نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۲۴۵-۲۳۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 235-245
ISSN: 2008 - 4730

بررسی کاربرد بسته‌بندی نانو بر ماندگاری و خواص کیفی میوه هلو رقم آلبرتا

محمدرضا اصغری[۱] - محمد توحیدیان[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۵

چکیده

هلو به‌عنوان میوه‌ای فرازگرا سرعت و شدت تنفس بالایی داشته و عمر نگهداری بسیار پایینی دارد، به همین خاطر استفاده از تکنولوژی مناسب پس از برداشت برای افزایش عمر محصول ضروریست. امروزه استفاده از فناوری نانو به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای افزایش عمر نگهداری میوه‌ها مطرح می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر بسته‌بندی نانو بر ماندگاری و خواص کیفی میوه هلو رقم آلبرتا از بسته‌بندی نانو نقره، نانو کامپوزیت نقره و سیلیکا و بسته‌بندی پلی‌پروپیلن استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و در چهار تکرار انجام پذیرفت و خواص کیفی میوه پس از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز نگهداری در سردخانه با دمای صفر تا ۰/۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد اندازه‌گیری شد. خواص کیفی از جمله سفتی، کاهش وزن، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، اسید آسکوربیک، آنتی‌اکسیدان کل و فنل کل اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در پایان دوره نگهداری، میوه‌های هلو بسته‌بندی شده در ظروف نانو نقره، بیشترین میزان سفتی بافت، کاهش وزن، مواد جامد محلول و آنتی‌اکسیدان کل را داشتند. بسته‌بندی نانو نقره از افزایش میزان فنل کل میوه هلو جلوگیری کرد. همچنین در بسته‌بندی‌های نانو، اسیدیته قابل تیتراسیون در طی دوره نگهداری نسبت به بسته‌بندی پلی‌پروپیلن بسیار پایین‌تر بود. نتایج نشان داد که بسته‌بندی‌های نانو نقره و نانو کامپوزیت نقره و سیلیکا باعث حفظ بهتر میزان اسید آسکوربیک در مقایسه با بسته‌بندی پلی‌پروپیلن شدند.

واژه‌های کلیدی: اسید آسکوربیک، آنتی‌اکسیدان کل، فنل، نانو نقره، نانو کامپوزیت

مقدمه

هلو (*Prunus persica*) از میوه‌های فرازگرا می‌باشد و باید در مرحله کمی بالغ یا بلوغ کامل اما کاملاً نرسیده زمانی که آماده خوردن است برداشت شود. آغاز رسیدن میوه هلو باید قبل از رسیدن به دست مصرف‌کننده صورت پذیرد (۱۲). مشکل اساسی در نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده از مواد شیمیایی می‌باشد که باعث باقی گذاردن بقایای شیمیایی و آسیب به سلامت انسان و محیط زیست می‌شوند از این‌رو امروزه یافتن راه‌های غیرشیمیایی و سالم برای نگهداری و افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه‌ها و مواد غذایی از اهمیت خاصی نزد محققان علم فیزیولوژی پس از برداشت برخوردار است (۲). یکی از این راه‌ها که در سال‌های اخیر نظر محققان را به خود جلب نموده، استفاده از نانوتکنولوژی در بسته‌بندی و نگهداری محصولات غذایی می‌باشد. یک نانوذره، ذره‌ای است که ابعاد آن در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. در بسته‌بندی‌های نانو، ذرات نانو به‌صورت زیگزاگ قرار گرفته‌اند و مانند سدی از عبور اکسیژن ممانعت می‌کنند. خاصیت ضد میکروبی بسته‌های نانوذرات به این دلیل است که ذرات نانو با افزایش سطح ویژه‌ای که در مقیاس نانو پیدا کرده‌اند به سطح پوسته سلول چسبیده، کارهای معمولی سلول نظیر تنفس و انتقال مواد را مختل می‌کنند. نتایج امامی‌فر و همکاران (۶) نشان داد که میزان رشد عوامل میکروبی در نتیجه استفاده از نانوکامپوزیت به‌طور معنی‌داری در آب پرتقال تازه کاهش یافت. بسته‌بندی ساخته شده از نانوکامپوزیت حاوی نقره تأثیرات ضد میکروبی بارزتری در مقایسه با نانو اکسید روی در طی ۱۱۲ روز نگهداری آب پرتقال نشان داد (۶). بسته‌بندی نانو نقره، قهوه‌ای شدن سیب را به تأخیر انداخت و کاهش وزن قطعات سیب در طی نگهداری را کاهش داد. علاوه بر این، بسته‌بندی نانو نقره می‌تواند از فساد میکروبی قطعات سیب جلوگیری کند (۱۶). نتایج حاصل از تحقیقی دیگر که بر روی زرشک صورت گرفت نشان داد که تقریباً در مدت ۵ ماه نگهداری، رنگ ظاهری نمونه‌های مربوط به بسته‌های حاوی نانو ذرات نقره در

۱ و ۲- دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*-نویسنده مسئول: Email: m.tohidian7008@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.30298

مقایسه با نمونه‌های مربوط به بسته‌های پلی‌اتیلنی از کیفیت بهتری برخوردار بودند (۲۴). نتایج بینش و همکاران نشان داد که استفاده از تکنولوژی نانو در بسته‌بندی محصولاتی نظیر خرما که به‌دلیل شرایط خاص برداشت، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و نگهداری دارای آلودگی میکروبی بالایی هستند، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کنترل آلودگی و افزایش زمان ماندگاری داشته باشد (۵).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر بسته‌بندی نانو نقره و نانو کامپوزیت نقره و سیلیکا و پلی‌پروپیلن بر ماندگاری و خواص کیفی از جمله میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، اسید آسکوربیک، آنتی‌اکسیدان کل و فنل کل در میوه هلوی رقم آلبرتا در دوره پس از برداشت در شرایط سردخانه بود.

مواد و روش‌ها

ظروف نانو توسط شرکت نانو بسپار آیتک تهران در سه نوع ظروف نانو نقره، نانو کامپوزیت (دارای ذرات نانو نقره و نانو سیلیکا) و پلی‌پروپیلن ساخته شدند. غلظت ذرات نانو در هر ظرف ۵ درصد و اندازه ذرات نانو نقره در ظروف حداکثر ۲۰ نانومتر و نانو سیلیکا حداکثر ۵۰ نانومتر (۱۵ تا ۵۰) بود. میوه‌های هلو رقم آلبرتا از باغی در شهرستان ارومیه برداشت و بلافاصله به سردخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه منتقل شدند. میوه‌هایی که از لحاظ اندازه، رنگ و میزان رسیدگی مشابه و یکسان بودند انتخاب شده و در ظروف قرار گرفته و به سردخانه دانشکده با دمای صفر تا ۰/۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد منتقل شده و به‌مدت ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز نگهداری شدند و پس از آن مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفاتی نظیر سفتی بافت میوه، کاهش وزن، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، اسید آسکوربیک، آنتی‌اکسیدان کل و فنل کل در فواصل زمانی ۱۵ روز در سردخانه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

روش ارزیابی صفات

سفتی بافت میوه: به‌منظور تعیین سفتی بافت میوه از پنترومتر دستی مدل (FT327) با پروب ۸ میلی‌متری استفاده شد. میزان فشاری که بر حسب کیلوگرم در اثر مقاومت بافت میوه به نوک سفتی‌سنج وارد آمد از روی دستگاه قرائت گردید (۱۰). از هر دو طرف میوه نمونه‌گیری صورت گرفت و میانگین محاسبه شد.

کاهش وزن: برای ارزیابی میزان کاهش وزن، میوه‌ها در ابتدای آزمایش و قبل از شروع نگهداری با ترازوی دیجیتال مدل CANDGL300 با دقت ۵ گرم وزن شده و سپس در روزهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ مجدداً توزین شدند و میزان کاهش وزن میوه‌ها که در واقع ناشی از کاهش آب و قندهای محلول میوه‌ها می‌باشد از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۱).

$$\text{درصد کاهش وزن میوه} = \frac{\text{وزن میوه قبل از انبارداری} - \text{وزن میوه در انتهای انبارداری}}{\text{وزن میوه قبل از انبارداری}} \times ۱۰۰$$

pH آب میوه: pH آب میوه با دستگاه pH متر دیجیتال مدل (pH-Meter CG 824) کالیبره شده با بافرهای ۴ و ۷ اندازه‌گیری شد (۱۰).

اسیدیته قابل تیتراسیون: برای اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه در داخل ارلن‌مایر ریخته شد و به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و سپس با قرار دادن الکترود pH متر دیجیتال مدل (pH-Meter CG 824) عمل تیتراسیون توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال (۴ گرم در لیتر) تا pH=۸/۲ صورت پذیرفت (۳).

مواد جامد محلول: برای این منظور چند قطره از آب‌میوه در دمای اتاق روی رفراکتومتر دستی مدل Atago Manual قرار گرفت و عدد مربوطه از روی ستون مدرج قرائت شد و داده‌ها برحسب بریکس یاداشت گردید (۱۰).

اسید آسکوربیک: مقدار اسید آسکوربیک (ویتامین C) عصاره میوه نیز به روش تیترسنجی (روش یدومتریک) انجام شد و نتایج برحسب میلی‌گرم اسیدآسکوربیک در ۱۰۰ گرم نمونه بیان گردید (۱۰).

آنتی‌اکسیدان کل: برای تعیین میزان آنتی‌اکسیدان کل از روش فرپ[1] با کمی تغییرات استفاده شد. ۲/۸۵ میلی‌لیتر محلول فرپ (شامل ۲۰۰ میلی‌لیتر بافر استات، ۲۰ میلی‌لیتر کلرور آهن، ۲۰ میلی‌لیتر TPTZ و ۲۴ میلی‌لیتر آب مقطر) برداشته شد و با ۱۵۰ میکرولیتر از عصاره میوه مخلوط گردید و بعد از ۱۰ دقیقه در اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۳ نانومتر قرائت شد و در نهایت با رسم منحنی استاندارد میزان آنتی‌اکسیدان کل بر حسب معادل آهن بدست آمد (به منظور تهیه محلول استاندارد از سولفات آهن[2] استفاده شد) و بر حسب معادل میلی‌مول آهن در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان گردید (۴).

فنل کل: اندازه‌گیری ترکیبات فنلی با استفاده از روش فولین سیوکالتو[3] صورت گرفت و مقادیر فنل کل بر اساس معادل اسیدگالیک (GAE) و بر حسب میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد و منحنی استاندارد رسم گردید. اسید گالیک از شرکت مرک آلمان تهیه گردید (۲۵).

---

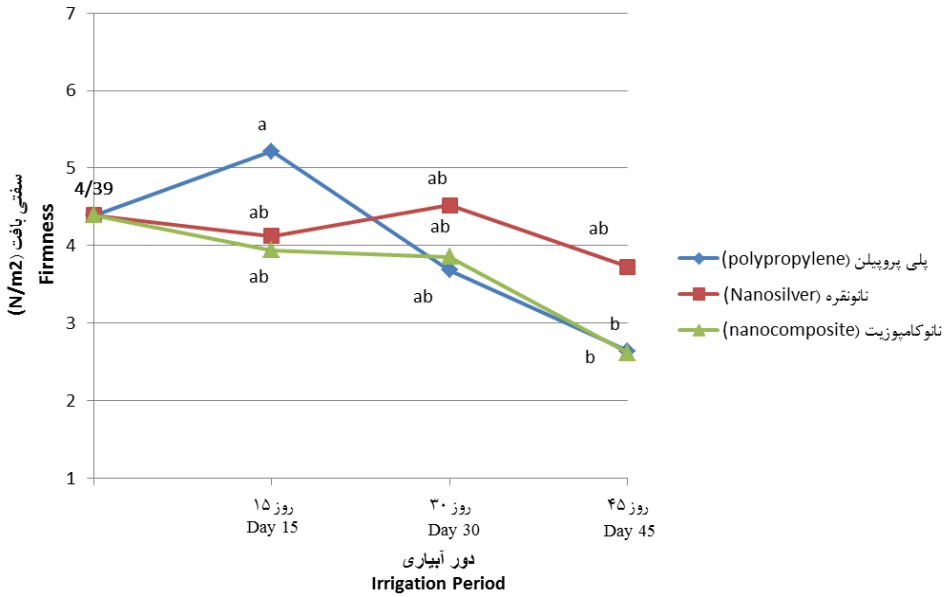
1 - Frap
2 - FeSO4.7H2O
3 - Folin ciocalteu

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با ۴ تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل ظروف نانو نقره، نانو کامپوزیت و پلی‌پروپیلن و فاکتور دوم شامل مدت نگهداری در سردخانه به مدت ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز بود. در کل، آزمایش شامل ۳×۳×۴=۳۶ واحد آزمایشی، و هر واحد آزمایشی شامل یک ظرف با ۴ میوه هلو رقم آلبرتا بود. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای رسم نمودارها از نرم افزار Microsoft Office Excel 2010 استفاده شد. برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

سفتی بافت

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عمر محصولات برداشت شده، میزان و سرعت نرم شدن بافت میوه است. تفاوت در میزان و سرعت نرم شدن محصولات کشاورزی در دوره پس از برداشت ناشی از تفاوت در تغییرات فیزیکو شیمیایی محصول در دوران قبل، حین و بعد از برداشت می‌باشد که بخشی از آن توسط تیمارهای اعمال شده در مرحله پس از برداشت، قابل کنترل می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سفتی بافت میوه هلو و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. طی ۳۰ روز اول نگهداری، سفتی بافت در ظروف نانو نسبت به ظروف پلی‌پروپیلن حفظ گردید. در پایان دوره نگهداری بیشترین میزان سفتی بافت هلو مربوط به ظروف نانو نقره بود که با نتایج هونگمی لی و همکاران (۹) مطابقت داشت. ظروف نانو کامپوزیت نیز کمترین میزان سفتی بافت را نشان داد که بر خلاف نتایج کیوهوئی و همکاران (۲۲) بود و تاکنون هیچ گزارشی در این زمینه ارایه نشده است. علت اصلی نرم شدن میوه، تخریب اجزای دیواره سلولی به‌ویژه پکتین است که توسط آنزیم‌های خاصی از قبیل پلی‌گالاکتروناز صورت می‌گردد (۱۷).



شکل ۱- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان سفتی بافت میوه هلو رقم آلبرتا

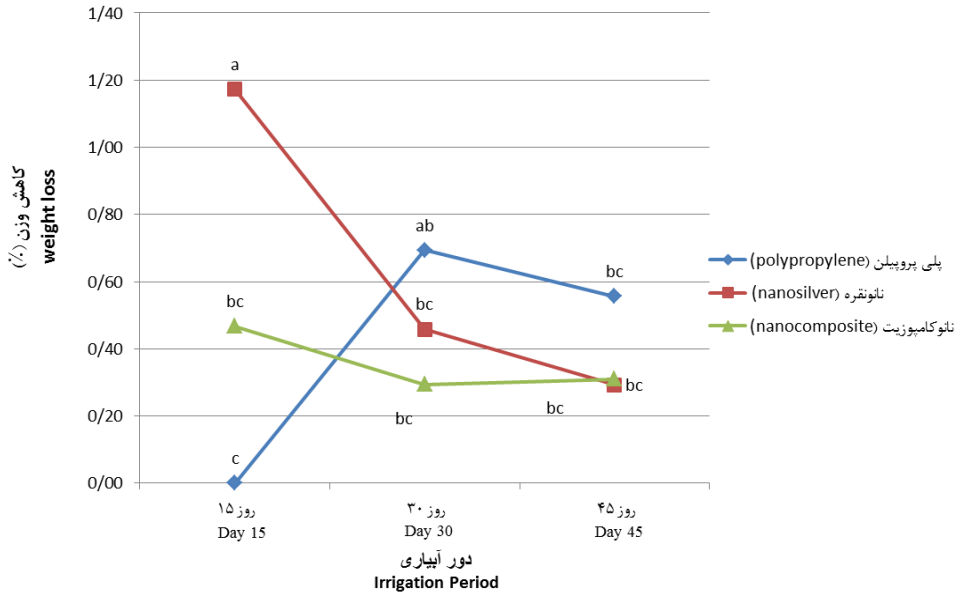
حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد

Figure 1- Interaction effect of packaging × storage time on firmness of elberta peach

Non-identical letters show a significant difference at 1% probability level using Duncan's multiple test

کاهش وزن

اتلاف آب محصول و تنفس مهم‌ترین عوامل کاهش وزن محصولات کشاورزی در دوره پس از برداشت می‌باشند و به‌طور معمول میزان کاهش وزن با افزایش زمان نگهداری محصول افزایش می‌یابد. اتلاف آب محصول همچنین باعث تغییرات متابولیکی و فعال سازی آنزیم‌ها، تسریع پیری، کاهش عطر و طعم و بو، کاهش ارزش تغذیه‌ای، افزایش حساسیت به سرما زدگی و تهاجم پاتوژن‌ها به محصول می‌گردد (۱۹). در این پژوهش در همه تیمارها کاهش وزن مشاهده شد (شکل ۱). با افزایش زمان نگهداری، ظروف پلی‌پروپیلن کاهش وزن بیشتری در مقایسه با ظروف نانو کامپوزیت نشان دادند که با نتایج کیوهوئی و همکاران (۲۲) و نتایج هونگمی لی و همکاران (۹) مطابقت داشت. درصد کاهش وزن در ظروف نانو نقره نیز با افزایش زمان نگهداری، کاهش نشان داد که نتایج لینگ ژو و همکاران (۱۶) مؤید این نتایج است. این نتایج نشان داد که بسته‌بندی نانو اثر بیشتری در پیشگیری از کاهش وزن میوه داشت که می‌تواند به ایجاد مانع بهتر در مقابل مولکول آب نسبت داده شود (۹).



شکل ۲- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان کاهش وزن میوه هلو رقم آلبرتا

حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد

Figure 2- Interaction effect of packaging × storage time on weight loss of elberta peach

Non-identical letters show a significant difference at 1% probability level using Duncan's multiple test

pH

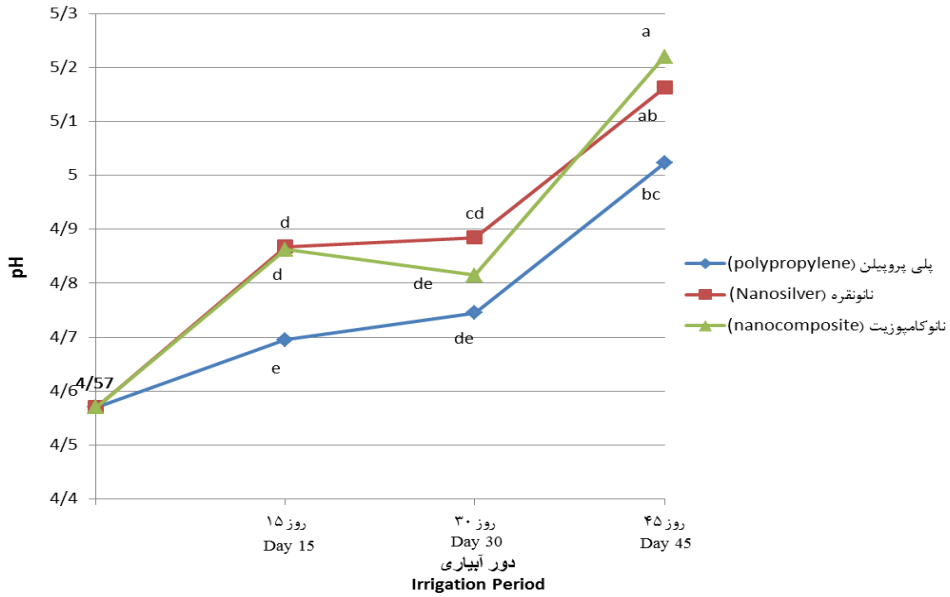
نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بین pH نمونه‌ها در ظروف بسته‌بندی مختلف و همچنین زمان نگهداری وجود دارد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش دوره نگهداری میزان pH محصول افزایش یافت. ظروف نانو و پلی‌پروپیلن تا ۳۰ روز نگهداری، میزان pH محصول را تا حدودی حفظ و از افزایش بیش از حد آن جلوگیری کردند. اما با افزایش زمان نگهداری از ۳۰ روز به ۴۵ روز میزان pH در تمام ظروف به شدت افزایش یافت. در اکثر میوه‌ها در طول مدت نگهداری pH میوه‌ها افزایش می‌یابد و این به دلیل کاهش اسیدهای آلی است (۲۱). افزایش قندها و کاهش اسیدها طی نگهداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌شود ولی این افزایش در اکثر میوه‌ها متفاوت می‌باشد، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تأثیر بر pH را دارند (۲۳). عواملی که منجربه کاهش تنفس و کاهش سرعت فرایندهای متابولیکی سلول می‌گردند، می‌توانند از کاهش اسیدهای آلی جلوگیری کرده و در بلند مدت باعث تجمع اسیدهای آلی و پایین ماندن pH عصاره‌ی میوه گردند (۱).

اسیدهای قابل تیتراسیون

نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد در بین ظروف مختلف و زمان‌های مختلف نگهداری وجود داشته و اثر متقابل نوع ظرف و زمان نیز بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون معنی‌دار بوده است. تیمارهای به‌کار رفته موجب حفظ اسیدهای آلی در طی ۱۵ روز نگهداری گردیدند. کمترین میزان کاهش اسیدهای آلی در تیمارهای پلی‌پروپیلن و نانو نقره ثبت شد. به طور معمول اسیدهای آلی در اثر تنفس و یا تبدیل شدن به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آن‌ها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. حفظ اسیدهای آلی در میوه‌ها نتیجه کاهش سرعت فرایندهای مربوط به رسیدن و پیری و کاهش تنفس و سایر فعالیت‌های متابولیکی است. همچنین می‌تواند به‌دلیل نفوذپذیری کم اکسیژن و ایجاد اتمسفر تغییر یافته و میزان تنفس کمتر و در نتیجه جلوگیری از اکسیداسیون اسیدهای آلی باشد (۲۶).

مواد جامد محلول

تفاوت معنی‌دار در میزان مواد جامد محلول بین میوه‌های تیمار شده با ظروف نانو و پلی‌پروپیلن مشاهده نشد. نتایج نشان داد که در هر سه تیمار میزان مواد جامد محلول تا روز ۱۵ روند افزایشی نشان داد که این روند افزایشی پس از پایان روز ۳۰، در تیمارهای نانونقره و پلی‌پروپیلن متوقف و مواد جامد محلول حفظ گردید اما در تیمار نانوکامپوزیت کاهش نشان داد که این کاهش با نتایج کیوهوئی و همکاران (۲۲) بر روی نانو بسته‌بندی کیوی مشابه بود.

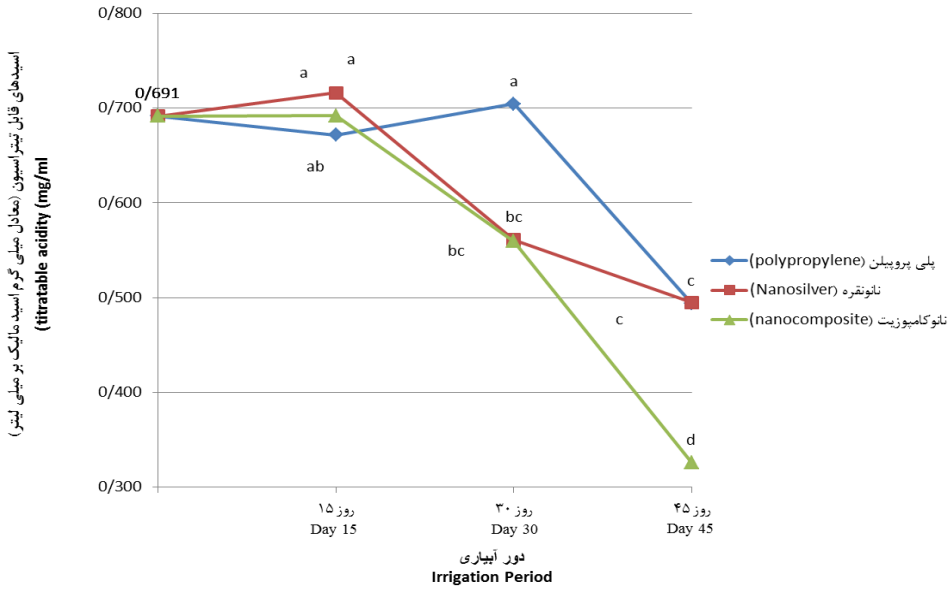


شکل ۳- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان pH میوه هلو رقم آلبرتا

حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد

Figure 3- Interaction effect of packaging × storage time on pH of elberta peach

Non-identical letters show a significant difference at 1% probability level using Duncan's multiple test



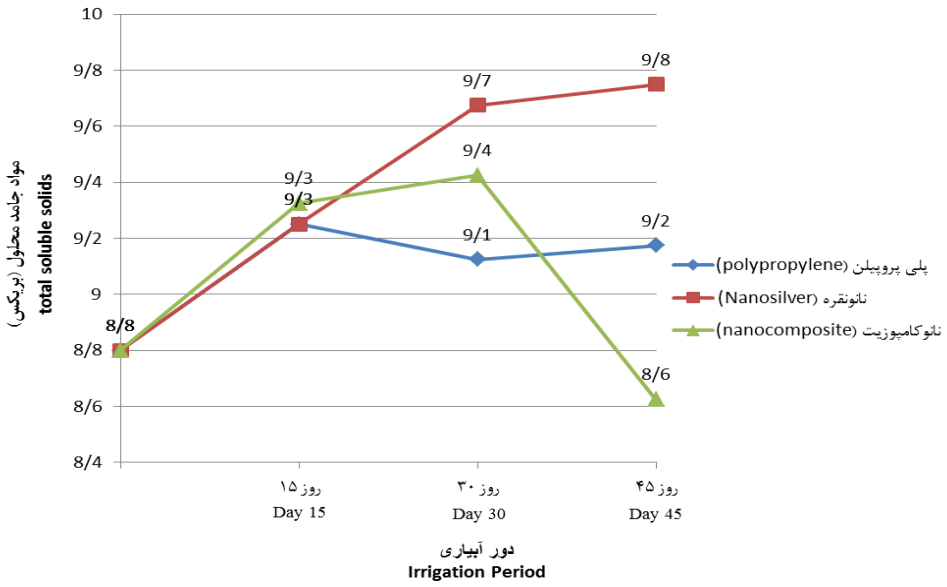
شکل ٤- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه هلو رقم آلبرتا

حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد

Figure 4- Interaction effect of packaging × storage time on titratable acidity of elberta peach

Non-identical letters show a significant difference at 1% probability level using Duncan's multiple test

افزایش مواد جامد محلول در نتیجه کاهش آب میوه و یا تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده در نتیجه پیشرفت پیری اتفاق می‌افتد. تیمارهایی که باعث کاهش تنفس و سرعت پیری می‌شوند از افزایش سریع مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند. گزارش‌های متعدد نشان دهنده افزایش کند میزان مواد جامد محلول در انبه، موزهای تیمار شده با کیتوزان و افزایش سریع مواد جامد محلول در هلوهای تیمار شده می‌باشد (۱۳ و ۱۵).



شکل ۵- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان مواد جامد محلول میوه هلو رقم آلبرتا
Figure 5- Interaction effect of packaging × storage time on total soluble solids of elberta peach

اسید آسکوربیک

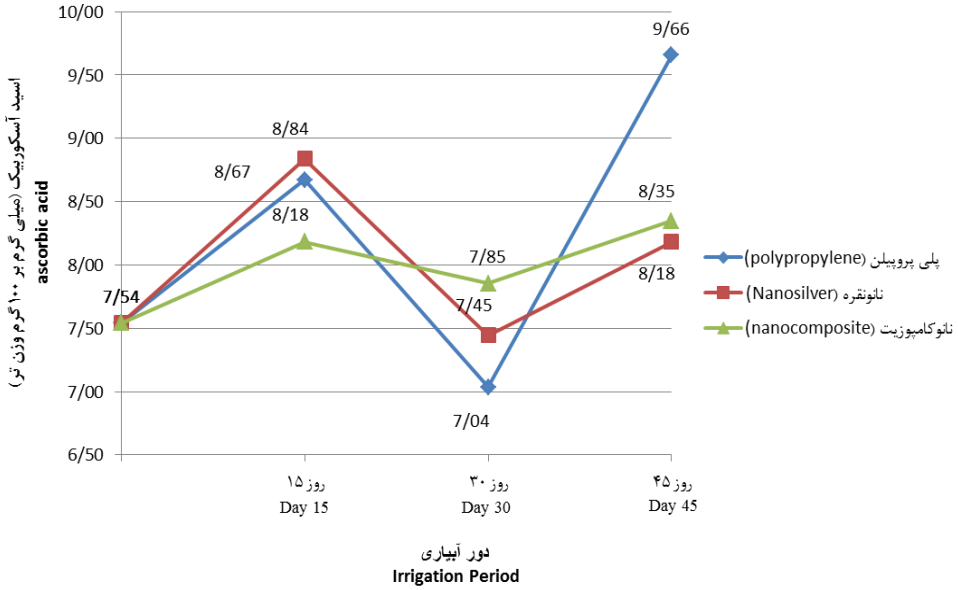
همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، ظروف نانو کامپوزیت بهترین عملکرد را در حفظ میزان اسید آسکوربیک و جلوگیری از تغییرات آن نشان دادند، این درحالی است که میزان اسید آسکوربیک در ظروف نانو نقره و پلی‌پروپیلن دامنه تغییرات زیادی داشت، اما بین تیمارها تفاوت معنی‌داری گزارش نشد. در طول دوره نگهداری میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم می‌باشد، کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین به عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها و کاهش متابولیسم اکسیداتیو است (۷). کاهش اسید آسکوربیک درنتیجه پیشرفت پیری و برای حذف رادیکال‌های آزاد صورت می‌گیرد درحالیکه حفظ آن نشان دهنده کاهش سرعت پیری است. نتایج نشان داد که استفاده از نانو بسته‌بندی اثر بهتری در حفظ میزان اسید آسکوربیک نسبت به ظروف معمولی داشت که با نتایج کیوهوئی و همکاران (۲۲) مطابقت دارد. محیط‌های دارای اکسیژن کم مانند ظروف بسته‌بندی می‌توانند با مهار اکسیداسیون از کاهش اسید آسکوربیک در طی نگهداری جلوگیری نمایند (۲۷).

آنتی‌اکسیدان کل

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها به ترکیبات آنزیمی و غیر آنزیمی مانند ویتامین C، ترکیبات فنلی، کاروتنوئیدها و غیره مرتبط است (۲۶). آنتی‌اکسیدان‌ها، با تثبیت رادیکال‌های آزاد اثر می‌کنند. کاهش شدید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی پس از برداشت محصول ممکن است به دلیل استرس پس از برداشت میوه و یا دمای پایین انبار باشد (۲۸). نتایج نشان داد که میزان آنتی‌اکسیدان کل در تمام تیمارها در پایان نگهداری تقریباً به میزان یکسانی کاهش یافت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی رابطه نزدیکی با ترکیبات فنلی، فلاوونوئیدها و ویتامین‌ها دارد. البته مطابق بسیاری از پژوهش‌ها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها بیشتر تحت تأثیر پلی‌فنل‌ها می‌باشد (۱۴). میتلر (۲۰) پیشنهاد کرده که کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌ها و میزان آسکوربات در طی پیری اغلب مربوط به کاهش توانایی مقابله با آسیب اکسیداتیو می‌باشد. تیمارهایی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن و در نتیجه باعث کاهش سرعت پیری می‌شوند باعث کاهش سرعت تولید رادیکال‌های آزاد و در نتیجه کاهش مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها می‌گردند. طی ۱۵ روز نگهداری تمامی تیمارها دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بودند و ظروف نانو نقره بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان را نشان دادند. آنتی‌اکسیدان تمام تیمارها در روزهای سی‌ام و چهل و پنجم تقریباً مشابه بود که در روز چهل و پنجم میزان آنتی‌اکسیدان کل در تمامی تیمارها، کاهش نشان داد اما اختلاف معنی‌داری در بین ظروف مشاهده نشد.

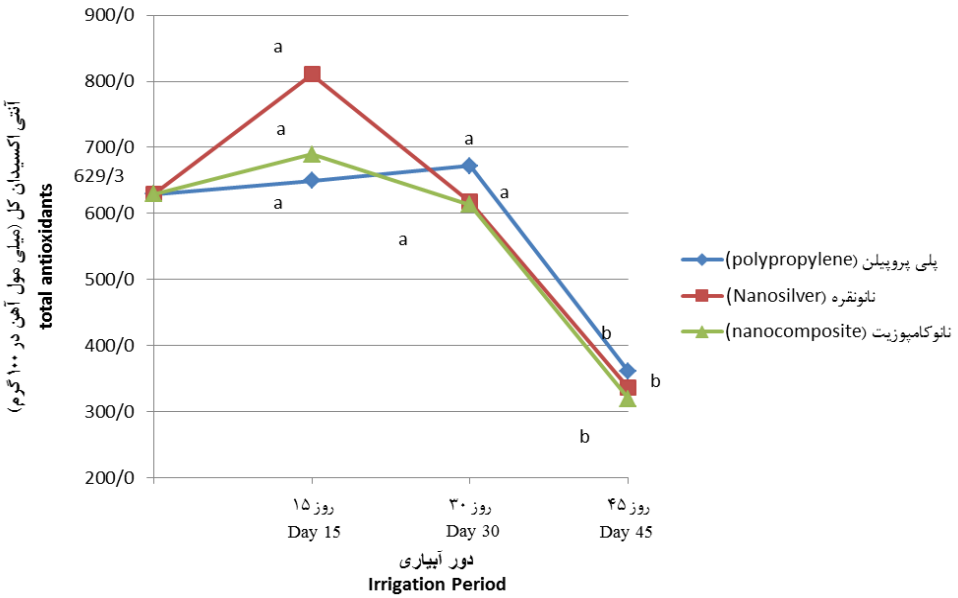
فنل کل

میزان فنل کل در ظروف نانو کامپوزیت تا روز سی‌ام نگهداری بالاتر از ظروف شاهد و نانو نقره بود در حالی که اختلاف معنی داری بین ظروف بسته‌بندی وجود نداشت. تنوع ترکیبات فنلی در میوه بستگی به عوامل بسیاری دارد و مشخص شده که میزان ترکیبات فنلی به‌طور معمول در روند توسعه رسیدن میوه‌ها کاهش می‌یابد.



شکل ٦- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان اسید آسکوربیک میوه هلو رقم آلبرتا

Figure 6- Interaction effect of packaging × storage time on ascorbic acid of elberta peach



شکل ۷- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان آنتی‌اکسیدان کل میوه هلو رقم آلبرتا

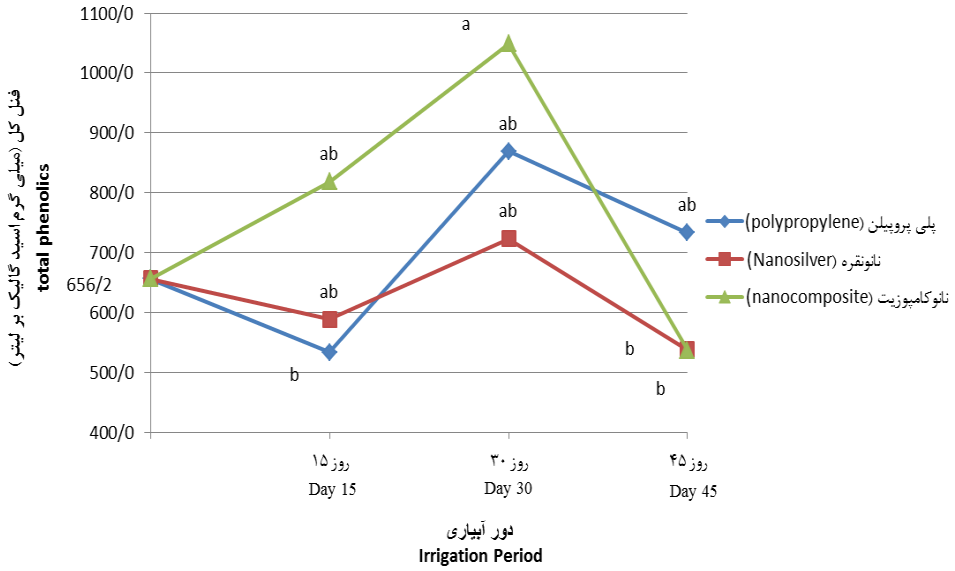
حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد

Figure 7- Interaction effect of packaging × storage time on total antioxidants of elberta peach

Non-identical letters show a significant difference at 1% probability level using Duncan's multiple test

بر اساس نتایج بدست آمده و شکل ۸، در روز سی‌ام در تمام تیمارها مقدار فنل ابتدا روند افزایشی داشته که در میوه‌های با رنگ قرمز این روند عادی است و با نتایج مارینووا و همکاران مطابقت دارد (۱۸) اما پس از آن در همه تیمارها با کاهش مواجه شده که عمدتاً مربوط به افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و پیشرفت پیری می‌باشد و با نتایج ژنگ و همکاران (۲۹) مطابقت داشت. در نتیجه فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، اکسیداسیون ترکیبات فنلیک صورت می‌پذیرد و محتوای فنلیک میوه‌ها به‌شدت کاهش می‌یابد. افزایش

میزان فنل در روز سی‌ام را می‌توان به کاهش میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (۲۲) و استرس اکسیداتیو ناشی از غلظت بالای اکسیژن نسبت داد (۸).



شکل ۸- اثر متقابل ظروف بسته‌بندی × زمان نگهداری بر میزان فنل کل میوه هلو رقم آلبرتا

حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده آزمون چند دامنه ای دانکن می‌باشد

Figure 8- Interaction effect of packaging × storage time on total phenolics of elberta peach
Non-identical letters show a significant difference at 1% probability level using Duncan's multiple test

نتیجه‌گیری کلی

بسته‌بندی نانو باعث افزایش ماندگاری و خواص کیفی میوه هلو گردید. بسته‌بندی نانو دارای فرایند ساده و سریعی برای صنعتی شدن در مقایسه با دیگر روش‌های نگهداری محصولات غذایی دارا می‌باشد. علاوه برآن نانوکامپوزیت‌ها دارای مزایایی مانند چگالی کم، شفافیت، جریان خوب، خواص سطحی بهتر و قابلیت بازیافت هستند (۱۹). در نتیجه بکارگیری فناوری‌های نوین مانند بسته‌بندی نانو می‌تواند منجربه بهبود طعم، مزه، کیفیت خوراکی و انبارمانی محصولات کشاورزی به‌ویژه میوه‌ها و سبزی‌ها گردد.

منابع

1- Asghari M.R. 2008. Determination of the effect of salicylic acid application in post-harvest stage on quality properties, decay index and storage life in some cultivars of apple, pear and grapes. Final report of the research project. (in Persian)

2- Asghari, M.R., Hajitagilo, R., & Jalilimarandi, R. 2009. Postharvest application of salicylic acid before coating with chitosan affects the pattern of quality changes in table grape during cold storage. In 6th *InternationalPostharvest Symposium*, Antalya, Turkey, 8-12.

3- Ayala-Zavala J.F., Wang S.Y., Wang C.Y., and Gonzalez-Aguilar G.A. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT - Food Science and Technology*. **37**: 687-695.

4- Benzie I.F.F., and Strain J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'Antioxidant Power': The FRAP assay. *Annual Biochemistry*. 239: 70-76.

5- Binesh M., Mortazavi S., Armin M., and Moradi. M. 2010. Evaluate the effect of silver and titanium dioxide nanocomposite on packaging used for holding Mazafati date on its microbial changes during storage life. *Journal of Food Science and Technology*. second year. 1: 1-8. (in Persian).

6- Emamifar A., Kadivar M., shahedi M., and Soleymanianzad S. 2011. Evaluation of the effect of silver and zinc oxide nanocomposite containing on the storage life of fresh orange juice. *Iranian Journal of Nutrition and Food Technology*. Sixth year. 1: 57-67. (in Persian)

7- Esteve M.J., Farre R., and Frígola A. 1995. Changes in ascorbic acid content of green asparagus during the harvesting period and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 43: 2058-2061.
8- González-Roncero, M.I., B.P.F. Day, 1998. The effect of elevated oxygen and carbon dioxide modified atmosphere on psychrotropic pathogens and spoilage microorganisms associated with fresh prepared produce. *CCFRA Research Summary Sheet 98*, CCFRA, Chipping Campden, UK.
9- Hongmei Li, Feng Li, Lin Wang, Jianchun Sheng, Zhihong Xin, Liyan Zhao, Hongmei Xiao, Yonghua Zheng and Qiuhui Hu. 2009. Effect of nanopacking on preservation quality of Chinese jujube (Ziziphus jujuba Mill. cv. inermis (Bunge) Rehd). *Food Chemistry*. 114: 547-552.
10- Jalilimarandi R. 2007. Pomology. Urmia University Jihad Publications. (in Persian)
11- Jasso de Rodrıguez D., Hernandez-Castillo D., Rodrıguez-Garcıa R., and Angulo-Sanchez J.L. 2005. Antifungal activity in vitro of *Aloe vera* pulp and liquid fraction against plant pathogenic fungi. *Industrial Crop Production*. 21: 81-87.
12- Kader A.A., and Mitchell F.G. 1998. Postharvest physiology. In: La Rue, J.H. and Johnson, R.S. (eds) Peaches, plums nectarines: growing and handling for market. University of California, *Division of Agriculture and Natural Resources*, 3331: 154-164.
13- Kittur F., Saroja N., Habibunnisa and Tharanathan R. 2001. Polysachharide based composite coating formulations for shelf life extension of fresh banana and mango. *European Food Reserch and Technology*. 206: 44-47.
14- Leja M., Mareczek A., and Ben J. 2003. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. *Food Chemistry*. 80: 303-307.
15- Li H., and Yu T. 2001. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of Science Food Agricalture*, 81: 269-274.
16- Ling Zhou, Sining Lv, Guiping He, Qiang He, and Bi Shi. 2011. Effect of PE/Ag_2O nanopackaging on the quality of apple slices. *Journal of Food Quality*, 34: 171-176.
17- Manning K. (1993) Soft fruits In: Taylor JE, Tucker GA, eds. Biochemistry of fruit ripening. Cambridge, UK: Chapman and Hall, 347-373.
18- Marinova D., Ribarova F., Atanassova M. 2005. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. 40: 255-260.
19- Milda E. E., Kerry C.H. 2009. Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
20- Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Science*. 7: 405-410.
21- Perkins-Vaezie P. 2007. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest biology, Technology*. 10: 1005-1016.
22- Qiuhui Hu, Yong Fang, Yanting Yang, Ning Ma and Liyan Zhao. 2011. Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (Actinidia deliciosa) during cold storage. *Food Research International*. 44: 1589-1596.
23- Raskin I, 1992. Salicylic, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 99: 799-803.
24- Valipur Motlaq N., Mosavian H., and Mousavian H. And Mortazavi S. 2008. Effect of packages containing silver nanoparticles on the microbial and apparent properties of barberry compared to conventional polyethylene packages. *Journal of Iranian Food Industry Researches*. Vol. 5. 2: 75-87. (in Persian)
25- Waterhouse A.L. 2002. Determination of total phenolics. In: Wrolstad, R.E. (ed.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley and Sons, New York. 1: 1.1.1-1.1.8.
26- Yaman O., and Bayoindirli L. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf life and quality of cherries. *Lebensmittel- Wissenchaft and Technologie*. 35: 146-150.
27- Zagory D., and Kader A.A. 1989. Quality maintenance in fresh fruits and vegetables by controlled atmospheres, p. 174-188, In: J.J. Jen (ed), Quality Factors of Fruits and Vegetables-Chemistry and Technology. American Chemical Society, Washington, D.C.
28- Zandi k., Naseri N., Weisany W., Esmaiili M., and Bazargan I. 2012. Effects of nano-composites packaging and calcium chloride containers on quality characteristics and storage life of Siah Mashhad cherry cultivar. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*. 10: 346-353.
29- Zheng Y., Wang S.Y., Wang C.Y., and Zheng W. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT. Society of Food Science and Technology*. 40: 49-57.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 235-245
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص.۲۴۵-۲۳۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Nano Packaging on Storage Life and Quality Attributes of Elberta Peach

M.R. Asghari[1] - M. Tohidian[2*]

Received: 29-12-2013
Accepted: 27-02-2016

Introduction: Asaclimactericfruit, peach has a highrespiration rateandvery lowshelf life. Nowadays theuse ofappropriatepostharvesttechnologiesto increase fruit postharvest lifeis necessary.Use of nanotechnologyis considered asan effective method to increase fruit postharvest life. Nanotechnology isused extensivelyinallstages of production, processing, storage, packagingand transport ofagriculturalproducts.The objective of this study was to investigate the effect of silver and silica nanocomposites, nanosilver and polypropylene containers on shelf-life and preservation of peach qualitative characteristics (*Prunuspersica*cv. Elberta) such as titrable acidity, soluble solids, ascorbic acid, total antioxidant and total phenolics content in cold storage after the harvest.

Materials and Methods: To determine the effect of nanopackaging onshelf life andqualitativecharacteristics ofElberta peaches,the experiment was conducted in a factorial based on a completely randomized design with two treatmentsand four replications.The first factor consisted of nanopackagingnanosilver, silver and silica nanocompositesandpolypropylenepackaging, and the second factor was coldstorage periods of15, 30 and 45 daysattemperaturesfrom 0 to0/5 °C and a relative humidityof 85to 95%.In general, the experiment consisted of 36 experimental units, and each includinga container with four Elberta peach fruits.Data were analyzed by using SAS software, and Microsoft Office Excel 2010 software was used to plot the graphs.Duncan's multiple range test was used to compare the means of treatments.

Results and Discussion: At the end of the maintenance period, the highest firmness of peach texture was related to nanosilver containers. The main cause of fruit softening is the destruction of cell wall components, especially pectin, which is caused by certain enzymes such as polygalactronase. Whenstorage timeincreased, polypropylene containers showed a higher weight loss compared to nanocomposite containers, thus the results indicated that nanopackaging had a greater effect on preventing weight loss, which could be attributed to the formation of better barrier against water molecules. Nanoparticles and polypropylene containers up to 30-daystorage period preserved the pH of the product to some extent and prevented it from increasing too much. However, with an increase in storage time from 30 to 45 days, the pH of all dishes showed sharpincrease. In most treatments, fruits grew during the maintenance period, which is due to the reduction of organic acids. The lowest levels of organic acids reduction were recorded in polypropylene and nanosilver treatments. Generally, organic acids decreased as a result of respiration or becoming sugars, whichcan bedirectly related to metabolic activity. Maintaining organic acids in fruits is the result of a slowdown in the processes of ripeningand aging and reduction inrespiration and other metabolic activities. The results showed that in all the three treatments, the amount of soluble solids up to 15-day periodshowed an increasing trend, and after the end of day 30, it stopped in nanosilver and polypropylene treatments, and soluble solids were retained but reduced in nanocomposite treatment showed that this decrease. Nanocomposite containers exhibited the best performance in maintaining ascorbic acid content and preventing its changes, while ascorbic acid content in nanosilver and polypropylene containers varied greatly, thoughthere were no significant differences among thetreatments. Low oxygen environments, such as packaging containers, can inhibit ascorbic acid changes during maintenance by inhibiting oxidation. The results showed that total antioxidant level was almost identical in all treatments at the end of maintenance. Antioxidant activity has a close relationship with phenolic compounds, flavonoids and vitamins. The antioxidant capacity of fruits and vegetables is related to enzymatic and non-enzymatic compounds such as vitamin C, phenolic compounds, and carotenoids. Treatments reducingrespiration and producingethylene can reduce the rate of aging,the rate of free radical production and the consumption of antioxidants. Based on the results, on the day 30 in all treatments, the amount of phenolic compounds initiallyincreased, which is normal in red fruits, but afterwards decreased in all treatments mainly due to the increased activity of the polyphenol oxidase enzyme and the progression of aging. Increasing the amount of phenol on the day 30 can be attributed to decreased activity of the polyphenol oxidase enzyme and the oxidative stress associated with high concentrations of oxygen.

1 and 2- Associate Professor and M. Sc. Student of Pomology, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
(*-Corresponding Author Email: m.tohidian7008@yahoo.com)

Conclusion: Nanopackaging increased the shelf life and qualitative properties of peach fruit. Nanotechnology has a simple and fast process for industrialization compared to other methods of keeping food products. As a result, the use of modern technologies such as nanopackaging can improve the taste, favor, quality of food and the storage of crops, especially fruits and vegetables.

Keywords: Ascorbic acid, Nanocomposite, Nanosilver, Total of antioxidant, Totalphenolics.