فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد ۱۹/ شمارهٔ ۱/ صفحات ۱۵-۱/ بهار و تابستان ۹۸
DOI: 10.22084/ppt.2017.11675.1650

اثر فیلم‌های نانوکامپوزیت رس و پلی‌اتیلنی بر کیفیت پس از برداشت میوه هلو

Effect of Nano-composite and Polyethylene Films on Postharvest Quality of Peach Fruit

حسین ابراهیمی[۱]، بهرام عابدی[۲*]، حجت اله بداقی[۳]، غلامحسین داوری نژاد[۴] و حمید هراتی زاده[۵]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۱

چکیده

میوه هلو به‌دلیل داشتن آب زیاد و سرعت تنفس بالا دارای عمر انبارمانی بسیارکوتاهی است. در این پژوهش تأثیر بسته‌بندی با فیلم‌های پلی‌اتیلن و نانوکامپوزیت رس بر کیفیت و عمر پس از برداشت میوه هلو رقم آلبرتا بررسی شد. میوه‌های هلو به‌مدت شش هفته در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شدند. خصوصیاتی مانند درصد کاهش وزن، سفتی میوه، pH، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، شاخص رنگ، قهوه‌ای شدن، بار میکروبی و فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز به‌طور هفتگی موردارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو نوع پوشش توانستند خصوصیات کمی و کیفی میوه هلو را بهتر از شاهد حفظ کنند. کاربرد فیلم‌های نانوکامپوزیت و پلی‌اتیلن موجب تأخیر در نرم شدن میوه، کاهش درصد اتلاف وزن، تیرگی رنگ میوه، قهوه‌ای شدن درونی گوشت و فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز نسبت به شاهد شدند. استفاده از هر دو فیلم منجر به تغییرات کمتر اسید قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و pH عصاره میوه مقایسه با شاهد شدند. فیلم نانوکامپوزیت سبب کاهش بار میکروبی شد، درحالی‌که بیش‌ترین بار میکروبی در فیلم پلی‌اتیلن مشاهده گردید. نتایج هم‌چنین نشان دادند که تأثیر فیلم نانوکامپوزیت در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه ازجمله شاخص درخشندگی، کروما، هیو، اسید قابل تیتراسیون، قهوه‌ای شدن، بار میکروبی و فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز مؤثرتر از فیلم پلی‌اتیلن بود. به‌طورکلی کاربرد فیلم نانوکامپوزیت ممکن است یک روش مفید برای کاهش تلفات وزن و حفظ کیفیت میوه هلو طی زمان نگهداری باشد.

واژه‌های کلیدی: عمر قفسه‌ای، قهوه‌ای شدن، آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز

۱، ۲ و ۴. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران
۵. دانشیار گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران
*: نویسنده مسئول Email: Abedy@um.ac.ir
این مقاله قسمتی از رساله دکتری در دانشگاه فردوسی می‌باشد.

مقدمه

هلو بانام علمی *Prunus persica* L. میوه‌ای از خانواده گل‌سرخیان[1] می‌باشد که ازجمله محصولات مهم تجاری در صنعت باغبانی به‌شمار می‌رود (*باسی* و *مونت*[2]، 2008). هلو به‌عنوان یک میوه گوشتی آبدار دارای ارزش اقتصادی بالایی می‌باشد، به‌طوری‌که سطح زیرکشت هلو در ایران ۵۰۳۲۰ هکتار و میزان تولید آن ۷۵۹۵۴۹ تن می‌باشد که به‌ترتیب ۲/۲ و ۳/۹ درصد از سطح زیرکشت و تولیدات محصولات باغبانی را به خود اختصاص داده است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴). این میوه هم‌چنین به‌دلیل داشتن ویتامین‌های A و C، پتاسیم، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آلی و آنتی‌اکسیدان‌ها از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (*کیدیر* و *میشل*[3]، 1989؛ *وانگ*[4] و همکاران، 2006). هلو به‌عنوان یک میوه‌ی فرازگرا در هنگام رسیدن اتیلن زیادی تولید می‌کند که باعث نرم‌شدن گوشت میوه و کاهش عمر پس از برداشت این محصول می‌شود (*گوپتا*[5] و همکاران، 2011). عمر قفسه‌ای میوه هلو به‌دلیل کاهش وزن ناشی از اتلاف آب و هم‌چنین ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مانند قهوه‌ای‌شدن و تغییر بافت میوه، محدود می‌باشد (*فیشمن*[6] و همکاران، 1993). محدود بودن زمان عرضه میوه و بالا بودن نسبت عرضه به تقاضا، تأمین نیاز بازار را در طول سال تنها از طریق انبارمانی طولانی‌مدت محصول میسر می‌سازد، لذا به‌کارگیری فنون و روش‌های مناسب جهت افزایش قابلیت ماندگاری میوه ضروری می‌باشد. بهروزی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر بسته‌بندی اتمسفر تعدیل‌یافته با سه ترکیب گازی و دو نوع پوشش پلاستیکی بر عمر انبارمانی میوه هلو رقم آلبرتا گزارش کردند که پوشش پلی‌اتیلن در حفظ شاخص‌های کیفی میوه ازجمله مواد جامد محلول، pH عصاره و ویتامین ث میوه هلو نسبت به پوشش پلی پروپیلین مؤثرتر بوده است. استفاده از فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر در بسته‌بندی مواد غذایی جهت حفظ کیفیت میوه در زمان پس از برداشت به‌دلیل ضعف خواص بازدارندگی و مکانیکی به‌شدت محدودشده است (*د آبریو*[7] و همکاران، 2007). لذا دست‌یابی به فن‌آوری‌های جایگزین جهت پیشگیری از تغییرات فیزیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی نامطلوب در طی دوره انبارمانی ضروری است. امروزه نانوفناوری موقعیت و کارآیی خودش را در کشاورزی پیدا کرده است و در همه مراحل تولید، فرآوری، انبار کردن، بسته‌بندی و حمل‌ونقل محصولات کشاورزی دارای کارآیی می‌باشد (*اسکوت* و *چین*[8]، 2003). در سال‌های اخیر، نانوذرات آلی و غیرآلی در دامنه وسیعی از صنایع، تجارت و ازجمله علم بسته‌بندی توجه زیادی را به خود معطوف ساخته‌اند (*د آبریو* و همکاران، 2007). تأثیر کاربرد فیلم نانو پلی‌وینیل کلراید-دی‌اکسید تیتانیوم[9] در بسته‌بندی سیب رقم فوجی به‌مدت ۲۰۸ روز در دمای ۱-۰ درجه سانتی‌گراد موردارزیابی قرار گرفت و بیان گردید که در پایان زمان انبارمانی، میوه‌های بسته‌بندی شده با فیلم نانوکامپوزیت دارای سفتی گوشت بیش‌تری هستند (*چن*[10] و همکاران، 2001). زندی ناوگران و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر بسته‌بندی محتوی نانوذرات نقره و نانو سیلیکات رس بر روی ویژگی‌های کیفی و هم‌چنین عمر ماندگاری میوه گیلاس دریافتند که استفاده از بسته‌های محتوی نانوذرات نقره و سیلیکات رس به‌طور مؤثری سبب حفظ ویتامین ث، فنل کل و بازارپسندی میوه گردیده است. هم‌چنین گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر مثبت نانوکامپوزیت‌ها و بسته‌های پلی‌اتیلنی محتوی نانوذرات روی کاهش میزان پوسیدگی میوه‌های توت‌فرنگی و کیوی (*یانگ*[11] و همکاران، 2010؛ *هو*[12] و همکاران، 2011) و هم‌چنین حفظ کیفیت میوه کیوی (هو و همکاران، 2011) وجود دارد. در مطالعه دیگری نیز *فهیمی‌نیا* و *نصیری* (2015) با بررسی تأثیر بسته‌بندی نانوکامپوزیت بر روی عمر انبارمانی میوه آلو تحت شرایط دمایی ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد دریافتند که کاربرد بسته‌بندی نانو ضمن جلوگیری از کاهش وزن میوه سبب افزایش عمر قفسه‌ای و هم‌چنین حفظ ویژگی‌های کیفی میوه ازجمله سفتی میوه، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در طی زمان نگهداری میوه شده است. هم‌چنین عبدالهی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر افزودن نانوذرات رس بر خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر کیتوزانی گزارش کردند که افزودن نانوذرات رس منجر به افزایش مقاومت کششی فیلم‌ها و کاهش نفوذپذیری فیلم نسبت به بخار آب و کاهش درصد جذب آب در نانوکامپوزیت‌ها شده است. با توجه به تولید قابل‌توجه میوه هلو در کشور و کوتاه بودن عمر ماندگاری آن نیاز به مطالعات مختلف در زمینه حفظ کیفیت پس از برداشت و

1. Rosaceae
2. Bassi and Monet
3. Kader and Mitchell
4. Wang
5. Gupta
6. Fischman
7. De Abreu
8. Scott and Chen
9. PVC-TiO_2
10. Chen
11. Yang
12. Hu

افزایش عمر نگهداری این میوه ضروری می‌باشد. بنابراین این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تیمارهای فیلم‌های نانوکامپوزیت رس و پلی‌اتیلنی بر خصوصیات کمی و کیفی میوه هلو رقم آلبرتا در طی دوره نگهداری میوه انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

میوه‌ها هلو رقم آلبرتا در زمان برداشت تجاری محصول از یک باغ تجاری شخصی واقع در شهر مجن از توابع شهرستان شاهرود تهیه گردید و در سردخانه مرکز آموزش جهاد کشاورزی شاهرود به‌مدت شش هفته نگهداری شدند. آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار شامل بسته‌بندی با فیلم پلی‌اتیلنی کم تراکم، فیلم نانوکامپوزیت حاوی ۵ درصد نانو رس و شاهد (بدون بسته‌بندی) در سه تکرار که برای هر تکرار چهار بسته در نظر گرفته شد و در داخل هر بسته سه میوه قرار داده شد و میانگین وزنی هر بسته ۲۵۰ گرم بود. در این پژوهش از فیلم‌هایی با ابعاد ۳۰×۱۵ سانتی‌متر ساخته شده توسط شرکت سپنتا ناروان با مشخصات ذکر شده توسط *بداقی*[1] و همکاران (2015) استفاده شد. ارزیابی نفوذپذیری بخار آب برای فیلم‌ها به‌وسیله دستگاه WVP tester مدل L80-500 انجام شد. نمونه‌های فیلم نانوکامپوزیت بین دو اتاقک دستگاه قرار داده شد در اتاقک پایین دستگاه آب مقطر و در اتاقک بالایی مجهز به حسگر برای کنترل دما و رطوبت نسبی بود. میزان نفوذپذیری فیلم‌های نانوکامپوزیت و پلی‌اتیلن نسبت به بخارآب به‌ترتیب ۲/۸۹ و ۲/۹۸ ($g.mm.kPa^{-1}.h^{-1}.m^{-2}$) بود. جهت حذف هرگونه آلودگی میکروبی، میوه‌های پس از شستشو با هیپوکلریدسدیم ۱ درصد و خشک شدن در دمای اتاق به‌صورت تصادفی درون فیلم‌های بسته‌بندی قرار داده شد و تحت شرایط دمایی ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مدت شش هفته نگهداری شدند. اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی و حسی به‌صورت هفتگی انجام پذیرفت. میوه‌ها قبل و پس از بسته‌بندی در پایان هر هفته با ترازوی دیجیتال توزین شد و درصد کاهش وزن میوه‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

درصد کاهش وزن میوه = [وزن اولیه میوه / وزن ثانویه میوه ـ وزن اولیه میوه] ×۱۰۰

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (مدل GY-2، ساخت کشور چین) اندازه‌گیری شد و نتایج براساس کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع گزارش شد. رنگ ظاهری میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مینولتا (مدل CR-400 ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا شاخص‌های رنگ a* (قرمز-سبز)، b* (زرد-آبی) و L* (درخشندگی) اندازه‌گیری شد و سپس زاویه هیو و کروما با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید (پک[2] و همکاران، 2010).

$h^{\circ}=180 + \tan^{-1} b^*/ a^* , \text{ if } a^* < o$

$\text{Chroma}= (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$

به‌منظور اندازه‌گیری میزان قهوه‌ای شدن از روش *بلوچ*[3] و همکاران (1973) استفاده گردید. در ابتدا ۵ گرم از هر نمونه توزین گردید و در داخل ارلن قرار داده شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر از محلول آبی اسید استیک-فرمالدئید بر روی نمونه‌ها ریخته شده و هم زده شد. به‌منظور استخراج کامل رنگدانه‌های قهوه‌ای، نمونه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در تاریکی قرار داده شد و پس از گذشت ۷۲ ساعت، محلول رنگی بالای نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف گردید و مقدار جذب این محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۴۲۰ و ۶۰۰ نانومتر ثبت گردید و اختلاف جذب در این دو طول‌موج به‌عنوان شاخص قهوه‌ای شدن در نظر گرفته شد. فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز براساس اکسیداسیون کاتکول[4] اندازه‌گیری شد (*پیزوکارو*[5] و همکاران، 1993). بدین منظور به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره میوه، ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات اضافه شد و محلول در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ گردید. در مرحله بعد، به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره شفاف جداسازی شده، ۲/۵ میکرولیتر بافر فسفات اضافه گردید. اندازه‌گیری توسط تزریق ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره آنزیم به ۲/۵ میلی‌لیتر ماده بافری (بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار pH= ۶/۴ و ۵۰ میلی‌مولار کاتکول) انجام پذیرفت. منحنی تغییرات جذب در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر به‌مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز براساس فرمول زیر صورت پذیرفت.

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز = [(۲۵ × ۰/۰۰۱)/ (۱۰۰۰ × اختلاف جذب)]

به‌منظور اندازه‌گیری بار میکروبی، ابتدا ۲۰ گرم از میوه‌ها با ۲۲۰ میلی‌لیتر محلول نمکی ۰/۹ درصد به‌وسیله دستگاه استوم‌چر به‌صورت هموژن درآمد.

در مرحله بعد حدود ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول هموژنیزه روی محیط‌کشت باکتری (پی دی آ)پخش شد و به‌مدت ۷۲ ساعت

1. Bodaghi

2. Pek
3. Baloch
4. Catechol
5. Pizzocaro

در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و در نهایت نتایج به‌صورت لگاریتم واحدهای کلونی باکتری تشکیل شده بر گرم میوه بیان شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS. 9.2 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

کاهش وزن میوه هلو در طی زمان انبارمانی

نتایج نشان داد که بسته‌بندی بر درصد کاهش وزن میوه هلو در طی زمان انبارمانی تأثیر معنی‌داری داشته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین تیمارهای بسته‌بندی شده با فیلم پلی‌اتیلن و فیلم نانوکامپوزیت اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است، اما با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتن. بررسی روند کاهش وزن میوه نشان داد که از روز ۲۸ به بعد، افزایش شدیدی در کاهش وزن میوه در همه تیمارها مشاهده شد و در پایان زمان انبارمانی درصد کاهش وزن در تیمار شاهد به ۸/۱۱ درصد رسید، درحالی‌که درصد کاهش وزن میوه در تیمارهای پلی‌اتیلن و نانوکامپوزیت به‌ترتیب ۱/۷۵ و ۱/۶۸ درصد رسید، که نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت فیلم‌های بسته‌بندی بر جلوگیری از درصد کاهش وزن میوه در طی زمان نگهداری میوه در سردخانه می‌باشد (شکل ۱). این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده بر روی میوه‌های زردآلوی رقم کاباسی[1] بسته‌بندی شده و نگهداری شده به‌مدت ۴۲ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد هم‌خوانی دارد (*موفتوگولو*[2] و همکاران، 2010). کاهش وزن میوه‌ها در زمان پس از برداشت ناشی از فرآیندهای تنفس، تعرق و فعالیت‌های متابولیکی داخلی میوه می‌باشد (اردکانی و همکاران، ۱۳۹۱). وجود پوشش در اطراف میوه باعث تجمع بخار آب داخل پوشش شده و این امر منجر به کم‌تر شدن درصد کاهش وزن میوه‌ها ناشی ازدست دادن آب می‌شود (*کارابولوت* و *بایکال*[3]، 2004).

تغییر سفتی بافت در طی زمان انبارمانی

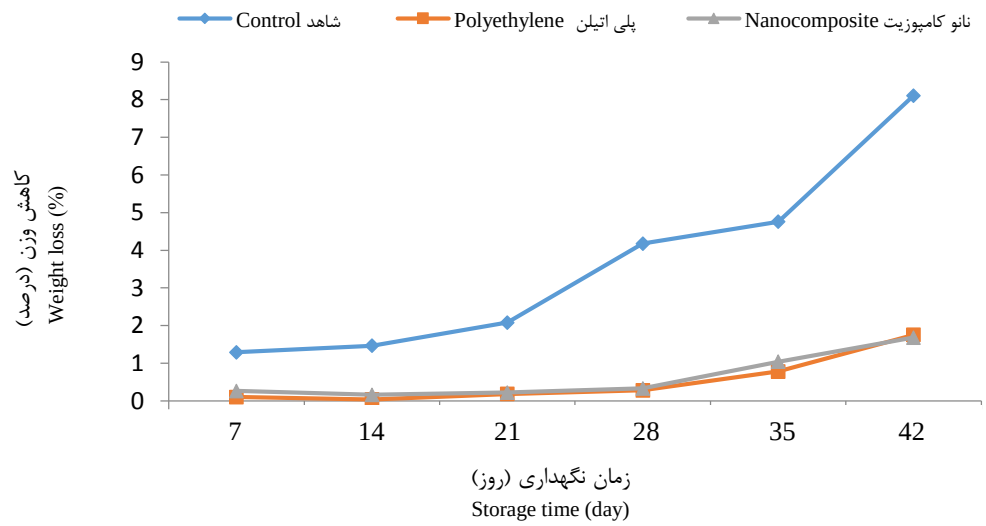
نتایج نشان داد که میزان سفتی میوه‌ها در تمام تیمارها در طی دوره نگهداری به‌صورت تدریجی کاهش یافت، هم‌چنین تیمار بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری بر میزان سفتی بافت میوه طی دوره نگهداری داشت (شکل ۲). میزان سفتی بافت میوه در پایان زمان انبارمانی در تیمارهای شاهد، فیلم‌های پلی‌اتیلن و نانوکامپوزیت رس به‌ترتیب کاهش ۹۷/۵، ۷۳/۳ و ۶۸/۱ درصدی را نسبت به پایان هفته اول نشان داد که بیانگر تأثیر مثبت فیلم‌های بسته‌بندی بر حفظ سفتی بافت میوه در طی زمان نگهداری میوه می‌باشد. نتایج این پژوهش با نتایج گزارش شده روی کیوی (*هو* و همکاران، 2010) مبنی بر به تعویق افتادن نرم شدن بافت میوه طی زمان نگهداری، با استفاده از فیلم‌های نانوکامپوزیت رس مطابقت دارد. *پریتل*[4] و همکاران (1999) بیان کردند که میزان سفتی میوه‌های زردآلوی شاهد در طی دو هفته اول نگهداری کاهش شدیدی را نسبت به میوه‌های بسته‌بندی شده نشان دادند. هم‌چنین گزارش شده است که سفتی بافت میوه‌های هلو انبار شده در اتمسفر تعدیل یافته در طول سه هفته در مقایسه با میوه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌های پلی‌پروپیلن تغییرات کاهشی کم‌تری داشته‌اند (*فرناندز-تروجلو* و *آرتیز*[5]، 1998). کاهش سفتی بافت میوه‌ها احتمالاً به‌دلیل تأخیر در رسیدن میوه‌ها، وقوع پدیده پیری و مرتبط با فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز باشد که باعث تخریب پلیمرهای دیواره سلولی می‌شود (*پریتل* و همکاران، 1999). این احتمال وجود دارد که تأثیر مثبت فیلم نانوکامپوزیت بر حفظ سفتی بافت میوه و جلوگیری از نرم شدن به‌دلیل تأخیر در فرآیند پیری باشد.

شاخص‌های درخشندگی (L*)، کروما و زاویه هیو

نتایج نشان داده که تیمار بسته‌بندی بر شاخص‌های درخشندگی، کروما و زاویه هیو تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین، هر سه شاخص در طی زمان نگهداری روند کاهشی را نشان دادند. شاخص درخشندگی در میوه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌های بسته‌بندی و شاهد تا روز ۱۴ تقریباً ثابت بودند که نشان‌دهنده‌ی روند کند پیری در دو هفته اول نگهداری میوه می‌باشد. کاهش شدید میزان درخشندگی میوه‌های شاهد و تیمار پلی‌اتیلن از روز ۲۸ به بعد بروز پیدا کرد. کم‌ترین (۱۷/۲۲) و بیش‌ترین (۲۶/۵) میزان درخشندگی در پایان زمان نگهداری میوه به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و نانوکامپوزیت رس مشاهده شد (شکل ۳). گزارش‌هایی مبنی بر کاهش (فتاحی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳) و افزایش (فتاحی‌مقدم و حلاجی ثانی، ۱۳۹۱) شاخص درخشندگی میوه کیوی در طی زمان انبارداری میوه وجود دارد. کاهش شاخص روشنایی همراه با کدر شدن پوست میوه ممکن است به‌دلیل فعالیت متابولیکی

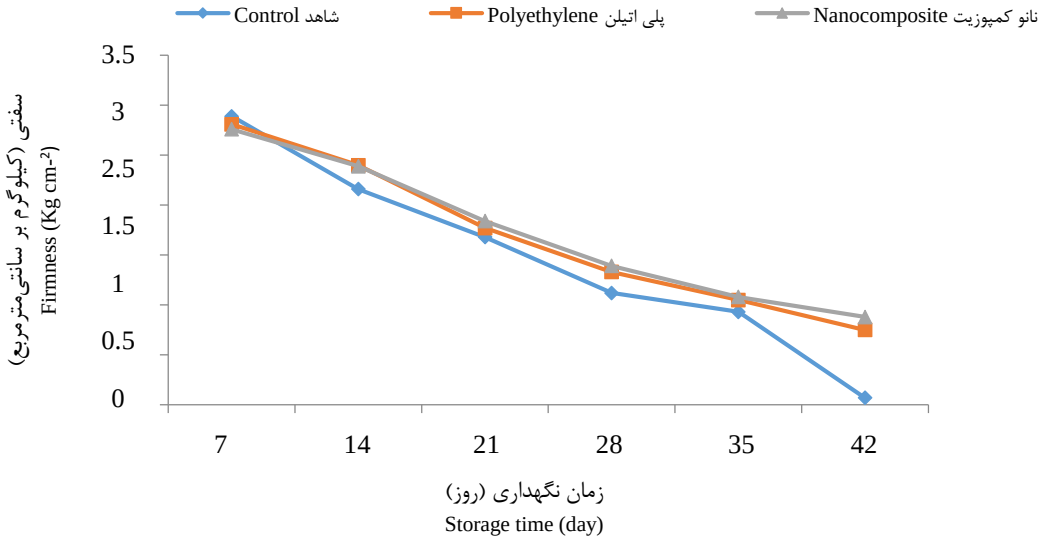
1. Kabbasi
2. Muftuoğlu
3. Karabulut and Baykal
4. Pretel
5. Fernandez-Trujillo and Artes

میوه می‌باشد.



شکل ۱: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر درصد کاهش وزن میوه طی زمان نگهداری میوه

Fig. 1: The effect of packaging films on fruit weight loss percentage during storage time



شکل ۲: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر سفتی میوه طی زمان نگهداری میوه

Fig. 2: The effect of packaging films on fruit firmness during storage time

همچنین بررسی شاخص کروما در طی زمان نگهداری روند کاهشی این شاخص را نشان داد. درحالی‌که در بین تیمارهای مختلف تا روز ۲۱ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، کاهش شدیدی در مقدار کروما نمونه‌های شاهد از روز ۲۸ به بعد مشاهده شد و تا پایان زمان نگهداری میوه ادامه داشت. به‌طوری‌که کم‌ترین میزان شاخص کروما در نمونه‌های تیمار شاهد مشاهده شد، درحالی‌که کم‌ترین میزان تغییرات کروما در میوه‌های بسته‌بندی شده با نانوکامپوزیت مشاهده شد. بررسی روند تغییرات شاخص هیو در انبار نشان داد که بین تیمارهای مختلف تا روز ۲۱ تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است. به‌طوری‌که تغییرات هیو از روز ۲۸ به بعد معنی‌دار بوده است و از روز ۳۵ کاهش شدیدتری در مقادیر هیو مشاهده شد (شکل ۴). در پایان زمان انبارمانی کم‌ترین (۱/۳۳) و بیش‌ترین (۱/۳۸) مقدار هیو به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و نانوکامپوزیت مشاهده شد. تأثیر مدت زمان انبارمانی بر رنگ میوه و تیرگی آن گزارش شده است (*گیل*[1] و همکاران، 1997). قهوه‌ای‌شدن گوشت میوه در طول دوره انبارداری منجر به کاهش

1. Gil

درخشندگی میوه می‌شود. گزارش شده است که بسته‌بندی میوه‌های هلو در اتمسفر تعدیل یافته می‌تواند سبب حفظ درخشندگی میوه در طی زمان انبارداری گردد (*فرناندز-تروجلو*[1] و همکاران، 1997). به‌طورکلی استفاده از فیلم‌های نانوکامپوزیت تأثیر بیش‌تری در حفظ ویژگی‌های رنگ میوه در طی دوره نگهداری نسبت به میوه‌های بسته‌بندی شده با پلی‌اتیلن و شاهد داشته است، که این نتایج با یافته‌های *موفتوگولو* و همکاران (2010) مطابقت دارد.

اسید قابل تیتراسیون، pH و مواد جامد محلول

نتایج نشان داد که اثر برهم‌کنش بسته‌بندی و زمان بر اسید قابل تیتراسیون، pH عصاره میوه و مواد جامد محلول تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). در طول دوره نگهداری میزان اسید قابل تیتراسیون میوه روند کاهشی داشت، درحالی‌که pH و مواد جامد محلول روند افزایشی را نشان داند. در پایان زمان نگهداری میوه، کم‌ترین (۰/۱۴ درصد) و بیش‌ترین (۰/۲ درصد) میزان اسید قابل تیتراسیون به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و نانوکامپوزیت رس حاصل شد، درحالی‌که بین دو پوشش نانوکامپوزیت رس و پلی‌اتیلن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵). به نظر می‌رسد که پوشش‌های بسته‌بندی از طریق کاهش شدت تنفس سبب جلوگیری ازدست رفتن اسیدهای آلی در طی دوره نگهداری میوه می‌شوند. *ان*[2] و همکاران (2007) با بررسی تأثیر پوشش‌های پلی‌اتیلنی روی میوه هلو بیان کردند که میزان اسید قابل تیتراسیون در میوه‌های شاهد با شدت بیش‌تری نسبت به میوه‌های بسته‌بندی شده در پوشش‌های پلی‌اتیلنی کاهش می‌یابد. میزان اسیدهای آلی در میوه‌های زردآلو در طی دوره نگهداری کاهش پیدا کرده که این کاهش را به تغییرات متابولیکی در میوه‌ها یا اسیدهای آلی طی فرایند تنفس نسبت داده‌اند (*اچوریا* و *والیچ*[3]، 1989). کاهش سریع‌تر اسیدهای آلی در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های پوشش‌دار را به بالا بودن سرعت تنفس و تولید اتیلن در این میوه‌ها نسبت داده‌اند که سبب مصرف اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترا در جریان تنفس می‌شود. هم‌چنین حفظ اسیدهای آلی در میوه‌های پوشش‌دار می‌تواند به‌دلیل تغییر غلظت گازهای تنفسی و درنتیجه کاهش تنفس و کاهش اکسیداسیون اسیدهای آلی باشد (*یامن* و *بایندیرح*[4]، 2002). میزان pH عصاره میوه با گذشت زمان تا روز ۲۱ روند افزایشی داشت و از روز ۲۱ به بعد تغییرات محسوسی مشاهده نشد و در پایان زمان انبارمانی بیش‌ترین (۴/۵۴) و کم‌ترین (۴/۳۹) میزان pH به‌ترتیب در عصاره میوه‌های شاهد و بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن اندازه‌گیری شد (شکل ۶). نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست‌آمده روی هلو (*رودریگز*[5] و همکاران، 1999) مطابقت دارد. تأثیر مثبت پوشش‌های پلاستیکی با نفوذپذیری کم در افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس و درنتیجه کاهش میزان تغییر pH وجود دارد (*دولیگر* و *جاکسنز*[6]، 2000). به‌طورکلی، تغییرات ایجاد شده در اسید قابل تیتراسیون در طی زمان نگهداری میوه می‌تواند به‌دلیل فعالیت متابولیسمی ازجمله تنفس باشد که سبب مصرف اسیدهای آلی میوه می‌شود (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰). تیمار بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری بر میزان TSS داشت و در پایان زمان نگهداری میوه بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۷). افزایش مواد جامد محلول در طی دوره انبارمانی می‌تواند به‌دلیل تبدیل کربوهیدرات‌ها به قندها و سایر مواد محلول به‌وسیله فرآیندهای متابولیکی (*اسحاق*[7] و همکاران، 2009) و یا به‌دلیل کاهش آب میوه باشد که به‌نوبه خود سبب افزایش غلظت مواد جامد محلول می‌شود (تقی‌نژاد کفشگری و همکاران، ۱۳۹۱).

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و شاخص قهوه‌ای شدن میوه

نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در دو هفته اول نگهداری میوه افزایش تدریجی و سپس تا پایان زمان انبارمانی افزایش شدیدی داشته است. نتایج بیانگر افزایش شدیدتر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در نمونه‌های تیمار شاهد از روز ۱۴ به بعد است. در پایان زمان انبارمانی بیش‌ترین و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز به‌ترتیب در تیمار شاهد و نانوکامپوزیت مشاهده شد (شکل ۸). بررسی روند شاخص قهوه‌ای شدن میوه نیز نشان‌دهنده‌ی افزایش تدریجی این شاخص می‌باشد و این افزایش در تیمار نانوکامپوزیت رس کم‌تر از تیمارهای شاهد و پلی‌اتیلن بود (شکل ۹).

1. Fernandez-Trujilio
2. An
3. Echeverria and Valich
4. Yaman and Bayindirh
5. Rodríguez
6. Devlieghere and Jacxsens
7. Ishaq

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر فیلم‌های نانوکامپوزیت رس و پلی‌اتیلنی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه هلو طی زمان نگهداری
Table 1: Analysis of variance of the effect of nano-composite and polyethylene films on quality and quantity characteristics of peach fruit during storage time

	میانگین مربعات Mean Square							
منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	کاهش وزن Weight loss	سفتی Firmness	a*	b*	شاخص درخشندگی Lightness index	هیو Hue	کروما Chroma
زمان Time	5	14.20**	5.77**	383.80**	1085.17**	2457.16**	0.01**	0.001**
بسته‌بندی Packaging	2	55.73**	0.04**	7.11**	25.66**	208.85**	0.001**	0.0002**
زمان × بسته‌بندی Time× Packaging	10	4.32**	0.31**	2.25**	3.60**	22.30**	0.0002**	0.00004**
خطا Error	36	0.046	0.007	0.54	0.92	1.47	0.00001	0.000001

** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ ٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد
** and ns: Significant at 1% probability levels and non significant, respectively

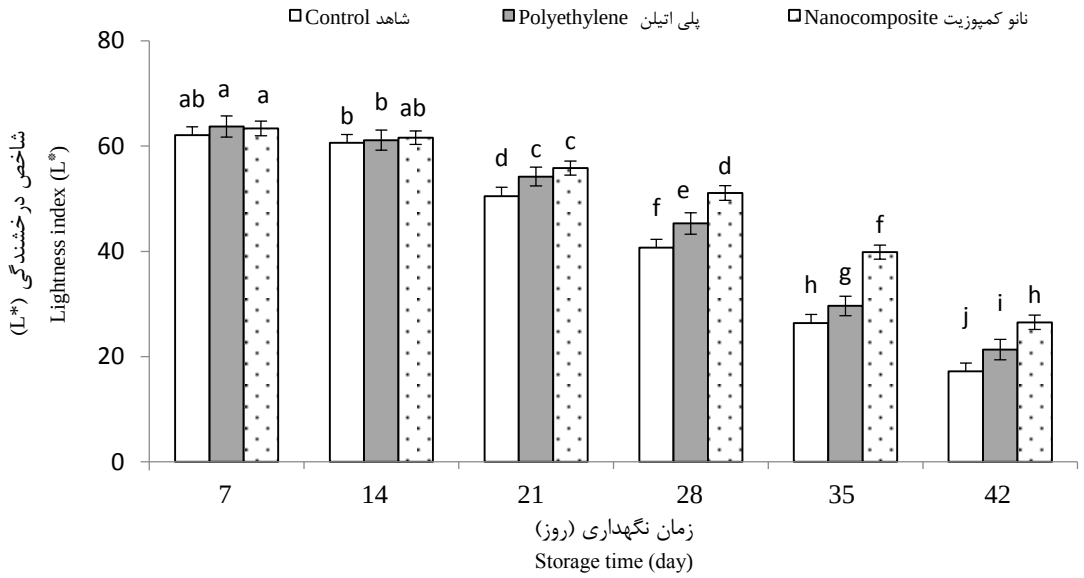
جدول ۲: تجزیه واریانس اثر فیلم‌های نانوکامپوزیت رس و پلی‌اتیلنی بر ویژگی‌های کیفی میوه هلو طی زمان نگهداری
Table 2: Analysis of variance of the effect of nano-composite and polyethylene films on quality characteristics of peach fruit during storage time

	میانگین مربعات Mean Square							
منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	اسید قابل تیتراسیون TA	اسیدیته pH	مواد جامد محلول TSS	پلی فنول پراکسیداز PPO	قهوه‌ای شدن Browning	بارمیکروبی Microbial contamination	
زمان Time	5	0.057**	0.792**	11.11**	311517.39**	0.202**	10.643**	
بسته‌بندی Packaging	2	0.002*	0.009ns	0.039ns	210512.08**	0.008**	14.31**	
زمان × بسته‌بندی Time × Packaging	10	0.001*	0.014*	0.089**	15862.39*	0.003**	1.29**	
خطا Error	36	0.000	0.006	0.018	6832.73	0.0006	0.209	

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد
*, ** and ns: Significant at 5% and 1% probability levels and non significant, respectively

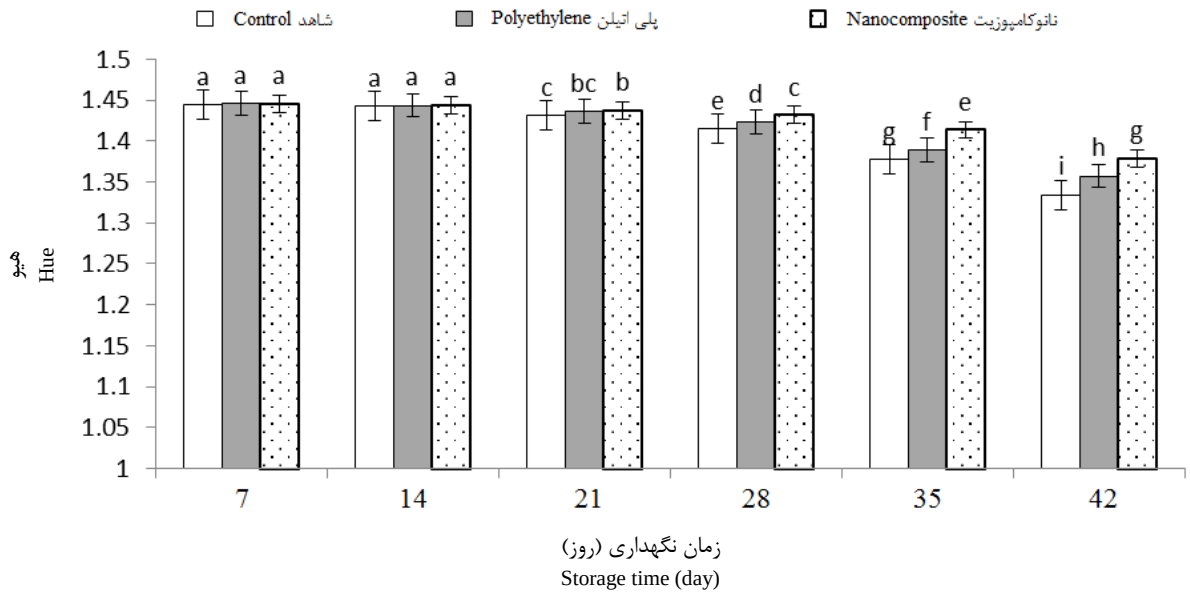
نتایج این پژوهش با نتایج به‌دست‌آمده بر روی آلو (*گوان* و *دو*[1]، 2010) مطابقت دارد. آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز یک آنزیم حاوی مس است و به گروهی از آنزیم‌های اکسید و ردوکتاز تعلق دارد. آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز یکی از مؤثرترین آنزیم‌ها در عمر میوه‌های در زمان پس از برداشت می‌باشد و نقش اساسی را در میزان قهوه‌ای شدن گوشت میوه دارد (*بلیتز*[2]، 1988؛ *دیجکسترا* و *والکر*[3]، 1992). افزایش میزان قهوه‌ای شدن ممکن است به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز باشد که سبب اکسید شدن ترکیبات فنولیکی به کوئینون یا شبه کوئینون می‌شود و در نهایت رنگریزه‌های قهوه‌ای ایجاد می‌شود (*لیل*[4] و همکاران، 1998).

1. Guan and Dou
2. Belitze
3. Dijkstra and walker
4. Lill



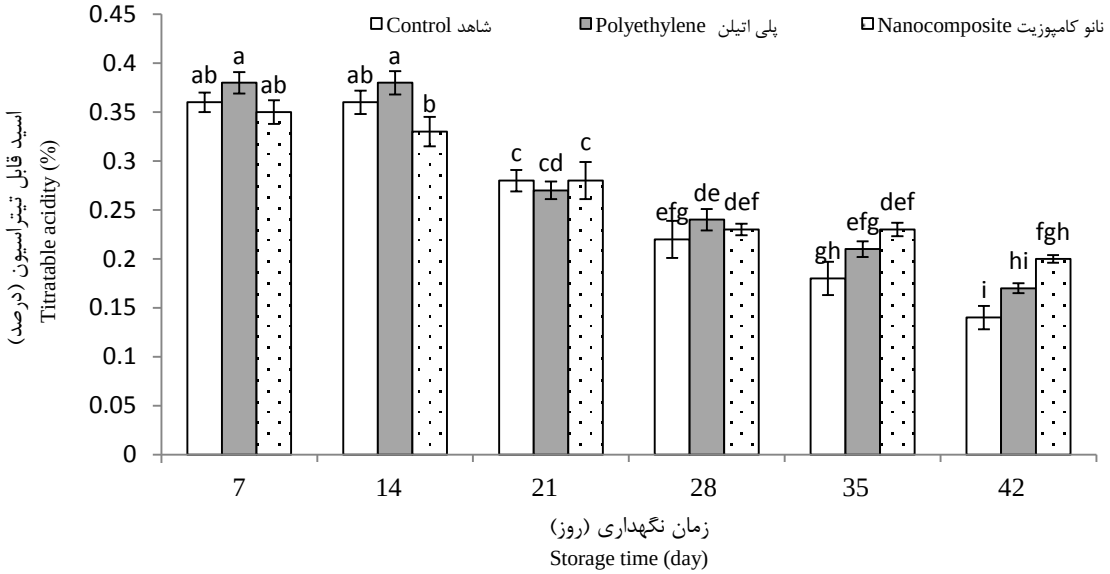
شکل ۳: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر شاخص درخشندگی میوه (L*) طی زمان نگهداری میوه

Fig. 3: The effect of packaging films on fruit lightness index (L*) during fruit storage time



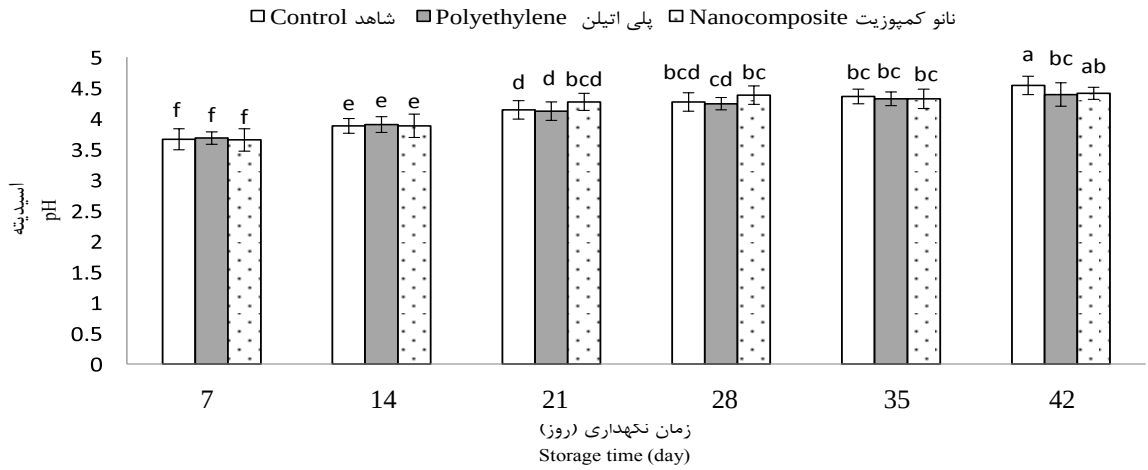
شکل ۴: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر شاخص زاویه هیو طی زمان نگهداری میوه

Fig. 4: The effect of packaging films on huo index during fruit storage time.



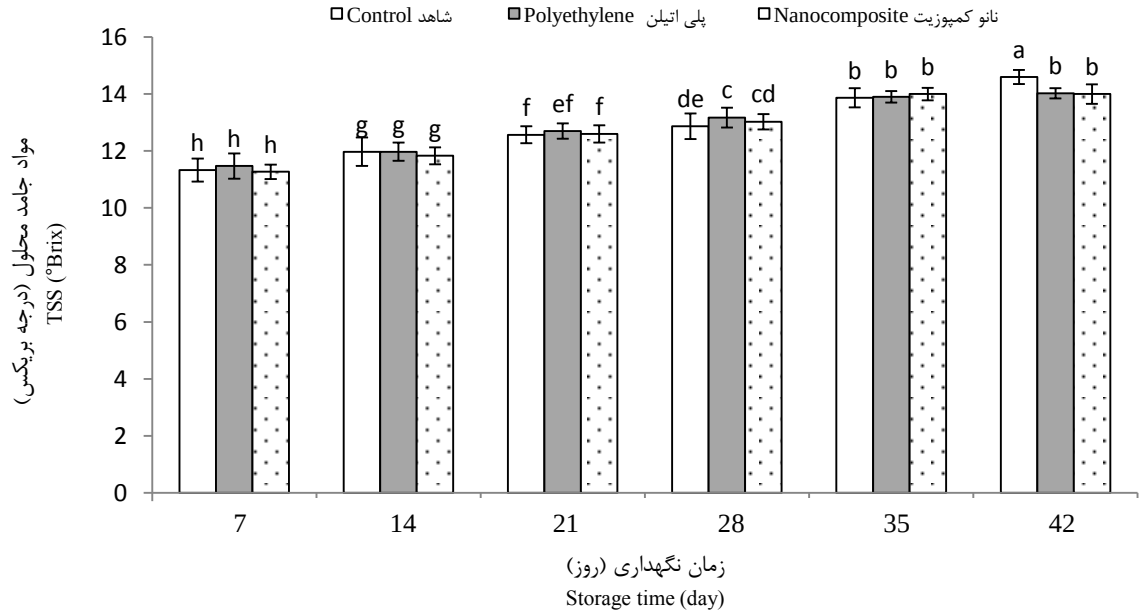
شکل ۵: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر اسید قابل تیتراسیون طی زمان نگهداری میوه

Fig. 5: The effect of packaging films on titratable acidity during fruit storage time



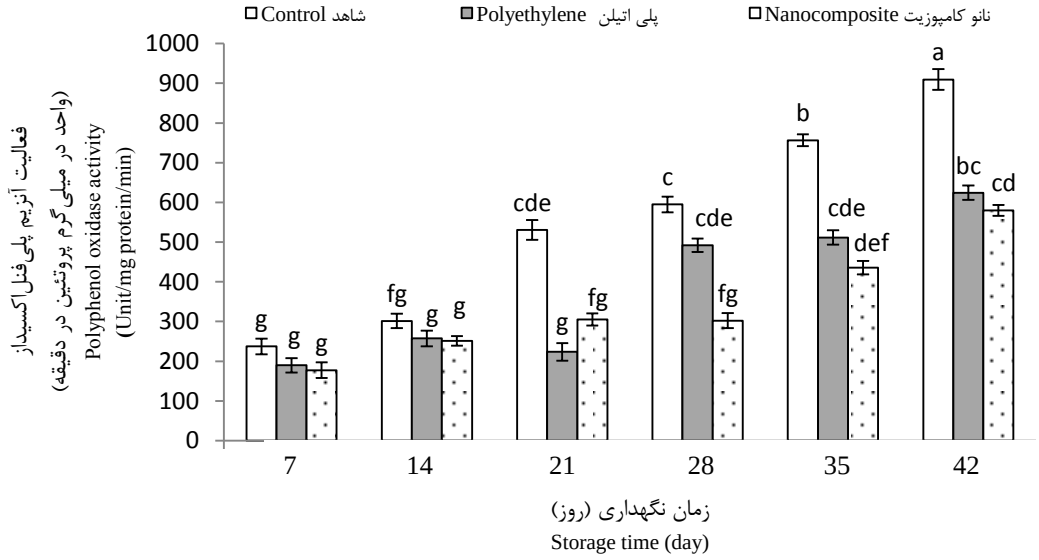
شکل ۶: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر pH آب میوه طی زمان نگهداری میوه

Fig. 6: The effect of packaging films on juice pH during fruit storage time



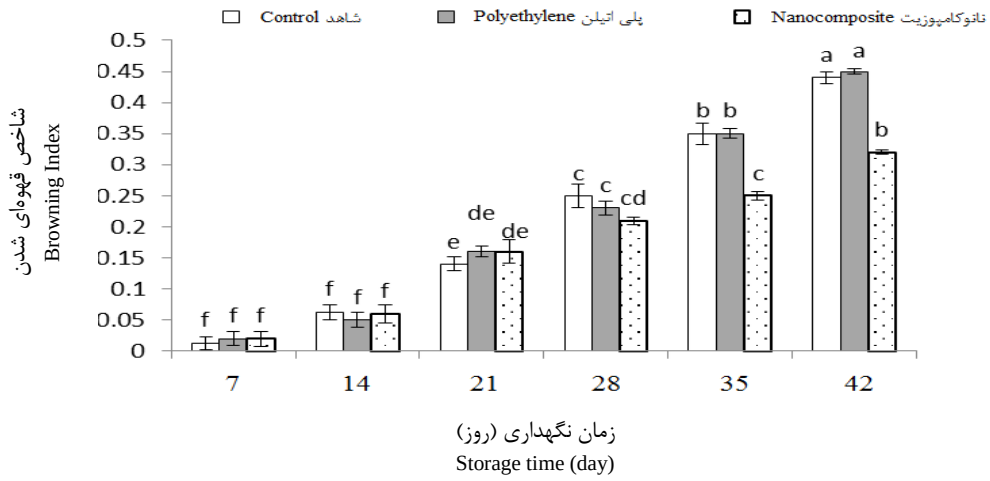
شکل ۷: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر مواد جامد محلول طی زمان نگهداری میوه

Fig. 7: The effect of packaging films on total soluble solids during fruit storage time



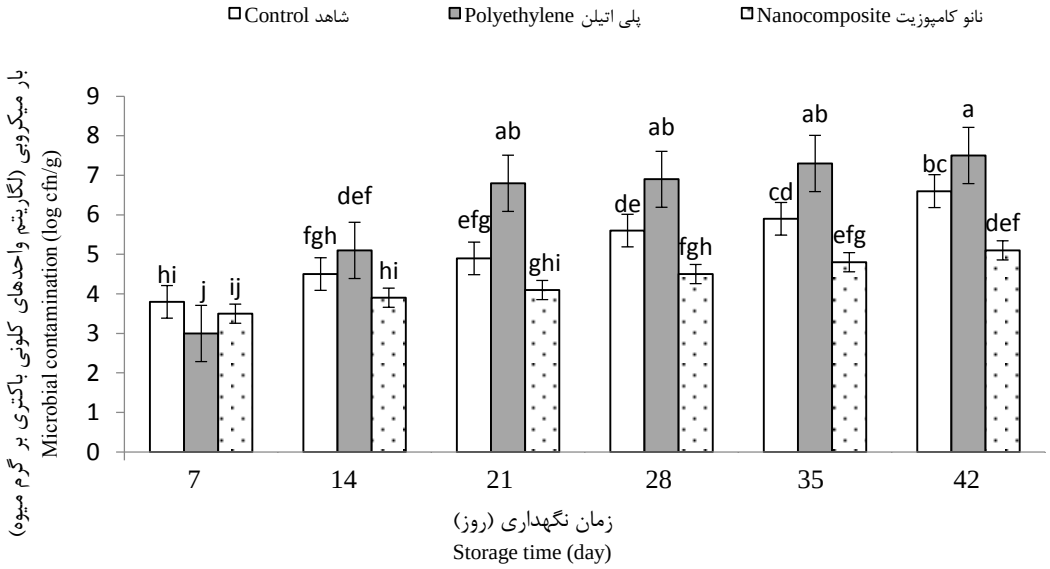
شکل ۸: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز طی زمان نگهداری میوه

Fig. 8: The effect of packaging films on polyphenol oxidase activity during fruit storage time



شکل ۹: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر قهوه‌ای شدن درونی میوه طی زمان نگهداری میوه

Fig. 9: The effect of packaging films on fruit internal browning during fruit storage time



شکل ۱۰: تأثیر فیلم‌های بسته‌بندی بر بار میکروبی طی زمان نگهداری میوه

Fig. 10: The effect of packaging films on microbial contamination during fruit storage time

استفاده از پوشش‌های بسته‌بندی سبب حفظ دی‌اکسیدکربن در سطحی بالاتر از حالت طبیعی، سبب کاهش میزان تنفس و واکنش‌های اکسیداسیونی فنل‌ها با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز می‌گردد، این عمل همراه با کاهش اکسیژن درون بسته‌ها همراه می‌باشد (سینگ[1] و همکاران، 2009؛ اصغری و خلیلی، ۱۳۹۳). به نظر می‌رسد که قهوه‌ای‌شدن پوست و گوشت میوه و هم‌چنین تغییر در رنگ میوه در طی دوره انبارمانی به‌دلیل واکنش‌های آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در غشای سلول و اکسیده‌شدن ترکیبات فنولیکی و ایجاد رنگریزه‌های قهوه‌ای باشد (*ولتمن*[2] و همکاران، 2003).

بار میکروبی

نتایج نشان داد که بار میکروبی در همه تیمارها در طی زمان نگهداری میوه افزایش پیدا کرده است (شکل ۱۰). بیش‌ترین میزان بار میکروبی در پایان هفته اول در نمونه‌های شاهد شمارش شد، درحالی‌که از پایان هفته اول تا پایان زمان انبارمانی بیش‌ترین بار میکروبی در نمونه پلی‌اتیلن مشاهده شد، که تفاوت معنی‌داری را با دو تیمار دیگر نشان داد. افزایش

1. Singh

2. Veltman

بار میکروبی در نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم پلی‌اتیلن در سه هفته اول انبارمانی با شدت بیش‌تری افزایش یافت و از هفته سوم به بعد با شیب کم‌تری افزایش پیدا کرد و سبب شده که بار میکروبی در پایان زمان نگهداری میوه در تیمار فیلم پلی‌اتیلن حتی از نمونه‌های شاهد بیشتر باشد. کم‌ترین بار میکروبی در نمونه‌های بسته‌بندی شده در نانوکامپوزیت ثبت شد (شکل ۱۰). پایین بودن تعداد کلونی باکتری در نمونه‌های نانوکامپوزیت نشان‌دهنده این است که نمونه‌های نگهداری شده در نانوکامپوزیت می‌تواند برای مصرف ایمن و بی‌خطر باشد (*جدی*[1] و همکاران، 2014). جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در تیمار نانوکامپوزیت رس ممکن است به‌دلیل خاصیت آنتی‌باکتریایی نانوذرات رس در ماتریکس پلی‌اتیلن باشد. بنابراین کاربرد نانوذرات رس نه تنها به‌عنوان یک عامل پرکننده در بهبود خصوصیات فیلم، بلکه هم‌چنین به‌عنوان یک عامل آنتی‌باکتریایی می‌باشد. فعالیت آنتی‌باکتریایی نانو رس ممکن است مرتبط با سطح تماس مستقیم با مواد غذایی باشد (*هونگ* و رهم[2]، 2008؛ رهم[3] و همکاران، 2009). فیلم نانوکامپوزیت رس دارای پتانسیل لازم برای کاربرد به‌عنوان یک تکنیک در بسته‌بندی‌های آنتی‌باکتریایی جهت کنترل رشد پاتوژن‌های باکتریایی می‌باشد. این ویژگی دارای ارزش بالایی برای بسته‌بندی‌های مختلف از مواد تازه ازجمله گوشت، ماهی، مرغ، غلات، پنیر، میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشد (*اپندینی* و *هوتچکیس*[4]، 2002؛ *کاگری*[5] و همکاران، 2004؛ *هان*[6]، 2005).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش بیانگر تأثیر مثبت فیلم‌های نانوکامپوزیت رس و پلی‌اتیلن بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در این تحقیق حاضر می‌باشد. با این وجود تأثیر فیلم نانوکامپوزیت رس در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه ازجمله شاخص درخشندگی، کروما، هیو، اسید قابل تیتراسیون، فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، شاخص قهوه‌ای شدن و بار میکروبی بیش‌تر از فیلم پلی‌اتیلن بود. به‌طوری‌که در پایان زمان نگهداری میوه بیش‌ترین میزان شاخص‌های درخشندگی، زاویه هیو و اسید قابل تیتراسیون و هم‌چنین کم‌ترین میزان کاهش وزن، فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، قهوه‌ای شدن گوشت میوه و بار میکروبی در نمونه‌های بسته‌بندی شده با فیلم نانوکامپوزیت رس مشاهده شد.

منابع

اردکانی، ا.، داوری‌نژاد، غ. و عزیزی، م. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک قبل از برداشت بر روی ماندگاری، کیفیت پس از برداشت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی زردآلو رقم نوری. مجله علوم باغبانی، ۲۶ (۴): ۴۵۹-۴۴۸.

اصغری، م. ر. و خلیلی، ح. ۱۳۹۳. تأثیر ژل آلوئه‌ورا بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، خواص کیفی و ماندگاری میوه گیلاس رقم سیاه مشهد. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸ (۳): ۴۰۶-۳۹۹.

بهروزی، ش.، مستوفی، ی.، زمانی، ذ.، احمدی، ا.، رنجبر، ا. و ادیب نیشابوری، ج. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات کیفی هلوی رقم آلبرتا در طول انبار با بسته‌بندی اتمسفر تعدیل یافته (MAP). نشریه علوم باغبانی ایران، ۴۵ (۱): ۹۱-۷۹.

تقی‌نژاد کفشگری، ا.، هاشمی، س. ج. و طباطبایی، س. ر. ۱۳۹۱. تأثیر پوشش سطحی کیتوزان و اورتو فنیل فنول بر عمر انباری پرتقال تامسون. مجله‌ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی، ۵ (۱): ۷۸-۷۱.

زندی ناوگران، خ.، ناصری، ل. و اسمعیلی، م. ۱۳۹۳. تأثیر مواد بسته‌بندی محتوی نانو ذرات نقره و سیلیکات رس بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت میوه گیلاس رقم سیاه مشهد. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. ۲۴ (۱): ۱۰۲-۸۹.

عبدالهی، م.، رضایی، م. و فرزی، غ. ۱۳۹۰. تهیه و ارزیابی خصوصیات نانوکامپوزیت زیست تخریب‌پذیر کیتوزان/ نانو رس جهت کاربرد در بسته‌بندی مواد غذایی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی، ۷ (۱): ۷۹-۷۱.

فتاحی‌مقدم، ج. و حلاجی ثانی، م. ف. ۱۳۹۱. تعیین زمان مناسب برداشت میوی کیوی و تأثیر آن در کیفیت پس از برداشت میوه. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع غذایی)، ۲۶: ۲۳۷-۲۳۰.

فتاحی‌مقدم، ج.، کیا اشکوریان، م. و خزایی پول، ی. ۱۳۹۳. تعیین شاخص برداشت کیوی فروت رقم هایوارد در نواحی مرکزی استان مازندران. نشریه پژوهش‌های تولیدات گیاهی، ۲۳: ۲۲-۱.

1. Jeddi
2. Hong and Rhim
3. Rhim
4. Appendini and Hotchkiss
5. Cagri
6. Han

قاسم‌نژاد، م.، قربان علیپور، ر. و فتاحی‌مقدم، ج. ۱۳۹۰. تاثیر زمان برداشت بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت نگهداری میوه کیوی رقم هایوارد. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۳ (۱): ۶۴-۵۵.

وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی. جلد سوم، محصولات باغبانی. ۲۴۰ صفحه.

An, J., Zhang, M. and Zhan, Z. 2007. Effect of packaging film on the quality of Chaoyang honey peach fruit in modified atmosphere packages. Packaging Technology and Science, 20 (1): 71-76.

Appendini, P. and Hotchkiss, J. H. 2002. Review of antimicrobial food packaging. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 3 (2): 113-126.

Baloch, A. K., Buckle, K. A. and Edwards, R. A. 1973. Measurement of non-enzymic browning of dehydrated carrot. Journal of the Science of Food and Agriculture, 24 (4): 389-398.

Bassi, D. and Monet, R. 2008. Botany and taxonomy. In: D. R. Layne and D. Bassi (eds). The peach botany production and uses. CAB International, 37-57.

Bodaghi, H., Mostofi, Y., Oromiehie, A., Ghanbarzadeh, B. and Ghasimi Hagh, Z. 2015. Synthesis of clay–TiO_2 nanocomposite thin films with barrier and photocatalytic properties for food packaging application. Journal of Applied Polymer Science, 132 (14): 41764 (1-8). doi: 10.1002/app.41764.

Cagri, A., Ustunol, Z. and Ryser, E. T. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. Journal of Food Protection, 67 (4): 833-848.

Chen, L., Li, X. H., Hu, Y. F., Guan, W.Q. and Xia, Q. Y. 2001. Preparation of nano structure TiO_2-PVC film on the storage of 'Fuji'apples. Food Science, 22 (7): 74-76.

De Abreu, D. P., Losada, P. P., Angulo, I. and Cruz, J. M. 2007. Development of new polyolefin films with nanoclays for application in food packaging. European Polymer Journal, 43 (6): 2229-2243.

Devlieghere, F. and Jacxsens, L. 2000. Modified atmosphere packaging: state of the art. Available on IFIS, 1-18.

Dijkstra, L. and Walker, J. R. L. 1992. Enzymatic browning in apricots. Journal of the Science Food Agriculture, 58: 41-48.

Echeverria, E. and Valich, J. 1989. Enzymes of sugar and acid metabolism in stored 'Valencia' oranges. Journal of the American Society for Horticultural Science, 114: 445-449.

Fernández-Trujillo, J. P. and Artés, F. 1998. Intermittent warming during cold storage of peaches packed in perforated polypropylene. LWT-Food Science and Technology, 31: 38-43.

Fernández-Trujillo, J. P., Salmerón, M. C. and Artés, F. 1997. Effect of intermittent warming and modified atmosphere packaging on fungal growth in peaches. Plant Disease, 81: 880-884.

Fischman, M. L., Levaj, B., Scorza, R. and Gillespie, D. 1993. Changes in the physico-chemical properties of peach fruit pectin during on-tree ripening and storage. Journal of the American Society for Horticultural Science, 118: 343-349.

Gil, M. I., Holcroft, D. M. and Kader, A. A. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45 (5): 1662-1667.

Guan, J. and Dou, S. 2010. The effect of MAP on quality and browning of cold-stored plum fruits. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8 (2): 113-116.

Gupta, N., Jawandha, S. K. and Gill, P. S. 2011. Effect of calcium on cold storage and post-storage quality of peach. Journal of Food Science and Technology, 48 (2): 225-229.

Han, J. H. 2005. New technologies in food packaging: overview. Innovations in Food Packaging, pp. 3-11.

Hong, S. I. and Rhim, J. W. 2008. Antimicrobial activity of organically modified nano-clays. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 8 (11): 5818-5824.

Hu, Q., Fang, Y., Yang, Y., Ma, N. and Zhao, L. 2011. Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during cold storage. Food Research International, 44 (6): 1589-1596.

Ishaq, S., Rathore, H. A., Masud, T. and Ali, S. 2009. Influence of postharvest calcium chloride application, ethylene absorbent and modified atmosphere on quality characteristics and shelf life of apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit during storage. Pakistan Journal of Nutrition, 8 (6): 861-865.

Jeddi, M. Z., Yunesian, M., Gorji, M. E. H., Noori, N., Pourmand, M. R. and Khaniki, G. R. J. 2014. Microbial evaluation of fresh, minimally-processed vegetables and bagged sprouts from chain supermarkets. Journal of Health, Population, and Nutrition, 32 (3): 391.

Kader, A. A. and Mitchell, F. G. 1989. Postharvest physiology. In: LaRue, J. H. and Johnson, R. S. (eds) Peaches, Plums, and Nectarines: Growing and handling for fresh market. Publication No. 3331. University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland California, pp. 158-164.

Karabulut, O. A. and Baykal, N. 2004. Integrated control of postharvest diseases of peaches with a yeast antagonist, hot water and modified atmosphere packaging. Crop Protection, 23 (5): 431-435.

Lill, R. E., O'Donoghue, E. M. and King, G. A. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. Horticultural Reviews, 11: 413-452.

Mir, N. and Beaudry, R. M. 2001. Modified Atmosphere Packaging. Michigan State University East Lansing. ftp://ftp.esat.kuleuven.ac.be/pub/sista/barrero/Tesis_JJ/parameterfruits.

Muftuoglu, F., Ayhan, Z. and Esturk, O. 2010. Modified atmosphere packaging of kabaasi apricot (*Prunus armeniaca* L. Kabaasi): Effect of atmosphere, packaging material type and coating on the physicochemical properties and sensory quality. Food and Bioprocess Technology, 5 (5): 1601-1611.

Pek, Z., Helyes, L. and Lugasi, A. 2010. Color changes and antioxidant content on vine and postharvest ripened tomato fruits. Horticulture Science, 45: 465-468.

Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. Journal of Food Processing and Preservation, 17 (1): 21-30.

Pretel, M. T., Serrano, M., Amoros, A. and Romojaro, F. 1999. Ripening and ethylene biosynthesis in controlled atmospherestored apricots. European Food Research and Technology, 209 (2): 130-134.

Rhim, J. W., Hong, S. I. and Ha, C. S. 2009. Tensile, water vapor barrier and antimicrobial properties of PLA/nanoclay composite films. LWT-Food Science and Technology, 42 (2): 612-617.

Rodríguez, M. J., Villanueva, M. J. and Tenorio, M. D. 1999. Changes in chemical composition during storage of peaches (*Prunus persica*). European Food Research and Technology, 209 (2): 135-139.

Salukha, D. K., Jadha, S. J. and Yu, M. H. 1974. Quality and nutritional composition of tomato fruits influenced by certain biochemical and physiological changes. Qualitas Plantarum, 24: 85-113.

Scott, N., Chen, H. and Rutzke, C. J. 2002. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems: a report submitted to Co-operative State Research, Education and Extension Service. In National Planning Workshop Washington DC 18-19 November. http://www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf.

Singh, S. P., Singh, Z. and Swinny, E. E. 2009. Postharvest nitric oxide fumigation delays fruit ripening and alleviates chilling injury during cold storage of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). Postharvest Biology and Technology, 53 (3): 101-108.

Veltman, R. H., Lentheric, I., Van der Plas, L. H. W. and Peppelenbos, H. W. 2003. Internal browning in pear fruit (*Pyrus communis* L. cv. Conference) may be a result of a limited availability of energy and antioxidants. Postharvest Biology and Technology, 28 (2): 295-302.

Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S. and Archbold, D. D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 41 (3): 244-251.

Yang, F. M., Li, H. M., Li, F., Xin, Z. H., Zhao, L. Y., Zheng, Y. H. and Hu, Q. H. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. CV. Fengxiang) during Storage at 4°C. Journal of food science, 75 (3): C236-C240.

Effect of Nano-composite and Polyethylene Films on Postharvest Quality of Peach Fruit

Ebrahimi[1], H., Abedi[2*], B., Bodaghi[3], H., Davarynejad[4], G. H. and Harati Zadeh[5], H.

Abstract

Peach fruit has a short storage life due to high water content and respiration rate. In this study the effect of polyethylene (PE) and nano-composite (nano-C) packaging films on quality and postharvest life of peach fruit cv. *Alberta* was evaluated. Peach fruits were stored at 2°C and 90% RH for 6 weeks. Some properties such as weight loss, fruit firmness, pH, TSS, TA, color indexes, browning, microbial contamination and polyphenol oxidase activity were evaluated weekly. Results showed that both films could maintain fruit qualitative and quantitative properties better than the control. Application of nano-C and PE films led to delay in fruit softening, decrease in weight loss, fruit color darkness, internal browning and polyphenol oxidase in compression with the control. Application of both films resulted in low changes in TA, TSS and pH when compared control. Nano-C film caused a decrease in microbial contamination, whereas the highest microbial contamination observed in polyethylene one. Results also showed that the effect of nano-C film on the maintenance of fruit quality properties such as lightness index, chroma, hue, TA, browning, microbial contamination and polyphenol oxidase activity were more than PE film. In general, application of nano-C may be a useful way for the reduction of fruit weight loss and maintenance of peach quality during cold storage.

Keywords: Storage life, Browning, Polyphenol oxidase

1, 2 and 4. PhD Student, Assistant Professor and Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Shahrood, Shahrood, Iran

5. Associate Professor, Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, University of Shahrood, Shahrood, Iran

*: Corresponding author Email: Abedy@um.ac.ir