مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۹ شماره ۳ صفحه‌های ۳۵۳ تا ۳۶۴ (۱۳۹۷)

اثر تلفیق کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها و تیمار پس از برداشت کیتوزان بر ویژگی‌های کیفی پسته تر رقم اکبری[۱]

The Effect of Combination of Preharvest Polyamines Application and Postharvest Chitosan Treatment on Qualitative Parameters of Fresh Pistachio cv. Akbari

ملیکا بارزمان، سیدحسین میردهقان* و فاطمه ناظوری[۲]

چکیده

حفظ ویژگی‌های ظاهری میوه پسته تر پس از برداشت نقش مهمی در افزایش ارزش اقتصادی این فرآورده دارد. در این پژوهش، درختان پسته رقم اکبری با غلظت ۱ میلی‌مولار پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین بیست روز پیش از برداشت محلول‌پاشی شدند. محلول پاشی با آب‌مقطر به‌عنوان شاهد درنظر گرفته شد. پس از برداشت، میوه‌ها با پوشش کیتوزان یا بدون آن در انبار با دمای ۱±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۹۰٪ قرار گرفته و در زمان‌های صفر، ۲۰ و ۴۰ روز ویژگی‌های کیفی میوه‌ها اندازه‌گیری شد. نتیجه‌ها نشان داد که سفتی میوه و مغز و رطوبت پوست نرم پسته، شاخص درخشندگی پوست نرم و پوست استخوانی، شاخص کرومای پوست نرم پسته و پوست استخوانی، شاخص هیو پوست نرم پسته و مقدار کلروفیل با افزایش مدت زمان انبارمانی کاهش پیدا کرد و پلی‌آمین‌ها سبب حفظ این ویژگی‌ها نسبت به تیمار شاهد شدند که کاربرد پوتریسین تاثیر بهتری نسبت به اسپرمین و اسپرمیدین بر این ویژگی‌ها داشت. هم‌چنین، نتیجه‌ها حاکی از آن است که کاربرد هم‌زمان یک درصد کیتوزان به‌همراه پوتریسین سبب حفظ بیشتر شاخص‌های یادشده، گردید.

واژه‌های کلیدی: اسپرمین، اسپرمیدین، پوتریسین، پوشش خوراکی.

مقدمه

پسته یکی از محصول‌های مهم صادراتی است که در بخش صادرات غیرنفتی و ارزآوری اهمیت راهبری در کشور دارد و نقش آن در اقتصاد کشاورزی و ملی چشم‌گیر و پر ارزش است. پسته افزون بر ارزش اقتصادی، سرشار از ماده‌های غذایی ضروری مانند ترکیب‌های فنولی، آنتوسیانین، اسیدهای چرب غیر اشباع و مقوی است که مصرف آن در بهداشت، سلامت و توانمندی اجتماع تأثیر بسیار زیادی دارد (۱). با وجود ارزش غذایی و اهمیت اقتصادی چشمگیر پسته به‌دلیل ساختار فیزیکی و نبود روش‌های مناسب برای نگهداری میوه تازه بیشتر به صورت خشک مصرف می‌شود و مصرف تازه خوری آن محدود به فصل برداشت است (۲۵). در سال‌های پیشین به‌دلیل کاهش کیفیت خوراکی پسته خشک در اثر فرآوری، به پسته تر توجه ویژه‌ای شده است. بنابراین، صادرات پسته تر به‌دلیل ارزش افزوده بیشتر، ارزش غذایی بالا و طعم مطلوب‌تر بر پسته خشک ترجیح داده شده است (۱۸، ۲۷). مصرف پسته تر به‌عنوان میوه در دهه‌های اخیر مورد توجه بسیاری از مصرف‌کنندگان بوده است. وجود پوست نرم شکننده در پسته تر و هم‌چنین تنفس بالای آن از دلایل اصلی ماندگاری بسیار پایین آن

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۹

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mirdehghan@vru.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

محسوب می‌شود، بنابراین در بازاررسانی پسته تر افزون بر برداشت صحیح و به‌موقع باید پس از برداشت از روش‌هایی استفاده کرد که آهنگ تنفس پسته تر را کاهش دهد و باعث کنترل از دست‌دهی آب و هم‌چنین حفظ بازارپسندی و ویژگی‌های ظاهری فرآورده شوند. مجموعه این عوامل سبب بهبود ماندگاری پسته تر طی انبارداری می‌شود (۲۸). کنترل فرآیند تنفس در محصول‌های برداشت شده باعث کاهش فرآیندهای سوخت و ساز و در نتیجه افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها خواهد شد. بنابراین لازم است با استفاده از روش‌های مختلف، مدت انبارمانی پسته تر افزایش یابد و ویژگی‌های کیفی بازارپسندی در طول دوره انبارمانی حفظ شود.

با توجه به نقش پلی‌آمین‌ها در زمینه حفظ پایداری دیواره یاخته‌ای، آن‌ها موجب افزایش سفتی فرآورده‌ها می‌شوند. بنابراین، کاربرد این ترکیب‌ها در زمینه بهبود کیفیت فرآورده‌های باغبانی مورد توجه قرارگرفته است (۱۷). استفاده از این ترکیب‌ها موجب حفظ ظاهر فرآورده، کاهش آسیب‌های مکانیکی وارده، بهبود کیفیت فرآورده و افزایش عمر انباری فرآورده به‌صورت تر می‌شود. با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده، کاربرد پلی‌آمین‌ها باعث افزایش میزان سفتی پوست رویی پسته تر، افزایش عمر انبارمانی و کاهش فعالیت میکروبی آن شده است (۲۲). پژوهش‌های دیگری نیز در ارتباط با اثر کاربرد پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های کیفی و ظاهری میوه توت‌فرنگی (۱۳)، انگور (۲۴) و انار (۲۳) گزارش شده است. بنابراین استفاده از این ترکیب‌ها موجب حفظ ظاهر فرآورده، کاهش آسیب‌های مکانیکی وارده، بهبود کیفیت فرآورده و افزایش عمر انباری فرآورده به‌صورت تر می‌شود.

استفاده از پوشش‌های خوراکی نیز به‌عنوان یکی دیگر از راه‌های افزایش ماندگاری فرآورده‌ها در طی انبار محسوب می‌گردد. کیتوزان یکی از مهم‌ترین پوشش‌هایی است که در دوره پس از برداشت به‌کار می‌رود (۵). درواقع یک فیلم نیمه‌رسانا روی سطح محصول‌های باغبانی تشکیل می‌دهد که فضای داخلی محصول را با کاهش و یا افزایش سطح O_2 و CO_2، کاهش می‌دهد و بدین ترتیب آهنگ تنفس و دیگر فعالیت‌های سوخت و سازی محصول‌ها را کنترل و کاهش می‌بخشد و از این رو پیری را به‌تأخیر می‌اندازد و موجب حفظ کیفیت کلی و افزایش طول عمر محصول‌ها می‌شود (۲۶). به‌طوری‌که استفاده از پوشش کیتوزان روی میوه انگور سبب بهبود ویژگی‌های کیفی میوه و ظاهری و هم‌چنین کاهش قهوه‌ای شدن میوه انگور طی انبار گردید (۱۰).

از سوی دیگر کاربرد تلفیقی تیمارهای قبل از برداشت و پس از برداشت نیز یکی از راهکارهای مدیریت باغ و انبار باشد که می‌تواند ویژگی‌های کیفی و ظاهری میوه را حفظ کند. در پژوهش انجام‌شده کاربرد ۱ میلی‌مولار پوتریسین طی رشد و پس از برداشت و تیمار گرمایی ۴۰ درجه سلسیوس سبب حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گلابی رقم اسپادونا[۱] و هم‌چنین باعث افزایش عمر انبارمانی آن شده است (۳). هم‌چنین نتیجه‌های یک بررسی روی میوه انگور نشان داد که کاربرد پلی‌آمین‌ها و کلسیم سبب حفظ ترکیب‌های فنولی در شرایط انبار گردید و میوه‌های انگور که با این دو ترکیب تیمار شده بودند حاوی ترکیب‌های فنولی بیشتری بودند (۲۹).

با توجه به اثرهای پیش از برداشت پلی‌آمین‌ها بر حفظ سفتی و فعالیت سوخت و سازی و تیمارهای قبل از انبارمانی کیتوزان بر کنترل از دست‌دهی رطوبت و حفظ ویژگی ظاهری و بازارپسندی، این آزمایش طراحی شد تا اثرهای همزمان کاربرد پلی‌آمین و کیتوزان بر حفظ ویژگی‌های کیفی پسته تر مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

روش اجرای آزمایش

برای انجام این آزمایش، ابتدا محلول‌پاشی‌های پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین هر کدام با غلظت ۱ میلی‌مولار و آب‌مقطر تا مرحله آب‌چکان در اوایل شهریور سال ۱۳۹۵ (۲۰ روز قبل از برداشت) روی درختان ۱۷ ساله رقم اکبری انجام شد که فاصله بین ردیف‌ها ۶ متر و فاصله بین درخت‌ها ۱ متر بود. هم‌چنین سیستم آبیاری

۱- 'Spadona'

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

به‌صورت قطره‌ای با دور آبیاری ۲۷ روز انجام می‌شد. سپس در زمان برداشت، از درختان تیمار شده، میوه‌ها به‌صورت تصادفی از تمام قسمت‌های درخت برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد و پس از جداسازی و یکنواخت شدن نمونه‌ها با تیمار کیتوزان با نوع متوسط[۱] به روش برس‌زنی با غلظت ۱٪ و صفر پوشش‌دهی شدند، در نهایت میوه‌ها در ظرف‌های پلاستیکی شفاف با جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی‌شده که در هر واحد آزمایشی حدود ۱۵۰ گرم پسته تازه قرار گرفت و در سردخانه با دمای ۱±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۹۰٪ قرار گرفتند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی شامل سه فاکتور محلول‌پاشی پلی‌آمین شامل کاربرد پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین به‌عنوان فاکتور اول و استفاده از کیتوزان که شامل میوه‌های بدون پوشش و پوشش‌دار (یک درصد کیتوزان) به‌عنوان فاکتور دوم و زمان اندازه‌گیری شامل روز اول (صفر)، ۲۰ و ۴۰ روز به‌عنوان فاکتور سوم با سه تکرار اجرا گردید.

در پایان هر کدام از دوره‌های انبارمانی، ویژگی‌هایی هم‌چون، درصد رطوبت پوست و درصد رطوبت کل میوه، سفتی پوست و سفتی مغز، رنگ پوست تر، رنگ پوسته استخوانی و مقدار کلروفیل، کاروتنوئید مغز پسته و آزمون حسی اندازه‌گیری شد.

سفتی میوه

برای اندازه‌گیری سفتی پوسته رویی و مغز پسته بر حسب واحد کیلوگرم نیرو (Kgf)، از دستگاه سفتی‌سنج مدل Lutron FG5020 ساخت کشور تایوان استفاده شد. پروب مورد نظر را به دستگاه متصل کرده و میوه را جداگانه در زیر آن قرار داده و به‌منظور اندازه‌گیری سفتی پوست از پروب مسطح با قطر ۷/۸ میلی‌متر و برای اندازه‌گیری سفتی مغز از پروب لبه نوک‌تیز با قطر ۶/۳ و ضخامت ۰/۸ میلی‌متر استفاده گردید. سپس با اعمال یک فشار ثابت، مقاومت بافت به تغییر شکل اندازه‌گیری شد. میانگین میزان سفتی ۱۰ عدد پسته از هر تکرار بر حسب کیلوگرم نیرو بیان گردید.

کلروفیل

برای اندازه‌گیری کلروفیل کل و کاروتنوئیدها ابتدا ۱ گرم مغز تر را وزن کرده و در یک لوله فالکن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته، سپس با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ توسط دستگاه ULTRA-TURRAX مدل IKT18 basic ساییده تا به‌صورت توده یکنواختی درآید، سپس مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه با دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ (۴۵۰۰rpm) شدند. میزان جذب نور محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80 UV/VIS Spectrometer PG Instruments Ltd در طول‌موج‌های ۴۸۰، ۶۴۵، ۵۱۰ و ۶۵۲ نانومتر خوانده شد. درنهایت غلظت کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید (۷).

Total Chlorophyll (mg/g FW) = (D652*1000/34.5)*(V/1000*W)
Carotenoids (mg/g FW) = (7.6(D480-1.49*D510))*(V/1000*W)

OD = قرائت دستگاه

V = حجم استون مصرف‌شده (۱۰ میلی‌لیتر)

W = وزن نمونه مورد استفاده (۱ گرم)

رنگ

رنگ پوست بیرونی، پوست استخوانی و مغز پسته تر توسط دستگاه کرومامتر (Konica Minolta CR 400, Japan) از سطح ۱۰ میوه از هر تکرار خوانده شد. دستگاه رنگ‌سنج رنگ را به‌صورت سه شاخص ارائه می‌دهد. شاخص L نشان‌دهنده میزان درخشندگی (روشنایی) رنگ پوست میوه می‌باشد و میزان آن از صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) متغیر است. دامنه تغییرهای شاخص a از ۶۰+ (قرمز) تا ۶۰- (سبز) می‌باشد، میزان رنگ سبز از ۶۰-

۱- Medium

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

و میزان رنگ قرمز از ۶۰+ به سمت مرکز دیاگرام رنگ (صفر) کاهش می‌یابد. دامنه تغییرهای شاخص b از ۶۰+ (زرد) تا ۶۰- (آبی) به سمت مرکز دیاگرام رنگ (صفر) کاهش می‌یابد. شاخص Chroma شدت و یا خلوص رنگ را مشخص می‌کند و میزان آن در مرکز دیاگرام رنگ صفر است و با فاصله از مرکز افزایش می‌یابد. شاخص‌های Chroma و Hue angle با استفاده از فرمول‌های زیر قابل محاسبه است (۲۹).

$$\text{Chroma} = (a^2 + b^2)^{1/2} \qquad \text{Hue angle } (h^\circ) = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

درصد رطوبت

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 درصد رطوبت با فرمول زیر محاسبه شد (۱۶).

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

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار به اجرا گذاشته شد. در پایان آزمایش داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۱٪ با آزمون LSD محاسبه گردید. رسم نمودارها نیز به‌وسیله نرم‌افزار اکسل صورت پذیرفت.

نتایج

محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها سبب کاهش سفتی پوست قبل از انبارمانی گردید ولی تغییرهای سفتی پوست‌هایی که با پلی‌آمین تیمارشده بودند در شرایط انبار نسبت به پوست‌های تیمار نشده کمتر بود. نتیجه‌ها هم‌چنین نشان داد که کاربرد کیتوزان سبب حفظ سفتی پوست در شرایط انبار گردید و تغییرهای سفتی میوه‌های تیمار شده با کیتوزان در شرایط انبار کمتر بود. نتیجه‌های مقایسه میانگین بین تیمارها هم‌چنین نشان داد که بیشترین سفتی پوست در میوه‌های بدون کیتوزان در شرایط قبل از انبار که با پلی‌آمین‌ها تیمار نشده بودند مشاهده گردید و کم‌ترین میزان سفتی پوست در میوه‌های تیمار نشده در ۴۰ روز بعد از انبار مشاهده گردید (شکل ۱). سفتی مغز میوه ۲۰ روز بعد از انبارمانی به‌طور چشمگیری کاهش پیدا کرد ولی ۴۰ روز بعد از انبارمانی سفتی مغز به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (شکل ۲).

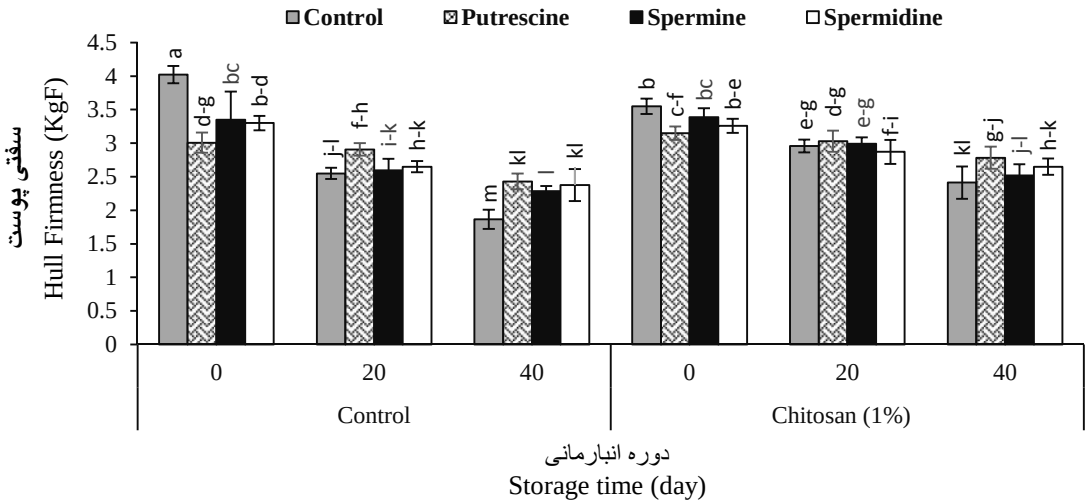

Fig. 1. Interaction of polyamine (1 mM) and chitosan on hull firmness of fresh pistachio fruit during storage. Mean values with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ (LSD).

شکل ۱- برهمکنش پلی‌آمین (۱ میلی‌مولار) و کیتوزان بر سفتی پوست پسته تر رقم اکبری طی انبارمانی. ستون‌های با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

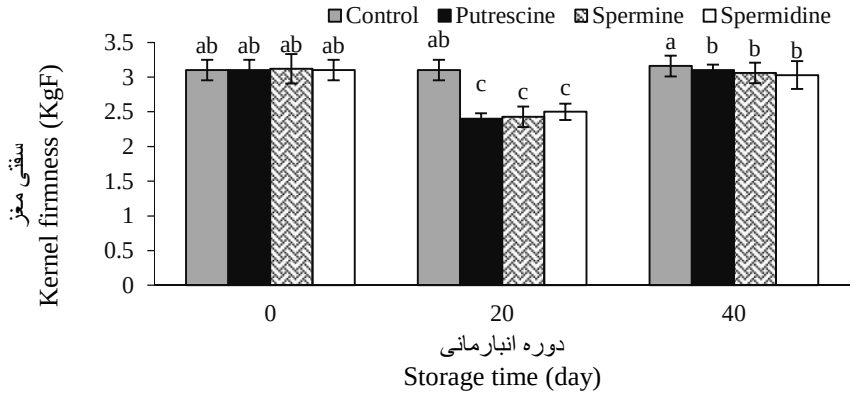

Fig. 2. Effect of polyamine (1 mM) on kernel firmness of fresh pistachio fruit during storage. Values with similar letters are not significantly different ($p < 5\%$).

شکل ۲- تأثیر پلی‌آمین (۱میلی‌مولار) بر سفتی مغز میوه پسته رقم اکبری طی دوره انبارمانی (روز). ستون‌های با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

درصد رطوبت پوست و میوه

نتیجه‌های 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. نتیجه‌ها هم‌چنین حاکی از آن بود که با افزایش زمان انبارمانی رطوبت پوست کاهش یافت و در این بین میوه‌هایی که با کیتوزان پوشش داده‌شده بودند از مقدار رطوبت بیشتری نسبت به میوه‌هایی که پوشش داده نشده بودند، برخوردار بودند (شکل ۳).

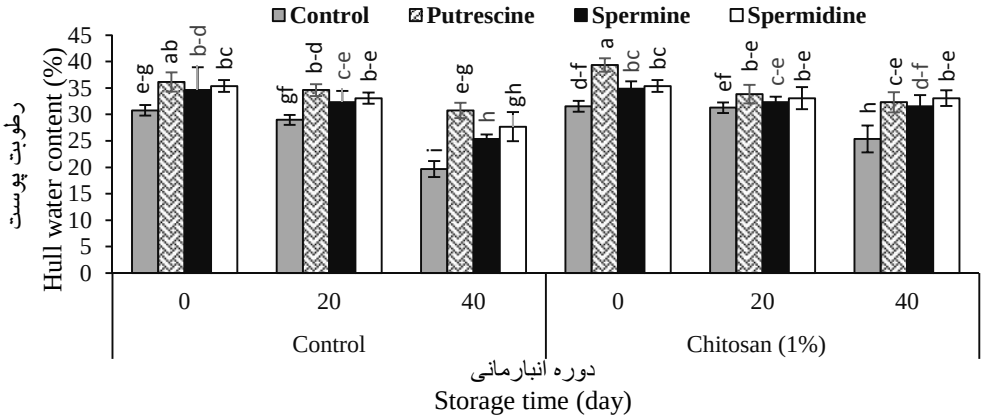

Fig. 3. Interaction of polyamine (1mM) and chitosan coating on hull water content of fresh pistachio fruit .Values with similar letters are not significantly different ($p < 5\%$).

شکل ۳- برهمکنش پلی‌آمین (۱میلی‌مولار) و کیتوزان بر رطوبت پوست نرم میوه پسته تر رقم اکبری طی دوره انبارمانی (روز). ستون‌های با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

کلروفیل و کاروتنوئید کل

اثر کاربرد پلی‌آمین و کیتوزان و مدت انبارمانی در سطح احتمال یک درصد بر مقدار کلروفیل کل مغز پسته معنی‌دار گردید. نتیجه‌های مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که کاربرد پلی‌آمین‌ها سبب افزایش مقدار کلروفیل کل مغز نسبت به تیمار شاهد گردید، در این بین کاربرد پوتریسین بیشترین تأثیر را بر مقدار کلروفیل کل مغز داشت درحالی‌که تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار کلروفیل کل مغز بین میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

مشاهده نشد (جدول ۱). نتیجه‌ها هم‌چنین نشان داد میوه‌های با پوشش کیتوزان حدود ۵٪ نسبت به میوه‌های بی‌پوشش از مقدار کلروفیل کل بیشتری برخوردار بودند (جدول ۱). کلروفیل کل مغز هم‌چنین در شرایط انبار به‌طور چشمگیری کاهش پیدا کرد به‌طوری‌که مقدار کلروفیل کل در زمان‌های اندازه‌گیری ۲۰ و ۴۰ روز بعد از انبارمانی به ترتیب حدود ۵ و ۹٪ نسبت به روز اول اندازه‌گیری کاهش پیدا کرد (جدول ۱). نتیجه‌ها هم‌چنین نشان داد که کاربرد پلی‌آمین‌ها، تیمار با کیتوزان و مدت انبارمانی و برهمکنش بین آن‌ها تاثیری بر مقدار کاروتنوئید نداشت (نتیجه‌ها نشان داده نشده است).

جدول ۱- برهمکنش پلی‌آمین و پوشش کیتوزان بر مقدار کلروفیل کل مغز پسته تر طی انبارمانی.

Table 1. Interaction of polyamine and chitosan coating on total chlorophyll (TChl) content of fresh pistachio kernel.

	شاهد Control			کیتوزان Chitosan			میانگین Mean
	مدت انبارمانی Storage time						
Polyamines پلی‌آمین‌ها	0	20	40	0	20	40	
Control شاهد	0.27±0.02^{b}	0.27±0.01^{b}	0.26±0.01^{b}	0.28±0.02^{b}	0.27±0.01^{b}	0.26±0.01^{b}	0.27±0.01^{b}
Putrescine پوتریسین	0.34±0.02^{a}	0.33±0.01^{a}	0.32±0.01^{a}	0.35±0.02^{a}	0.34±0.01^{a}	0.33±0.01^{a}	0.34±0.01^{a}
Spermine اسپرمین	0.32±0.02^{ab}	0.31±0.01^{ab}	0.29±0.01^{b}	0.32±0.02^{ab}	0.30±0.01^{ab}	0.29±0.01^{ab}	0.31±0.01^{ab}
Spermidine اسپرمیدین	0.31±0.02^{ab}	0.31±0.01^{ab}	0.29±0.01^{ab}	0.32±0.02^{ab}	0.32±0.01^{ab}	0.30±0.01^{ab}	0.32±0.01^{ab}
Mean میانگین	0.33±0.03^{a}	0.31±0.04^{b}	0.29±0.01^{c}	0.33±0.03^{a}	0.31±0.04^{b}	0.29±0.01^{c}	
Mean میانگین	0.30±0.01^{b}			0.32±0.01^{a}			

Means in each column with similar letters are not significantly different LSD ($p < 5\%$).

در هر ستون میانگین‌هایی که حروف مشابه دارند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

شاخص رنگ پوست نرم پسته

میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها از شاخص درخشندگی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده در ۴۰ روز بعد از انبارمانی برخوردار بودند درحالی‌که در روز اول انبارمانی و ۲۰ روز بعد از آن تفاوت معنی‌داری بین کاربرد پلی‌آمین‌ها و تیمار شاهد مشاهده نشد. نتیجه‌ها هم‌چنین نشان داد که شاخص درخشندگی پوست طی دوره انبارمانی کاهش پیدا کرد و کاربرد کیتوزان سبب کاهش تغییرهای شاخص درخشندگی طی انبارداری شد (شکل ۴). بیشترین شاخص کروما در زمان قبل از انبارمانی در میوه‌هایی که با پوتریسین تیمار شده بودند مشاهده گردید و کمترین شاخص کرومای پوست نرم پسته نیز در زمان اندازه‌گیری ۴۰ روز بعد از انبارمانی که هیچ‌گونه تیماری روی آن‌ها صورت نگرفته بود، مشاهده شد (شکل ۵).

شاخص هیو پوست نرم طی زمان‌های ۲۰ و ۴۰ روز اندازه‌گیری بعد از انبارمانی به‌ترتیب حدود ۷ و ۹٪ کاهش پیدا کرد. درحالی‌که کاربرد کیتوزان در زمان ۲۰ روز بعد از انبارمانی از شاخص هیو بیشتری برخوردار بود ولی تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های پوشش داده‌شده با کیتوزان و بدون پوشش در زمان‌های صفر و ۴۰ روز انبارمانی مشاهده نشد (شکل ۶).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

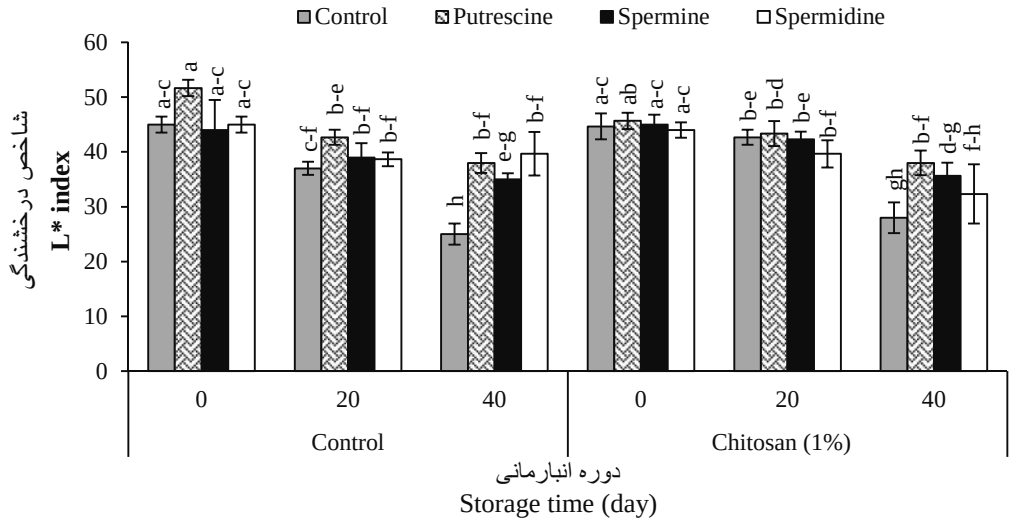

Fig. 4. Interaction of polyamine (1 mM) and chitosan on L* index of hull pistachio fruit during storage. Values with similar letters are not significantly different LSD ($p < 5\%$).

شکل ۴- برهمکنش پلی‌آمین (۱ میلی‌مولار) و کیتوزان بر شاخص درخشندگی پوست نرم پسته طی دوره انبارمانی (روز). ستون‌های با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

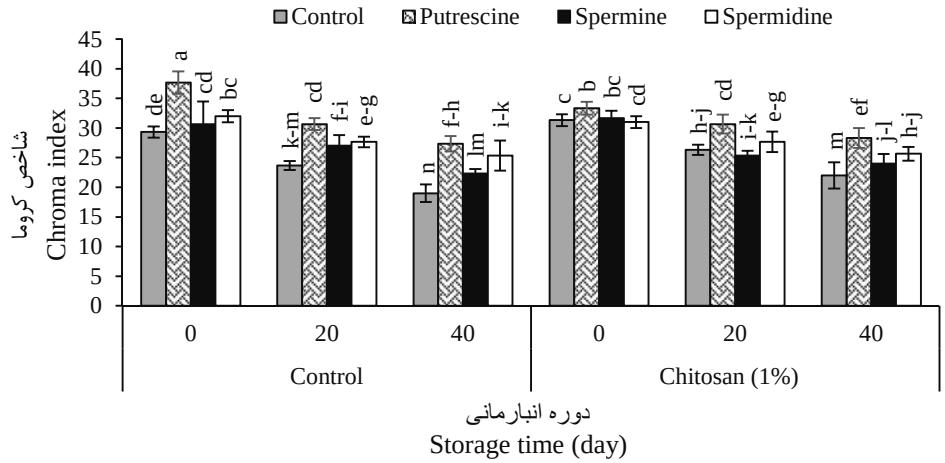

Fig. 5. Interaction of polyamine (1mM) and chitosan on chroma index of fruit pistachio hull during storage. Values with similar letters are not significantly different ($p < 5\%$).

شکل ۵- برهمکنش پلی‌آمین (۱ میلی‌مولار) و کیتوزان بر شاخص کرومای پوست نرم پسته میوه پسته رقم اکبری طی دوره انبارمانی (روز) .ستون‌های با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

شاخص‌های رنگ پوست استخوانی

میوه‌های پوشش‌دار شده با کیتوزان از شاخص درخشندگی پوست استخوانی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده برخوردار بودند. نتیجه‌ها هم‌چنین نشان داد که کاربرد پوتریسین سبب حفظ شاخص درخشندگی پوست استخوانی در میوه‌های پوشش داده شده با کیتوزان و بدون کیتوزان طی انبار گردید در حالی تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده با اسپرمین و اسپرمیدین با شاهد از لحاظ شاخص رنگ پوست استخوانی مشاهده نشد (شکل ۷).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

بیشترین شاخص کرومای پوست استخوانی در تیمار پوتریسین قبل از انبارمانی مشاهده شد و کمترین شاخص کرومای پوست استخوانی نیز در زمان اندازه‌گیری ۴۰ روز بعد از انبارمانی که هیچ‌گونه تیماری روی میوه‌ها صورت نگرفته بود، مشاهده گردید (شکل ۸).

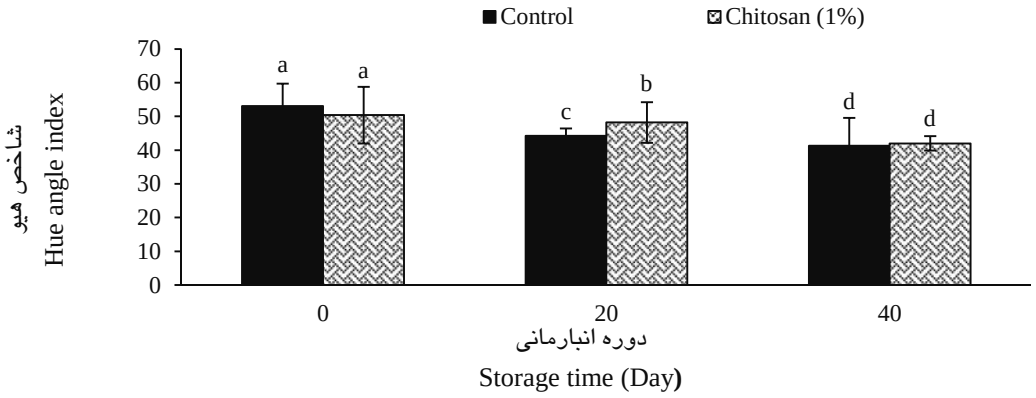

Fig. 6. Effect of chitosan and storage time on hue angle of fruit pistachio hull. Values with similar letters are not significantly different LSD ($p < 5\%$).

شکل ۶- تأثیر کیتوزان بر شاخص هیو پوست نرم میوه پسته رقم اکبری طی دوره انبارمانی (روز). ستون‌های با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

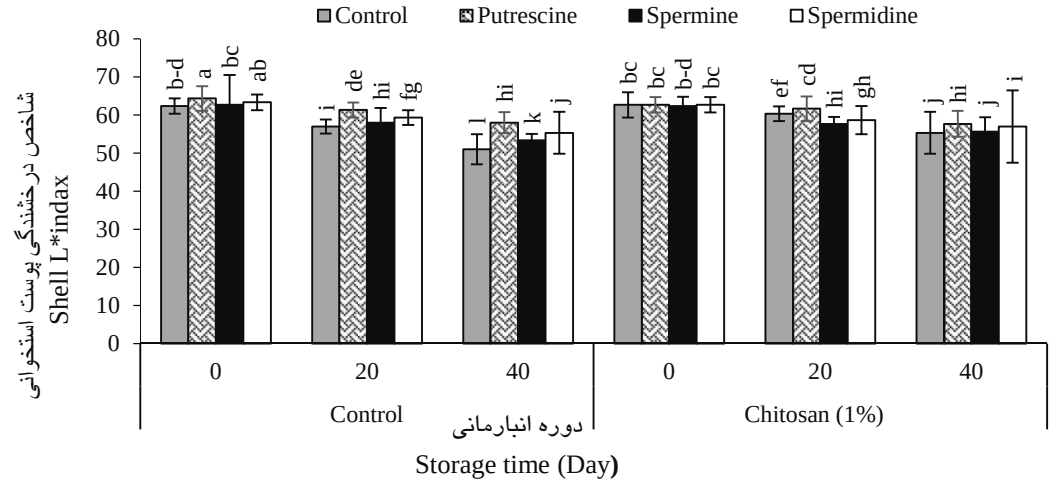

Fig. 7. Interaction of polyamine (1mM) and chitosan on L index of pistachio shell during storage. Values with similar letters are not significantly different LSD ($p < 5\%$).

شکل ۷- برهمکنش پلی‌آمین (۱میلی‌مولار) و کیتوزان بر شاخص درخشندگی پوست استخوانی میوه پسته رقم اکبری طی دوره انبارمانی (روز). ستون با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

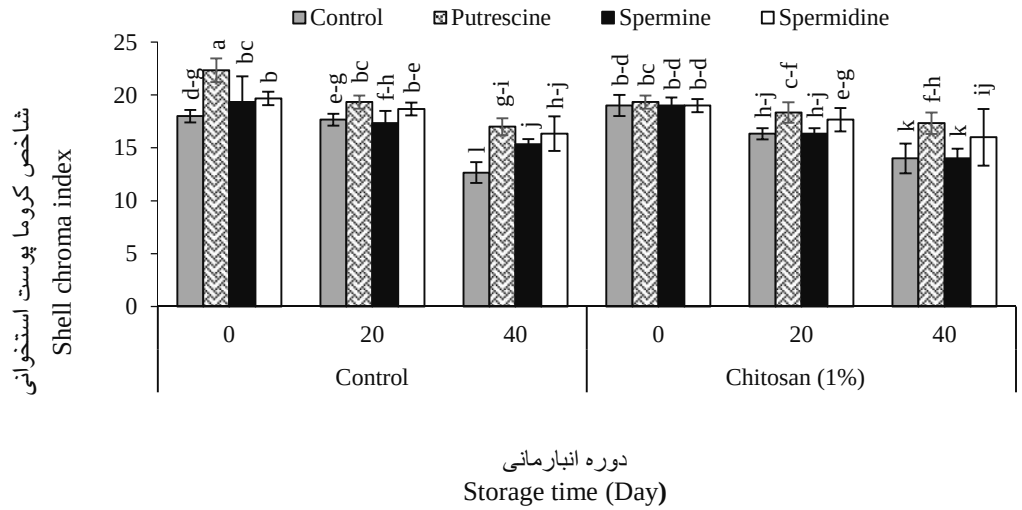

Fig. 8. Interaction of polyamine (1mM) and chitosan on chroma index of pistachio shell during storage. Values with similar letters are not significantly different LSD (p <5%).

شکل ۸- برهمکنش پلی‌آمین (۱میلی‌مولار) و کیتوزان بر شاخص کروما پوست استخوانی میوه پسته رقم اکبری طی دوره انبارمانی (روز). ستون با حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

بحث

سفتی میوه، یکی از ویژگی‌های مهم کیفی است که به‌طور مستقیم در افزایش توان انبارمانی و ایجاد مقاومت بیشتر به آسیب‌های مکانیکی و پوسیدگی میوه نقش دارد (۲۹). از سوی دیگر پایداری و استحکام معیار مهمی برای تعیین کیفیت و بازارپسندی میوه محسوب می‌شود که قضاوت مصرف‌کننده را زیر تأثیر قرار می‌دهد (۱۸). سفتی پوست نرم پسته و سفتی مغز از شاخص‌های مهم در بازارپسندی پسته تر محسوب می‌شود (۲۵). محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها از راه کاهش تحریک تولید اتیلن در اواخر دوره رشد میوه می‌تواند سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره یاخته‌ای شود که در نهایت روی استحکام بافت میوه تاثیر دارد (۹). بررسی‌های زیادی در ارتباط با کاربرد پلی‌آمین‌ها مبنی بر حفظ سفتی بافت میوه توت‌فرنگی (۱۹) و هلو (۹، ۲۰) طی انبارمانی صورت گرفته است که نتیجه‌های پژوهش حاضر مبنی بر کاربرد پلی‌آمین بر حفظ سفتی میوه با آن‌ها مطابقت دارد. گزارش شده است که کیتوزان با تأثیر بر کاهش ساخت اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های دیواره یاخته‌ای به‌واسطه کاهش ساخت اتیلن سبب حفظ سفتی میوه گواوا (*Psidium guajava*) گردید (۱۴). هم‌چنین گزارش شده است که کیتوزان باعث کاهش سطح تنفس، تولید اتیلن، فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز[۱] بتا-گلاکتوزیداز[۲] و پکتین متیل استراز[۳] می‌شود که از مهم‌ترین آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره یاخته‌ای و مسئول نرم شده میوه خیار هستند (۲).

کیفیت محصول‌ها بعد از برداشت به شدت زیر تاثیر مقدار آب فرآورده قرار می‌گیرد. کاهش رطوبت طی دوره انبارمانی به‌دلیل عدم یکسان بودن فشار بخار آب در فضای بین یاخته‌ای بافت‌ها و اتمسفر احاطه‌کننده میوه که سبب افزایش تبخیر و تعرق می‌شود از یک‌سو و تشدید فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر امری طبیعی است (۶). نتیجه‌های این آزمایش نشان داد که میزان رطوبت پوست نرم پسته‌های تیمار شده با 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. بررسی‌های بیشتر در میوه‌ها بیانگر کاهش مقدار رطوبت میوه‌های تیمار نشده با پلی‌آمین‌ها در شرایط انبار است (۲۵). میوه‌های گلابی

۱- Polygalacturonase ۲- B-galactosidase ۳- Pectin methylesterase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

که قبل از برداشت با پوتریسین تیمار شده بودند از مقدار آب بیشتری برخوردار بودند. این امر به‌دلیل نقش پلی‌آمین‌ها در یکپارچگی فسفولیپیدهای غشا یاخته‌ای می‌باشد (۱۵). هم‌چنین کاربرد قبل از برداشت پوتریسین و اسپرمیدین (۱ و ۲ میلی‌مولار) سبب حفظ وزن میوه و کاهش از دست دادن آب میوه انگور طی انبار گردید (۲۴). هم‌چنین کاهش از دست دادن آب میوه در میوه‌های پوشش داده‌شده با کیتوزان به‌دلیل ایجاد یک اتمسفر مرطوب در اطراف میوه است که سبب کاهش نرخ تبخیر و تعرق از بافت میوه می‌شود. از طرف دیگر کاربرد توأم کیتوزان یک درصد و کلسیم نسبت به کاربرد جداگانه کیتوزان، پلی‌آمین و شاهد سبب حفظ آب میوه انگور گردید (۳۲).

کلروفیل یکی از رنگدانه‌های مغز پسته است که افزون بر ایجاد رنگ سبز در مغز پسته به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان نیز عمل می‌کند (۸). در یک بررسی روی مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل مغز پسته نشان داده شد که مقدار کلروفیل طی مدت‌زمان انبارمانی به‌طور چشمگیری کاهش پیدا کرد که نتیجه پژوهش حاضر با آن مطابقت دارد (۸). در یک بررسی روی میوه پسته تر نشان داده شد که با افزایش زمان انبارمانی مقدار کلروفیل میوه به‌طور چشمگیری کاهش پیدا کرد (۱۸). هم‌چنین مقدار کلروفیل به‌دلیل فعالیت آنزیم‌های لیپاز[۱] و لیپواکسی‌ژناز[۲] طی انبار سبب فعالیت‌های مخرب روی کلروفیل می‌شود و مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد (۲۱). نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که محلول‌پاشی قبل از برداشت پلی‌آمین و پوشش‌دهی میوه با کیتوزان سبب حفظ مقدار کلروفیل میوه پسته تر در طی انبار گردید. در بررسی انجام‌شده روی میوه پسته تر رقم کله‌قوچی نشان داده شد که مقدار کلروفیل مغز پسته با کاربرد قبل از برداشت پوتریسین و اسپرمیدین افزایش پیدا کرد (۱۸). کاربرد پلی‌آمین‌ها بیشتر از راه کاهش تخریب کلروفیل و تأخیر در پیری و یا رسیدن میوه سبب حفظ مقدار کلروفیل می‌گردد (۲۲). بنابراین، کاربرد پلی‌آمین‌ها از راه کاهش تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در تخریب کلروفیل می‌تواند سبب افزایش مقدار کلروفیل نسبت به میوه‌های تیمار نشده گردیده و پیری میوه را به تأخیر اندازد (۱۲). گزارش شده است که کاربرد کیتوزان به‌دلیل کاهش نرخ تنفس و هم‌چنین کاهش تولید اتیلن سبب کاهش تجزیه رنگدانه کلروفیل در بافت میوه می‌شود (۵).

یکی از شاخص‌های اساسی دیگر که سبب جذب مشتری و افزایش بازارپسندی میوه پسته تر می‌گردد رنگ پوسته نرم و پوست استخوانی می‌باشد (۸). بر اساس نتیجه‌های به‌دست‌آمده از این پژوهش رنگ پوست نرم پسته و پوست استخوانی ۲۰ و ۴۰ روز بعد از انبارمانی کاهش پیدا کرد. به‌طورکلی، شاخص‌های رنگ میوه ارتباط نزدیکی با مقدار رنگدانه‌های موجود در قسمت پوست نرم پسته و مغز میوه دارند، یعنی کاهش مقدار رنگدانه‌ها سبب تغییر رنگ در بافت میوه می‌شود به طوری که شاخص هیو که شاخص رسیدگی و پیری میوه را نشان می‌دهد با کاهش مقدار رنگدانه‌های رنگ میوه از قرمز شفاف به قرمز تیره متمایل می شود که شاخص هیو رنگ نیز کاهش می‌یابد. هم‌چنین شاخص هیو از قرمز شفاف به سمت قرمز متمایل به قهوه‌ای تغییر رنگ می‌دهد که نشان دهنده کاهش شاخص درخشندگی و شاخص هیو می‌باشد. بنابراین، عواملی که بر مقدار رنگدانه‌های مغز و پوست تأثیرگذار باشند درنتیجه سبب کاهش شاخص‌های رنگ نیز می‌شوند (۲۲). بنابراین، کاربرد پلی‌آمین و کیتوزان 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 (۴). در پسته تر نیز به دلیل وجود ترکیب‌های فنولی بالا در پوست نرم پسته (۱۱) تغییر در ترکیب‌های فنولی نیز سبب کاهش شاخص‌های رنگ در طی انبار می‌گردد و کاربرد کیتوزان و پلی‌آمین‌ها از طریق کاهش تغییر ترکیب‌های فنولی سبب حفظ این شاخص‌ها می‌شود.

۱- Lipase

۲- Lipoxygenase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

نتیجه‌گیری

استفاده از پوشش یک درصدی کیتوزان به‌همراه پلی‌آمین‌ها سبب حفظ سفتی پوست نرم پسته و پوست استخوانی، حفظ رطوبت پوست و میوه، شاخص‌های رنگ پوست نرم پسته و پوست استخوانی و مقدار کلروفیل طی مدت‌زمان انبارمانی گردید که در این بین کاربرد همزمان پوتریسین و کیتوزان بیشترین تاثیر را بر حفظ ویژگی پسته تر و کاهش قهوه‌ای شدن و درصد میوه‌های کپک‌زده طی انبار داشت. ولی مقدار کاروتنوئید بعد از برداشت تغییری از خود نشان نداد.

منابع References

۱. اسماعیل‌پور، ع. ۱۳۸۴. خصوصیات و ویژگی های برخی از ارقام مهم پسته ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات پسته کشور. ۸۳ ص.

۲. قاسمی تولائی، م.، ع. ا. رامین و ف. امینی. ۱۳۹۴. تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان بر کیفیت و افزایش عمر پس از برداشت خیار رقم زمرد. نشریه تولید و فرآوری محصول‌های زراعی و باغی، ۵: ۱۹۷-۱۸۹

۳. حسینی، م. الف.، م. بابالار و م. ع. عسگری. ۱۳۹۳. اثر پوتریسین و تیمار گرمایی بر کیفیت پس از برداشت میوه گلابی رقم اسپادونا. نشریه علوم باغبانی ایران، ۴۵: ۲۳۴-۲۲.

۴. مستوفی، ی.، م. دهستانی اردکانی و س. ه. رضوی. ۱۳۸۹. اثر چیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی انگور رقم شاهرودی. فصلنامه علوم صنایع غذایی ایران، ۸: ۱۰۱-۹۳.

5. Ali, A., M.T.M. Muhammad., K. Sijam and Y. Siddiqui. 2011. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. Food Chem. 124:620-626.
6. Almenar, E., R.Catala, P. Hernandez-Mounoz and R. Gavara. 2009. Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone. LWT-Food Sci. Technol. 46(8):201-211.
7. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24(1):1.
8. Bellomo, M. G. and B. Fallico. 2007. Anthocyanins, chlorophylls and xanthophylls in pistachio nuts (*Pistacia vera* L.) of different geographic origin. Compos. Anal. 20(3):352-359.
9. Bregoli, A. M., S. Scaramagli, G. Costa, E. Sabatini, V. Ziosi, S. Biondi and P. Torrigiani, 2002. Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: aminoethoxyvinylglycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene emission and flesh firmness. Physiol. Plant. 114:472-481.
10. Gao, P., Z. Zhu and P. Zhang. 2013. Effects of chitosan- glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. Carbohydrate Poly. 95(5):371-378.
11. Gentile, C., L. Tesoriere, D. Butera, M. Fazzari, M. Monastero, M. Allegra and M.A. Livrea. 2007. Antioxidant activity of Sicilian pistachio (*Pistacia vera* L. var. Bronte) nut extract and its bioactive components. J. Agr. Food Chem. 55(3):643-648.
12. Harindra Champaa, W.A., M.I.S. Gilla, B.V.C Mahajanb, and N.K. Aroraa. 2014. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. Postharvest Biol. Technol. 45: 352-384.
13. Hernandez-Munoz, P., E. Almenar, V. Del Valle, D. Velez and R. Gavara. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chem. 110(3):428-435.
14. Hong, K., J. Xie, L. Zhang, D. Sun, and D. Gong. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. Sci. Hort. 144:172-178.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

15. Hosseini, M.S., Z. Fakhar, M. Babalar and M.A. Askari. 2017. Effect of pre-harvest putrescine treatment on quality and postharvest life of pear cv. Spadona. Adv. Hort. Sci. 31(1):11-17.
16. Joslyn, M. 1970. Methods in food analysis: physical, chemical, and instrumental methods of analysis, Academic Press. 845. p.
17. Keramer, G.F., C.Y. Wang and W.S. Conway. 1989. Correlation of reduced softening and increased polyamine levels during low-oxygen storage of "Macintosh" apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 924-946.
18. Khanamani, Z., S.H. Mirdehghan, M.H. Shamshiri and H. Hokmabadi. 2015. The effect of postharvest application of putrescine on quality and shelf life of fresh pistachio cv. 'Fandoghi' and 'Kalleghochi'. J. Hort. Sci. 48(1):99-1.
19. Khosroshahi, M.R.Z., M. Esna-Ashari, and A. Ershadi. 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* L.) fruit, cultivar Selva. Sci. Hort. 114:27-32.
20. Liu, J., K. Nada, X. Pang, C. Honda, H. Kitashiba and T. Moriguchi. 2006. Role of polyamines in peach fruit development and storage. Tree Physiol. 26:791-798.
21. Maskan, M. and S. Karatas. 1999. Storage stability of whole-split pistachio nuts (*Pistachia vera* L.) at various conditions. Food Chem. 66:227-233.
22. Mirdehghan, S.H., Z. Khanamani. M.H. Shamshiri and H. Hokmabadi. 2012. Preharvest foliar application of putrescine and spermine on postharvest quality of fresh pistachio. In VII International Postharvest Symposium, 1012:299-303.
23. Mirdehghan, S.H., M. Rahemi, D. Martínez-Romero, F. Guillen, J.M. Valverde, P.J. Zapata, M. Serrano, and D. Valero. 2007. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. Postharvest Biol. Technol. 44(1):19-25.
24. Mirdehghan, S.H. and S. Rahimi. 2016. Pre-harvest application of polyamines enhances antioxidants and table grape *(Vitis vinifera* L.) quality during postharvest period. Food Chem. 196(8):1040-1047.
25. Nazoori, F., S. Kalantari, N. Koraki, A. Talaie and A. Javanshah. 2015. Effect of harvest time, processing type and storage condition on preservation fresh and dried pistachios nuts. J. Crop Improv. 16(4):795-807.
26. Romanazzia, G., E. Feliziania, S. Banosb, and D. Sivakumarc. 2015. Shelf-Life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. J. Food Sci. 12:37-41.
27. Shayanfar, S., M. Kashaninejad, M. Khomeiri, Z.E. Djomeh and Y. Mostofi. 2011. Effect of MAP and different atmospheric conditions on the sensory attributes and shelf life characteristics of fresh pistachio nuts. Inter. J. Nuts Related Species. 2:47-57.
28. Valero D., D. Martinez-Romero, M. Serrano and F. Riquelme. 2000. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burm Cv. Verna). J. Agr. Food Chem. 46(6):2102-2109.
29. Wani, A.A., P. Singh, K. Gul, M. H. Wani and H.C. Langowski. 2014. Sweet cherry (*Prunus avium*): Critical factors affecting the composition and shelf life. Food Pack Shelf Life. 1: 86-99.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19 (3): 353-364 (2018)

Combined Preharvest Application of Polyamines and Chitosan Postharvest Treatments on Qualitative Parameters of Fresh Pistachio cv. Akbari

M. Barzaman S. H. Mirdehghan* and F. Nazoori[1]

Keeping fresh pistachio appearance after harvest had important role in economic value of this produce. In this research, pistachio trees were sprayed with 1 mM of putrescine, spermidine and permine 20 days before harvest. Foliar spraying by distilled water was considered as control. Harvested fruits were coated by chitosan (0 and 1%) and stored at 2±1 ^{o}C and 90±5% R.H. The fruits were evaluated at 0, 20, and 40 days of storage. The results showed that hull and kernel firmness, hull and fruit water content, L^* index in hull and shell, hue angle and chroma indices, chlorophyll content were decreased during storage but application of polyamines maintained these traits in comparison with control. The results also indicated that combined application of putrescine and chitosan improved these characteristic than alone application of each.

Keywords: Edible-coating, Putrisine, Spermine, Spermidine.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.3.4.8]

1. M.Sc. Student, Professor and Assistance Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

* Corresponding author, Email: (mirdehghan@vru.ac.ir).