

تأثیر کاربرد پس از برداشت پوتریسین بر کیفیت و عمر انبارمانی پسته تازه رقم‌های 'فندق' و 'کله‌قوچی'

زهرا خانامانی^۱، سید حسین میردهقان^{۲*}، محمدحسین شمشیری^۲ و حسین حکم‌آبادی^۳
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
۳. استادیار بخش باغبانی، مؤسسه تحقیقات پسته رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۱۰)

چکیده

یکی از راهکارهای افزایش ماندگاری فراورده‌های باغبانی، کاربرد پیش و پس از برداشت پلی‌آمین‌ها است. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر پلی‌آمین پوتریسین بر کیفیت پسته تازه در دوره‌های انبارداری انجام شده است. پسته‌های تازه رقم‌های فندق و کله‌قوچی به روش غوطه‌وری در محلول‌های پوتریسین (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به مدت هشت دقیقه تیمار شدند و پس از خشک شدن در بسته (ظرف‌های پلاستیکی) قرار گرفته و در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس سردخانه نگهداری شدند. نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش نشان داد، پس از ۴۵ روز انبارداری تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار با میانگین $1/97$ درصد کمترین میزان کاهش وزن را نسبت به شاهد ($3/95$ درصد) نشان داد. تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار با میانگین $2/3$ کیلوگرم نیرو مؤثرترین تیمار برای حفظ سفتی بوده است. در پایان زمان انبارداری، تیمارهای پوتریسین سبب کاهش آلودگی میکروبی در هر دو رقم شدند. در دوره نگهداری نیز تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار پس از گذشت ۴۵ روز از آغاز انبارداری با میانگین $1/32 \log \text{cfu g}^{-1}$ کمترین و نمونه‌های شاهد با میانگین $3/15 \log \text{cfu g}^{-1}$ بیشترین میزان آلودگی را نشان دادند. پسته‌های تازه تیمارنشده افزایش در میزان اسیدیته، پراکسید، طعم و مزه نامطلوب (تندی)، کاهش در میزان قند، شاخص‌های مختلف رنگ را نشان دادند. همه این تغییرپذیری‌ها به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای پوتریسین به تأخیر افتادند.

واژه‌های کلیدی: فندق و کله‌قوچی، عمر قفسه‌ای، سفتی، فعالیت میکروبی، کاهش وزن.

The effect of postharvest application of putrescine on quality and shelf life of fresh pistachio cv. 'Fandoghi' and 'Kalleghochi'

Zahra Khanamani¹, Seyed Hossein Mirdehghan^{2*}, Mohammad Hossein Shamshiri² and Hossein Hokmabadi³
1, 2. M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
3. Assistant Professor, Rafsanjan Pistachio Research Institute, Iran
(Received: Feb. 14, 2015 - Accepted: Sep. 1, 2015)

ABSTRACT

One way of extending storability of fresh products, is pre and postharvest polyamines application. This study was designed to study the effect of putrescine on quality of fresh pistachio during storage. Fresh pistachio cvs. 'Fandoghi' and 'Kalleghochi' were dipped for 8 min in putrescine solutions (0, 1 and 2 mM). The results indicated that putrescine 2 mM was the most effective treatment in maintaining the firmness of both cultivars with the average mean of 2.3 kgF. Also this treatment reduced the weight loss compared to control in both cultivars. Putrescine treatment decreased the microbial contamination and both cultivar had lower infection at the end of storage. Lowest and highest infection was observed for put 2 mM and control with means $1.32 \log \text{cfug}^{-1}$ and $3.15 \log \text{cfug}^{-1}$ respectively after 45 day of storage. The control showed the increment in acidity index, peroxide value, panel test, and reduction in soluble carbohydrate, color indices. All these changes delayed significantly by putrescine treatments.

Keywords: Fandoghi and Kalleghochi, firmness, microbial activity, weight loss, shelf life.

مقدمه

ایران به عنوان یکی از مهم ترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان پسته در جهان به شمار می آید. پسته تازه عمر انبارداری پایینی دارد و از سوی دیگر خشک کردن پسته تازه سبب کاهش ارزش غذایی آن می شود (Shakerardekani, 2007). پسته تازه طعم مطلوب تری دارد و همچنین صادرات پسته تازه ارزش افزوده بیشتری نسبت به پسته خشک شده دارد (Shakerardekani, 2007). ترک خوردگی پوسته نرم، جدا شدن پوست نرم از پوست استخوانی هنگام برداشت و حمل و نقل و همچنین نرم شدن پوست نرم در دوره انبارداری از مشکلات عمده پس از برداشت پسته تازه است. افزون بر این، نرم شدن پوست و سستی پوست نرم می تواند امکان فعالیت بیماریگر (پاتوژن) های بیماری زا و در نهایت آلودگی های قارچی و فساد پسته تازه را در دوره انبارداری سبب شود. این در حالی است که آلودگی آفلاتوکسین همه ساله صادرات این محصول با ارزش را تهدید می کند. بنابراین کاربرد تیمارها و روش هایی که در زمینه افزایش سفتی پوست نرم و بهبود عمر پس از برداشت پسته تازه مؤثر باشند، بسیار ارزشمند خواهد بود. یکی از دلایل ماندگاری بسیار پایین پسته تازه، تنفس زیاد آن است، بنابراین به منظور بهبود زمان ماندگاری پسته تازه بایستی از روش هایی استفاده کرد که آهنگ تنفس پسته تازه را کم کرده و باعث کاهش از دست دهی آب از این فراورده شوند (Rad, 2007). زیرا مهم ترین ناهنجاری که باعث کاهش کیفیت و در نهایت پژمردگی فراورده ها می شود، کاهش وزن از راه تبخیر از سطح فراورده است (Gomez-Galindo *et al.*, 2004). بنابراین کنترل فرآیند تنفس در محصولات برداشت شده باعث کاهش فرآیندهای سوخت و سازی (متابولیسم) و در نتیجه افزایش عمر پس از برداشت میوه ها و سبزی ها خواهد شد. اگرچه افزون بر کاهش وزن، نرم شدن بافت میوه، تغییر رنگ و افزایش فعالیت قارچی و باکتریایی در میوه ها و سبزی های مختلف در پس از برداشت گزارش شده است (Lin & Zhao, 2007). به منظور حفظ کیفیت، کاهش ضایعات و افزایش عمر انباری فراورده های

باغبانی روش های مختلفی استفاده شده است. یکی از راهکارهای افزایش ماندگاری فراورده های باغبانی، کاربرد پلی آمین ها در مراحل پیش و پس از برداشت است. با توجه به نقش پلی آمین ها در زمینه حفظ پایداری غشاء (Kramer *et al.*, 1989) که موجب افزایش سفتی فراورده ها می شوند، کاربرد این ترکیب ها در زمینه بهبود کیفیت پس از برداشت فراورده های باغبانی توجه شده است.

پلی آمین ها ترکیب های پلی کاتیونی آلیفاتیک با وزن مولکولی کم هستند و به طور معمول در گیاهان عالی سه نوع پلی آمین پوتری سین (Put)، اسپرمیدین (Spd) و اسپرمین (Spm) عمومیت دارد. این ترکیب ها در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف گیاهی ایفای نقش می کنند (Ashraf & Harris, 2004). در شرایط فیزیولوژیکی ممکن است پلی آمین ها به حالت های آزاد، ترکیب شده (توأم) با ترکیب های فنولی یا هیدروکسی سینامیک اسید و یا به صورت باند شده با درشت (ماکرو) مولکول هایی مانند پروتئین ها یا اسیدهای نوکلئیک باشند (Gropa & Benavids, 2008) مشخص شده است که پلی آمین ها ترکیب های ضد پیری مؤثری هستند (Tiburcio *et al.*, 1997)، در نتیجه کاربرد برون زاد (خارجی) پلی آمین ها در مرحله پس از برداشت اثرگذاری سودمندی را به دنبال دارد. پلی آمین ها به دلیل ماهیت پلی کاتیونی که دارند، می توانند با اتصال به مولکول های باردار منفی مانند DNA، پروتئین ها، فسفولیپیدهای غشاء و پلی ساکاریدهای پکتینی موجب تثبیت درشت مولکول های زیستی و غشاهای یاخته ای و در نهایت حفظ فعالیت زیستی (بیولوژیکی) فراورده شوند (Ashraf & Harris, 2004). در میوه ها عمده ترین ترکیبی که با پلی آمین ها ایجاد واکنش می کند، ترکیب های پکتینی موجود در دیواره یاخته ای است که باعث تغییر در ثبات و فعالیت های فیزیولوژیکی فراورده می شود (Valero *et al.*, 1998). کاربرد برون زاد پلی آمین ها در میوه های سیب (Wang 1993) *et al.*، گوجه فرنگی (Law *et al.*, 1997) و لیمو (Valero *et al.*, 1998) با ثبات دیواره یاخته ای باعث افزایش سفتی آن ها شدند (Messiaen *et al.*, 1997).

تیمار، میوه‌های پسته در دمای آزمایشگاه خشک شدند و در هر واحد آزمایشی (ظرف‌های پلاستیکی) ۲۰۰ گرم پسته تازه قرار گرفت و روی ظرف‌های با استفاده از سلفون پوشش‌دار شد. واحدهای آزمایشی پس از توزین، در سردخانه با دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی محیط 5 ± 90 درصد قرار گرفتند. در فاصله‌های زمانی ۲۰ و ۴۵ روز پس از آغاز انبارداری ویژگی‌هایی همانند میزان کاهش وزن، سفتی پوسته خارجی (پوسته رنگی) پسته تازه، عدد اسیدی، اندیس پراکسید، طعم و مزه تندی نامطلوب (تندی)، میزان کربوهیدرات‌های محلول، فعالیت میکروبی و شاخص‌های مختلف رنگ اندازه‌گیری شدند.

صفات اندازه‌گیری شده

کاهش وزن

به‌منظور ارزیابی کاهش وزن، میوه‌ها پیش از ورود به سردخانه و در فاصله‌های زمانی مشخص توزین و با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن محاسبه شد. در این فرمول W_1 و W_2 به‌ترتیب نشان‌دهنده وزن اولیه و ثانویه است.

$$\text{کاهش وزن (درصد)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

سفتی

به‌منظور اندازه‌گیری سفتی از هر واحد آزمایشی ده عدد پسته تازه به‌طور تصادفی انتخاب و آنگاه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (Lutron model FG5020) سفتی حبه‌های پسته اندازه‌گیری شد و متوسط میزان سفتی ده عدد پسته تازه برحسب کیلوگرم نیرو بیان شد.

عدد اسیدی

برای ارزیابی عدد اسیدی یا اسیدیتنه وزن معینی از چربی نمونه مورد نظر (بر حسب درصد وزنی اسید اولئیک موجود در آن) در ۲۵ سی‌سی الکل اتیلیک ۹۵ درصد حل کرده و اسید آزاد موجود در آن با شناساگر فنول فتالین و یک محلول قلیایی (هیدروکسید سدیم) ۰/۱ نرمال تیترا شد و سپس از

برخی از اثرگذاری‌های پلی‌آمین‌ها بر سفتی میوه می‌تواند به علت تغییر در بیان ژن‌های درگیر در زیست‌ساخت (بیوسنتز) اتیلن و دریافت اتیلن باشد (Serrano *et al.*, 2003). به همین دلیل در اغلب موارد نقش پلی‌آمین‌ها برخلاف اتیلن است و با افزایش غلظت پلی‌آمین‌ها، غلظت اتیلن کاهش می‌یابد (Tiburcio *et al.*, 1997). همچنین پلی‌آمین‌ها در واکنش‌های دفاعی گیاهان در برابر تنش‌ها نیز ایفای نقش می‌کنند و مشخص شده است که در زمان تنش‌های مختلف غلظت پلی‌آمین‌ها به‌شدت تغییر می‌کند. در زمان تنش سرما میزان پلی‌آمین‌های کل افزایش می‌یابد، به‌گونه‌ای که اسپرمیدین و اسپرمین با محافظت از لیپیدهای غشا یاخته سبب جلوگیری از سرمازدگی می‌شوند. تنش‌های مکانیکی هم سبب تغییر در غلظت پلی‌آمین‌ها می‌شوند و در کل پلی‌آمین‌ها، آسیب ناشی از آسیب‌های مکانیکی، آفات و بیماری‌ها را کاهش می‌دهند (Palvan-unsal, 1995; Bouchereau *et al.*, 1999; Alcazar *et al.*, 2006). هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تیمار پس از برداشت پوتریسیس بر حفظ ویژگی‌های کیفی دو رقم پسته فندقی و کله‌قوچی طی در دوره انبارداری به‌منظور تازه‌خوری است.

مواد و روش‌ها

میوه‌های مورد نیاز برای این پژوهش شامل دو رقم پسته فندقی و کله‌قوچی از درختان پسته ۲۲ ساله موجود در یکی از باغات پسته واقع در اطراف شهرستان رفسنجان تهیه و پسته‌ها در مرحله بلوغ تجاری برداشت شدند. خوشه‌های پسته در ساعت‌های اولیه صبح برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. پسته‌های رسیده، یکنواخت و بدون هرگونه آسیب به‌منظور اعمال تیمار جداسازی شدند. شماری از میوه‌های انتخابی پیش از تیمار برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر استفاده شدند. پس از تهیه محلول‌های پوتریسیس ۱ و ۲ میلی‌مولار، پسته‌های دو رقم به‌صورت جداگانه به شیوه غوطه‌وری در مدت‌زمان هشت دقیقه تیمار شدند و آب مقطر در این آزمایش به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. پس از اعمال

انجام پذیرفت و در این روش از ۱۰ میلی گرم نمونه بدون چربی استفاده شد. عمل عصاره‌گیری هر نمونه با استفاده از متانول ۸۰ درصد صورت گرفت. پس از پایان مراحل عصاره‌گیری به منظور تبخیر متانول، نمونه‌ها درون دستگاه آون با دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به مدت چهار دقیقه قرار گرفتند. پس از پایان تبخیر به عصاره باقی‌مانده هر نمونه، ۴ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد، ۲۵ میلی لیتر آب دو بار تقطیر، ۲ میلی لیتر محلول سولفات روی ۲ درصد و ۲ میلی لیتر هیدروکسید باریوم ۲ درصد اضافه شد و به محلول به دست آمده برای رقیق‌سازی ۱۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر اضافه شد. در نهایت به ۲ میلی لیتر از عصاره نهایی، ۱ میلی لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی لیتر اسیدسولفوریک خالص اضافه شد و جذب هر یک از محلول‌ها (نمونه‌ها) در طول موج ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) (مدل Cecil CE-3041) قرائت شد.

فعالیت میکروبی

برای اندازه‌گیری فعالیت میکروبی پس از تهیه کردن آگار و پپتون واتر با غلظت ۱ درصد در شرایط سترون (استریل) ۹۰ میلی لیتر پپتون واتر به همراه ۱۰ گرم از مغز و پوست رنگی پسته تازه را درون کیسه‌های سترون ریخته و با استفاده از دستگاه stomacher (Interscience 400p) به مدت نود ثانیه عمل مخلوط شدن انجام گرفت. پس از انجام مراحل رقیق‌سازی از محتوای هر لوله آزمایش ۱ میلی لیتر به پتری‌دیش‌های حاوی آگار سترون شده اضافه و به مدت پنج روز درون اتاقک رشد (انکوباتور) با دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از گذشت پنج روز شمار پرگنه (کلنی)‌ها شمارش شد و میزان فعالیت میکروبی به صورت لگاریتم شمار پرگنه‌های شمارش شده در هر گرم وزن تازه میوه محاسبه شد (Serrano et al., 2005).

رنگ سطح پوست میوه

برای محاسبه رنگ سطحی پوست نرم پسته تازه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta CR-)

روی وزن نمونه و نتایج به دست آمده از عیارسنجی (تیتراسیون) توسط رابطه زیر عدد اسیدی بر حسب میلی گرم اسید اولئیک در ۱۰۰ گرم روغن محاسبه شد (Parvane, 1998).

= عدد اسیدی

$$\frac{\text{میزان مصرفی هیدروکسید سدیم (ml)} \times \text{نرمالیتت سود} \times 28/2}{\text{وزن نمونه (g)}}$$

نمایه پراکسید

به منظور اندازه‌گیری پراکسید ۲۵ میلی لیتر حلال پراکسید (مخلوط اسید استیک و کلروفرم به نسبت ۳ به ۲) به ۵ گرم از روغن استخراج شده اضافه شد و پس از گذشت پنج دقیقه ۱ میلی لیتر محلول یدور پتاسیم اشباع به آن اضافه شد. مخلوط به مدت یک دقیقه در جای تاریک قرار داده شد و در مرحله بعد ۲۵ میلی لیتر آب مقطر و چند قطره معرف چسب نشاسته ۱ درصد به آن اضافه شد و عمل عیارسنجی را تا از بین رفتن رنگ آبی محلول عیارسنجی با استفاده از محلول تیو سولفات سدیم ۰/۱ نرمال ادامه داده و عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم توسط رابطه زیر محاسبه شد (Parvane, 1998; Hosseini, 2004).

= عدد پراکسید

$$\frac{\text{میزان مصرفی تیوسولفات سدیم (ml)} \times \text{نرمالیتت تیوسولفات سدیم} \times 1000}{\text{وزن نمونه (g)}}$$

طعم و مزه نامطلوب (تندی)

چگونگی ارزیابی این صفت چنین انجام شد که هفت ظرف انتخاب و در هر ظرف میزانی پسته از نمونه‌های مورد نظر قرار داده و از ده نفر از دوستان تقاضا شد که از نمونه پسته‌های هر ظرف آزمایش کنند و نمره دهند و در نهایت میانگین گرفته شد (به مزه بسیار عالی نمره صفر، بسیار خوب نمره ۱، خوب نمره ۲، متوسط نمره ۳، ضعیف نمره ۴، بسیار بد و تلخ‌مزه نمره ۵) داده شد.

میزان کربوهیدرات‌های محلول

میزان کربوهیدرات‌های محلول به روش اسیدسولفوریک-فنل و بنابر روش تغییر یافته (Nzima et al., 1997)

MSTATC و مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. جدول‌ها و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

کاهش وزن

در جدول ۱، تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری نشان می‌دهد که با گذشت زمان انبارداری درصد کاهش وزن در همه تیمارها افزایش یافته است. بنا بر نتایج به دست آمده در پایان زمان انبارداری تیمار شاهد از بالاترین درصد کاهش وزن (۳/۹۵٪) و تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار پایین‌ترین درصد کاهش وزن (۱/۹۷٪) را دارد.

۴۰۰)، رنگ دو قسمت از پوست پسته‌ها خوانده شد. دستگاه رنگ‌سنج، میزان رنگ را به صورت ۳ شاخص a^* (قرمز تا سبز)، b^* (زرد تا آبی) و L^* (درخشندگی) ارائه می‌دهد. شاخص‌های خلوص یا شدت رنگ (Chroma) و Hue angle نیز با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شدند.

$$\text{Chroma} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

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

طرح آزمایشی و تجزیه آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه کامل تصادفی با سه تیمار و چهار تکرار طراحی شد. عامل‌ها در این آزمایش شامل تیمار پوتریسین در سه سطح (۱، ۲ میلی‌مولار و آب مقطر به عنوان شاهد)، دو رقم و زمان در دو سطح (۲۰ و ۴۵ روز پس از آغاز انبارداری) بودند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار

جدول ۱. تأثیر پوتریسین و زمان انبارداری (A) و پوتریسین و نوع رقم (B) بر کاهش وزن (درصد) پسته تازه نگهداری شده در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس

Table 1. Effect of putrescine and storage time (A) and putrescine and cultivar type (B) on weight loss (%) of fresh pistachio stored at $1.5 \pm 1^\circ\text{C}$

Treatments	Storage time (days) (A)		Cultivar type (B)	
	20	45	'Kaleghochi'	'Fandoghi'
Control	3.3±0.04 b	3.95±0.09 a	3.73±0.21 a	3.52±0.12 b
Putrescine (1mM)	2.46±0.2 d	2.89±0.08 c	2.72±0.07 c	2.62±0.08 d
Putrescine (2mM)	1.66±0.04 f	1.97±0.14 c	1.85±0.06 e	1.77±0.32 f

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. Means in each column and row with same letters are not significant at probability level of 5%.

به‌طور معنی‌داری نرم شدن پوسته بیرونی پسته تازه را در طول مدت انبارداری به تأخیر انداخته است. پس از ۴۵ روز انبارداری، کمترین سفتی پوسته بیرونی با میانگین (۱/۲۸ kg f) مربوط به نمونه‌های شاهد است و در بین تیمارهای پوتریسین، تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار بیشترین سفتی پوسته بیرونی (۲/۳ kg f) را به خود اختصاص داده است. در شکل ۱ برهمکنش تیمار و نوع رقم نشان می‌دهد که در هر دو رقم نمونه‌های شاهد کمترین سفتی پوسته بیرونی را دارند. در بین تیمارهای به‌کاررفته در هر دو رقم فندق و کله‌قوچی، بیشترین میزان سفتی پوسته بیرونی مربوط به تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار است. در مقایسه بین دو رقم در این آزمایش، در هر سه تیمار یادشده، رقم کله‌قوچی نسبت به رقم فندق می‌تواند سفتی بیشتری دارد.

نتایج برهمکنش پوتریسین و نوع رقم در جدول ۱ بیانگر این است که بالاترین درصد کاهش وزن در هر دو رقم مربوط به نمونه‌های شاهد است. صرف‌نظر از نوع تیمار، رقم فندق در مقایسه با رقم کله‌قوچی کاهش وزن کمتری نشان می‌دهد. در هر دو رقم مورد بررسی تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار پایین‌ترین درصد کاهش وزن را به خود اختصاص داده است. اگرچه تیمار پوتریسین ۱ میلی‌مولار هم سبب کاهش درصد اتلاف وزن در مقایسه با شاهد شده است.

سفتی پوسته بیرونی (پوسته رنگی) پسته تازه

اثر برهمکنش پوتریسین و زمان انبارداری در شکل ۱ نشان‌دهنده سیر کاهش سفتی پوسته بیرونی پسته‌های تازه در دوره انبارداری در همه تیمارها است. روشن است که کاربرد پلی‌آمین پوتریسین،

عدد اسیدی

میزان پراکسید را دارند. صرف نظر از نوع تیمار، رقم فندقی نسبت به رقم کله قوچی میزان پراکسید کمتری داشته است. در هر دو رقم مورد بررسی تیمار پوتریسین ۲ میلی مولار کمترین میزان پراکسید را به خود اختصاص داده است.

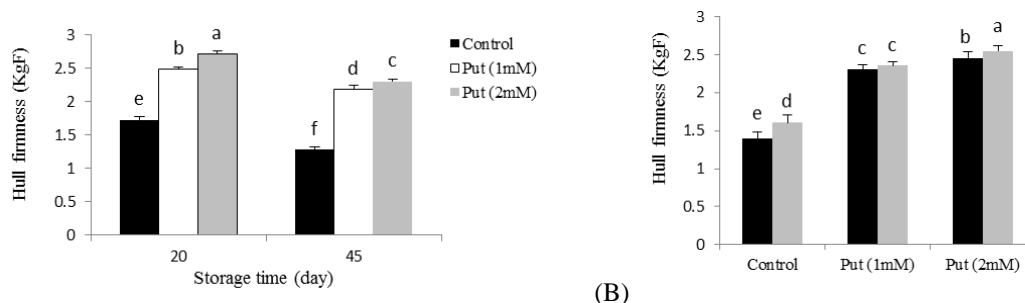
طعم و مزه نامطلوب (تندی)

در طول مدت انبارداری در جدول ۳ کمترین میزان تندی طعم و مزه در پایان زمان انبارداری مربوط به تیمار پوتریسین ۲ میلی مولار است، در حالی که نمونه‌های شاهد پایین‌ترین کیفیت خوراکی را دارند. نتایج جدول ۳ بیانگر این است که طعم و مزه در هر دو رقم در نمونه شاهد نامطلوب‌تر بوده است. بهترین کیفیت مربوط به تیمار پوتریسین ۲ میلی مولار بوده است و دو رقم نسبت به این تیمار واکنش یکسانی نشان دادند. در مقایسه بین دو رقم در این آزمایش، رقم کله قوچی نسبت به رقم فندقی طعم و مزه بهتری دارد.

در شکل ۲، برهمکنش پوتریسین و زمان انبارداری بررسی شده است. نتایج آزمایش بیانگر آن است که در زمان انبارداری افزایش در میزان عدد اسیدی تنها برای تیمار شاهد رخ داده است. در صورتی که افزایش معنی‌دار در تیمارهای پوتریسین مشاهده نشد و کمترین میزان عدد اسیدی را نشان دادند.

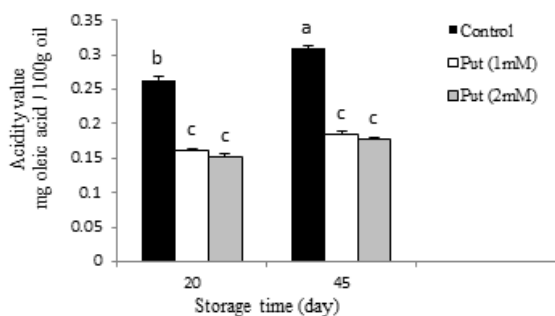
نمایه پراکسید

اثر متقابل پوتریسین و زمان انبارداری در جدول ۲ بیانگر وجود سیر صعودی میزان پراکسید در دوره انبارداری است. تیمارهای پوتریسین از افزایش میزان پراکسید در مقایسه با شاهد جلوگیری کرده‌اند. پس از گذشت ۴۵ روز از آغاز انبارداری، تیمار پوتریسین ۲ میلی مولار کمترین میزان عدد پراکسید (0.47 meq/kg) را نشان داد و بیشترین میزان (1.01 meq/kg) مربوط به نمونه شاهد بوده است. در هر دو رقم مورد بررسی، نمونه‌های شاهد بالاترین



شکل ۱. تأثیر پوتریسین و زمان انبارداری (A) و پوتریسین (Put) و نوع رقم (B) بر سفتی پوسته بیرونی (کیلوگرم نیرو) پوسته تازه نگهداری شده در دمای 1 ± 1.5 درجه سلسیوس، شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.

Figure 1. Effect of putrescine and storage time (A) and putrescine and cultivar type (B) on hull firmness (KgF) of fresh pistachio stored at $1.5 \pm 1^\circ\text{C}$. Bar index on mean represent standard error.



شکل ۲. تأثیر پوتریسین (Put) و زمان انبارداری بر میزان عدد اسیدی (میلی گرم اسید اولئیک / ۱۰۰ گرم روغن) پوسته تازه نگهداری شده در دمای 1 ± 1.5 درجه سلسیوس، شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.

Figure 2. Effect of putrescine and storage time on acidity value (mg oleic acid / 100g oil) of fresh pistachio stored at $1.5 \pm 1^\circ\text{C}$. Bar index on mean represent standard error.

جدول ۲. تأثیر پوتریسین و زمان انبارداری (A) و پوتریسین و نوع رقم (B) بر نمایه پراکسید (میلی اکی والان / کیلوگرم) پسته تازه نگهداری شده در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس

Table 2. Effect of putrescine and storage time (A) and putrescine and cultivar type (B) on peroxide value (me/kg) of fresh pistachio stored at $1.5 \pm 1^\circ\text{C}$

Treatments	Storage time (days) (A)		Cultivar type (B)	
	20	45	'Kaleghochi'	'Fandoghi'
Control	0.93±0.01 b	1.01±0.02 a	1.01±0.21 a	0.94±0.01 b
Putrescine (1mM)	0.56±0.04 d	0.60±0.02 c	0.59±0.07 c	0.57±0.08 c
Putrescine (2mM)	0.43±0.06 f	0.47±0.07 e	0.47±0.06 d	0.43±0.06 e

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means in each column and row with same letters are not significant at probability level of 5%.

اختصاص داد. بنابر نتایج به‌دست‌آمده پلی‌آمین پوتریسین در هر دو غلظت از کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول پسته‌های تازه در طول مدت انبارداری در مقایسه با تیمار شاهد جلوگیری کرده است. در هر دو رقم فندق و کله‌قوچی کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در تیمار شاهد مشاهده شد و در بین تیمارهای پوتریسین، پوتریسین ۲ میلی‌مولار در هر دو رقم بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول را دارد.

کربوهیدرات‌های محلول (قند)

نتایج جدول ۴ مبین این مطلب است که با افزایش مدت‌زمان انبارداری میزان کربوهیدرات‌های محلول پسته‌های تازه در همه تیمارها کاهش یافته است. در پایان مدت انبارداری کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در نمونه‌های شاهد مشاهده شد ($0.6/23$) و از تیمارهای پوتریسین، پوتریسین ۲ میلی‌مولار بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول ($0.9/04$) را به خود

جدول ۳. تأثیر پوتریسین و زمان انبارداری (A) و پوتریسین و نوع رقم (B) بر طعم مزه تندی پسته تازه نگهداری شده در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس

Table 3. Effect of putrescine and storage time (A) and putrescine and cultivar type (B) on rancidity taste of fresh pistachio stored at $1.5 \pm 1^\circ\text{C}$

Treatments	Storage time (days) (A)		Cultivar type (B)	
	20	45	'Kaleghochi'	'Fandoghi'
Control	0.5±0.01 c	1.22±0.04 a	0.83±0.14 b	0.9±0.13 a
Putrescine (1mM)	0.41±0.03 d	0.62±0.01 b	0.46±0.05 d	0.57±0.03 c
Putrescine (2mM)	0.26±0.04 e	0.4±0.04 d	0.21±0.02 e	0.45±0.02 d

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means in each column and row with same letters are not significant at probability level of 5%.

جدول ۴. تأثیر پوتریسین و زمان انبارداری (A) و پوتریسین و نوع رقم (B) بر میزان کربوهیدرات‌های محلول (درصد) پسته تازه نگهداری شده در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس

Table 4. Effect of putrescine and storage time (A) and putrescine and cultivar type (B) on soluble carbohydrate (%) of fresh pistachio stored at $1.5 \pm 1^\circ\text{C}$

Treatments	Storage time (days) (A)		Cultivar type (B)	
	20	45	'Kaleghochi'	'Fandoghi'
Control	8.14±0.13 c	6.23±0.11 e	6.9±1.34 e	7.47±1.3 d
Putrescine (1mM)	9.41±0.19 b	7.65±0.31 d	8.09±0.86 c	8.97±1.04 b
Putrescine (2mM)	10.26±0.9 a	9.04±0.20 b	8.93±1.50 b	10.36±0.84 a

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means in each column and row with same letters are not significant at probability level of 5%.

فعالیت میکروبی (cfu $3/15$) در نمونه‌های شاهد مشاهده شد و تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار کمترین میزان آلودگی (cfu $1/32$) را به خود اختصاص داده است. تیمارهای پوتریسین در هر دو غلظت سبب کاهش آلودگی

فعالیت میکروبی

بنابر نتایج شکل ۳ در مدت‌زمان انبارداری بر میزان آلودگی میکروبی نمونه‌های پسته افزوده شده است. پس از ۴۵ روز انبارداری، بیشترین میزان آلودگی

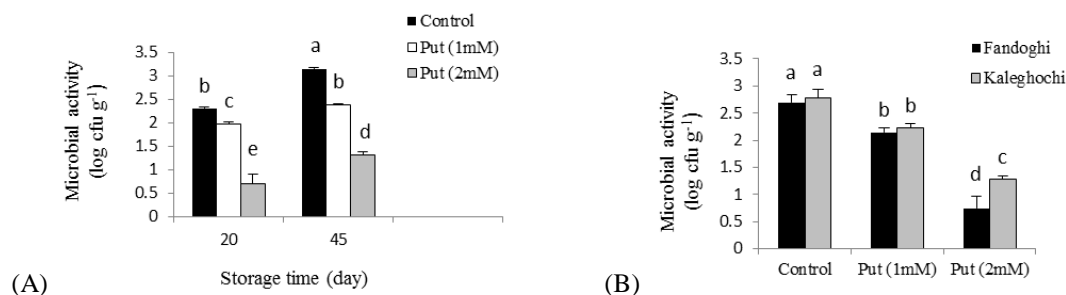
تیمار رقم فندقی نسبت به رقم کله‌قوچی میزان درخشندگی بیشتری دارد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر برهمکنش پوتریسین و زمان انبارداری در جدول ۵ بیانگر کاهش شاخص Chroma (شدت رنگ) در دوره انبارداری است. کمترین میزان شاخص خلوص رنگ (Chroma) در پایان زمان انبارداری مربوط به تیمار شاهد (۲۱/۳۳) است و تیمار پوتریسین ۱ میلی‌مولار بیشترین میزان (۲۸/۱۱) این شاخص را دارد. کمترین میزان شاخص خلوص رنگ (Chroma) در هر دو رقم، بنا بر نتایج شکل ۴ مربوط به تیمار شاهد است. در رقم فندقی تیمار پوتریسین ۱ میلی‌مولار و در رقم کله‌قوچی تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار بیشترین میزان این شاخص را دارند.

در شکل ۵ اثر متقابل پوتریسین و نوع رقم برای زاویه رنگ (Hue angle) نشان داده شده است. در رقم فندقی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نمی‌شود، ولی در رقم کله‌قوچی تیمار پوتریسین ۱ میلی‌مولار کمترین میزان این شاخص را به خود اختصاص داده است.

میکروبی پسته‌های تازه در مقایسه با شاهد شده‌اند. در هر دو رقم فندقی و کله‌قوچی بیشترین میزان آلودگی پسته‌های تازه مربوط به تیمار شاهد است و در بین تیمارهای پوتریسین هم کمترین میزان آلودگی در رقم‌های مورد بررسی، مربوط به تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار است. بنا بر نتایج صرف‌نظر از نوع تیمار، رقم فندقی نسبت به رقم کله‌قوچی میزان آلودگی کمتری را نشان می‌دهد (شکل ۳).

شاخص‌های مختلف رنگ سطح پوست نرم پسته تازه نتایج جدول ۵ نشان‌دهنده کاهش درخشندگی L^* در مدت‌زمان انبارداری است. ولی تیمارهای پوتریسین سبب حفظ درخشندگی پوست شده‌اند. در پایان زمان انبارداری بیشترین میزان درخشندگی مربوط به تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار (۵۴/۹۸) و کمترین میزان درخشندگی مربوط به تیمار شاهد (۳۱/۸۹) بوده است. شکل ۴ نتایج اثر متقابل پوتریسین و رقم را نشان می‌دهد. تیمار شاهد در هر دو رقم کمترین میزان و تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار بیشترین میزان درخشندگی را به خود اختصاص داده‌اند. در هر سه



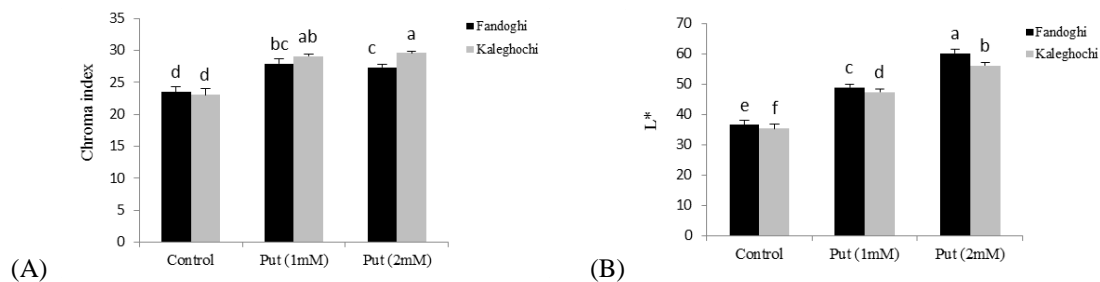
شکل ۳. تأثیر پوتریسین (Put) و زمان انبارداری (A) و پوتریسین و رقم (B) بر فعالیت میکروبی (log cfu g⁻¹) پسته تازه نگهداری‌شده در دمای ۱ ± ۱/۵ درجه سلسیوس، شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.
Figure 3. Effect of putrescine and storage time (A) on microbial activity (log cfu g⁻¹) of fresh pistachio stored at 1.5±1°C. Bar index on mean represent standard error.

جدول ۵. تأثیر پوتریسین و زمان انبارداری بر میزان درخشندگی (L^*) و خلوص رنگ (Chroma) پوست بیرونی پسته تازه نگهداری‌شده در دمای ۱ ± ۱/۵ درجه سلسیوس

Table 5. Effect of putrescine and storage time on L^* (A) and Chroma (B) of fresh pistachio hull stored at 1.5±1°C

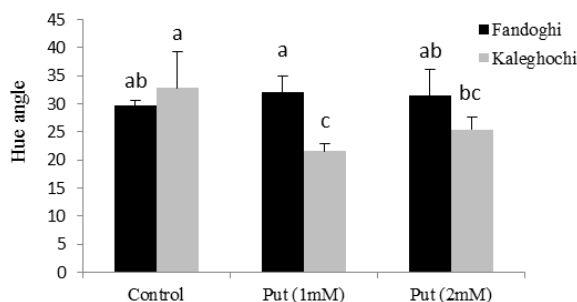
Treatments	Storage time (days)		Cultivar type	
	L^* (A)		Chroma (B)	
	20	45	20	45
Control	39.69±0.35 e	31.89±0.29 f	25.21±0.53 b	21.33±0.46 c
Putrescine (1mM)	50.56±0.51 c	45.66±0.45 d	29.17±0.68 a	27.85±0.47 a
Putrescine (2mM)	61.14±0.98 a	54.98±0.63 b	28.78±0.61 a	28.11±0.45 a

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
Means in each column and row with same letters are not significant at probability level of 5%.



شکل ۴. تأثیر پوتریسین (Put) و رقم بر میزان درخشندگی (A) و شاخص خلوص رنگ (B) پسته تازه نگهداری شده در دمای ۱ ± ۱/۵ درجه سلسیوس. شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.

Figure 4. Effect of putrescine and storage time on chroma index (A) and L* (B) of fresh pistachio stored at 1.5±1°C. Bar index on mean represent standard error.



شکل ۵. تأثیر پوتریسین (Put) و رقم بر شاخص هیو پسته تازه نگهداری شده در دمای ۱ ± ۱/۵ درجه سلسیوس، شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.

Figure 5. Effect of putrescine and cultivar on hue angle of fresh pistachio stored at 1.5±1°C. Bar index on mean represent standard error.

جدول ۶. تأثیر نوع رقم و زمان انبارداری بر میزان فعالیت میکروبی، خلوص رنگ و زاویه رنگ پوست بیرونی پسته تازه نگهداری شده در دمای ۱ ± ۱/۵ درجه سلسیوس

Table 6. Effect of cultivar type and storage time on microbial activity (A), Chroma (B) and hue angle (C) of fresh pistachio stored at 1.5±1°C

Cultivar type	Storage time (days)					
	Microbial activity (A)		Chroma (B)		Hue angle (C)	
	20	45	20	45	20	45
'Fandoghi'	1.48±0.12 c	2.23±0.90 a	26.52±1.05 b	25.97±0.40 b	29.31±2.55 a	32.78±2.53 a
'Kaleghochi'	1.85±0.17 b	2.35±0.20 a	28.14±0.64 a	26.33±1.23 b	19.28±1.06 b	33.92±2.19 a

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون حرف‌های مشترک دارند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند. Means in each column and row with same letters are not significant at probability level of 5%.

جدول ۷. صفات اندازه‌گیری شده پسته تازه پیش از تیمار

Table 7. Measured properties of fresh pistachio before of treatment

Cultivars	Measured Properties								
	Firmness (kgF)	Microbial activity (Logcfug ⁻¹)	Acidity (mg oleic acid/100g oil)	Peroxide value (meq/kg)	Rancidity	Soluble carbohydrate (%)	L*	Chroma	Hue angle
'Fandoghi'	2.93	0.45	0.147	0.412	0.2	10.58	65.22	29.46	31.77
'Kaleghochi'	2.96	0.50	0.138	0.424	0.25	10.22	64.37	28.29	30.54

وزن، سفتی، پراکسید، کربوهیدرات‌های محلول، فعالیت میکروبی و شدت درخشندگی در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به تأخیر افتادند. یکی از عامل‌های اصلی

بحث

بنابر نتایج به دست آمده از این آزمایش، در دو رقم فندق و کله‌قوچی در مدت انبارداری تغییر در میزان کاهش

مهم‌ترین ناهنجاری که باعث کاهش کیفیت و در نهایت پژمردگی فراورده‌ها می‌شود، کاهش وزن به‌واسطه تبخیر از سطح فراورده است (Gomez-Galindo *et al.*, 2004). در پژوهش انجام شده پسته‌های تیمار شده در مدت انبارداری هدر رفت وزن کمتری را نسبت به نمونه‌های شاهد نشان دادند. در پژوهشی تیمار میوه‌های انار به روش غوطه‌وری و تحت فشار توسط پوتریسین و اسپرمیدین، کاهش وزن نسبت به شاهد به تأخیر افتاد (Mirdehghan *et al.*, 2007). اثبات شده است کاهش در میزان هدر رفت وزن میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها به دلیل مقاومت، تثبیت و حفظ سیالیت غشاء است (Woods, 1990). بنابر نتایج همبستگی در این پژوهش، همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با ضریب $r = -0.911$ بین میزان سفتی و کاهش وزن مشاهده شد و بنابراین نتیجه پسته‌های تیمار شده بیشترین نرم شدگی پوست بیرونی و کاهش وزن را دارند.

پسته‌های تیمار شده با پوتریسین در مدت انبارداری آلودگی میکروبی کمتری را نسبت به شاهد نشان دادند. یکی از متداول‌ترین بیماری‌های انباری پوسیدگی‌های میکروبی است که در اثر حضور و فعالیت بیمارگرهای گیاهی ایجاد می‌شود. از سوی دیگر مشخص شده است که برخی از قارچ‌ها قادر به تولید قارچ‌زهر (مایکوتوکسین)هایی هستند که برای سلامتی انسان زیانبار است (Shishiyama *et al.*, 1993). بیمارگرها توانایی تولید آنزیم‌های تخریب‌کننده ترکیب‌های دیواره یاخته‌ای (پکتین، پلی‌ساکاریدها، سلولز و همی‌سلولز) را دارند (Ahmad *et al.*, 2006). در مقابل پلی‌آمین‌ها می‌توانند با اتصال به گروه کربوکسیل دیواره یاخته‌ای مانع از دسترسی آنزیم‌های تجزیه‌کننده به دیواره یاخته‌ای شوند و در نتیجه آسیب ناشی از حمله بیمارگرها را کاهش می‌دهند. افزون بر این پلی‌آمین‌ها فعالیت ضد قارچی و توانایی کنترل کپک پودری در جو و سیب را دارند (Walters, 2003) (Mackintosh *et al.*, 2001). دریافت در واکنش بالا حساس جو به کپک پودری، ۱-۴ روز پس از تلقیح فعالیت دو آنزیم پوتریسین

در تعیین زوال میوه‌ها در دوره پس از برداشت، میزان نرم شدن میوه‌ها در این دوره است که می‌تواند سبب کاهش مدت انتقال و انبارداری محصول شود (Brummell & Harpster, 2001). در همخوانی با نتایج این پژوهش Valero *et al.* (1998a) طی گزارشی اظهار داشتند که غوطه‌وری میوه‌های لیمو در محلول‌های پوتریسین و اسپرمیدین توانست از راه حفظ میزان پلی‌آمین‌های درون‌زاد (درونی) سفتی میوه را نسبت به شاهد در دوره انبارداری افزایش دهد. (Ponappa *et al.*, 1993) و Law *et al.* (1991) هم حفظ سفتی میوه‌های توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی را در نتیجه کاربرد پلی‌آمین‌های برون‌زاد در مرحله پس از برداشت عنوان کردند. نقش مؤثر پلی‌آمین‌ها در حفظ سفتی و به تأخیر انداختن پیری به ماهیت کاتیونی پلی‌آمین‌ها و داشتن بار مثبت در برابر بار منفی پکتین‌های دیواره یاخته‌ای مربوط است. پلی‌آمین‌ها توانایی اتصال به گروه کربوکسیل مواد پکتینی دیواره یاخته‌ای را دارند و این اتصال بازدارنده دسترسی آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره یاخته‌ای مانند اگزوپلی‌گالاکتروناز، اندوپلی‌گالاکتروناز، پکتین استراز به مواد پکتینی شده و در نتیجه منجر به کاهش سرعت نرم شدن فراورده در دوره انبارداری می‌شوند (Galston & Kaur-Sawhney, 1987; Valero *et al.*, 2002). کاربرد پلی‌آمین‌ها و به دنبال آن سطوح بالاتر سفتی میوه، عمر قفسه‌ای طولانی را باعث می‌شود و این موضوع در میوه زردآلو توسط Martinez-Romero *et al.* (2002) بیان شده است. تأخیر در فرآیند نرم‌شدگی میوه‌های هلو و سیب به‌واسطه کاربرد برون‌زاد پلی‌آمین‌ها، به نقش این ترکیب‌ها در تثبیت دیواره یاخته‌ای و غشاء نسبت داده شده است (Bonghi *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 2006 a, b). در واقع نرم‌شدگی و ترک‌خوردگی پوست نرم پسته تازه، سبب کوتاه شدن عمر پس از برداشت این فراورده تازه خواهد شد و با توجه به اینکه حفظ سفتی فراورده‌های تازه از اثرگذاری‌های اصلی و شناخته‌شده پلی‌آمین‌هاست، کاربرد پیش و یا پس از برداشت این ترکیب‌ها می‌تواند تأثیر بسزایی در حفظ سفتی و جلوگیری از ترک‌خوردگی پوست نرم این فراورده داشته باشد.

مطرح شده‌اند (Lovaas, 1997). Kuznetsov & Shevyakova (2007) نیز پلی‌آمین‌ها را به‌عنوان ترکیب‌های حذف‌کننده رادیکال‌های آزاد مطرح کردند. در حقیقت در شرایط تنش ضعیف پلی‌آمین‌ها به‌عنوان حذف‌کننده‌های رادیکال سوپراکسید عمل می‌کنند درحالی‌که در شرایط تنش شدید به‌عنوان تعدیل‌کننده‌های مثبت ژن‌های پاداکسندگی به‌شمار می‌روند (Liu *et al.*, 2007). در پژوهشی محلول‌پاشی پلی‌آمین پوتریسین، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز را در گیاهان گندم افزایش داد، که این آنزیم‌ها جزئی از سامانه پاداکسندگی به‌منظور از بین بردن رادیکال‌های آزاد به‌شمار می‌آیند (Bekheta & El-Bassiouny, 2005). با توجه به این توضیح‌ها پلی‌آمین‌ها می‌توانند هم به شیوه مستقیم از راه نابود کردن رادیکال‌های آزاد، و هم به شیوه غیرمستقیم از راه افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی عمل کنند، که نتیجه این اثرگذاری‌ها در نهایت کاهش آسیب اکسایشی و جلوگیری از فساد اکسایشی چربی‌های غیراشباع است. در این صورت آغاز فساد اکسایشی در پسته به تأخیر می‌افتد.

نبود قند در دوره انبارداری می‌تواند ناشی از فعالیت تنفسی متناسب با دمای انبار باشد (Kader *et al.*, 1982). کاربرد پلی‌آمین‌ها سبب کاهش تنفس می‌شود و در پژوهش‌های پرشماری از جمله Mirdehghan *et al.* (2007) در میوه انار و همچنین پژوهش Malik and Singh (2005) در میوه انبه، نقش پلی‌آمین‌ها در این رابطه گزارش شده است. با کاهش سرعت تنفس، زمان انبارداری میوه‌ها و سبزی‌ها افزایش می‌یابد. کاهش سرعت تنفس باعث جلوگیری از ضایع شدن قند، حفظ طعم مطلوب محصول و باعث کاهش دگرگونی اسیدهای آلی و حفظ PH مطلوب می‌شود. از سویی کاهش تنفس، سبب کاهش سرعت ساخت (سنتز) ATP اکسایشی شده، که این موضوع منجر به کاهش تولید اتیلن می‌شود (میرنظامی ضیابری، ۱۳۸۵). به‌احتمال پلی‌آمین‌ها از راه کاهش تنفس سبب حفظ محتوای کربوهیدرات‌های محلول در نمونه‌های پسته شده‌اند. هیدروپراکسیدها که ترکیب‌های اصلی اکسایش چربی‌ها هستند، به

سینامیل ترانسفراز و تری-آمین‌فرولیل کوآنزیم ترانسفراز که در اتصال پلی‌آمین‌ها به اسیدهای فنلی (مانند P-کوماریک اسید، فرولیک اسید و کافئیک‌اسید) و تولید هیدروکسی سینامیک اسید آمیدها نقش دارند افزایش یافتند و گزارش شد که هیدروکسی سینامیک اسید آمیدها با اتصال به دیواره یاخته‌ای همانند حفاظی محکم عمل کرده و مانع از تجزیه آنزیمی دیواره می‌شوند در نتیجه سبب افزایش مقاومت گیاهی به بیمارگرها می‌شوند.

مجموع آزمون‌های عدد اسیدی (اسیدهای چرب آزاد) و نمایه پراکسید درزمینه ویژگی‌های ارگانولپتیک روغن، قابلیت کاربرد روغن را مشخص می‌سازند. Artman (1969) عنوان کرد، پراکسید توسط اکسایش (اکسیداسیون) چربی تشکیل می‌شود، درحالی‌که اسیدهای چرب آزاد (اسیدپته) توسط آبکافت (هیدرولیز) چربی به وجود می‌آیند. بالا بودن میزان اسیدپته یکی از نشانه‌های کاهش کیفیت روغن است و بنا بر نتایج به نظر می‌رسد کاربرد پوتریسین سبب حفظ کیفیت روغن شده است. مهم‌ترین واکنش تخریبی پسته که در طول دوره انبارداری منجر به افت کیفیت محصول می‌شود، سازوکار اکسایشی و تشکیل هیدرو پراکسیدها است (Tavakolipour *et al.*, 2008). درواقع شرایط انبارداری می‌تواند خواص تغذیه‌ای پسته را تحت تأثیر قرار دهد. میزان چربی غذا، شرایط نگهداری (بسته‌بندی، گرما و نور)، تماس اکسیژن با سطح مواد غذایی و کاربرد ترکیب‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) در میزان اکسید شدن چربی‌ها مؤثرند. در میان پاداکسندگی‌های طبیعی در سامانه‌های زیستی، پلی‌آمین‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Ramalho & Jorge, 2006; Lovaas, 1997). در پژوهش‌های چندی هم نقش پلی‌آمین‌ها به‌عنوان ترکیب‌هایی که رفتار پاداکسندگی از خود بروز می‌دهند، گزارش شده است. ویژگی‌های پاداکسندگی پلی‌آمین‌ها نخستین بار توسط Drolet (1986) نشان داده شد. پلی‌آمین‌ها به‌منظور حفاظت از ترکیب‌هایی که به‌آسانی اکسید می‌شوند، به‌ویژه اسیدهای چرب غیراشباع سودمند هستند و به‌عنوان ترکیب‌ها پاداکسندگی و بازدارنده فساد اکسایشی (اکسیداتیو)

وزن و درخشندگی L^* وجود همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با ضریب $r = -0.98$ مشخص شد. پایین‌تر بودن میزان شاخص هیو (Hue angle) پوست نرم پسته تازه در نمونه‌های تیمار شده، نشان‌دهنده کمتر بودن تغییر رنگ، از رنگ قرمز به سمت رنگ زرد و حفظ رنگ مناسب است.

نتیجه‌گیری کلی

متناسب با طولانی شدن زمان نگهداری پسته‌های تازه، ویژگی‌های ظاهری و ویژگی‌های شیمیایی این فراورده تازه تغییر می‌کند. بنا بر نتایج این پژوهش تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار سبب کاهش هدررفت وزن و حفظ استحکام پوست نرم پسته تازه در مدت انبارداری در هر دو رقم شد. همچنین تغییر در فراسنجه‌های مختلف رنگ، اسیدیته، اندیس پراکسید و کربوهیدرات‌های محلول در نتیجه تیمار با پوتریسین به تأخیر افتاد. پسته‌های تیمار شده با پوتریسین در پایان زمان انبارداری آلودگی میکروبی کمتری نشان دادند. در نهایت با توجه به حفظ ویژگی‌های مختلف در اثر کاربرد پوتریسین در دوره انبارداری، به نظر می‌رسد با کاربرد پلی‌آمین‌ها قابلیت ماندگاری پسته تازه افزایش یابد و ویژگی‌های کمی و کیفی این فراورده تازه حفظ شود. به‌گونه‌ای که در این پژوهش، پسته‌های تیمار شده با پوتریسین به مدت ۴۵ روز کیفیت خوراکی خود را حفظ کردند اما پسته‌های شاهد در پایان زمان انبارداری تا حد بسیار زیادی کیفیت خود را ازدست‌داده و غیرقابل مصرف شدند.

ترکیب‌های ثانویه‌ای مانند آلدهیدها، الکل‌ها، کتون‌ها یا اسیدهای چرب آزاد تجزیه‌شده و منجر به توسعه طعم و رنگ نامطلوب، تندی و کاهش خواص تغذیه‌ای در محصول می‌شود (Zacheo *et al.*, 2000). پراکسیدها، رادیکال‌های آزاد اسید چرب و ترکیب‌های ثانویه یادشده قادرند با پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و ویتامین‌ها واکنش داده و باعث از بین رفتن آن‌ها و کاهش ارزش تغذیه‌ای ترکیب‌های غذایی شوند (Karel, 1985). با توجه به اینکه نقش پاداکسندگی پلی‌آمین‌ها به اثبات رسیده است، به احتمال می‌تواند سبب کاهش پراکسیدها، رادیکال‌های آزاد اسید چرب و در نهایت حفظ محتوای کربوهیدرات‌های محلول نمونه‌های پسته شوند.

با توجه به اینکه پلی‌آمین‌ها توانایی حفظ سیالیت غشا و قابلیت ضد پیری را دارند، می‌تواند از چروکیدگی و کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده بکاهد. به نظر می‌رسد که نتیجه این اثرگذاری‌ها، حفظ رنگ ظاهری فراورده باشد. Malik & Singh (2005) و Martinez-Romero *et al.* (2002) تأخیر در شاخص‌های مختلف رنگ را در میوه‌های لیمو، انبه و زردآلو تیمار شده با پلی‌آمین، گزارش کردند. در این گزارش‌های تأثیر پلی‌آمین‌ها بر کاهش هدررفت وزن در مدت انبارداری، دلیل این تأخیر مطرح شد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش ما نیز بیانگر به تأخیر افتادن تغییر در شاخص‌های رنگ درخشندگی L^* و خلوص رنگ (Chroma) در پسته‌های تیمار شده است. در این رابطه بنا بر نتایج همبستگی، بین فراسنجه‌های کاهش

REFERENCES

- Ahmad, Y., Hameed, A. & Ghaffar, A. (2006). Enzymatic activity of fungal pathogens in corn. *Journal of Botany*, 38, 1305-1316.
- Alcazar, R., Marco, F., Cuevas, J. C., Patron, M., Ferrando, A., Carrasco, P., Tiburcio, A. F. & Altabella, T. (2006). Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Journal of Biotechnology, Lett*, 28, 1867-1876.
- Artman, N. R. (1969). The chemical and biological properties of heated and oxidized fats. *Adv. Lipid Res*, 7, 245-330.
- Ashraf, M. & Harris, P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Journal of Plant Science*, 166, 3-16.
- Bekheta, M. A. & El-Bassiouny, H. M. S. (2005). Response of two wheat cultivars grown under salinity stress to putrescine treatment. *Journal of Agriculture Science*, 30, 4505-4521.
- Bonghi, C., Ferrarese, L., Ruperti, B., Tonutti, P. & Ramina, A. (1998). Endo- β -1,4-glucanases are involved in peach fruit growth and ripening, and regulated by ethylene. *Journal of Plant Physiology*, 102, 346-352.

7. Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F. & Martin-Tanguy, J. (1999). Polyamines and environmental challenges: recent development. *Plant Science*, 103-125.
8. Brummell, D. A. & Harpster, M. H. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, 47(1), 311-339.
9. Drolet, G., Dumbroff, E. B., Legge, R. L. & Tompson, J. E. (1986). Radical scavenging properties of polyamines. *Journal of Phytochemistry*, 25(2), 367-371.
10. Galston, A. W. & Kaur-Sawhney, R. (1987). Polyamines as endogenous growth regulators. In: Davies PJ (ed), *Plant hormones and their role in plant growth and development*. Martinus Nijhoff, Dordrecht.
11. Gomez-Galindo, F., Herppich, W., Gekas, V. & Sjöholm, I. (2004). Factors affecting quality and postharvest properties of vegetables: Integration of water relations and metabolism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 139-154.
12. Groppa, M. D. & Benavides, M. P. (2008). Polyamines and abiotic stress: recent advances. *Journal of Amino Acids*, 34, 35-45.
13. Hosseini, Z. (2004). Common methods of food analysis. Shiraz University. 2th edn. 210p. (in Farsi)
14. Kader, A. A., Heintz, C. M., Labavitch, J. M. & Rae, H. L. (1982). Studies related to the description and evaluation of pistachio nut quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107, 812-816.
15. Karel, M. (1985). *Control of lipid oxidation in dried foods*. In: Concentration and drying of foods. Elsevier Applied Science Publishers, New York, 37-51.
16. Kramer, G. F., Wang, C. Y. and Conway, W. S. (1989). Correlation of reduced softening and increased polyamine levels during low-oxygen storage of 'McIntosh' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114, 924-946.
17. Kuznetsov, V. V. & Shevyakova, N. I. (2007). Polyamines and stress tolerance of plants. *Journal of Plant Physiology*, 35, 50-71.
18. Law, D. M., Davies, P. J. & Mutschler, M. A. (1991). Polyamine-induced prolongation of storage in tomato fruits. *Plants Growth Regulators*, 10, 283-290.
19. Liu, J. H., Honda, C. & Moriguchi, T. (2006a). Involvement of polyamine in floral and fruit development. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 40, 51-58.
20. Liu, J. H., Nada, K., Pang, X., Honda, C., Kitashiba, H. & Moriguchi, T. (2006b). Role of polyamine in peach fruit development and storage. *Tree Physiology*, 26, 791-798.
21. Liu, J. H., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y. & Moriguchi, T. (2007). Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. *Plant Biotechnology*, 24, 117-126.
22. Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3), 60-75.
23. Lovaas, E. (1997). Antioxidative and metal chelating effects of polyamines. *Advances in pharmacology*, 38, 119-149.
24. Mackintosh, C., Slater, L., Walters, D. & Robins, D. (2001). Synthesis of six novel N, N- dialkyl. derivatives of spermidine and effects on growth of the fungal plant pathogen *Pyrenophora avenae*. *FEMS Microbiology ecology*, 202, 221-225.
25. Malik, A. U. & Singh, Z. (2005). Pre storage application of polyamines improves shelf life and fruit quality of mango. *Journal of Horticultural Science Biotechnology*, 80, 363-369.
26. Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. & Valero, D. (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science*, 67, 1706-1712.
27. Messiaen, J., Cambier, P. & Van Cutsem, P. (1997). Polyamines and pectines. *Plant Physiology*, 113, 387-395.
28. Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D. & Valero, D. (2007b). The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 755-760.
29. Mirmezami-Ziabary, S. H. (2006). Principles of food packaging. Aeesh Publisher. 5th edn. 352p. (in Farsi)
30. Nzima, M. D. S., Martin, G. C. & nishijima, C. (1997). Seasonal changes in total nonstructural carbohydrate within branches and roots of naturally 'off' and 'on' kerman pistachio trees. *Journal of American Society and Horticultural Science*, 122, 856-862.
31. Palvan-Unsal, N. (1995). Stress and polyamine metabolism. *Bulg. Journal of Plant Physiology*, 21, 3-14.
32. Parvane, V. (1998). Quality control and food material chemical analyzes. Tehran University. Press. (Translated in persian), 325p.

33. Ponappa, T., Scheerens, J. C. & Miller, A. R. (1993). Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions. *Journal of Food Science*, 58, 361-364.
34. Rad, S. (2007). *Study on the effects of nanosides and some of the food additives on the quality and aflatoxine contamination of pistachio nuts*. Ministry of Jahade-Agriculture. P. 7. (in Farsi)
35. Ramalho, V. C. & Jorge, N. (2006). Antioxidantes utilizados em oleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Quimica Nova*, 29, 755-760.
36. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F. & Valero, D. (2003). Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 30, 259-271.
37. Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S. & Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2741-2745.
38. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F. & Valero, D. (2005). The use of antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 115-123.
39. Shakerardekani, A. (2007). Harvesting, processing, storage and packaging of pistachio nuts. Iranian Pistachio Research Institute. 1th edn. 158p. (in Farsi)
40. Shishiyama, J. T., Terashita, K., Yoshikawa, C., Naruse, Y., Ozawa, M. & Tsuda, M. (1993). Causal fungi of post-harvest diseases of fruit and vegetables. *Memoirs-of the Agriculture-of-Kinki-University*, 26, 27-32.
41. Tavakolipour, H., Bassiri, A. R. & Kalbasi Ashtari. (2008). *Journal of Food Science and Technology*, 5, 57-66.
42. Tiburcio, A. F., Altabella, T., Borrell, A. & Masgrau, C. (1997). Polyamine metabolism and its regulation. *Physiological Plant*, 100, 664-674.
43. Valero, D., Martinez-Romero, D. & Riquelme, F. (1998). 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*, 46, 2102-2109.
44. Valero, D., Martinez-Romero, D. & Serrano, M. (2002a). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 13, 228-234.
45. Walters, D.R., (2003). Polyamines and plant disease. *Phytochemistry*, 64, 97-107.
46. Wang, C. Y., Conway, W. S., Abbott, A. J., Cramer, G. F. & Sams, C. E. (1993). Postharvest infiltration of polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118, 801-806.
47. Woods, J. L. (1990). Moisture loss from fruits and vegetables. *Postharvest news and information*, 1(3), 195-199.
48. Zacheo, O., Cappello, M. S., Gallo, A., Santino, A. & Cappello, A. R. (2000). Changes associated with post-harvest ageing in almond seeds. *Lebensm-Wiss. U-Technology*, 33, 415-423.