

کاربرد توأم پلی آمین 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 ولی عصر (عج) رفسنجان

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

۳- استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی عصر (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 به صورت فاکتوریل با سه فاکتور محلول پاشی پلی آمین (شاهد، پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین) هر کدام به غلظت ۱ میلی مولار 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 پلی فنل 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 پلی فنل اکسیداز، آنتوسیانین پوست، رطوبت و شاخص‌های رنگ پوست نرم با افزایش زمان انبارمانی کاهش یافت و کاربرد پلی آمین 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 پلی آمین‌ها طی انبار سبب حفظ رطوبت، شاخص‌های رنگ پوست نرم، مقدار آنتوسیانین ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی طی مدت زمان 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 محلول پاشی قبل از برداشت پسته با پلی آمین‌ها به‌ویژه پوتریسین با غلظت ۱ میلی مولار 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 پلی فنل اکسیداز، انبارمانی، ترکیبات فنلی، فعالیت ضداکسیداسیونی

*مسئول مکاتبات: mirdehghan@vru.ac.ir

۱- مقدمه

ترکیبات فنلی به فنل‌های ساده، اسیدهای فنلیک، مشتقات هیدروکسی‌سینامیک و فلاونوئیدها طبقه‌بندی می‌شوند که به عنوان ترکیبات ضد اکسیدان قوی مطرح شده است [۱]. در دهه‌های اخیر علاقه محققین به بررسی حضور ترکیبات ضد اکسیداسیونی در محصولات کشاورزی به دلیل نقش آن‌ها در پیشگیری از بیماری‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. در واقع ضد اکسیدان‌ها از فرآیند اکسیداسیون که از عوامل بروز بیماری‌هایی همچون سرطان است پیشگیری کرده و از این جهت اثرات خود را بر سلامت انسان‌ها می‌گذارند [۲]. بررسی‌ها نشان داده است که میوه پسته سرشار از ترکیباتی با فعالیت ضد اکسیداسیونی بالایی است [۳]. از مهم‌ترین ترکیباتی که در مغز پسته دارای فعالیت ضد اکسیدان هستند می‌توان به ترکیبات فنلی، آنتوسیانین، لوتئین، کلروفیل، فنوفیتین، آلفا-توکوفرول و برخی ترکیبات فلاونوئید اشاره کرد [۴]. ترکیبات فنلی موجود در پسته می‌توان به فلاونوئیدهایی مانند فلاون-۳-الز، پروانثوسیانیدین^۱، فلاونول^۲، ایزوفلاون^۳، فلاونون^۴، استیلبن^۵ و اسید فنولیک نظیر گالیک اسید اشاره کرد [۵]. در یک بررسی انجام‌شده روی ترکیبات فنلی مغز و پوست پسته گزارش شده است که مقدار ترکیبات فنلی در پوست پسته بیشتر از مغز آن می‌باشد [۶]. در سال‌های اخیر به دلیل 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 به دلیل ماندگاری بسیار پایین، ترک خوردگی 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 ضد اکسیداسیونی نیز کاهش پیدا می‌کند [۸]. قهوه‌ای شدن آنزیمی یکی از مشکلات میوه‌ها

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

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.

پلی آمین‌ها به‌عنوان ترکیبات پلی کاتیونی آلیفاتیک مطرح شده‌اند که عهده‌دار نقش‌های زیادی هستند. همچنین پلی آمین‌ها، 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 پلی آمین سبب حفظ رنگ میوه طی انبار گردید. استفاده از این ترکیبات موجب حفظ ظاهر فراورده، کاهش صدمات مکانیکی وارده، بهبود کیفیت فراورده و افزایش عمر انباری فراورده به‌صورت تازه می‌شود. محلول‌پاشی قبل از برداشت با پلی آمین‌های پوتریسین و اسپرمیدن 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 [۱۴].

یکی دیگر از راه‌های افزایش ماندگاری فراورده‌ها، استفاده از پوشش‌های خوراکی است. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد قابل خوردن 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 ختنی، 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 پلی ساکارید طبیعی است که، به‌طور گسترده

ترکیبات فنلی سبب ایجاد بافت قهوه‌ای در پوست نرم پسته می‌شود. 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

۱-۲- 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 به صورت تصادفی از تمام قسمت‌های درختان برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از جداسازی و یکنواخت شدن نمونه‌ها با تیمار کیتوزان نوع متوسط به روش برس‌زنی با غلظت ۱ درصد و صفر پوشش‌دهی شدند، در نهایت میوه‌ها در ظروف پلاستیکی شفاف با جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی شده که در هر واحد آزمایشی حدود ۱۵۰ گرم پسته تازه قرار گرفت و در سردخانه با دمای 1 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی $5 \pm 90\%$ قرار گرفتند. این آزمایش به صورت 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 کیتوزان که شامل میوه‌های بدون پوشش و پوشش‌دار کردن یک درصد کیتوزان به‌عنوان فاکتور دوم و زمان اندازه‌گیری شامل روز اول (صفر)، ۲۰ و ۴۰ 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 پوست‌تر، 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

در پوست سخت‌پوستانی مانند میگو، خرچنگ و قارچ‌ها یافت می‌شود. کیتوزان یا پلی‌بتا - (۱ و ۴) ان - استیل - دی - گلوکزآمین، بیوپلیمری کاتیونی است که در اثر حرارت دادن کیتین در حضور هیدروکسید سدیم به‌وجود می‌آید. این بیوپلیمر زیستی ماده‌ای غیر سمی است که به‌عنوان عامل ضد باکتری، ضد قارچی، ضد آب از دست دهی و غیره کاربرد دارد [۱۶]. در یک بررسی انجام شده روی میوه لیچی نشان داده شد که کاربرد کیتوزان با تاخیر در کاهش مقدار آنتوسیانین، فلاونوئید، ترکیبات فنلی کل و تاخیر در افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز سبب کاهش قهوه‌ای شدن میوه لیچی گردید [۱۷]. در یک بررسی دیگر نیز روی میوه لیچی نشان داده شد که کاربرد کیتوزان با حفظ تغییرات pH بافت میوه سبب کاهش قهوه‌ای شدن میوه گردد [۱۸].

طبق پژوهشی تأثیر تیمار کیتوزان 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 [۱۹].

نتایج یک بررسی روی میوه انگور نشان داد که ترکیبات فنلی موجود در میوه انگور طی انبار کاهش پیدا کرد و کاربرد پلی‌آمین‌ها و کیتوزان سبب حفظ ترکیبات فنلی در شرایط انبار گردید و میوه‌های انگور که با پلی‌آمین و کیتوزان تیمار شده بودند حاوی ترکیبات فنلی بیشتری بودند [۲۰]. 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 [۲۱].

از آنجایی که کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها بر کیفیت میوه‌ها بعد از برداشت موثر می‌باشد ولی کاربرد هم‌زمان پلی‌آمین به همراه کیتوزان 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 اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. تغییر در

میکرولیتر پیروگالال ۰/۰۲ مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۲۰ نانومتر و بعد از سه دقیقه خوانده شد. فعالیت آنزیمی برحسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلی گرم) موجود در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به دست آمده از روش [۲۵] محاسبه گردید.

۲-۴- آنوسیانین پوست تر

به منظور اندازه‌گیری آنوسیانین کل ابتدا ۵ گرم از بافت پوست‌تر به همراه ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسیکلیدریک خالص به نسبت حجمی ۹۹ به ۱) داخل لوله فالکن ۵۰ ریخته و توسط و سپس توسط دستگاه ULTRA-TURRAX مدل IKT18 basic ساییده تا به صورت توده یکنواختی درآید و بعد از آن مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با دور (rpm 4500) سانتریفیوژ شدند؛ و فاز رویی آن در لوله‌های آزمایش ریخته شد. سپس ۱ میلی لیتر از عصاره به همراه ۴ میلی لیتر 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 طول موج ۵۲۰ نانومتر و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

$A = (A_{520pH1} - A_{700pH1}) - (A_{520pH4.5} - A_{700pH4.5})$
 $(433.2b) (103) (A/30.200a) = (mg/L) \text{ آنوسیانین کل}$
 (15c)
 a = molar extinction coefficient 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 آن، 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 خشک کردن - وزن نمونه پس از خشک کردن) / وزن نمونه پیش از خشک کردن $\times 100$
 رنگ

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

به منظور اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل و فعالیت ضد اکسیداسیونی 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 روشن‌آور عصاره با ۴۰۰ میکرولیتر بافر فسفات، ۲/۵ میلی لیتر فولین ۱:۱۰ و ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد رقیق شده و پس از ورتکس به مدت ۵ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس میزان جذب نور با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان ترکیبات فنلی با استفاده از استاندارد گالیک اسید ۱ میلی مولار برحسب معادل میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه محاسبه گردید [۲۳].

تعیین فعالیت ضد اکسیداسیونی با استفاده از DPPH به روش شرح داده شده توسط [۲۴] انجام شد. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره مغز پسته با ۹۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH 500 میکرومولار در اتانول آمیخته شد و به شدت توسط دستگاه ورتکس تکان داده شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت. نمونه شاهد هم به همین صورت تهیه شد ولی با این تفاوت که به جای عصاره از متانول استفاده گردید. میزان جذب از محلول به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. واکنش آمیخته بدون DPPH برای تصحیح ماده زمینه استفاده شد. با استفاده از فرمول زیر درصد فعالیت ضد اکسیداسیونی محاسبه شد:

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

عدد ضریب تصحیح: عدد قرائت شده مربوط به آمیخته حاوی عصاره و اتانول

عدد نمونه: عدد قرائت شده مربوط به آمیخته حاوی عصاره و

DPPH

عدد کنترل: عدد قرائت شده مربوط به آمیخته حاوی متانول و

DPPH

۲-۳- آنزیم پلی فنل اکسیداز در پوست تر

به منظور فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز از پیروگالال به عنوان پیش ماده آنزیم استفاده شد. در این واکنش مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=7)، 200

۳- نتایج

۳-۱- ترکیبات فنلی پوست

ترکیبات فنلی پوست میوه پسته تر به طور معنی داری تحت تاثیر تیمار پلی آمین، کایتوزان، زمان انبارمانی و برهمکنش بین آنها قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که میوه‌های تیمار شده با پلی آمین‌ها 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 به طور معنی داری کاهش پیدا کرد و تغییرات مقدار ترکیبات فنلی پوست میوه‌های پوشش دار شده با کایتوزان طی دوره انبارمانی نسبت به میوه‌های پوشش دار 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 در حالی که کمترین مقدار ترکیبات فنلی پوست در میوه‌های بدون تیمار پلی آمین و بدون پوشش کایتوزان ۴۰ روز بعد از انبارمانی مشاهده گردید (شکل ۱).

قسمت مختلف (مغز، پوست رویی و پوست استخوانی) از سطح ۱۰ میوه از هر تکرار قرائت گردید. دستگاه رنگ‌سنج رنگ را به صورت 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 a از 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 قابل محاسبه است [۲۷].

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

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

۲-۶- آنالیز آماری

در پایان آزمایش داده‌های به دست 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 به وسیله نرم‌افزار اکسل صورت پذیرفت.

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 ($P \leq 0.01$), *-significant ($P \leq 0.05$) and ns- not significant ($P \leq 0.05$)

تیمار پلی آمین‌ها، کایتوزان و زمان انبارمانی و برهمکنش بین آنها تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار ترکیبات

۳-۲- ترکیبات فنلی مغز

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).

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 پوترسین تیمار شده بودند

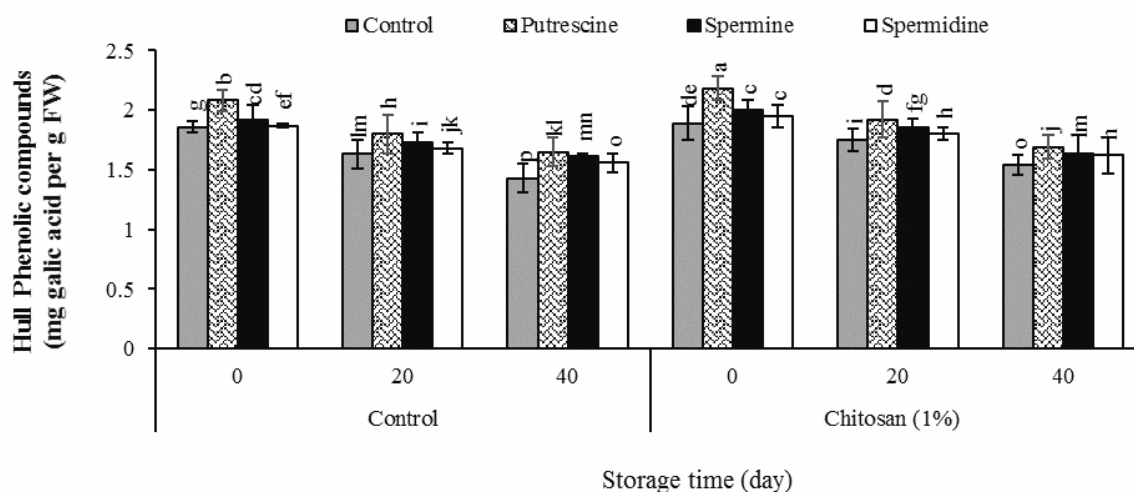


Fig 1 Interaction of polyamine and chitosan on hull phenolic compounds of pistachio fruit during storage Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

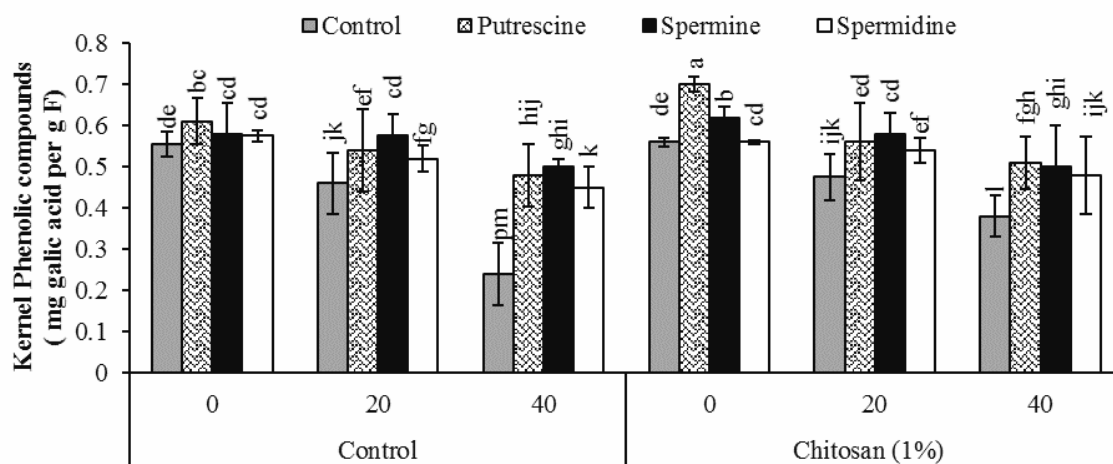


Fig 2 Interaction of polyamine and chitosan on kernel phenolic compounds of pistachio fruit during storage Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

میانگین بین تیمارها نشان داد که فعالیت ضداکسیداسیونی مغز بسته طی انبار کاهش پیدا کرد که در این بین میوه‌هایی تیمار شده با پلی‌آمین از فعالیت ضداکسیداسیونی بیشتری در تمام دوره

۳-۳- فعالیت ضداکسیداسیونی

اثر پلی‌آمین، زمان انبارمانی و اثر متقابل بین آنها بر فعالیت ضداکسیداسیونی معنی‌دار گردید. به‌طوری‌که نتایج مقایسه

۳-۴- فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز تحت تاثیر تیمار پلی آمین، کایتوزان، زمان انبارمانی و برهمکنش بین آنها قرار گرفت. به طوری که نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز طی زمان انبارمانی به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد که در این بین میوه‌های که با پلی آمین تیمار شده بودند طی انبار از فعالیت آنزیمی کمتری برخوردار بودند. نتایج همچنین نشان داد میوه‌های پوشش دار شده با کایتوزان از فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز کمتری نسبت بدون کایتوزان برخوردار بود (شکل ۴).

۳-۵- آنتوسیانین

تیمار کاربرد کایتوزان، پلی آمین‌ها و زمان انبارمانی و برهمکنش بین آنها بر مقدار آنتوسیانین کل معنی دار گردید. نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که کاربرد پوتریسین سبب افزایش مقدار آنتوسیانین پوست گردید در حالی که 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 پلی آمین‌ها 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 میوه‌های 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 ۴۰ روز بعد از انبارمانی مشاهده گردید (شکل ۵).

انبارداری برخوردار بودند (شکل ۳A). نتایج مقایسه میانگین همچنین نشان داد که در بین پلی آمین‌ها، پوتریسین بیشترین تاثیر را بر فعالیت ضد اکسیداسیونی مغز داشت و کاربرد کایتوزان اثر پلی آمین‌ها را بر فعالیت ضد اکسیداسیونی بهبود بخشید (شکل ۳B).

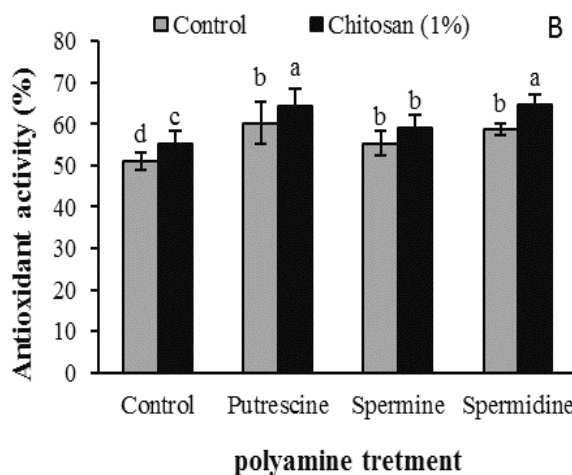
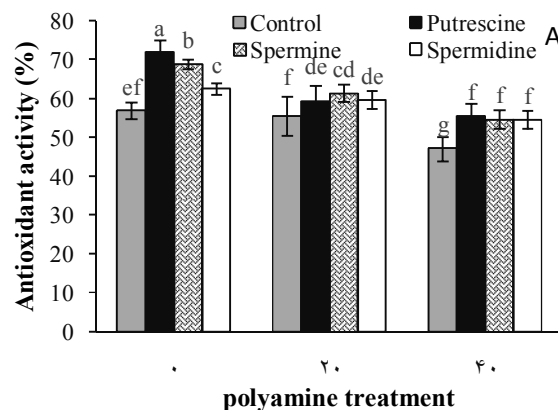


Fig 3 Interaction of polyamine and chitosan on kernel antioxidant activity of pistachio fruit during storage. Bar signficant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

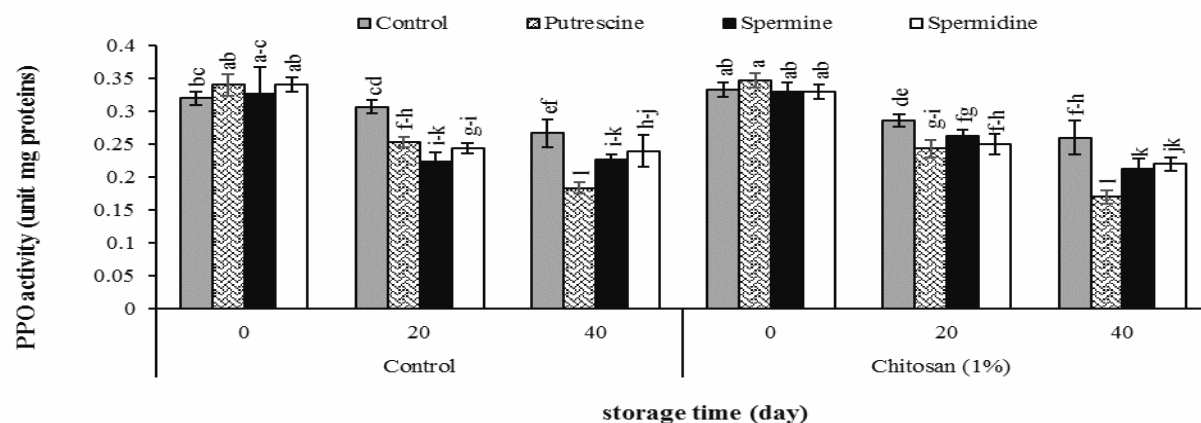


Fig 4 Interaction of polyamine and chitosan on PPO activity of pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

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}	2.08 ^{ns}
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 ($P \leq 0.01$), *-significant ($P \leq 0.05$) and ns- not significant ($P \leq 0.05$)

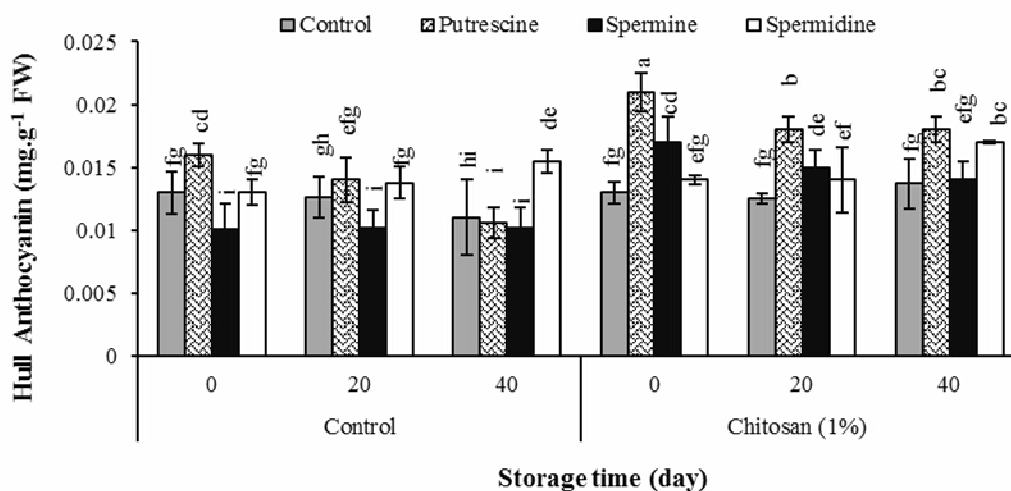


Fig 5 Interaction of polyamine and chitosan on hull anthocyanin content of pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

۳-۶- درصد رطوبت پوست

بودند و در این بین محلول پاشی 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 داده شده بودند از مقدار رطوبت بیشتری نسبت به میوه‌هایی که پوشش داده نشده بودند، برخوردار بودند (شکل ۶).

نتایج تجزیه واریانس بین تیمارها حاکی از آن بود که اثر کایتوزان، پلی آمین 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 محلول پاشی پلی آمین‌ها از مقدار رطوبت پوست بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده طی انبارمانی برخوردار

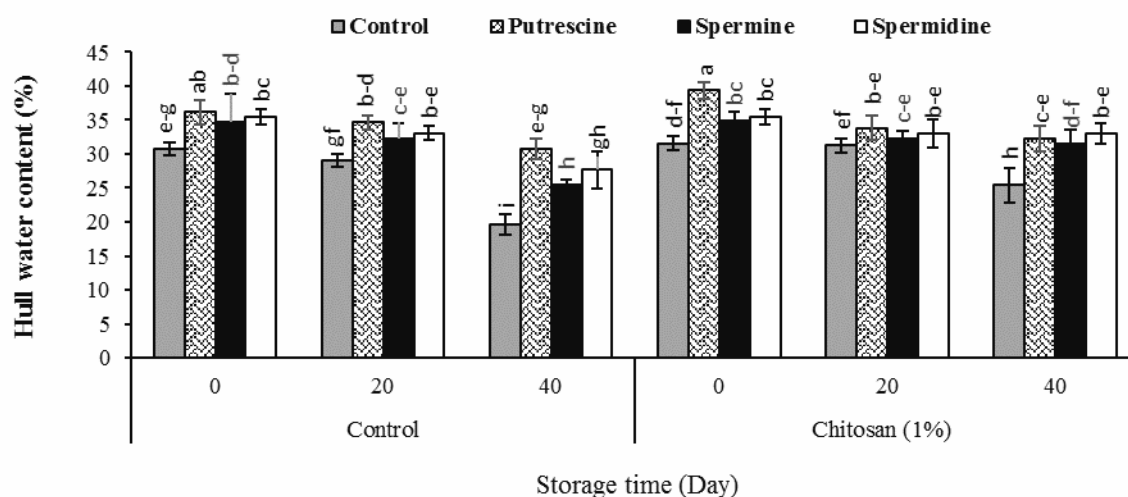


Fig 6 Interaction of application polyamine and chitosan coating on hull water content of pistachio fruit during storage

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

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 ۴۰ روز بعد از انبارمانی 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 ۴۰ روز اندازه‌گیری بعد از انبارمانی به ترتیب حدود ۷ و ۹ درصد کاهش پیدا کرد. درحالی‌که کاربرد کایتوزان در زمان ۲۰ روز بعد از انبارمانی از شاخص هیو بیشتری نسبت به میوه‌های بدون پوشش برخوردار بودند ولی تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های پوشش داده شده با کایتوزان و بدون پوشش در زمان‌های صفر و ۴۰ روز انبارمانی مشاهده نشد (شکل ۹).

۳-۷- شاخص رنگ پوست نرم پسته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده کایتوزان و اثر سه‌گانه کایتوزان، پلی آمین‌ها 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 پلی آمین‌ها و برهمکنش بین پلی آمین 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 پلی آمین‌ها از شاخص درخشندگی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده در ۴۰ روز بعد از انباری برخوردار بودند درحالی‌که در روز اول انبارمانی و ۲۰ روز بعد از انبارمانی تفاوت معنی‌داری بین کاربرد پلی آمین‌ها

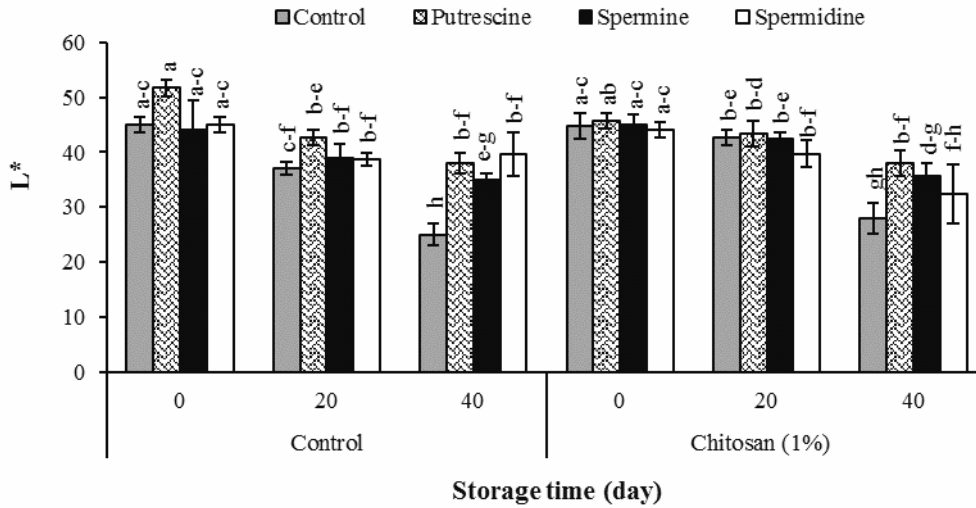


Fig 7 Interaction of polyamine and chitosan on L* index of hull pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

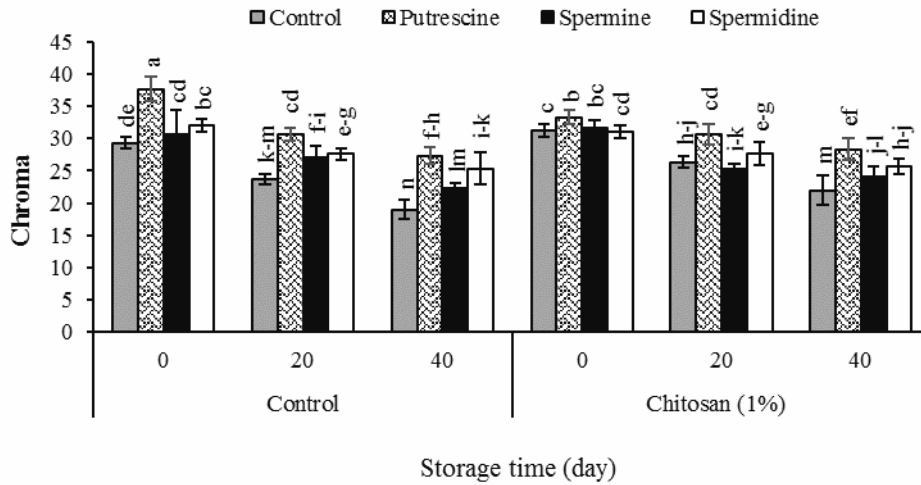


Fig 8 Interaction of polyamine and chitosan on Chroma index of hull pistachio fruit during storage
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD)

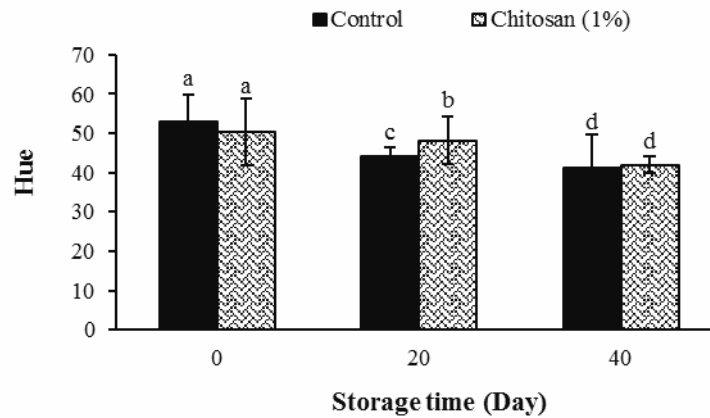


Fig 9 Effect of chitosan and storage time on hue index of hull pistachio fruit
Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

۳-۸- میزان قهوه‌ای شدن

نشان داد که کاربرد اسپرمین و اسپرمیدین به‌طور قابل توجهی سبب کاهش میزان قهوه‌ای شدن گردید (شکل ۱۱).

نتایج نشان داد بیشترین درصد قهوه‌ای شدن در میوه‌هایی که هیچ‌گونه تیماری نشده بودند مشاهده گردید. نتایج همچنین

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 ($P \leq 0.01$), * – significant ($P \leq 0.05$) and ns – not significant ($P \leq 0.05$)

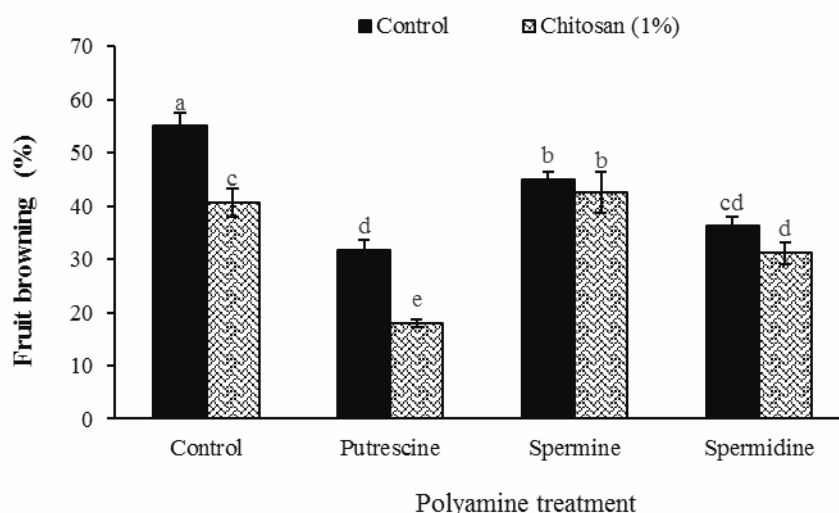


Fig 11 Effect of polyamine and chitosan on percentage of pistachio fruit browning. Bar significant standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \geq 0.05$ (LSD).

قابل توجهی کاهش پیدا کرد؛ و میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین-ها 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 گزارش شده 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 پوتریسیس و کایتوزان تیمار شده بودند حاوی ترکیبات فنلی بیشتری بودند [۲۰] کاهش ترکیبات فنلی طی انبار به‌دلیل

۴- بحث

بررسی‌ها نشان داده است که مغز پسته سرشار از ترکیبات فنلی و آنتوسیانین است که فعالیت ضداکسیداسیونی بالایی دارد [۳]. به‌طور کلی از مهم‌ترین ترکیباتی که در مغز پسته دارای فعالیت ضد اکسیدان هستند می‌توان به ترکیبات فنلی، آنتوسیانین، لوتین، کلروفیل، فتوفیتین، آلفا-توکوفرول و برخی ترکیبات فلاونوئید اشاره کرد [۴]. 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

گوجه‌فرنگی سبب حفظ فعالیت پلی فنل 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 پلی آمین‌ها روی میوه انار مطابقت داشت، به گونه‌ای 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 پلی آمین‌ها بر مقدار آنتوسیانین میوه آلو صورت گرفته است [۳۸]. به‌طورکلی کاربرد پلی آمین‌ها از طریق تأثیر بر بیان ژن-های دخیل در بیوسنتز ترکیبات فنلی و آنتوسیانین نظیر فنیل-آلانین آمونالیاز^۷ و چالکون ایزومراز^۸ سبب افزایش مقدار ترکیبات فنلی و یا آنتوسیانین می‌شوند [۳۹]. کاربرد پلی آمین‌ها 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 از جمله 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 به دلیل 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 سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات فنلی و همچنین حفظ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نظیر پلی فنل 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 به دلیل آب به‌واسطه‌ی فرآیند تبخیر [۴۴] و تعرق [۴۳] از سطح میوه اتفاق می‌افتد. باگذشت زمان و تشدید تبخیر و تعرق به دلیل عدم یکسان بودن فشار بخار آب در فضای بین سلولی بافت‌ها و اتمسفر احاطه‌کننده‌ی میوه از یک‌سو و نیز تشدید

کاهش مقدار درونی پلی آمین‌ها در بافت میوه بود که یک همبستگی مثبتی با افزایش مقدار اتیلن داشت و میوه‌های که با پلی آمین‌ها تیمار شده بودند از مقدار از تولید اتیلن کمتری برخوردار بود [۳۰]. افزایش تولید اتیلن به‌واسطه کاهش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز سبب کاهش ترکیبات فنلی گردید [۳۱]. میردهقان و رحیمی [۳۲] در یک بررسی انجام‌شده روی دو رقم انگور در ارتباط با محلول‌پاشی پلی آمین‌ها نشان دادند که مقدار ترکیبات فنلی در میوه‌های تیمار شده با پلی آمین‌ها در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده در شرایط انبار بیشتر بود. کاربرد قبل از برداشت پلی آمین‌ها به‌واسطه تأثیر پلی آمین‌ها بر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمینولیز 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 به دلیل کاهش در مقدار ترکیبات فنلی، رنگ‌دانه‌ها و آنتوسیانین است.

فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز پسته تر تگهداری شده در شرایط انبار به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد؛ که این نتایج با نتایج روی زردآلو [۳۵] و آناناس [۳۶] مبنی بر کاهش فعالیت آنزیم طی دوره انبارداری مطابقت دارد. فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز 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 پلی آمین از فعالیت آنزیمی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده برخوردار بودند، با نتایج کوشش صبا 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 پلی فنل اکسیداز در شرایط انبار گردید که مغایر با نتایج این پژوهش است. کاربرد کایتوزان روی میوه

7. Phenylalanin amonia lyase PAL
8. Chalcone isomerase

فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر، کاهش وزن طی زمان امری طبیعی است [۴۴]. 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 مدت زمان انبارمانی مقدار رطوبت نرم پوست کاهش پیدا کرد که کاهش مقدار رطوبت در میوه‌های تیمار نشده با پلی‌آمین بالاتر بود. در یک بررسی انجام شده روی پسته تر نشان داده شد که مقدار رطوبت پسته تر در شرایط انبار کاهش پیدا کرد [۴۵]. همچنین کاربرد قبل از برداشت پوتریسین روی میوه‌های گلایی سبب کاهش از دست دادن آب میوه گردید. این امر به دلیل نقش پلی‌آمین‌ها در یکپارچگی فسفولیپیدهای غشا سلولی می‌باشد [۴۶]. 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 [۴۷] و انبه [۴۸] گزارش شده 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 پوست تر 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 [۴۹] 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 به دلیل ایجاد یک اتمسفر مرطوب در اطراف میوه است که سبب کاهش نرخ تبخیر و تعرق از بافت میوه می‌شود [۴۹]. از طرف دیگر کاربرد توأم کایتوزان یک درصد و پوتریسین سبب حفظ آب میوه نسبت به میوه‌های تیمار شده با کایتوزان، پلی‌آمین و تیمار شاهد گردید [۲۰].

رنگ در میوه و مغز پسته یکی از عوامل مؤثر در افزایش بازار-پسندی محصول است [۵۰]؛ زیرا تشخیص رنگ یکی از پارامترهای مهم برای ارزیابی کیفیت میوه پسته محسوب می‌-

شود [۵۰]؛ 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 به‌دست آمده از این تحقیق رنگ پوست نرم ۲۰ و ۴۰ روز 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 می‌شود 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 می‌شود که شاخص هیو رنگ نیز کاهش می‌یابد؛ و از آنجایی که مقدار رنگ‌دانه‌های موجود در میوه نظیر آنتوسیانین کاهش پیدا کرد در نتیجه 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 می‌دهد که نشان دهند کاهش شاخص درخشندگی و شاخص هیو می‌گردد. بنابراین عواملی که بر مقدار رنگ‌دانه‌های مغز و پوست تأثیرگذار باشند در نتیجه سبب کاهش شاخص‌های رنگ نیز می‌شوند [۵۱]. بنابراین کاربرد پلی‌آمین و کایتوزان به دلیل 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 مشاهده شده است. از آنجایی که تجزیه ترکیبات فنلی و همچنین کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نقش قابل توجهی در قهوه‌ای شدن بافت میوه دارند بنابراین بالا بودن درصد میوه‌های قهوه‌ای شده در تیمار شاهد به دلیل کاهش ترکیبات فنلی و کاهش فعالیت پلی‌فنل اکسیداز نسبت داد. لذا هر عاملی که سبب کاهش حفظ ترکیبات فنلی و مقدار آنتوسیانین میوه در شرایط انبار گردد سبب کاهش درصد میوه‌های قهوه‌ای می‌گردد.

۵- نتیجه گیری کلی

پسته به دلیل وجود ترکیبات فنلی و همچنین فعالیت ضد اکسیداسیونی مناسب نقش مهمی در سبب کالای غذایی انسان ایفا کرده است. به‌طورکلی کیفیت میوه ممکن است تحت

- 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. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Journal of Plant Science* 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 (*Litchi chinensis* Sonn.). *Postharvest Biology and Technology* 1995; 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 Technology* 2007; 44(1): 19-25.
- [14] Mirdehghan, S. H., Khanamani, Z., Shamshiri, M. H. and Hokmabadi, H. Preharvest IroHar Application of Putrescine and spermine on Postharvest Quality of Fresh 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.
- 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. به‌طور کلی نتایج 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 پوتریسن و کایتوزان بیشترین تأثیر را بر حفظ ویژگی پسته تر و کاهش قهوه‌ای شدن طی انبار داشت. لذا محلول پاشی قبل از برداشت پسته با پلی‌آمین‌ها به‌ویژه پوتریسن 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*

- 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 Storage 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., Saavedra, A., Nicolas, E., Figueroa, Leticia, A., Poblete, Cherianb, S., Carlos R. and Figueroa, 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.

- [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.
- [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 Peroxidase 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.

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 randomized design as factorial with three factors: preharvest 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 preharvested 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 play an important role in maintaining the quality of fresh pistachio fruit during 40 days of storage.

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

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