نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۳۷۴-۳۶۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 27, No. 4, Winter 2014, P. 367-374
ISSN: 2008 - 4730

استفاده از بسته‌بندی‌های نانو و پوشش‌دهی خوراکی در بهبود عمر انباری و کیفیت دانه‌های پسته تازه

زهرا احمدی[۱]- سید حسین میردهقان[۲*]- حسین حکم آبادی[۳]- محمد حسین شمشیری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۵

چکیده

پسته تازه در طول دوره برداشت و پس از برداشت، دستخوش تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌شود و در نتیجه عمر انباری کوتاهی دارد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر نوع بسته‌بندی و پوشش‌دهی بر حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری پسته تازه بود. برای این منظور در دو آزمایش جداگانه، دانه‌های پسته در آزمایش اول با غلظت‌های متفاوت ژل آلوئه ورا (۰ (شاهد)، ۲۵، ۳۳ و ۵۰ ٪) و نانوسید با غلظت‌های ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر غوطه‌ور و در دمای $4\pm2^{\circ}C$ برای مدت ۴۰ روز قرار گرفتند. همچنین در بررسی مقایسه فیلم‌های تولید شده از طریق فن‌آوری نانو با پلاستیک معمولی (نایلون)، دانه‌های پسته در آزمایش دوم بسته‌بندی و در شرایط مذکور انبار شدند. کاهش وزن، کیفیت ظاهری و بازارپسندی پسته‌ها به فاصله هر ۵ روز یکبار اندازه‌گیری شد و میزان چربی و کربوهیدرات‌های قابل حل در پایان دوره نگهداری محاسبه شد. نتایج نشان داد که فیلم‌های نانو در مقایسه با شاهد، به طور معنی‌داری($p\leq0.01$) در کنترل کاهش وزن و حفظ خصوصیات ظاهری پسته‌های تازه مؤثر بود. همچنین میزان کاهش وزن و قهوه‌ای شدن پسته‌های تازه در تیمارهای ژل آلوئه ورا نسبت به شاهد کاهش یافت و بهترین نتیجه (کربوهیدرات قابل حل و کیفیت ظاهری بالا) در تیمار ژل آلوئه ورا ۲۵٪ در مقایسه با کنترل به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: ژل آلوئه ورا، قهوه‌ای شدن، عمر قفسه‌ای، چربی

مقدمه

پسته تازه یکی از محصولات مهم کشاورزی در کشور است که به لحاظ ماندگاری بسیار پایین آن باید فرآیند خشک شدن روی آن صورت گیرد. این مسئله باعث کاهش ارزش غذایی این محصول و تبدیل آن از میوه تازه به خشکبار و پرداخت تعرفه بازرگانی بسیار بالا برای صادرات می‌شود. بنابراین با توجه به اهمیتی که صادرات پسته تازه از نظر اقتصاد و ارزآوری دارد، اجرای طرح‌هایی در جهت افزایش ماندگاری پسته تازه و بسته‌بندی‌های مناسب در این زمینه دارای اهمیت فراوان است. در نتیجه شرایط نگه‌داری نامناسب یا طولانی شدن مدت زمان انبارداری، پوست رویی پسته تازه شکاف خورده و از طرفی مواد رنگی از پوست رویی پسته خارج شده و باعث بدرنگی پوست استخوانی[5] می‌شود و در نهایت منجر به کاهش کیفیت آن می‌گردد. یکی از دلائل ماندگاری بسیار پایین پسته تازه، تنفس زیاد آن است که باعث افزایش درجه حرارت فرآورده می‌شود. توماج و همکاران (۲۹) گزارش نمودند که حداکثر تنفس برای پسته پوست نشده رقم 'کرمان' در کالیفرنیا، ۱۲۵ میلی‌لیتر گاز کربنیک در ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. این میزان تنفس گرمایی معادل ۰/۷ درجه سانتی‌گراد در ساعت تولید خواهد کرد و در صورت عدم خروج گرمای ایجاد شده، درجه حرارت بالا می‌رود و چون رطوبت نسبی پسته تازه بالا و حدود ۷۰ درصد (۲۳) است، به دنبال آن رطوبت موجود در پوست‌رویی پسته تبخیر می‌شود که این امر موجب بالا رفتن رطوبت محیط و در نتیجه ایجاد شرایط مناسب برای رشد قارچ می‌باشد (۲). طبق آزمایشات فرگوسن و همکاران (۷) نگه‌داری پسته تازه بیش از ۴۸ ساعت فقط در انبارهای سرد امکان‌پذیر است و اگر قبل از انبارداری، شاخ و برگ، پسته‌های معیوب و مواد خارجی دیگر که در معرض فساد هستند از محصول جدا شوند، در این شرایط

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر(عج)، رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: mirdehghan@vru.ac.ir)
۳- مؤسسه تحقیقات پسته، رفسنجان، ایران

5- Shell

پسته‌های پوست‌گیری نشده را می‌توان تا مدت طولانی‌تری بدون تخریب و فساد نگه‌داری کرد. نتایج آزمایشات تأیید می‌کند که نگهداری در دمای صفر درجه سانتی‌گراد بهترین شرایط انبارداری را برای پسته تازه در زمان بین برداشت و خشک کردن، فراهم می‌کند. انبارداری در دمای بالاتر منجر به افزایش شیوع کپک‌های سطحی و لکه‌دار شدن پوست استخوانی می‌شود. از طرفی نگهداری پسته تازه با پوست نرم خارجی نسبت به زمانی که پوست خارجی آن حذف شده مناسب‌تر است (۱).

دانه پسته میزان چربی بالایی دارد و غنی از روغن (حدود ۵۰ درصد) است و حاوی اسیدهای چرب غیر اشباع نظیر اسید اولئیک و لینولئیک می‌باشد. نتایج بررسی میزان محتوای چربی سه رقم فندق به نام‌های 'کالینکار'، 'پالاز' و 'تامبول' در طول انبارداری در دمای ۲۱°C و رطوبت نسبی ۶۵-۶۰٪ نشان داد، میزان چربی کل مغز در طول انبارداری در بسته‌های تحت خلأ به طور معنی‌داری افزایش یافت. عقیده بر این است مقدار خالص محتوی چربی افزایش نمی‌یابد؛ اما میزان آب مغز و وزن کل در دماهای بالاتر کاهش پیدا می‌کند (۱۵). میزان کربوهیدرات پسته طبق اداره استاندارد ملی آمار غذایی کشاورزی در سال ۲۰۰۷ (USDA)، ۲۸ گرم در ۱۰۰ گرم قسمت خوراکی پسته می‌باشد. پژوهش‌ها نشان دادند که ساکارز مهم‌ترین قند محلول در مغز پسته می‌باشد و قندهای احیا شونده‌ای چون گلوکز و فروکتوز ۷-۵٪ کل قند موجود را تشکیل می‌دهند (۱۶). همچنین کرین (۵) نشان داد که مهم‌ترین قند موجود در پسته رقم 'کرمان' ساکارز می‌باشد که بیشترین میزان را دارد و پس از آن قندهای گلوکز، فروکتوز، اینوزیتول و یک قند الکلی بیشترین اهمیت را دارند. نتایج آزمایشات مختلف نشان می‌دهد به طور کلی محتوای قند کل در پسته‌های ذخیره شده نسبت به پسته‌هایی که انبارداری نشده بودند، کمتر بود. این فقدان قند ممکن است ناشی از فعالیت تنفسی متناسب با دمای انبار باشد (۱۳).

یکی از راهکارهای افزایش ماندگاری محصولات، واکس‌دهی یا پوشش‌دهی میوه‌هاست که نه تنها ظاهر میوه را بهبود می‌بخشد، بلکه ماندگاری و کیفیت آن‌ها را افزایش می‌دهد. فایده اصلی واکس‌دهی میوه معمولا کاهش در تعرق و تنفس میوه است و روشی در بهبود و افزایش عمر انبارداری میوه‌ها می‌باشد (۲۸). استفاده از این پوشش‌ها با تغییر و کنترل اتمسفر درونی میوه‌ها باعث افزایش کیفیت فراورده‌ها خواهد شد (۲۷). یکی از ژل‌های خوراکی که در سال‌های اخیر برای پوشش‌دهی مورد استفاده قرار می‌گیرد ژل آلوئه‌ورا می‌باشد. اخیرا نیز خصوصیات آنتی‌اکسیداسیونی (۳۲) و ضد پاتوژنی (۲۴) برای ژل آلوئه‌ورا معرفی شده است. بسیاری از این خواص به علت وجود پلی‌ساکاریدها (گالاکتان، مانان، آرابان و مواد پکتینی) در ژل موسیلاژ می‌باشد. این ماده پوششی به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی (۱۰ و ۳۲)، جلوگیری از کاهش وزن و ایجاد سدی در برابر ورود اکسیژن و دی‌اکسیدکربن می‌تواند در حفظ کیفیت میوه موثر باشد.

در آزمایشی مارتینز رومرو وهمکاران (۱۹) با تلفیق بین انبار با اتمسفر تغییریافته و پوشش‌دهی با ژل آلوئه ورا توانستند کیفیت میوه گیلاس را در مقایسه با شاهد حفظ و عمر انباری آن را به طور قابل توجهی افزایش دهند. پژوهش انجام شده توسط هاگن مایر و شاو (۹) نشان داد که تیمار پوشش‌دهی میوه‌ها در مواردی ممکن است که باعث ایجاد طعم و بوی الکلی و در نتیجه کاهش کیفیت خوراکی گردد. این می‌تواند نتیجه تخمیر یا تنفس بی‌هوازی باشد که منجر به تولید استالدئید و در نتیجه طعم نامناسب می‌گردد. بنابراین اگر غلظت ترکیب پوششی بالا باشد که در نتیجه ضخامت واکس روی میوه ضخیم خواهد بود، باعث شده غلظت اکسیژن درون بافت از حد بحرانی کمتر و یا غلظت دی‌اکسید کربن بیشتر از حد بحرانی باشد. در این شرایط تخمیر آغاز شده که با تولید مواد سمی الکلی به بافت میوه صدمه وارد کرده و ایجاد طعم و بوی نامناسب خواهد کرد (۲۶).

اسانس‌ها و ترکیبات داروهای گیاهی نانوسید اثرات قابل توجهی در بالا بردن عمر ماندگاری محصولات دارد. این ذرات در مقیاس نانو سطح تماس نسبی بسیار بالایی دارند که تماس با باکتری‌ها و قارچ‌ها را افزایش می‌دهند، لذا به طور قابل ملاحظه‌ای اثر ضد میکروبی و ضد قارچی آن‌ها افزایش می‌یابد. نانو نقره وقتی در تماس با باکتری‌ها و قارچ‌ها است اثرات نامطلوبی بر متابولیسم سلول‌های آن‌ها دارد و باعث توقف رشد سلول‌ها می‌شود. نانو نقره مانع تقسیم و رشد قارچ‌ها و باکتری‌های عامل عفونت و بو می‌شود. مکانیسم عمل نانو ذرات نقره به این صورت است که این نانو ذرات با غیر فعال کردن ترکیبات گروه تیول موجود در آنزیم‌های تنفسی سلول باکتری باعث مرگ سلول باکتری می‌شوند. به این ترتیب که نانو ذرات نقره بعد از چسبیدن به سطح دیواره سلول و غشای سلولی، سیستم تنفسی سلول باکتری را به صورت برهمکنش یون‌های Ag^{+} با آنزیم‌های زنجیره تنفسی، تخریب می‌کنند. همچنین طی این عمل یون‌های نقره در دیواره سلول با شکستن پیوندهای هیدروژنی، تولید اکسیژن فعال می‌کنند و باعث از بین رفتن میکروارگانیسم می‌شوند. از طرفی DNA سلول باکتری توانایی تکثیر خود را در زمانی که تحت یون‌های نقره قرار دارد از دست می‌دهد و منجر به مرگ سلول باکتری می‌شود (۱۸).

بسته‌بندی نیز یکی از روش‌های مؤثری است که با استفاده از آن‌ها می‌توان میزان ضایعات و هدر رفتن محصولات را به حداقل رساند و ماندگاری و کیفیت آن‌ها را افزایش داد. مهم‌ترین مشکل در طراحی بسته‌بندی مواد غذایی، حضور اکسیژن است که چربی مواد غذایی را فاسد می‌کند و رنگ آن‌ها را از بین می‌برد. طبیعت پلاستیک‌های تولید شده از طریق فناوری نانو تکنولوژی به گونه‌ای

است که گازها به مقدار نامحسوسی به داخل ماده غذایی نفوذ کنند. در این نوع پلاستیک‌ها، نانو ذرات به صورت زیگزاگ قرار گرفته اند، این ذرات به صورت لایه‌های موازی در آمده و نفوذ اکسیژن را به حداقل می‌رساند. به بیان دیگر مسیری که اکسیژن باید برای ورود به بسته طی کند طولانی می‌شود. (۳ و ۲۱). میکائیل و همکاران (۲۰) در تحقیقات خود بر روی گوجه‌فرنگی نشان دادند که پوشش نانوتکنولوژی گوجه‌فرنگی‌ها را از اکسیژن و رطوبت محافظت می‌کند و گوجه‌فرنگی‌های پوشش‌دار شده ماندگاری طولانی‌تری داشتند. لذا هدف از پژوهش موجود استفاده از مواد پوششی و بسته‌بندی با پلاستیک‌های تولید شده در فن‌آوری نانو بر پتانسیل عمر انباری و حفظ کیفیت دانه های پسته تازه بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش بر روی یکی از ارقام تجاری مهم پسته به نام 'اوحدی' انجام شد. نمونه‌های مورد نظر از این رقم از درختان پسته سی ساله موجود در ایستگاه شماره‌ی دو مؤسسه تحقیقات پسته کشور واقع در شهرستان رفسنجان تهیه گردید. تمامی درختان انتخابی هم سن و پایه آن‌ها بادامی ریز بود. بلافاصله بعد از نمونه‌گیری، پسته‌های تازه به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات پسته جهت اعمال تیمارها منتقل شدند.

روش انجام تحقیق

این پژوهش در قالب دو آزمایش جداگانه صورت گرفت. در آزمایش اول پس از برداشت، پسته‌های سالم از پسته‌های معیوب و نارس جدا شده و در هر واحد آزمایش حدود ۱۰۰ گرم میوه پسته‌ی تازه بدون خوشه گذاشته شد. نمونه‌های پسته تازه توسط تیمارهای مختلف شامل شاهد (آب مقطر)، نانوسید ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانوسید ۸۰ میلی‌گرم در لیتر، ژل آلوئه‌ورا به صورت طبیعی (۵۰٪)، ژل آلوئه‌ورا (۳۳٪)، ژل آلوئه‌ورا (۲۵٪)، به مدت ۸ دقیقه غوطه‌وری شدند و در دمای آزمایشگاه خشک شدند و پس از بسته‌بندی و توزین در دمای ۴±۲°C در سردخانه قرار گرفتند. همچنین در آزمایش دوم، تیمارهای مربوط به فیلم‌های نانو شامل فیلم معمولی (نایلون)، فیلم نانو ۷، فیلم نانو ۷a، فیلم نانو ۲۱ بودند، که برای بسته‌بندی دانه‌های پسته تازه به کار گرفته شد و پس از بسته بندی در شرایط نگهداری یکسان با آزمایش قبل قرار گرفت. هر ۵ روز یکبار درصد قهوه‌ای شدن پوسته خارجی پسته‌های تازه و کاهش وزن آن‌ها محاسبه شد و در پایان دوره آزمایش (روز چهل‌ام) تیمارهای مربوط به آلوئه و شاهد (آب مقطر) درصد چربی و میزان کربوهیدرات محلول آن‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان کاهش وزن پسته‌های تازه

جهت اندازه‌گیری کاهش وزن، پسته‌های تازه در ابتدا و انتهای مدت زمان مشخص انبارداری توزین و با استفاده از رابطه‌ی زیر درصد کاهش وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد (۱۳).

$$\text{کاهش وزن (٪)} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

به منظور ارزیابی خصوصیات حسی نمونه‌های پسته تازه از آزمون ارزیابی حسی استفاده شد. بدین منظور ۵ نفر پانل انتخاب گردید که توضیحات کافی در مورد صفات مورد بررسی، نحوه قضاوت در مورد تیمارها و امتیاز دادن به آن‌ها ارائه گردید. نحوه ارزیابی میزان درصد خسارت پوسته نرم خارجی[1] پسته تازه به این صورت بود که به رنگ قرمز طبیعی نمره ۰، رنگ قرمز تیره نمره ۱، قهوه‌ای روشن نمره ۲، قهوه‌ای تیره نمره ۳، لکه‌های سیاه نمره ۴، کپک‌زدگی و سیاه شدن کامل نمره ۵ داده شد (۳۰).

$$\text{درصد خسارت (قهوه‌ای شدن)} = \frac{\text{۱۰۰ × میانگین مجموع نمرات داده شده}}{\text{تعداد نمونه ×۵}}$$

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات قابل حل

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول به روش اسید سولفوریک–فنل و طبق روش تغییر یافته نزیما و همکاران (۲۲) انجام گردید. جذب هر یک از محلول‌ها (نمونه‌ها) در طول موج ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Cecil CE-3041) قرائت گردید و بر اساس منحنی استاندارد، غلظت قندهای محلول در نمونه محاسبه شد. با استفاده از گلوکز خالص، محلول‌های استاندارد با غلظت مشخص از صفر تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه گردید و به آن‌ها فنل و اسیدسولفوریک اضافه گردید و میزان جذب آن‌ها نیز در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شد. غلظت قندهای محلول با توجه به معادله رگرسیون بر حسب میلی‌گرم در لیتر بدست آمد و نهایتا مقدار کربوهیدرات‌های محلول میوه بر حسب درصد (گرم در صد گرم ماده خشک) در نتایج ذکر گردید.

اندازه‌گیری میزان چربی

۵ گرم از نمونه خشک شده در آون پس از آسیاب کردن و توزین، در یک کاغذ صافی پیچیده شده و پس از قرار گرفتن داخل انگشتانه، درون لوله مخصوص دستگاه سوکسترم[2] مدل Gerhardt –Burteg TYP 07 قرار داده شد. چربی‌گیری با استفاده از حلال ان – هگزان

1- Hull
2- Soxtherm

با نقطه جوش ۱۸۰به مدت ۳ ساعت انجام گرفت. محاسبه اختلاف وزن نمونه قبل از چربی‌گیری و بعد از آن، میزان چربی بر حسب درصد (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) در نتایج بیان گردید (۳۱).

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید. رسم نمودارها نیز به وسیله نرم افزار سیگماپلات صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش اول

بررسی نتایج آماری در جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که در طول مدت انبارداری میزان کاهش وزن پسته‌های تازه به صورت یکنواخت در تمامی تیمارها افزایش یافته است. نتیجه بررسی اثر میزان غلظت واکس پوششی آلوئه‌ورا نشان داد که تیمار آلوئه با غلظت ۲۵٪ کمترین کاهش وزن را داشت. نتایج پژوهش حاضر مشابه نتایج والورده و همکاران (۳۰) می‌باشد که گزارش نمودند کاربرد ماده پوششی آلوئه‌ورا عمر انباری انگور و کیفیت خوراکی آن را در حین انبارداری و پس از آن افزایش داد. این در حالی بود که میوه‌های شاهد تنفس و کاهش وزن بیشتر و سفتی و عمر انباری کمتری از خود نشان دادند.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها در جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که با افزایش طول مدت انبارداری، میزان قهوه‌ای‌شدن پوسته خارجی پسته‌های تازه در تمامی پسته‌های پوشش‌دهی شده افزایش یافت. نتایج مطالعه حاضر نشان داده است که تیمار آلوئه با غلظت ۲۵٪ و بعد از آن غلظت ۳۳٪ آلوئه‌ورا، پوشش مناسبی را ایجاد کرده و به طور مؤثری میزان خسارت قهوه‌ای شدن را در پسته‌های تازه کاهش داده است.

جدول ۱- تأثیر نانوسید و ژل آلوئه ورا بر میزان کاهش وزن پسته‌های تازه در زمان‌های مختلف انبارداری

تیمار زمان (روز)	نانوسید ($80 mgl^{-1}$)	نانوسید ($100 mgl^{-1}$)	ژل آلوئه ورا (۲۵٪)	ژل آلوئه ورا (۳۳٪)	ژل آلوئه ورا (۵۰٪)	شاهد	میانگین
۵	۱/۱۴^{x}	۱/۰۷^{x}	۱/۰۵^{x}	۱/۲۱^{x}	۱/۲۲^{x}	۱/۳۳^{x}	۱/۱۴G
۱۰	۲/۱۶^{uvw}	۲/۰۵^{vw}	۲^{vw}	۲/۲۳^{uvw}	۲/۳۹^{tuv}	۲/۴۱^{tuv}	۲/۱۶F
۱۵	۲/۸۸^{rs}	۲/۷۵st	۲/۷۲st	۲/۹۷^{rs}	۳/۲۱^{qr}	۳/۲۶^{qr}	۲/۹E
۲۰	۴/۰۵^{o}	۳/۸۶^{op}	۳/۸^{op}	۴/۱۷^{no}	۴/۵۱^{mn}	۴/۵۹^{mn}	۴/۰۷D
۲۵	۵/۱۵^{jkl}	۴/۹۱^{klm}	۴/۸۵^{lm}	۵/۳۲^{jk}	۵/۷۶^{hi}	۵/۸۴^{ghi}	۵/۱۸C
۳۰	۶/۳۴^{ef}	۶/۲۳^{efg}	۶/۰۶^{fgh}	۶/۵۶^{de}	۷/۰۱^{cd}	۷/۲۲^{bc}	۶/۴۲B
۳۵	۶/۹۱^{cd}	۶/۹۱^{cd}	۶/۶^{de}	۷/۱۹^{c}	۷/۶۴^{ab}	۷/۹۱^{a}	۷/۰۳A
۴۰	۶/۹۶^{cd}	۶/۹۴^{cd}	۶/۶۳^{de}	۷/۲۳^{bc}	۷/۸۲^{a}	۸/۰۲^{a}	۷/۱A
میانگین	۴/۴۵C	۴/۳۴CD	۴/۲۱D	۴/۶۱B	۴/۹۴A	۵/۰۷A	

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون دارای حروف مشترک کوچک و بزرگ می‌باشند، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۲- تأثیر نانوسید و ژل آلوئه ورا بر میزان قهوه‌ای شدن پوسته خارجی پسته‌های تازه در زمان‌های مختلف انبارداری

تیمار زمان (روز)	نانوسید ($80 mgl^{-1}$)	نانوسید ($100 mgl^{-1}$)	ژل آلوئه ورا (۲۵٪)	ژل آلوئه ورا (۳۳٪)	ژل آلوئه ورا (۵۰٪)	شاهد	میانگین
۵	۱/۵^{o}	۲^{o}	۲/۲۵^{o}	۱/۵^{o}	۲/۲۵^{o}	۱/۲۵^{o}	۱/۸۲G
۱۰	۱/۵^{o}	۱/۲۵^{o}	۱^{o}	۲^{o}	۲/۷۵^{o}	۲^{o}	۱/۷۵F
۱۵	۱^{o}	۲^{o}	۱/۷۵^{o}	۲/۵^{o}	۱^{o}	۳/۷۵^{no}	۲/۷۵E
۲۰	۶/۵^{lmn}	۴/۲۵^{mno}	۱/۷۵^{o}	۱/۷۵^{op}	۹/۷۵^{ijk}	۶/۵^{lmn}	۵/۸۲D
۲۵	۱۵^{fg}	۷/۷۵^{jkl}	۶/۷۵^{klm}	۷/۲۵$^{j-m}$	۹/۷۵^{ijk}	۱۰^{ij}	۱۰/۰۴D
۳۰	۱۷/۵ ^{ef}	۱۵^{fg}	۵/۷۵^{lmn}	۷/۲۵$^{j-m}$	۱۴^{g}	۱۲/۵^{ghi}	۱۳/۴۶C
۳۵	۱۹/۵^{de}	۱۷^{ef}	۹/۷۵^{igk}	۱۳^{gh}	۱۵^{fg}	۱۷/۵^{ef}	۱۶/۷۱B
۴۰	۲۹^{b}	۲۵/۵^{c}	۱۳/۵^{g}	۱۵/۲۵^{fg}	۲۲/۲۵^{d}	۲۵^{c}	۲۳/۴۳A
میانگین	۱۱/۴۴B	۹/۳۴C	۵/۳۱E	۶/۳۱D	۹/۵۹C	۹/۸۱C	

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون دارای حروف مشترک کوچک و بزرگ می‌باشند، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

والورده و همکاران (۳۰) گزارش کردند که در واقع، تلفیق بین اتمسفر تغییریافته و پوشش‌دهی با ژل آلوئه‌ورا، کیفیت میوه انگور را در مقایسه با شاهد حفظ و عمر انباری آن را به طور قابل توجهی افزایش داده است. تیمار پوششی ژل آلوئه با غلظت ۵۰٪ نتوانست نسبت به سایر تیمارها قهوه‌ای شدن را کنترل کند. هاگن مایر و شاو (۹) و اسمیت و استاو (۲۶) در آزمایش‌های خود گزارش کردند که با افزایش ضخامت واکس روی میوه تنفس بی‌هوازی ایجاد شده و از طرفی گاهی اوقات بسته‌بندی (اتمسفر تغییر یافته) به همراه واکس پوششی این شرایط را تشدید کرده و با تولید مواد سمی و الکلی به بافت میوه صدمه وارد کرده و پوسیدگی و قهوه‌ای‌شدن بافت میوه را در پی خواهد داشت و در نهایت باعث مرگ سلول‌ها می‌شود.

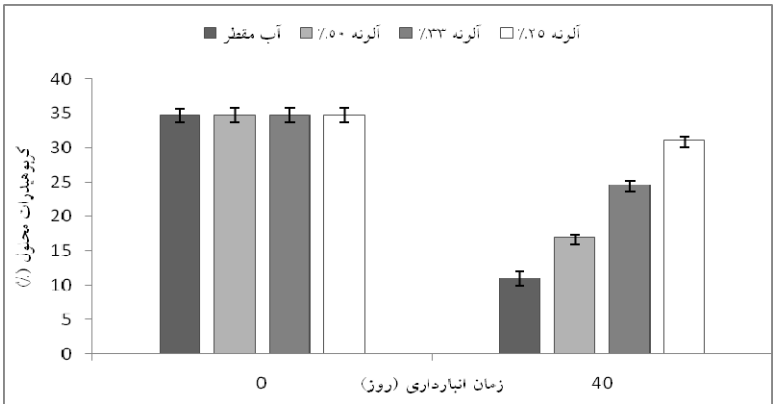
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تغییرات کربوهیدرات محلول در نمودار ۱ نشان می‌دهد که بیشترین میزان کربوهیدرات محلول قبل از انبارداری و اعمال تیمارها می‌باشد و با گذشت زمان انبارداری میزان کربوهیدرات محلول پسته‌های تازه کاهش پیدا کرده است. بررسی‌های آماری نشان داد که بیشترین میزان کربوهیدرات محلول در انتهای دوره نگهداری، متعلق به واکس پوششی ژل آلوئه ورا با غلظت ۲۵٪ (۳۱/۲۵٪) می‌باشد و کمترین میزان کربوهیدرات محلول نیز در تیمار آب مقطر (۱۱/۲۶٪) محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان داد که تیمارهای ژل آلوئه‌ورا نسبت به شاهد از میزان قند بیشتری در انتهای انبارداری برخوردار بودند. از طرفی عمل پوشش‌دهی، حصار فوق‌العاده‌ای را روی سطح میوه ایجاد می‌کند و نفوذ اکسیژن در آن خیلی آهسته انجام می‌شود (۱۱).

با استفاده از این سیستم بسته‌بندی و پوشش‌دهی می‌توان سرعت تنفس را کاهش داد کاهش سرعت تنفس باعث جلوگیری از ضایع شدن قند، حفظ طعم مطلوب محصول و باعث کاهش دگرگونی اسیدهای آلی و حفظ پی‌اچ مطلوب می‌شود که منجر به افزایش زمان انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود.

بررسی نتایج آماری در جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که میزان چربی نمونه‌های شاهد و میوه‌های تیمار شده با واکس پوششی آلوئه ورا ۵۰٪ در مدت انبارداری کاهش یافت در حالی که در غلظت ۳۳٪ و ۲۵٪ این تغییرات معنی‌دار نیست. به نظر می‌رسد غلظت زیاد ژل سبب تخمیر و تنفس غیرهوازی شده است که طی فرایند تنفس بی‌هوازی در پسته‌های تازه، مواد ذخیره‌ای زیادی همچون چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها مصرف شدند و کیفیت پسته‌های تازه پوشش‌داده شده با این غلظت از تیمار به میزان زیادی کاهش پیدا کرد (۱،۴). ولی استفاده از غلظت مناسب می‌تواند نتایج مطلوبی داشته و یا در کاهش این ترکیبات تاخیر ایجاد نموده و یا تغییرات را متوقف کند. در واقع پوشش‌دهی با ایجاد حصار فوق‌العاده‌ای که روی سطح میوه ایجاد می‌کند باعث کاهش نفوذ اکسیژن و در نتیجه به طور مطلوب اکسیداسیون چربی‌ها کاهش پیدا می‌کند و شروع فساد در پسته به تأخیر می‌افتد.

نتایج آزمایش دوم (پلاستیک‌های نانو)

نتایج بررسی داده‌ها در نمودار شماره ۲ نشان می‌دهد که پلاستیک‌های نانو در این آزمایش به طور معنی‌داری توانستند کاهش وزن پسته‌های تازه را در طول مدت نگهداری نسبت به پلاستیک معمولی کاهش دهند. مورارو و همکاران (۲۱) نشان دادند که نانو ذرات درون پلاستیک، به صورت یکنواخت توزیع شده، این امر لایه را قادر می‌سازد تا امکان نفوذ و تبادل دی‌اکسیدکربن، اکسیژن و بخار آب بین دو فضای بیرون و درون بسته‌بندی را به شدت کاهش دهد.



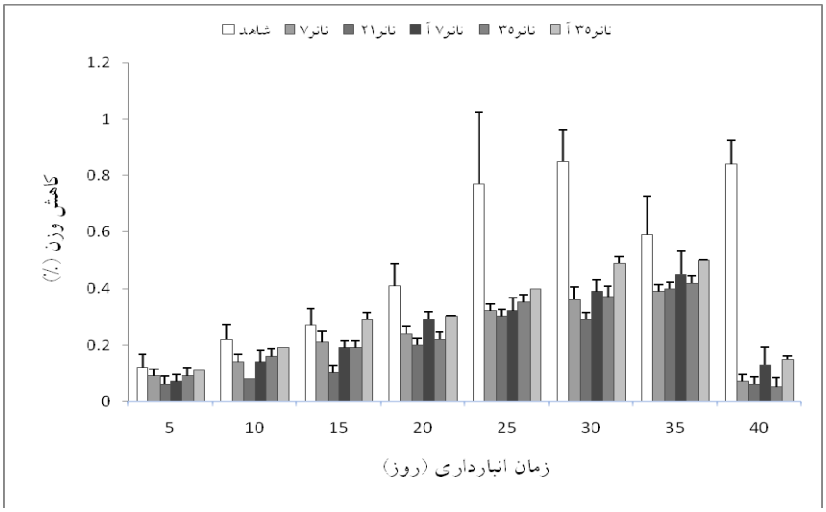
نمودار ۱- تأثیر ژل آلوئه ورا بر میزان کربوهیدرات محلول پسته تازه نگهداری شده در دمای ۲°C ± ٤

شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.

جدول ۳- تأثیر ژل آلوئه ورا بر میزان چربی پسته‌های تازه در طول انبارداری در دمای ۲°C ± ٤

تیمار	زمان (روز)		میانگین
	۰	٤٠	
شاهد	۴۹^{a}	۴۳^{b}	۴۶/۵^{BC}
ژل آلوئه ورا (۵۰٪)	۴۸^{a}	۴۴/۵^{ab}	۴۶/۲۵^{C}
ژل آلوئه ورا (۳۳ ٪)	۴۸/۷۵^{a}	۴۸/۲۵^{a}	۴۸/۵^{B}
ژل آلوئه ورا (۲۵ ٪)	۴۹^{a}	۵۰^{a}	۴۹/۵^{A}
میانگین	۴۸/۶۸^{A}	۴۶/۶۸^{B}	

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون دارای حروف مشترک کوچک و بزرگ می‌باشند، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



نمودار ۲- تأثیر پلاستیک‌های نانو بر کاهش وزن نمونه‌های پسته در طول انبارداری

شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.

به نظر می‌رسد ویژگی حفاظتی نانو ذرات نقره در فیلم‌های نانو به دلیل خاصیت نفوذناپذیری و خواص مکانیکی آن‌ها باشد. نتایج آزمایشات انجام شده توسط لی وهمکاران (۱۷) حاکی از آن است که فیلم‌های نانو در جلوگیری از کاهش وزن میوه‌های عناب تأثیر زیادی داشتند که به خاصیت نفوذ ناپذیری بسیار خوب آن‌ها در برابر آب نسبت داده شده است. آن‌ها نشان دادند که بسته‌بندی‌های مبتنی بر فن‌آوری نانو در مقایسه با بسته‌بندی معمولی اثرات مفیدی در حفظ کیفیت فیزیولوژیکی و فیزیوشیمیایی عناب در طول مدت انبارداری داشتند.

با بررسی نتایج جدول ۴ مشخص گردید که پلاستیک‌های نانو به طور معنی‌داری توانستند میزان قهوه‌ای شدن پوسته خارجی را در پسته‌های تازه در طول مدت نگهداری نسبت به پلاستیک معمولی کاهش دهند. فیلم‌های نانو نسبت به پلاستیک معمولی (نایلون) از خاصیت منع کنندگی[1] مناسب‌تری در برابر گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن برخوردار است و چنین به نظر می‌رسد که به همین علت، میزان تنفس و قهوه‌ای شدن آنزیمی در پسته‌های تازه‌ی بسته‌بندی شده در این فیلم‌ها کاهش یافت. لی و همکاران (۱۷) نتایج مشابهی را در این رابطه دریافتند. آن‌ها گزارش نمودند که در طول دوره انبارداری میزان قهوه‌ای شدن میوه‌های عناب در همه تیمارها با گذشت زمان انبارداری افزایش پیدا کرد اما میزان قهوه‌ای شدن عناب بسته‌بندی شده با فیلم‌های نانو نسبت به کنترل کمتر بود. فلز نقره در ابعاد نانومتر به علت فراهم کردن سطح تماس بسیار بالا، می‌تواند تأثیر آنتی‌باکتریایی بیشتری نسبت به اندازه معمول آن ایجاد کند (۳).

عموما اکسیژن یک عنصر نامطلوب در بسته‌بندی محصولات می‌باشد و انبارهای با اتمسفر تغییر یافته و کنترل شده در واقع با محدود کردن تبادل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن باعث کاهش آهنگ تنفس و در نتیجه افزایش عمر فرآورده‌ها می‌شود. به این ترتیب با مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن، غلظت گاز اکسیژن در محیط بسته‌بندی کاهش و غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد و باعث می‌شود میزان تنفس و سایر واکنش‌های اکسایشی که منجر به قهوه‌ای شدن سطحی و آنزیمی‌می‌شود، کاهش یابد و به این ترتیب کیفیت و عمر ماندگاری فرآورده افزایش می‌یابد (۸ و ۲۵).

1-Barrier

جدول ٤- تأثیر تیمارهای مختلف پلاستیک نانو بر قهوه‌ای شدن پوسته خارجی پسته‌های تازه در طول مدت انبارداری

زمان (روز)	تیمار						میانگین
	نانو ۳۵	نانو۳۵	نانو ۷	نانو۲۱	نانو۷	سلوفان	
۵	۱^{p}	۳^{op}	$۲/۵^{op}$	$۲/۷۵^{op}$	$۱/۲۵^{p}$	۱^{p}	۱/۷۵F
۱۰	$۱/۵^{p}$	$۱/۵^{p}$	$۲/۷۵^{op}$	$۱/۵^{p}$	۳^{op}	$۲/۲۵^{op}$	۲/۰۸F
۱۵	۳^{op}	$۱/۵^{p}$	$۱/۵^{p}$	$۱/۷۵^{op}$	$۱/۵^{p}$	$۱/۵^{p}$	۱/۶۲F
۲۰	$۴/۷۵^{no}$	$۷/۷۵^{lm}$	$۴/۷۵^{no}$	$۸/۵^{lm}$	$۷/۲۵^{mn}$	$۱۰/۵^{jkl}$	۷/۲۵E
۲۵	$۹/۷۵^{j-m}$	$۸/۷۵^{klm}$	۸^{lm}	$۱۱/۵^{ijk}$	$۱۲/۵^{hij}$	$۱۰/۵^{jkl}$	۱۰/۱۷D
۳۰	$۹/۷۵^{j-m}$	$۱۴/۲۵^{ghi}$	$۱۴/۲۵^{ghi}$	$۱۶/۷۵^{fg}$	۱۵^{gh}	۱۸^{f}	۱۴/۶۷C
۳۵	$۲۲/۲۵^{e}$	$۱۹/۵^{f}$	$۲۳/۵^{e}$	$۲۲/۲۵^{e}$	$۱۸/۵^{f}$	۲۴^{de}	۲۱/۶۷B
۴۰	۲۷^{abc}	$۲۴/۵^{cde}$	$۲۹/۵^{a}$	$۲۷/۵^{ab}$	$۲۶/۵^{bcd}$	$۲۹/۷۵^{a}$	۲۷/۴۶A
میانگین	۹/۷۵D	۹/۹۶CD	۱۰/۸۴BC	۱۱/۵۶AB	۱۰/۶۹BCD	۱۲/۱۹A	

میانگین‌هایی که در هر ردیف و ستون دارای حروف مشترک کوچک و بزرگ می‌باشند، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

از طرفی، پوسته خارجی پسته یک لایه حفاظتی خوبی را در برابر ارگانیزم‌های عامل فساد بدون تأثیر در لک‌دار شدن پوسته سخت داخلی فراهم می‌کند (۱۴). بسته‌بندی‌های معمولی یا سلوفان‌ها، قابلیت تبادل رطوبت بالائی دارند که برای بسته‌بندی یک محصول حساس به رطوبت مناسب نمی‌باشند. در واقع با جذب رطوبت، عبورپذیری فیلم سلوفان به اکسیژن نیز افزایش می‌یابد و مستعد واکنش‌های اکسایشی و قهوه‌ای شدن می‌شود (۲).

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که متناسب با زمان طولانی شدن نگهداری پسته تازه، ویژگی‌های ظاهری و خصوصیات شیمیایی پسته تازه تغییر می‌کند و وزن آن‌ها کاهش می‌یابد. استفاده از تیمار دمایی $۴^{\circ}C$ همراه با فیلم‌های نانو، ژل آلوئه (۲۵٪) و نانوسید ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند تا حد قابل توجهی از تغییرات مذکور ممانعت نماید و سبب پایداری نسبی خواص شیمیایی مذکور گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت نانو نصب کرمان و بسپار نانوبن تهران به جهت تامین نانوسید و پلاستیک‌های تولید شده از طریق فن‌آوری نانو و دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به منظور پشتیبانی در دیگر مراحل آزمایش، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱- راحمی م. ۱۳۷۳. فیزیولوژی پس از برداشت، مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه‌ها (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۲۵۹ ص.
۲- شاکراردکانی ا. ۱۳۸۶. برداشت، فرآوری، انبارداری و بسته بندی پسته، مؤسسه تحقیقات پسته کشور. چاپ اول، ۱۵۸ص.
۳- ظهری م. و رحیم زاده‌خویی م. ۱۳۸۶. فضای نانو، نشریه دانشجویی علمی، خبری و تحلیلی. شماره ۱۱، ۶۳ ص.
۴- میدانی ج. و هاشمی دزفولی س.ا. ۱۳۷۶. فیزیولوژی پس از برداشت. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۴۰۸ ص.
5- Crane J.C. 1986. Pistachio, In: Handbook of fruit set and development. CRC. Press. pp: 389-399.
6- Eshun K., and He Q. 2004. Aloe vera: A valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44: 91-96.
7- Ferguson L., Kader A., and Thompson T. 2005. Harvesting, transporting, processing and grading. The Manual for the UCCE Pistachio Production Short Course. 30 Chapters.
8- Gil M.I., Artes F., and Tudela J.A. 1996. Minimal processing and modified atmosphere packaging effects on pigments of pomegranate seeds. Journal of Food Science, 61: 161-164.
9- Hagenmaier R.D., and Shaw P.E. 1991. Permeability of coatings made with emulsified polyethylene wax. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 39: 1705-1708.
10- Hu Q., Hu Y., and Xu J. 2005. Free radical-scavenging activity of Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) extracts by supercritical carbon dioxide extraction. Food Chemistry, 91: 85–90.
11- Javanmard M. 2007. Shelf life of whey protein-coated Pistachio kernel (Pistacia vera L.). Journal of Food Process Engineering, 31: 274-259.
12- Kader A.A., Heintz C.M., Labavitch J.M., and Rae H.L. 1982. Studies related to the description and evaluation of

pistachio nut quality. Journal of American Society for Horticultural Science, 107: 812-816.
13- Kader A.A., Labavitch J.M., Mitchell F.G., and Sommer N.F. 1980. Quality and safety of Pistachio nut as influenced by postharvest handling procedures. The Pistachio. Act. Stud. Soc. Ann. Rpt. pp: 44-52.
14- Kader A.A., Labavitch J.M., Mitchell F.G., and Sommer, N.F. 1976. Quality and safety of Pistachio nut as influenced by postharvest handling procedures. The Pistachio ASSOC. Ann. Rpt. pp: 45-51.
15- Koyuncu M.A., Islam A., and Kukuc M. 2005. Fat and fatty acid composition of hazelnut kernels in vacuum packages during storage. Grasas y Aceites, 56: 263-266.
16- Labavitch J.M., Heintz C.M., Rae H.L., and Kader A.A. 1982. Physiological and compositional changes associated with maturation of Kerman pistachio nuts. Journal of American Society for Horticultural Science, 107: 688-692.
17- Lei S.G., Hoa S.V., and Ton-That M.T. 2006. Effect of clay types on the processing properties of polypropylene nanocomposites. Journal of Computer Science and Technology, 66: 1274-1279.
18- Mahendra R., Yadva A., and Gade A. 2009. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Journal of Biological Advance, 27: 76-83.
19- Martinez-Romero D., Alburquerque N., Valverde J.M., Guillen F., Castillo S., Valero, D., and Serrano M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. Postharvest Biology and Technology, 39: 93–100.
20- Michael S., Cousin M.E., Kastenholz H., and Wiek A. 2007. Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: The influence of affect and trust. Appetite, 49: 459-466.
21- Moraru C., Panchapakesan C., Huang Q., Takhistov P., Liu S., and Kokini J. 2003. Nanotechnology: A New Frontier in Food Science. Institute Journal of Food Technology, Number.12.
22- Nzima M.D., Martin G.C., and 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 for Horticultural Science, 122: 856-862.
23- Pearson T.C. 1987. 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.
24- Saks Y., and Barkai-Golan R. 1995. Aloe Vera gel activity against plant pathogenic fungi. Postharvest Biology and Technology, 6: 159-165.
25- Serrano M., Martinez-Romero D., Guillen F., Castillo S., and Valero D. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. Postharvest Biology and Technology, 39: 61-68.
26- Smith S.M., and Stow J.R. 1984. The potential of a sucrose ester coating material for improving the storage and shelf-life qualities of cox’s orange pippin apples. Annals of Applied Biology, 104: 383-391.
27- Smith S., Geeson J., and Stow J. 1987: Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. HortScience, 22: 772-776.
28- Sudheer K.P., and Indira V. 2007. Postharvest Technology of Horticulture Crops. Horticulture Science Series, 7: 61-63.
29- Toumadje A.G., Crane C., and Kader A.A. 1980. Respiration and ethylene production of the developing Kerman pistachio fruit. HortScience, 15: 725-727.
30- Valverde J.M., Valero D., Martinez-Romero D., Guillen F., Castilo S., and Serrano M. 2005. Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53: 7807-7813.
31- Yesim O. 2002. The comparison of some pistachio cultivars regarding their fat, fatty acids and protein content. Gartenbauwissenschaft, 67: 107-113.
32- Zhang X., Wang H., Song Y., Nie L., Wang L., Liu B., Shenb P., and Liua Y. 2006. Isolation, structure elucidation, antioxidative and immunomodulatory properties of two novel dihydrocoumarins from Aloe vera. Bioorganic Medicinal Chemistry Letters, 16: 949- 953.