارمانی مشاهده نشد (شکل ۹).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

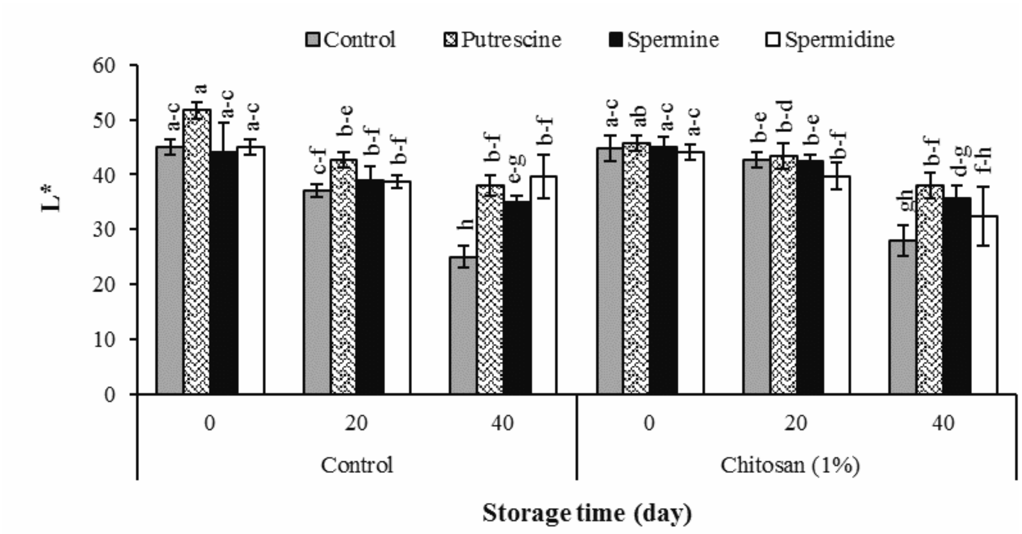

Fig 7 Interaction of polyamine and chitosan on L* index of hull pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

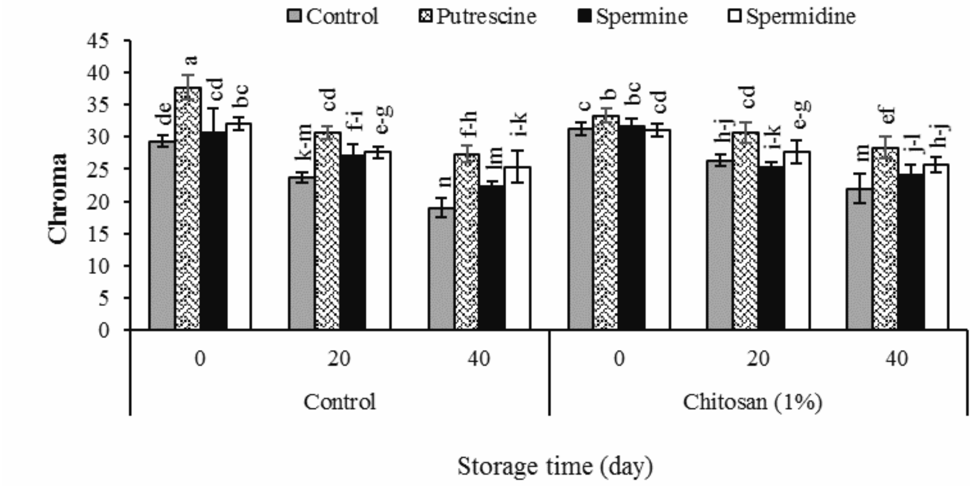

Fig 8 Interaction of polyamine and chitosan on Chroma index of hull pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD)

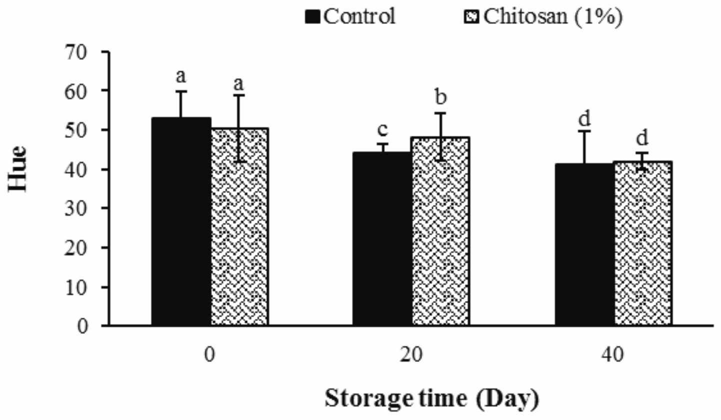

Fig 9 Effect of chitosan and storage time on hue index of hull pistachio fruit
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

۳-۸- میزان قهوه‌ای شدن

نتایج نشان داد بیشترین درصد قهوه‌ای شدن در میوه‌هایی که هیچ‌گونه تیماری نشده بودند مشاهده گردید. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد اسپرمین و اسپرمیدین به‌طور قابل توجهی سبب کاهش میزان قهوه‌ای شدن گردید (شکل ۱۱).

Table 3 ANOVA Effect of polyamine and chitosan on percentage of pistachio fruit browning

Source of variation	df	Means squares
		Fruit browning
Polyamine (P)	2	639.67**
Chitosan (C)	1	474.72**
P×C	2	55.31*
Error	12	12.81
CV (%)		9.53

** – significant (P≤0.01), *-significant (P≤0.05) and ns- not significant (P≤0.05)

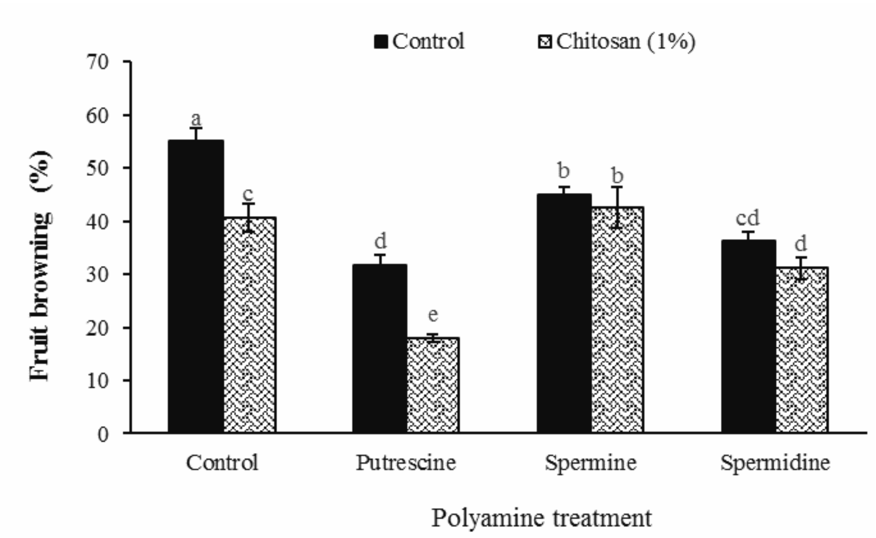

Fig 11 Effect of polyamine and chitosan on percentage of pistachio fruit browning
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at P ≥ 0.05 (LSD).

٤- بحث

بررسی‌ها نشان داده است که مغز پسته سرشار از ترکیبات فنلی و آنتوسیانین است که فعالیت ضداکسیداسیونی بالایی دارد [۳]. به‌طورکلی از مهم‌ترین ترکیباتی که در مغز پسته دارای فعالیت ضد اکسیدان هستند می‌توان به ترکیبات فنلی، آنتوسیانین، لوتئین، کلروفیل، فئوفیتین، آلفا-توکوفرول و برخی ترکیبات فلاونوئید اشاره کرد [٤]. گزارش شده است که یک رابطه مثبت و معنی‌داری بین ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی وجود دارد [۸]. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد؛ و میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها از مقدار ترکیبات فنلی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده برخوردار بودند. کاهش در مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی طی انبار روی میوه‌های مرکبات [۲۸] و توت‌فرنگی [۲۹] نیز گزارش‌شده است.که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج یک بررسی روی میوه انگور نشان داد که ترکیبات فنلی موجود در میوه انگور طی انبار کاهش پیدا کرد و کاربرد پلی‌آمین‌ها و کایتوزان سبب حفظ ترکیبات فنلی در شرایط انبار گردید و میوه‌های انگور که با پلی‌آمین پوتریسین و کایتوزان تیمار شده بودند حاوی ترکیبات فنلی بیشتری بودند [۲۰] کاهش ترکیبات فنلی طی انبار به‌دلیل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

کاهش مقدار درونی پلی‌آمین‌ها در بافت میوه بود که یک همبستگی مثبتی با افزایش مقدار اتیلن داشت و میوه‌های که با پلی‌آمین‌ها تیمار شده بودند از مقدار از تولید اتیلن کمتری برخوردار بود [۳۰]. افزایش تولید اتیلن به‌واسطه کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز سبب کاهش ترکیبات فنلی گردید [۳۱]. میردهقان و رحیمی [۳۲] در یک بررسی انجام‌شده روی دو رقم انگور در ارتباط با محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها نشان دادند که مقدار ترکیبات فنلی در میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده در شرایط انبار بیشتر بود. کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها به‌واسطه تأثیر پلی‌آمین‌ها بر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمینولیاز است که در سنتز ترکیبات فنلی نقش دارد [۳۳]. نتایج این آزمایش نشان داد که میوه‌های پوشش‌داده شده با کایتوزان از مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی بیشتری برخوردار است، که با نتایج انجام‌شده در ارتباط با کاربرد کایتوزان روی میوه انار و بالا بودن مقدار ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی در میوه‌های پوشش‌داده‌شده با کایتوزان نسبت به میوه‌های پوشش داده نشده مطابقت دارد [۳۴]. کاهش در فعالیت ضداکسیداسیونی به‌دلیل کاهش در مقدار ترکیبات فنلی، رنگدانه‌ها و آنتوسیانین است.

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز پسته تر نگهداری شده در شرایط انبار به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد؛ که این نتایج با نتایج روی زردآلو [۳۵] و آناناس [۳۶] مبنی بر کاهش فعالیت آنزیم طی دوره انبارمانی مطابقت دارد. فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در بافت میوه بستگی به عوامل زیادی نظیر مرحله رشد میوه و میزان رسیده بودن میوه، دما، میزان اکسیژن در دسترس، میزان اسید اسکوربیک و همچنین pH دارد [۳۶]. نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نیز نشان داد که میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین از فعالیت آنزیمی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده برخوردار بودند، با نتایج کوشش‌صبا و همکاران [۳۱] روی میوه زردآلو مطابقت دارد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق میوه‌های پوشش داده‌شده با کایتوزان از فعالیت آنزیم بیشتری نسبت به میوه‌های پوشش داده نشده طی انبار برخوردار بودند. قاسم‌زاده و همکاران [۳۷] در یک بررسی در ارتباط با پوشش‌دار کردن میوه‌های انار نشان دادند که کایتوزان سبب کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در شرایط انبار گردید که مغایر با نتایج این پژوهش است. کاربرد کایتوزان روی میوه گوجه‌فرنگی سبب حفظ فعالیت پلی‌فنل اکسیداز در شرایط انبار گردید [۳۰] که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

سیانیدین-۳-گالاکتوزیداز یکی از عمده‌ترین آنتوسیانین‌های موجود در مغز پسته است. نتایج پژوهش حاضر با بررسی اثر برخی از پلی‌آمین‌ها روی میوه انار مطابقت داشت، به‌گونه‌ای که میوه‌های تیمار شده با پوتریسین و اسپرمیدین مقدار آنتوسیانین و ترکیبات فنلی بیشتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند [۱۳]. نتایج مشابه دیگری در ارتباط با کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها بر مقدار آنتوسیانین میوه آلو صورت گرفته است [۳۸]. به‌طورکلی کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق تأثیر بر بیان ژن-های دخیل در بیوسنتز ترکیبات فنلی و آنتوسیانین نظیر فنیل-آلانین آمونیالیاز[7] و چالکون ایزومراز[8] سبب افزایش مقدار ترکیبات فنلی و یا آنتوسیانین می‌شوند [۳۹]. کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق کاهش پیری میوه و همچنین کاهش تنفس و تولید اتیلن در اواخر دوره رشد میوه از نرم شدن جلوگیری می‌کند که این امر سبب می‌شود که تجزیه ترکیبات فنلی ازجمله آنتوسیانین کاهش یابد [۳۸]. نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که میوه‌های پوشش داده‌شده با کایتوزان از مقدار بیشتر آنتوسیانین نسبت به میوه‌های پوشش نداده شده برخوردار بود؛ که این نتایج با نتایج انجام‌شده روی میوه لیچی[۴۰] و توت‌فرنگی[۴۱] مطابقت دارد. با توجه به نتایج این تحقیق بالا بودن مقدار آنتوسیانین در میوه‌های پوشش‌دار شده می‌تواند به‌دلیل نقش این ماده در حفظ بیشتر آب میوه و همچنین کاهش تبخیر و تعرق و حفظ سفتی میوه طی انبار باشد؛ بنابراین کایتوزان با ایجاد حفظ بیشتر رطوبت میوه میوه سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات فنلی و همچنین حفظ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نظیر پلی‌فنل اکسیداز است [۴۱]. کاربرد کایتوزان همچنین سبب کاهش مقدار اکسیژن در سطح میوه می‌گردد که این امر سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده آنتوسیانین می‌گردد [۴۲].

کاهش آب یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت محصولات است [۴۳]. به‌طورمعمول کاهش وزن در طول دوره انبارداری میوه به‌دلیل آب به‌واسطه‌ی فرآیند تبخیر [۴۴] و تعرق [۴۳] از سطح میوه اتفاق می‌افتد. باگذشت زمان و تشدید تبخیر و تعرق به‌دلیل عدم یکسان بودن فشار بخارآب در فضای بین‌سلولی بافت‌ها و اتمسفر احاطه‌کننده‌ی میوه از یک‌سو و نیز تشدید

7. Phenylalanin amonia lyase PAL
8. Chalcone isomerase

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر، کاهش وزن طی زمان امری طبیعی است [٤٤]. نتایج این آزمایش نشان داد که میزان رطوبت پوست نرم میوه‌تر پسته‌های تیمار شده با پلی‌آمین پوتریسین نسبت به میوه‌های تیمار نشده در زمان اول انبارمانی بیشتر بود و با گذشت مدت‌زمان انبارمانی مقدار رطوبت نرم پوست کاهش پیدا کرد که کاهش مقدار رطوبت در میوه‌های تیمار نشده با پلی‌آمین بالاتر بود. در یک بررسی انجام‌شده روی پسته تر نشان داده شد که مقدار رطوبت پسته تر در شرایط انبار کاهش پیدا کرد [٤٥]. همچنین کاربرد قبل از برداشت پوتریسین روی میوه‌های گلابی سبب کاهش از دست دادن آب میوه گردید. این امر به‌دلیل نقش پلی‌آمین‌ها در یکپارچگی فسفولیپیدهای غشا سلولی می‌باشد [٤٦]. همچنین میردهقان و رحیمی [۳۲] در ارتباط با اثر کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها (پوتریسین و اسپرمیدین) بر کاهش وزن انگور نشان دادند که کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها سبب حفظ وزن میوه و کاهش از دست دادن آب میوه طی انبار گردید. نتایج مشابه دیگری در ارتباط با کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها روی کاهش از دست دادن آب روی میوه لیمو [٤٧] و انبه [٤٨] گزارش‌شده است، با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که کاربرد کایتوزان به‌عنوان یک پوشش خوراکی نقش معنی‌داری بر حفظ رطوبت پوست‌تر پسته تازه طی انبار داشت و میوه‌هایی که با کایتوزان تیمار شده بودند از بیشترین مقدار رطوبت پوست برخوردار بودند، که با نتایج انجام شده روی توت‌فرنگی [٤٩] مطابقت دارد. به‌طورکلی کاربرد کایتوزان علاوه بر اینکه از طریق کاهش تبخیر و تعرق از سطح میوه سبب کاهش از دست دادن آب و یا رطوبت میوه می‌شود بلکه از طریق جذب رطوبت میوه، بافت میوه به‌طور شاداب باقی می‌ماند [۲۰]. همچنین کاهش از دست دادن آب میوه در میوه‌های پوشش داده‌شده با کایتوزان به‌دلیل ایجاد یک اتمسفر مرطوب در اطراف میوه است که سبب کاهش نرخ تبخیر و تعرق از بافت میوه می‌شود [٤٩]. از طرف دیگر کاربرد توأم کایتوزان یک درصد و پوتریسین سبب حفظ آب میوه نسبت به میوه‌های تیمار شده با کایتوزان، پلی-آمین و تیمار شاهد گردید [۲۰].

رنگ در میوه و مغز پسته یکی از عوامل مؤثر در افزایش بازار-پسندی محصول است [٥٠]؛ زیرا تشخیص رنگ یکی از پارامترهای مهم برای ارزیابی کیفیت میوه پسته محسوب می-شود [٥٠]؛ بنابراین بر اساس شاخص‌های رنگ پسته، کیفیت ظاهری میوه پسته تر را بر اساس شاخص رنگ پوست نرم نیز مورد ارزیابی قرار می‌دهند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق رنگ پوست نرم۲۰ و ٤۰روز بعد از انبار کاهش پیدا کرد. به‌طورکلی شاخص‌های رنگ میوه ارتباط نزدیکی با مقدار رنگ‌دانه‌های موجود در قسمت پوست نرم و مغز میوه دارد یعنی با کاهش مقدار رنگیزه‌ها سبب تغییر رنگ در بافت میوه می شود به طوری که شاخص هیو که شاخص رسیدگی و پیری میوه را نشان می‌دهد با کاهش مقدار رنگیزه‌ها رنگ میوه از قرمز شفاف به قرمز تیره متمایل می شود که شاخص هیو رنگ نیز کاهش می‌یابد؛ و ازآنجایی‌که مقدار رنگ‌دانه‌های موجود در میوه نظیر آنتوسیانین کاهش پیدا کرد درنتیجه شاخص‌های رنگ نیز در طول دوره انبارمانی نیز دچار تغییر شد به طوری که شاخص هیو از قرمز شفاف به سمت قرمز متمایل به قهوه‌ای تغییر رنگ می دهد که نشان دهند کاهش شاخص درخشندگی و شاخص هیو می‌گردد. بنابراین عواملی که بر مقدار رنگ‌دانه‌های مغز و پوست تأثیرگذار باشند درنتیجه سبب کاهش شاخص‌های رنگ نیز می‌شوند [٥١]. بنابراین کاربرد پلی‌آمین و کایتوزان به‌دلیل نقش آن‌ها در کاهش تولید اتیلن و همچنین کاهش تبخیر و تعرق سبب کاهش تجزیه رنگ‌دانه‌ها می‌شوند و بافت میوه از شاخص‌های رنگ بهتری برخوردار هستند [۳۹].

بر اساس نتایج شاخص قهوه‌ای شدن بیشترین درصد میوه‌های قهوه‌ای در میوه‌های بدون تیمار پلی‌آمین و بدون پوشش کایتوزان مشاهده‌شده است. ازآنجایی‌که تجزیه ترکیبات فنلی و همچنین کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نقش قابل‌توجهی در قهوه‌ای شدن بافت میوه دارند بنابراین بالا بودن درصد میوه-های قهوه‌ای شده در تیمار شاهد به‌دلیل کاهش ترکیبات فنلی و کاهش فعالیت پلی‌فنل اکسیداز نسبت داد. لذا هر عاملی که سبب کاهش حفظ ترکیبات فنلی و مقدار انتوسیانین میوه در شرایط انبار گردد سبب کاهش درصد میوه‌های قهوه‌ای می-گردد.

۵- نتیجه‌گیری کلی

پسته به‌دلیل وجود ترکیبات فنلی و همچنین فعالیت ضداکسیداسیونی مناسب نقش مهمی در سبد کالای غذایی انسان ایفا کرده است. به‌طورکلی کیفیت میوه ممکن است تحت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

تأثیر ژنتیک عوامل قبل از برداشت و بعد از برداشت قرار بگیرد. هرچند عوامل قبل از برداشت نقش مهمی در کیفیت و بالا بردن ترکیبات فنلی میوه پسته دارند ولی حفظ خواص و کیفیت میوه نیز یکی از عوامل مهم در است که تحت تأثیر عوامل پس از برداشت قرار می‌گیرد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که استفاده از پوشش یک درصدی کایتوزان به‌همراه پلی‌آمین‌ها طی انبار سبب حفظ رطوبت، شاخص‌های رنگ پوست نرم، مقدار آنتوسیانین ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی طی مدت‌زمان انبارمانی گردید. که در این بین کاربرد توأم پوتریسین و کایتوزان بیشترین تاثیر را بر حفظ ویژگی پسته تر و کاهش قهوه‌ای شدن طی انبار داشت. لذا محلول‌پاشی قبل از برداشت پسته با پلی‌آمین‌ها به‌ویژه پوتریسین با غلظت ۱ میلی‌مولار و پوشش‌دار کردن پسته با کایتوزان سبب کاهش میزان قهوه‌ای شدن و حفظ ترکیبات زیستی فعال پسته طی ۴۰ روز انبارمانی می‌گردد.

۶- منابع

[1] Serrano, J., Goñi, I. and Saura-Calixto, F. Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. Food Research International 2007; 40(1): 15-21.

[2] Moo-Huchin, V.M., Moo-Huchin, M.I., Estrada-Leon, R.J., Cuevas-Glory, L., Estrada-Mota, I.A., Ortiz-Vázquez, E., Betancur-Ancona, D. and Sauri-Duch, E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. Food chemistry 2015; 166: 17-22.

[3] Saitta, M., Giuffrida, D., Di Bella, G., La Torre, G.L. and Dugo, G.. Compounds with antioxidant properties in pistachio (*Pistacia vera* L.) seeds. Nuts and seeds in health and disease prevention. Academic Press, London 2011; 45(5): 909-918.

[4] Aliakbarkhani, S.T., Farajpour, M., Asadian, A.H., Aalifar, M., Ahmadi, S. and Akbari, M. Variation of nutrients and antioxidant activity in seed and exocarp layer of some Persian pistachio genotypes. Annals of Agricultural Sciences 2017; 1(62):39-44.

[5] Gentile, C., Tesoriere, L., Butera, D., Fazzari, M., Monastero, M., Allegra, M. and Livrea, M. A. Antioxidant activity of Sicilian pistachio (*Pistacia vera* L. var. Bronte) nut extract and its bioactive components. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2007; 55(3): 643-648.

[6] Tomaino, A., Martorana, M., Arcoraci, T., Monteleone, D., Giovinazzo, C. and Saija, A. Antioxidant activity and phenolic profile of pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) seeds and skins. Biochimie 2010; 92(9): 1115-1122.

[7] Khanamani, Z., Mirdehghan, S.H., Shamshiri, M.H. and Hokmabadi, H. The effect of postharvest application of putrescine on quality and shelf life of fresh pistachio cv.'Fandoghi'and 'Kalleghochi'. Iranian Journal of Horticultural Science 2017; 48(1): 99-112.

[8] Chandrasekara, N. and Shahidi, F. Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2011; 59(9): 5006-5014.

[9] Amiot, M. J., Tacchini, M., Aubert, S., & Nicolas, J. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. Journal of Food Science 1992; 57(4): 958–962.

[10] Lozano, J. E., Drudis-Biscari, R., & Ibarz-Ribas, A. Enzymatic browning in apple pulps. Journal of Food Science 1994; 59(3): 564–567.

[11] Ashraf, M. and Harris, P. J. C. Potantioal biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Journal of Plant Scinence 2004; 166(4): 3-16.

[12] Jiang, Y.M. and Chen, F. A study on polyamine change and browning of fruit during cold storage of litchi (L*itchi* chinensis Sonn.). Postharvest Biology and Technology1995; *5*(3): 245-250.

[13] Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Martínez-Romero, D., Guillen, F., Valverde, J.M., Zapata, P.J., Serrano, M. and Valero, D. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. Postharvest Biology and Technology2007; 44(1): 19-25.

[14] Mirdehghan, S. H., Khanamani, Z., Shamshiri, M. H. and Hokmabadi, H. Preharvest lroHar Apprication of Futrescine and spermine on PosfharvresQtu ality of Fiesh pistachio.Proceedings of The VIIth International postharvest Symposium 2013; V. 1: 299-303.

[15] Kumar, M.N.R. A review of chitin and chitosan applications. Reactive and functional polymers 2000; 46(1): 1-27.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

Agricultural and Food Chemistry 2000; 48:4581- 4589.

[25] Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.Analytical Biochemistry 1976; 72(1-2): 248-254.

[26] Esturk, O., Ayhan, Z. and Ustunel, M. A. Modified Atmosphere Packaging of 'Napoleon' Cherry: Effect of Packaging Material and Storag Time on Physical, Chemical, and Sensory Quality. Food Biology Technology 2011;45 (5): 1295-1304.

[27] Yang, T. and Poovaiah, B. W. An early ethylene up-regulated gene encoding a calmodulin-binding protein involved in plant senescence and death. Journal of Biological Chemistry 2000; 275(49): 38467-38473.

[28] Oufedjikh, H., Mahrouz, M., Amiot, M.J. and Lacroix, M. Effect of γ-irradiation on phenolic compounds and phenylalanine ammonia-lyase activity during storage in relation to peel injury from peel of Citrus clementina Hort. Ex. Tanaka. Journal of agricultural and Food Chemistry 200; 48(2): 559-565.

[29] Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A. and Sirichakwal, P.P. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. Journal of Food Composition and Analysis 2008; 21(3): 241-248.

[30] Liu, J., Nada, K., Pang, X., Honda, C., Kitashiba, H. and Moriguchi, T. Role of polyamines in peach fruit development and storage. Tree physiology 2006; 26(6): 791-798.

[31] Koushesh saba, M., Arzani, K. and Barzegar, M. Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. Journal of agricultural and food chemistry 2012; 60(36) : 8947-8953.

[32] Mirdehghan, S. H. and Rahimi, S. Pre-harvest application of polyamines enhances antioxidants and table grape *(Vitis vinifera* L.) quality during postharvest period. Food Chemistry 2016; 196(8): 1040-1047.

[33] Walters, D., Cowley, T. and Mitchell, A. Methyl jasmonate alters polyamine metabolism and induces systemic protection against powdery mildew infection in barley seedlings. Journal of Experimental Botany 2002; 53(369): 747-756.

[16] Pearson, T. C. Separating early split from normal pistachio nuts for removal of nuts contaminated on the tree with aflatoxin. Thesis, Submitted impartial satisfaction of the degree requirements for the degree of master of science in the engineering in the office of the graduate studies of the university of the California davis 1987.

[17] Zhang, D. and Quantick, P.C., 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi* chinensis Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *12*(2), pp.195-202.

[18] Joas, J., Caro, Y., Ducamp, M.N. and Reynes, M. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruit (*Litchi* chinensis Sonn cv KwaiMi) by treatment with chitosan and organic acids. Effect of pH and pericarp dehydration. Postharvest Biology and Technology 2005; 38(2): 128-136.

[19] Gabriela, M., Saavedraa, A., Nicolas, E., Figueroaa, Leticia, A., Pobletea, Cherianb, S., Carlos R. and Figueroac, D. Effects of preharvest applications of methyl jasmonate and chitosan on postharvest decay, quality and chemical attributes of Fragaria chiloensis fruit. Food Chemistry 2016; 190(3): 448–453.

[20] Shiri, Mohammad Ali, Mahmood Ghasemnezhad, Davood Bakhshi, and Hasan Sarikhani. 2013. effect of postharvest putrescine application and chitosan coating on maintaining quality of table grape cv.“shahroudi” during long□term storage." Journal of Food Processing and Preservation 2013; 37(5): 999-1007.

[21] Babalar, M., Asgarpour, A. and Asgari, M. A. The Effect of Pre and Postharvest Treatment of Salicylic Acid and Putrescine on Some Fruit Quality of Granny Smith Apple. Journal of Horticultural Science 2015; 28(4): 479-486.

[22] Joslyn, M.. Methods in food analysis: physical, chemical, and instrumental methods of analysis 1970; (9). Academic Press.

[23] Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y. and Gonzalez-Aguilar, G. A. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. LWT-Food Science and Technology 2004; 37(7): 687-695.

[24] Gil, M., and Tomas, B. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

[34] Meighani, H., Ghasemnezhad, M. and Bakhshi, D. Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. Journal of food science and technology 2015; 52(7): 4507-4514.

[35] Vanini, L.S., Kwiatkowski, A. and Clemente, E. Polyphenoloxidase and peroxidase in avocado pulp (Persea americana Mill.). Food Science and Technology 2010; 30(2): 525-531.

[36] Othman, O.C. Polyphenoloxidase and Perioxidase Activity During Open Air Ripening Storage of Pineapple (*Ananas comosus* L.), Mango (*Mangifera indica* L.) and Papaya (*Carica papaya* L) Fruits Grown in Dar es Salaam, Tanzania. Tanzania Journal of Science 2012; 38(3): 84-94.

[37] Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M. and Sajedi, R.H. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature. Journal of the Science of Food and Agriculture 2013; 93(3): 368-374.

[38] Khan, A.S., Singh, Z. and Abbasi, N.A. Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in 'Angelino'plum. Postharvest Biology and Technology 2007; 46(1): 36-46.

[39] Vicente, A. R., Repice, B., Martiinez, G. A., Chaves, A. R., Civello, P. M and Sozzi, G. O. Maintenance of fresh boysenberry fruit quality with UV-C light and heat treatments combined with low storage temperature. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 2004; 79(5): 246-251.

[40] Jiang, Y., Li, J. and Jiang, W. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. LWT-food Science and Technology 2005; 38(7): 757-761.

[41] Wang, S.Y. and Gao, H. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa Duch.*). LWT-Food Science and Technology 2013; 52(2): 71-79.

[42] Zhang, D. and Quantick, P.C. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 1998; 73(6): 763-767.

[43] Almenar, E., Catala, R., Hernandez-Mounoz, P. and Gavara, R. Optimization of an active package for wild strawberries based on the release Of 2-nonanone. LWT-Food Science and Technology 2009; 46(8): 201-211.

[44] Gao, P., Zhu, z. and Zhang, p. Effects of chitosan- glucose complex coation on postharvest guality and shelf life of table grapes. Carbohydrate Polymers 2013; 95(5): 371-378.

[45] Nazoori, F., Kalantari, S., Koraki, N., Talaie, A. and Javanshah, A. Effect of harvest time, processing type and storage condition on preservation fresh and dried pistachios nuts. Journal of crop improvement 2015; 16(4): 795-807

[46] Hosseini, M.S., Fakhar, Z., Babalar, M. and Askari, M.A. Effect of pre-harvest putrescine treatment on quality and postharvest life of pear cv. Spadona. Advances in Horticultural Science 2017; 31(1): 11-17.

[47] Valero D., Martínez-Romero, D., Serrano, M. and Riquelme, F. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burm Cv. Verna). Journal of Agricultural and Food Chemistry 1998; 46(6) 2102-2109.

[48] Malik, A. U. and Singh, Z. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. Scientia Horticulturae 2006; 110(4): 167-174.

[49] Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D. and Gavara, R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry 2008; 110(3): 428-435.

[50] Bellomo, M.G. and Fallico, B. Anthocyanins, chlorophylls and xanthophylls in pistachio nuts (*Pistacia vera* L.) of different geographic origin. Journal of Food Composition and Analysis 2007; 20(3): 352-359.

[51] Mirdehghan, S. H., Khanamani, Z., Shamshiri, M. H. and Hokmabadi, H. Preharvest foliar application of putrescine and spermine on postharvest quality of fresh pistachio. In VII International Postharvest Symposium 2012; 1012(3): 299-303.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

Combined application of polyamines and chitosan on bioactive compound and browning of fresh pistachio

Barzaman, M. [1]**, Mirdehghan, S. H.** [2*]**, Nazoori, F.**[3]

1. MS.C student, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr university, Rafsanjan, Iran
2. Professor, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr university, Rafsanjan, Iran
3. Assistant professor, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr university of Rafsanjan, Iran

Fresh pistachio plays an important role in our diet due to phenolic compounds and antioxidant potential. Browning is one of the main problems of fresh pistachio fruits. Therefore, to maintain the quality of pistachio fruit and evaluation of fruits color changes and browning an experiment was conducted as block completely randomizes design as factorial with three factors: perharvest polyamines forms applications: putrescine, spermidine, and spermine at 1 mM; chitosan (0 and 1%) and storage periods (0, 20 and 40 days of storage) with three replications on 'Akbari' cultivar. In this study fruits and hull water, hull and shell indices, pigments, hull and kernel phenolic compounds, polyphenol oxidase and antioxidant activity were measured. The results showed that hull and kernel phenolic compounds, polyphenol oxidase, antioxidant activity, anthocyanin, hull water, hull color indices were decreased during storage period and perharvested application of polyamines maintained these traits during storage. Among polyamines, putrescine had the highest influence on these traits compared to spermidine and spermine. The results also showed that chitosan application also maintains hull and kernel phenolic compounds, polyphenol oxidase, antioxidant activity, anthocyanin, hull water, hull color indices in pistachio treated-fruits and untreated-fruits with polyamines during storage. The results also indicated that combined application of putrescine and chitosan had the greatest effect on maintaining pistachio characteristics and reducing the percentage of fruits browning during storage. Therefore, according to the results of this study, the use of putrescine with a concentration of 1 mM before harvest following chitosan coating can plays an important role in maintaining the quality of fresh pistachio fruit during 40 days of storage.

Keyword: Antioxidant activity, Phenolic compounds, Polyphenol oxidase, Storage.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-01]

* Corresponding Author E-Mail Address: mirdehghan@vru.ac.ir