نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، ص. ۹۹-۸۸

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 1, Spring 2015, p. 88-99

تأثیر بسته‌های نانوکامپوزیت بر خواص کیفی و ماندگاری میوه آلو رقم سانتارزا

صلاح فهیمی نیا[۱] - لطفعلی ناصری[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۰۷/ ۱۳۹۳/۰۷

چکیده

بمنظور حفظ کیفیت میوه‌ها و افزایش عمر ماندگاری آن‌ها، تحقیقات وسیعی در زمینه روش‌های بسته‌بندی به ویژه کاربرد نانومواد در بسته‌بندی صورت گرفته است. با در نظر گرفتن ماندگاری پایین میوه آلو، در این پژوهش به بررسی اثرات استفاده از چهار نوع ظروف نانوکامپوزیتی بر حفظ خواص کیفی و افزایش عمر ماندگاری میوه آلو رقم سانتارزا در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلنی معمولی، طی دو زمان انبارداری در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی پرداخته شد. بدین منظور ظروف حاوی میوه‌های آلو به مدت ۴۵ روز تحت شرایط دمایی ۱±۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰ درصد نگهداری شدند. بعد از طی ۲۲ و ۴۵ روز بعد از انبارداری، شاخص‌های کیفی مختلف میوه از قبیل فعالیت آنتی‌اکسیدان کل، میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث)، مواد جامد محلول کل، اسیدیته، اسیدیته قابل تیتر، سفتی بافت، درصد کاهش وزن میوه و میزان پوسیدگی میوه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد بسته‌های نانو در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلنی معمولی، به طور معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) موجب حفظ خواص کیفی میوه در طی دوره انبارداری شد و به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت میوه آلو را افزایش داد، به طوری که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدان، ویتامین ث، اسیدیته، اسیدیته قابل تیتر، سفتی بافت و کمترین درصد کاهش وزن میوه و میزان پوسیدگی در بسته‌های نانوکامپوزیتی مشاهده گردید. طبق این نتایج، استفاده از بسته‌های نانوذرات نقره در افزایش حفظ کیفیت آلو در طول دوره انبارداری مؤثرتر بودند.

واژه‌های کلیدی: میوه آلو، بسته‌بندی، نانوکامپوزیت، پلی‌اتیلن، آنتی‌اکسیدان، ویتامین ث، عمرانبارداری

مقدمه

میوه آلو دارای مقادیر قابل توجهی ویتامین ث و ترکیبات فنلی است که با داشتن خواص آنتی‌اکسیدان، ارزش تغذیه‌ای آن دو چندان می‌گردد. ولی به علت قابلیت انباری ضعیف آلو، این میوه مدت محدودی در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد. فناوری نانوپلیمر، استفاده از مواد پلیمری است که با ذرات کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر تولید شده باشد (Utracki, 2004). از جمله کاربردهای علم نانو در صنایع غذایی، توسعه روش‌های مناسب بسته‌بندی غذا می‌باشد که در نتیجه آن، مواد غذایی تازه‌تر و به مدت طولانی‌تر قابل نگهداری می‌باشند. محققان در ساخت نوعی از پلیمر، پلاستیک را به کمک ذرات نانوسیلیکات اشباع نموده‌اند. در این نوع پلاستیک، در واقع ذرات نانو به صورت یک شبکه درآمده و بصورت مانعی در مقابل نفوذ هوا و آلودگی‌ها عمل می‌کند. در این شرایط، مسیری که توسط هوای تبادلی طی می‌شود، مارپیچی و طولانی‌تر شده و در نتیجه زمان لازم برای عبور هوا از لایه فوق افزایش می‌یابد. در بسته‌بندی‌های نانوپلیمری به دلیل وجود نانوذرات، بسیاری از خواص از جمله حفظ استحکام و سفتی، ممانعت از تبادل اکسیژن و رطوبت و نیز مقاومت در برابر ورود میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌شود(Sillvestr & Duraccio, 2011).

از اثرات نانوذرات‌نقره می‌توان به ایجاد ناپایداری در غشاء سیتوپلاسمی اشاره کرد که در نتیجه آن، سطح آدنوزین تری فسفات[۳] درون سلول کاهش یافته و با تأثیر بر غشاء سلول باکتری، باعث نابودی آن می‌شود(Li *et al.*, 2008). علاوه بر این، نانونقره به تجزیه اتیلن نیز نتیجه می‌گردد (Hu & Fu, 2003). Li و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی که روی عناب چینی انجام دادند، گزارش کردند که میوه‌های داخل بسته‌بندی‌های نانو میزان اتیلن کمتری نسبت به بسته‌های پلی‌اتیلنی در طول مدت انبارداری انتشار کردند. بسته‌بندی-های نانو می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم از ورود اکسیژن به داخل بسته‌بندی نیز جلوگیری کنند (Xiao *et al.*, 2004). واکنش اکسیداسیون مستقیم، نتیجه قهوه‌ای شدن میوه‌ها و ترشیدگی روغن-های گیاهی می‌باشد. زندی ناوگران و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی

۱ و۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: lotfalinaseri@yahoo.com)

3 - ATP

تأثیر مواد بسته‌بندی نانوذرات نقره و سیلیکات رس بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت میوه گیلاس رقم سیاه مشهد پرداختند. طبق نتایج آن‌ها، بسته‌های حاوی نانونقره و سیلیکات رس باعث حفظ خواص کمی و کیفی میوه گیلاس شد. Hu و همکاران (۲۰۱۱) نیز به بررسی اثر بسته‌بندی‌های نانوکامپوزیت بر کیفیت پس از برداشت میوه کیوی تیمار شده با اتیلن، در طی دوره انبارداری سرد پرداختند و گزارش کردند که استفاده از بسته‌بندی‌های نانوکامپوزیت باعث حفظ خواص و کاهش پوسیدگی میوه کیوی در طی دوره انبارداری پس از برداشت شد. در پژوهشی دیگر Yang و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی اثر بسته‌بندی‌های نانو بر کیفیت میوه توت‌فرنگی در طی انبارداری سرد پرداختند و نشان دادند که تفاوت قابل توجهی در میزان کیفیت میوه بین بسته‌های نانو در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلنی وجود داشت. Zandi و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی اثرات پوشش‌های نانوذرات نقره و سیلیکات بر کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی، به این نتیجه رسیدند که استفاده از پوشش‌های نانوکامپوزیتی مورد استفاده، باعث حفظ کیفیت میوه توت فرنگی شد.

در پژوهش حاضر به بررسی اثرات استفاده از بسته‌بندی‌های پلی-اتیلنی و پلی‌پروپیلنی حاوی نانوذرات نقره و نانوذرات سیلیکات رس بر حفظ خواص کیفی و افزایش عمر ماندگاری میوه آلو رقم سانتارزا در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلنی معمولی طی دو زمان انبارداری پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

مواد

در این پژوهش، میوه‌های آلوی رقم سانتارزا که یک رقم تجاری مهم آلو می‌باشد (حدود ۷۰۰ گرم میوه از هر تکرار) از باغات شهر ارومیه در بازه زمانی ۳۰ تیرماه ۱۳۹۱ در مرحله رسیدن تجاری (آغاز مرحله نرم شدن میوه) به صورت دستی برداشت شدند و در کمتر از یک روز به آزمایشگاه انتقال یافتند و تا زمان قرار دادن در ظروف بسته‌بندی، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. سپس میوه-های سالم و یکنواخت (از نظر اندازه، رنگ و سفتی) برای آزمایش انتخاب گردیدند. میوه‌ها در گروه‌های ۱۵ تایی در ۴ ترکیب مختلف ظروف نانونقره و نانوسیلیکات رس و ظروف پلی‌اتیلن معمولی (فراوان‌ترین ظروف مورد استفاده برای مقایسه با ظروف نانو، به عنوان شاهد) قرار داده شده و به سردخانه (دمای ۱±۱ درجه سانتی-گراد با رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد) انتقال یافتند. چهار نوع ظروف نانوکامپوزیتی بسته‌بندی شامل پلی‌اتیلن حاوی نانوسیلیکات[1]، پلی-پروپیلن حاوی نانوسیلیکات[2]، پلی‌اتیلن حاوی نانونقره[3]، پلی‌پروپیلن حاوی نانونقره[4] بود. بدین منظور ظروف نانوکامپوزیتی از شرکت نانو بسپار آیتک (تهران، ایران) خریداری شدند و ظروف بسته‌بندی از جنس پلی‌اتیلن معمولی نیز (شاهد) از بازار تهیه و استفاده گردید. سپس کلیه اندازه‌گیری‌های مربوط به پارامترهای کیفی میوه به طور یکسان در دو دوره ۲۲ و ۴۵ روز پس از انبارداری، مطابق روش‌های زیر انجام گردید.

روش‌ها

فعالیت آنتی‌اکسیدان کل

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل عصاره میوه‌ها از طریق قدرت کاهندگی آهن، به روش فرپ[5](Benzie & Strain, 1996) اندازه-گیری شد. در این روش برای تهیه محلول پایه، ۳/۱ گرم استات سدیم[6] و ۱۶میلی‌لیتر اسیداستیک گلایسیال در یک لیتر آب مقطر حل شد و pH محلول روی ۳/۶ تنظیم شد (بافر استات). سپس ۳۱ میلی‌گرم تی‌پی‌تی‌زد[7] در ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۴۰ میلی‌مولار - حل شد. برای تهیه محلول استاندارد نیز از سولفات‌آهن هفت آبه[8] استفاده شد. بدین منظور ۰/۲۷۸ گرم سولفات آهن در یک لیتر آب مقطر حل شد و در نهایت محلول‌های استاندارد ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار تهیه شدند. محلول نهایی فرپ نیز با مخلوط کردن ۲۵ میلی‌لیتر بافر ۲/۵ میلی‌لیتر تی‌پی‌تی‌زد و ۲/۵ میلی‌لیتر کلریدآهن ۲۰ میلی‌مولار آماده شد. سپس۲۵۰ میکرولیتر از محلول کار، داخل - لوله‌های آزمایش ریخته شد و به آن‌ها ۱۰ میکرولیتر از عصاره میوه(که حاوی ۲/۵ میلی‌لیتر عصاره و ۶ میلی‌لیتر بافر فسفات بود) اضافه شده و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس میزان جذب آن در اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۹۳ نانومتر خوانده شد و در نهایت با رسم منحنی استاندارد، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل به دست آمد و بر حسب معادل میلی‌مول آهن در۱۰۰ گرم وزن تازه بیان شد.

1 - Aytack Nano Silicon Compound Poly-ethylene Grade 4, high density (ANSC-PE4)

2 - Aytack nano silicon compound Poly-Propylene grade 209 (ANSC-PP2)

3 - Aytack nano silver polymer poly-ethylene (ANSP-PE)

4 - Aytack nano silver polymer poly-propylene grade 1, high density (ANSP-PP1)

5 - Ferric Reducing Antioxidant Power assay (FRAP)

6 - C2H3NaO2 .3H2O

7 - Tripyridyl-S-Triazin (TPTZ)

8 - FeSO4.7H2O

میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) با استفاده از روش یدومتریک (Saure, 2002) انجام گردید و مقدار آن در بافت میوه بر حسب میلی‌گرم اسید اسکوربیک در ۱۰۰ گرم آب میوه گزارش شد. بدین منظور بعد از تهیه محلول ید و تعیین فاکتور آن، مقدار اسید آسکوربیک در عصاره ید اندازه‌گیری شد. برای این کار ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه به همراه ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد توسط محلول ید تهیه شده تیتر گردید. عمل تیتراسیون تا ظهور رنگ خاکستری روشن ادامه یافت و در نهایت برای محاسبه اسید آسکوربیک در عصاره میوه از معادله زیر استفاده شد:

$$A= S\ N\ F\times 88.1/10\times 100$$

A = مقدار اسید آسکوربیک در عصاره میوه ($mg\ 100\ ml^{-1}$)

S = مقدار محلول ید مصرف شده (ml)

N = نرمالیته محلول مصرف شده

F = فاکتور محلول ید مصرف شده

مواد جامد محلول کل، اسیدیته و اسیدیته قابل تیتر

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل[1] از رفراکتومتر دستی (Atago, Japan) استفاده شد و بر اساس درجه بریکس[2] بیان شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتر[3]، به ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه در در داخل ارلن‌مایر، ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و سپس با قرار دادن الکترود pH متر دیجیتالی (CG 824, Schott, Germany) عمل تیتراسیون توسط هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به ۸/۲ =pH صورت گرفت (Ayala-Zavala *et al*., 2007) و بر اساس میلی‌گرم اسید مالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته[4] یا pH آب میوه نیز از دستگاه pH متر استفاده شد (جلیلی مرندی، ۱۳۸۳).

سفتی بافت میوه

برای تعیین سفتی بافت میوه از دستگاه سفتی‌سنج[5] دستی (Penetrometer, FT327, Germany) با پروپ ۸ میلی‌متری استفاده شد و میزان فشاری که بر حسب کیلوگرم در اثر مقاومت بافت میوه به نوک سفتی سنج وارد آمد از روی دستگاه قرائت گردید (جلیلی مرندی، ۱۳۸۳).

درصد کاهش وزن میوه

برای ارزیابی میزان کاهش وزن میوه در ابتدای آزمایش و قبل از شروع نگه‌داری، میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی وزن شده و سپس در زمان ۲۲ و ۴۵ روز بعد از انبارداری نیز مجدداً توزین شدند و میزان کاهش وزن میوه‌ها که در واقع ناشی از کاهش رطوبت میوه‌ها بود، محاسبه گردید.

میزان پوسیدگی میوه

برای ارزیابی میزان پوسیدگی میوه، در هر تکرار از ۱۵ میوه استفاده شد. کل میوه‌ها بر اساس میزان پوسیدگی در چهار دسته تقسیم‌بندی شدند. ۱: میوه‌های بدون پوسیدگی، ۲: میوه‌های دارای پوسیدگی کمتر از یک سوم سطح میوه، ۳: میوه‌های دارای پوسیدگی بین یک سوم تا دو سوم کل سطح میوه و ۴: میوه‌های دارای پوسیدگی بیش از دو سوم کل سطح میوه. سپس شاخص پوسیدگی بر اساس فرمول زیر و بر حسب درصد بیان شد (Zhu & Zhu, 2006).

(۱۵ × ۴)/ مجموع (نمره × دسته) =شاخص پوسیدگی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایشات به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتور اول شامل انوع ظروف بسته‌بندی (ظروف نانو در چهار سطح و ظروف پلی‌اتیلن معمولی به عنوان شاهد) و فاکتور دوم شامل طول دوره انبارداری در دو سطح (۲۲ و ۴۵ روز) طراحی گردید. کلیه داده‌های به دست آمده در پنج تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

با تجزیه واریانس خصوصیات کیفی و ماندگاری میوه آلو بررسی شده، نوع ظروف بسته‌بندی اثر معنی‌داری روی خصوصیات فعالیت آنتی‌اکسیدان کل، اسید آسکوربیک (ویتامین ث)، اسیدیته، اسیدیته قابل تیتر، سفتی بافت، درصد کاهش وزن میوه و میزان پوسیدگی در سطح احتمال ۱ درصد ($P \leq 0.01$) داشت. زمان‌های نگه‌داری نیز اثر معنی‌داری روی فعالیت آنتی‌اکسیدان کل، اسیدیته، اسیدیته قابل تیتر، سفتی بافت، درصد کاهش وزن میوه و میزان پوسیدگی در سطح احتمال ۱ درصد ($P \leq 0.01$) و اثر معنی‌داری روی اسید آسکوربیک (ویتامین ث) در سطح احتمال ۵ درصد ($P \leq 0.05$) داشت (جدول ۱).

فعالیت آنتی‌اکسیدان کل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثرات ساده و متقابل ظروف بسته‌بندی و زمان انبارداری بر میزان فعالیت آنتی-

1 - Total soluble solid (TSS)
2 - ˚Brix
3 - Titratable acidity (TA)
4 - Acidity (pH)
5 - Penetrometer

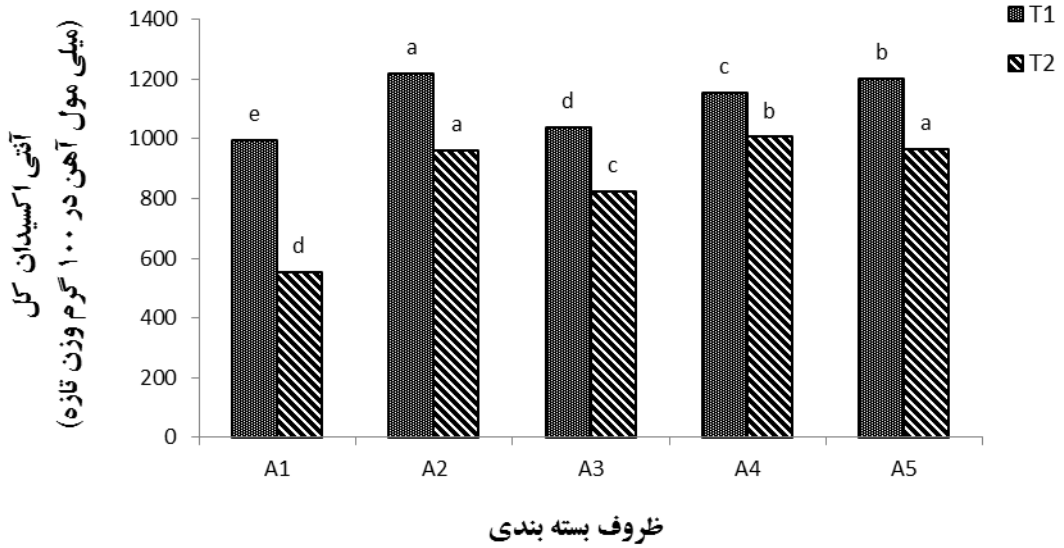
اکسیدان کل میوه در سطح احتمال ۱ درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که کلیه ظروف نانوکامپوزیتی در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلن معمولی (شاهد) باعث حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدان کل در دوره انباری ۲۲ و ۴۵ روزه گردیدند (شکل ۱). این اثر به کاهش تبادلات گازی و تنفس میوه در اثر استفاده از ظروف نانوکامپوزیتی و در نتیجه حفظ آنتی‌اکسیدان میوه آلو برمی‌گردد. در دوره انبارداری ۲۲ روز، بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان کل مربوط به ظروف نانونقره بر پایه ظروف پلی‌پروپیلن (۱۲۱۹/۸۸ میلی‌مول آهن در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) و کمترین مقدار آن مربوط به ظروف پلی‌اتیلن معمولی (۹۹۷ میلی‌مول آهن در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) بود. همچنین کمترین تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدان کل در فاصله زمانی ۲۲ تا ۴۵ روز مربوط به ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن بود. طبق این نتایج، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدان کل مربوط به ظروف نانونقره بود. زندی ناوگران و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر مواد بسته‌بندی نانوذرات نقره و سیلیکات رس بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت میوه گیلاس گزارش کردند که بسته‌های حاوی نانوذرات نقره در مقایسه با ظروف معمولی پلی‌اتیلن، به طور معنی‌داری باعث حفظ میزان آنتی‌اکسیدان‌های میوه گیلاس شد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه، بافت میوه را در مقابل تنش‌ها و بیماری‌ها محافظت می‌کنند (Hebert *et al.*, 2002)، چرا که آنتی‌اکسیدان‌ها با دادن الکترون به گونه‌های فعال اکسیژن اکسید شده و قدرت اکسیدکنندگی و ایجاد خسارت توسط آن‌ها را از بین می‌برند (Spenardi, 2005). 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 می‌شود (Ahmed *et al.*, 2009). کاهش شدید میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدان در مرحله پس از برداشت میوه، ممکن است ناشی از تنش پس از برداشت میوه یا دمای پایین انبار باشد (Torres *et al.*, 2009). در هر صورت در طول دوره نگه‌داری میوه‌ها در انبار، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل کاهش می‌یابد (زندی ناوگران و همکاران ، ۱۳۹۳).

میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

مطابق جدول ۱، اثر ظروف و اثرات متقابل ظروف و زمان بر میزان ویتامین ث میوه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر زمان نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. طبق این نتایج، نگه‌داری میوه‌های آلو در ظروف نانوکامپوزیتی در فاصله زمانی ۲۲ روز انبارداری، هیچ تأثیری بر میزان ویتامین ث میوه‌ها نداشت.

هر چند، بیشترین میزان ویتامین ث میوه‌ها در این فاصله زمانی مربوط به ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن (۱/۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) بود، ولی هیچ تفاوت معنی‌داری در بین ظروف مورد استفاده دیده نشد.



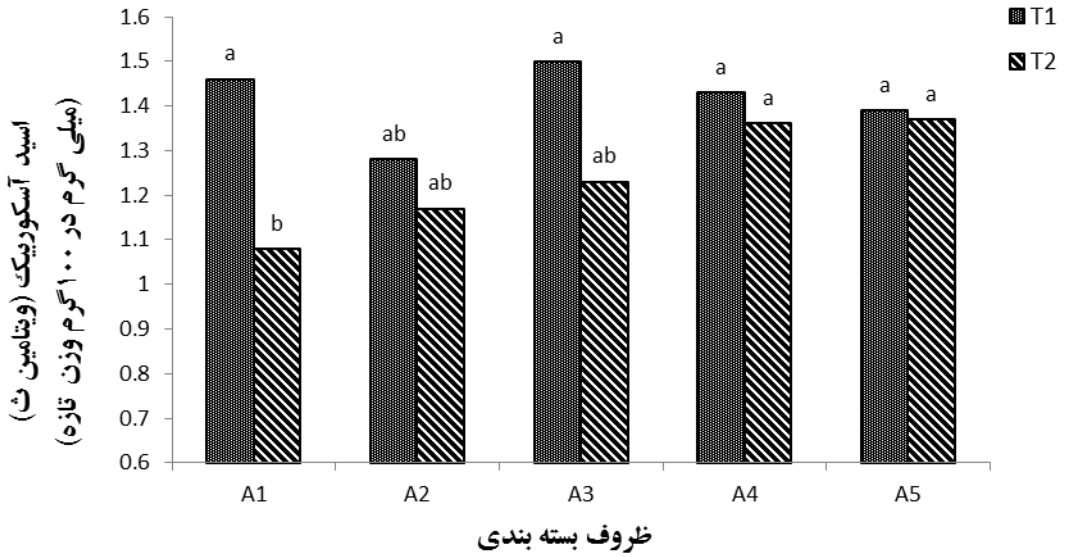
شکل ۱- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند.A_1 : ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن، A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1:۲۲ روز نگه‌داری، T_2: ۴۵ روز نگه‌داری.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات نوع ظروف بسته‌بندی و زمان‌های نگه‌داری بر خصوصیات کیفی و ماندگاری میوه آلو رقم سانتارزا در طول نگه‌داری در دمای ۱±۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰ درصد

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		فعالیت آنتی-اکسیدان کل	اسید آسکوربیک (ویتامین ث)	مواد جامد محلول کل	اسیدیته	اسیدیته قابل تیتر	سفتی بافت	درصد کاهش وزن	میزان پوسیدگی
ظروف	۴	۶۰۵۱۵۲/۲۹**	۰/۱۶۵**	۰/۷۱^{ns}	۰/۰۱**	۱۸/۵۸**	۲/۰۴**	۰/۲۵۵**	۱/۶۱**
زمان	۱	۲۴۵۹۳۰۶/۹۶**	۰/۱۳۵*	۶۲/۹۸**	۱/۳۳**	۲۳۲/۴۵**	۱۰/۰۰**	۰/۰۲**	۱/۰۱**
ظروف × زمان	۴	۷۸۲۳۸/۵۳**	۰/۳۹۶**	۱/۲۶*	۰/۰۰۳۵**	۲۰/۲۶**	۰/۴۷**	۰/۰۱۳**	۰/۳۴**
اشتباه آزمایشی		۱۶۵۷۴/۷	۰/۳۳	۰/۳۷۷	۰/۰۰۰۱	۱/۳۹	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰۵۶	۰/۱۰۲۸
ضریب تغییرات (CV٪)		۱۲/۹۸	۱۳/۶۴	۵/۲۷	۰/۲۸	۴/۴۸	۹/۲۶	۱/۸۵	۷/۵۷

^{ns}، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.



شکل ۲- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث) میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند. A_1: ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن، A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1:۲۲ روز نگه‌داری، T_2: ۴۵ روز نگه‌داری.

این در حالی است که نگه‌داری میوه‌ها در ظروف نانوکامپوزیتی در فاصله زمانی ۴۵ روز انبارداری، باعث حفظ میزان ویتامین ث در طول مدت نگه‌داری شد، به طوری که بیشترین کاهش میزان ویتامین ث در فاصله زمانی ۲۲ تا ۴۵ روز انبارداری در ظروف پلی اتیلن معمولی و بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن (۱/۳۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) و پلی-اتیلن (۱/۳۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) رخ داد. طبق این نتایج، استفاده از ظروف نانونقره و نانوسیلیکات باعث حفظ بهتر ویتامین ث در طی دوره انبارداری شد (شکل ۲).

زندی ناوگران و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که میزان ویتامین ث در ظروف پلی‌اتیلن معمولی در پایان دوره انبارداری گیلاس، بیشترین میزان کاهش را داشت. به طوری که بسته‌های حاوی نانوذرات نقره در مقایسه با ظروف معمولی، به طور معنی‌داری باعث حفظ ویتامین ث میوه شد. Hu و همکاران (۲۰۱۱) نیز به حفظ ویتامین ث میوه کیوی بسته‌بندی شده با ظروف نانوکامپوزیتی اشاره کردند. Yang و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثر پوشش‌های نانو بر حفظ کیفیت میوه توت فرنگی در طی دوره انبارداری، گزارش کردند که استفاده از پوشش‌های نانو باعث حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی شد، چرا که در میوه‌های حاوی پوشش‌های نانو، به دلیل مهار فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز و حفظ میزان اسید آسکوربیک، غشاء سلول‌ها کمتر

آسیب دیده بود. Zandi و همکاران نیز (۲۰۱۳) با بررسی اثرات پوشش‌های نانوذرات نقره و سیلیکات بر کیفیت پس از برداشت توت-فرنگی در طی دوره انبارداری، گزارش کردند که استفاده از پوشش-های نانوکامپوزیتی مورد استفاده باعث افزایش میزان ویتامین ث میوه گردید. نتایج این مطالعات، با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت.

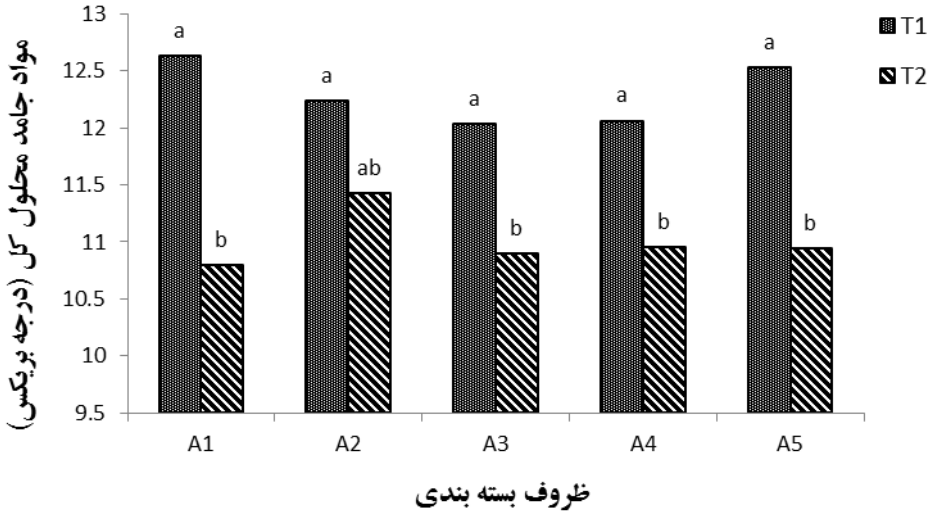
اسید آسکوربیک، یک ویتامین ضروری و مهم در سلامتی انسان می‌باشد و می‌تواند از میوه‌ها و سبزی‌ها تأمین گردد (Mittler, 2002). برای جلوگیری از خسارت گونه‌های فعال اکسیژن، گیاهان سیستم‌های آنتی‌اکسیدان خود را فعال می‌کنند که از جمله آن‌ها اسید آسکوربیک (ویتامین‌ث) و یا آلفا توکوفرول (ویتامینE) را می‌توان نام برد (Spinardi, 2005). اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی، نقش مهمی در سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن دارد (Mittler, 2002). دلیل کاهش میزان اسید آسکوربیک، می‌تواند با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد در ارتباط باشد (Smimoff *et al.*, 1995).

مواد جامد محلول کل، اسیدیته و اسیدیته قابل تیتر

جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر زمان در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل زمان و ظروف بسته‌بندی در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان مواد جامد محلول کل میوه معنی‌دار بود. این در حالی است که اثر ظروف مورد استفاده بر میزان مواد جامد محلول کل میوه معنی‌دار نبوده است. با توجه به شکل ۳، میزان مواد جامد محلول در همه تیمارها در طول دوره نگه‌داری کاهش یافت که می‌تواند به دلیل تنفس طبیعی میوه‌ها باشد. طبق این نتایج، ظرف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن در مقایسه با سایر ظروف مورد استفاده در طول دوره انبارداری، مواد جامد محلول را بهتر حفظ کردند.

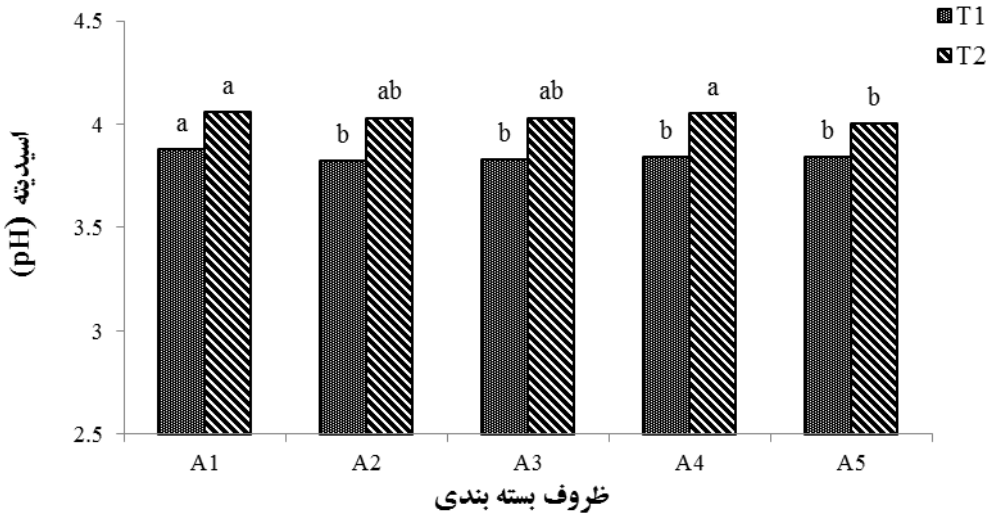
مطابق جدول ۱، اثر ظروف مورد استفاده، زمان انبارداری و اثرات متقابل بین آن‌ها بر اسیدیته میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. طبق شکل ۴، میزان اسیدیته در ظروف پلی‌اتیلن معمولی در طول دوره انبارداری ۲۲ روزه، بیشتر از ظروف نانوکامپوزیتی بود، به طوری که ظروف پلی‌اتیلن معمولی بیشترین اسیدیته میوه (۳/۸۸) را به خود اختصاص دادند. این در حالی است که بیشترین افزایش در میزان اسیدیته در روز ۴۵ انبارداری، در ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن (۴/۰۳) و پلی‌پروپیلن (۴/۰۳) و نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن (۴/۰۵) رخ داد. طبق این نتایج، در طی دو دوره انبارداری ۲۲ و ۴۵ روزه، میزان اسیدیته میوه‌ها افزایش یافت. تغییرات اسیدیته در نتیجه تغییر در اسیدیته قابل تیتر اتفاق می‌افتد که آن هم تحت تأثیر دمای نگه‌داری و به دنبال آن، افزایش فعالیت هیدرولیز آنزیمی اسیدهای آلی در طی رسیدن میوه می‌باشد. یا ممکن است کاهش میزان اسید، در اثر تبدیل به قندها و استفاده‌های دیگر در فرآیندهای متابولیسمی در طی دوره انبارداری باشد (Rathore *et al.*, 2007).

همچنین جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر ظروف مورد استفاده، زمان انبارداری و اثرات متقابل بین آن‌ها بر اسیدیته قابل تیتر میوه نیز، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. معمولاً اسیدهای آلی به هنگام رسیدن در اثر تنفس و یا تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آن‌ها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیسمی دارد. در واقع اسیدها به عنوان یک منبع اندوخته‌ی انرژی میوه می‌باشند که هنگام رسیدن با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند (راحمی، ۱۳۸۴؛ جلیلی مرندی، ۱۳۸۸).



شکل ۳- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر میزان مواد جامد محلول کل میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند. A_1: ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن، A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1: ۲۲ روز نگه‌داری، T_2 : ۴۵ روز نگه‌داری.



شکل ٤- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر اسیدیته میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند.A_1 : ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن،A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1: ۲۲ روز نگه‌داری، T_2: ۴۵ روز نگه‌داری.

طبق این نتایج، بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر در دوره زمانی ۴۵ روز بعد از انبارداری در ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن (۲۸/۱۸ میلی‌گرم اسید مالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر) و پلی‌پروپیلن (۲۷/۳۲ میلی-گرم اسید مالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر) مشاهده شد. به طوری که استفاده از ظروف نانونقره موجب افزایش در میزان اسیدهای آلی در طی ۴۵ روز انبارداری در مقایسه با ظرف ساده پلی‌اتیلنی شد. طبق این نتایج، بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر در طول زمان انبارداری مربوط به ظروف نانونقره بود (شکل ۵).

در سایر تحقیقات نیز، بسته‌های نانو در مقایسه با بسته‌های پلیمر معمولی، باعث حفظ بیشتر میزان اسیدیته قابل تیتر میوه در طول دوره انبارداری در میوه عناب چینی شدند (Li *et al.*, 2009). زندی ناوگران و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که بسته‌های حاوی نانوذرات نقره در مقایسه با نانوذرات سیلیکات و ظروف معمولی باعث حفظ اسیدیته قابل تیتر میوه گیلاس شد. Yang و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که تفاوت قابل توجهی در میزان اسیدیته قابل تیتر بین بسته‌های نانو در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی در میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارداری وجود داشت. همچنین بسته‌های - پلی‌اتیلن معمولی و نانوسیلیکات رس، میزان اسیدهای بیشتری را نسبت به بسته‌های نانوذرات نقره در میوه کیوی فروت از دست دادند (Hu *et al.*, 2011) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. بر اساس گزارش علیزاده داشقاپو (۱۳۸۷) کاهش محتوای مواد جامد محلول کل و تغییرات مشاهده شده در اسیدیته و اسید آلی کل میوه‌های توت‌فرنگی، احتمالاً به دلیل شکستن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچکتر (سازنده) در طی فرایند تنفس می‌باشد. ظروف نانو با ایجاد مانع در مقابل گازهای تنفسی، ورود اکسیژن و خروج CO_2 را محدود کرده و در نتیجه باعث کاهش تنفس می‌شود که نتیجه آن حفظ اسیدهای آلی و پایین ماندن اسیدیته می‌باشد که با افزایش زمان نگه‌داری این موضوع بیشتر مشهود می‌باشد.

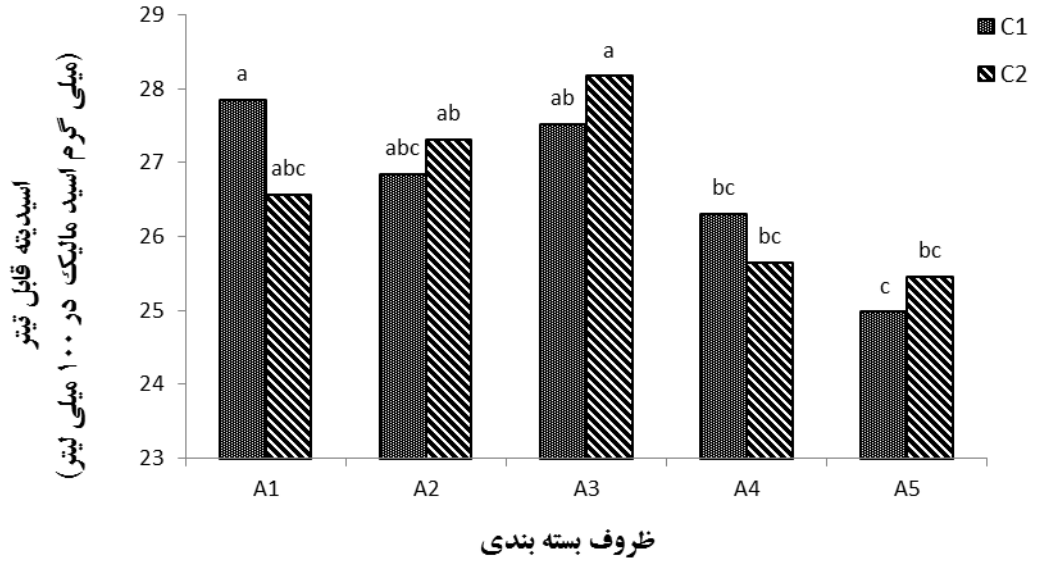
سفتی بافت

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که اثرات ساده و متقابل ظروف بسته‌بندی و زمان انبارداری بر میزان سفتی بافت میوه در سطح احتمال ۱ درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که کلیه ظروف نانوکامپوزیتی در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلن معمولی باعث حفظ سفتی بافت میوه در دوره انباری ۴۵ روزه گردیدند (شکل ۶).

با توجه به این نتایج، میزان سفتی میوه‌ها در طول مدت انبارداری در ظروف بسته‌بندی نانونقره و نانوسیلیکات به خوبی حفظ شد. این در حالی است که در ظروف پلی‌اتیلن معمولی میزان سفتی کاهش یافت و کمترین میزان سفتی میوه‌ها در روز ۴۵ انبارداری مربوط ظروف پلی‌اتیلن معمولی (۱/۳۳) بود.

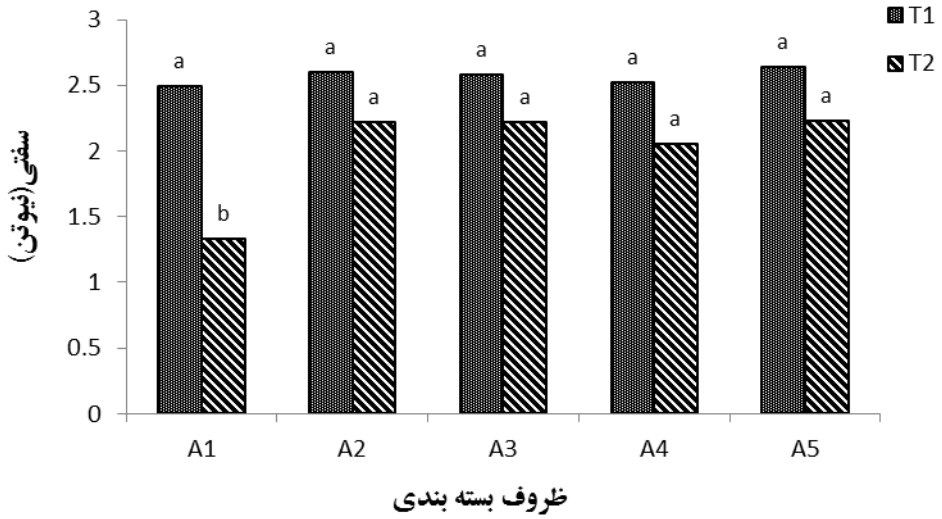
نرمی بافت میوه در نتیجه تغییرات در ساختار دیواره سلولی شامل کاهش همی‌سلولز، گالاکتوز و حل شدن و دپلیمریزه شدن پکتین صورت می‌گیرد (Fisher & Bennett, 1991). تأثیر کلسیم در حفظ سفتی و جلوگیری از نرم‌شدن میوه مربوط به استحکام سیستم غشایی و تشکیل پکتات‌کلسیم می‌باشد که باعث افزایش استحکام تیغه میانی گردیده و افزایش مقاومت دیواره سلولی در مقابل آنزیم پلی-گالاکتروناز می‌شود (Pooviah *et al.*, 1988). زندی ناوگران و همکاران (۱۳۹۳) نیز در مطالعه خود اشاره کردند که استفاده از ظروف نانقره بر پایه پلی‌پروپیلن به طور معنی‌داری باعث حفظ میزان سفتی

بافت میوه گیلاس شد.



شکل ۵- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر میزان اسیدیته قابل تیتر میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند.A_1 : ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن،A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1:۲۲ روز نگه‌داری، T_2: ۴۵ روز نگه‌داری.

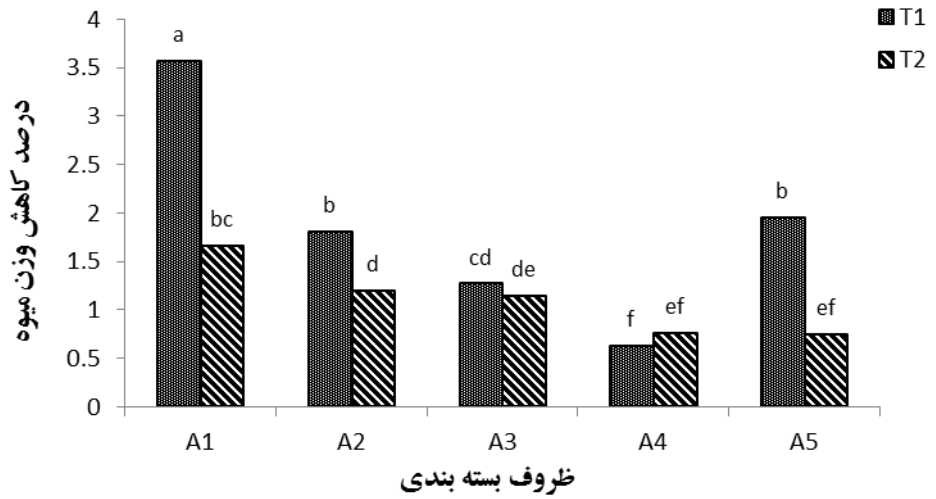


شکل ٦- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر میزان سفتی بافت میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند.A_1 : ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن،A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1:۲۲ روز نگه‌داری، T_2: ۴۵ روز نگه‌داری.

درصد کاهش وزن میوه

همچنین نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده و متقابل ظروف بسته‌بندی و زمان انبارداری بر درصد کاهش وزن میوه در سطح احتمال ۱ درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق شکل ۷ بیشترین درصد کاهش وزن میوه در طول انبارداری ۲۲ روزه مربوط به بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی (۳/۵۸) بود. همچنین با گذشت زمان میزان وزن میوه در کلیه تیمارها کاهش پیدا کرد که بیشترین درصد کاهش مربوط به بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی (۱/۶۷) در روز ۴۵ انبارداری بود. نتایج نشان داد که ظروف نانوکامپوزیتی در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلن معمولی باعث حفظ درصد کاهش وزن میوه در دوره انباری ۴۵ روزه گردیدند، به طوری که کمترین میزان درصد کاهش وزن مربوط به بسته‌های نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن (۰/۷۷) بود.



شکل ۷- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر درصد کاهش وزن میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند.A_1: ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن،A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1:۲۲ روز نگه‌داری، $_2$: ۴۵ روز نگه‌داری.

یکی از شاخص‌های اصلی مورد استفاده برای تعیین کیفیت میوه و عمر مفید پس از برداشت، سرعت و میزان از دست رفتن استحکام در طول مدت انبارمانی می‌باشد. خسارات کاهش وزن میوه به طور عمده با تنفس و تبخیر رطوبت در اطراف پوست میوه ارتباط دارد. همچنین کاهش وزن میوه در نتیجه از دست دادن آب از سطح میوه‌ها می‌باشد (Martinez–Romero *et al*., 2006). استفاده از بسته‌های نانو در طول دوره انبارداری علاوه بر کند شدن کاهش وزن نسبت به بسته‌های معمولی باعث جلوگیری از نرمی بافت میوه شد و این می-تواند به دلیل جلوگیری از دست رفتن رطوبت داخل بسته‌های نانو باشد (Hu *et al*., 2011). Hu و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کردند که میوه‌های کیوی‌فروت داخل بسته‌های نانو کاهش وزن کمتری نسبت به بسته‌های پلیمر معمولی در طی ۴۲ روز نگه‌داری داشتند (Hu *et al*., 2011). همچنین Zandi و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کردند که استفاده از پوشش‌های نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در توت فرنگی نیز باعث کاهش درصد کاهش وزن میوه شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارند.

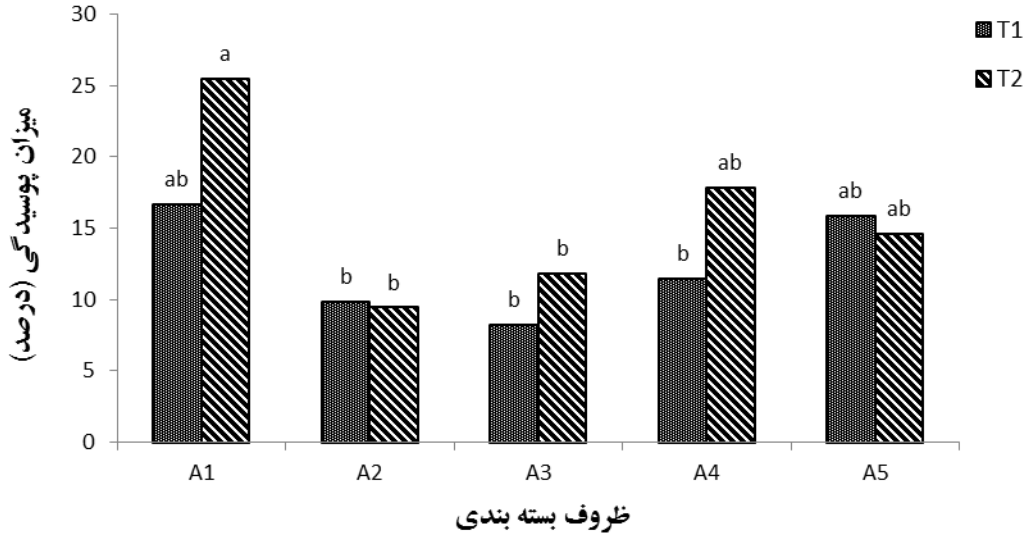
میزان پوسیدگی

بر اساس جدول ۱، اثر ظروف مورد استفاده، زمان انبارداری و اثرات متقابل بین آن‌ها بر میزان پوسیدگی میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق شکل ۸، بیشترین میزان پوسیدگی مربوط به بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی (۲۵/۴۰ درصد) در ۴۵ روز بعد از انبارداری و کمترین آن مربوط به بسته‌های نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن (۸/۲۰ درصد) در ۲۲ روز بعد از انبارداری بود. همچنین کمترین درصد پوسیدگی در روز ۴۵ انبارداری، مربوط به ظروف نانونقره بر پایه پلی‌پروپیلن (۹/۴۰ درصد) بود. طبق این نتایج، میزان پوسیدگی میوه در داخل ظروف نانو نسبت به ظروف پلی‌اتیلنی معمولی کمتر بود. به طوری که ظروف نانوذرات‌نقره نسبت به سایر ظروف مورد استفاده، کمترین میزان پوسیدگی را در طول دوره انبار-داری داشتند.

Chang و Chou (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای که انجام دادند، نشان دادند که پلاستیک پلی‌اتیلنی محتوی با ۰/۱ تا ۰/۸ درصد وزنی نانوذرات‌نقره، زمان ماندگاری سبزیجات با رنگ سبز تیره (مانند پیازچه، اسفناج و گشنیز) را که به راحتی از بین می‌روند را، یک هفته تا یک ماه بیشتر از بسته‌های زیپ‌دار معمولی افزایش داد. نقره ذاتاً خاصیت ضد باکتریایی، ضد کپک و ضد قارچی دارد.

Silvestreو Duraccio (۲۰۱۱) گزارش کردند که استفاده از بسته‌های پلیمری نانوذرات جهت بسته‌بندی مواد غذایی در مقایسه با ظروف معمولی در ۲۴ ساعت اولیه، منجر به کاهش رشد باکتری‌ها به میزان ۹۸ درصد شد. Hu و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که استفاده از بسته‌بندی‌های نانوکامپوزیت، تکنیک مفیدی برای حفظ کیفیت و کاهش پوسیدگی میوه کیوی در طی دوره انبارداری پس از برداشت می‌باشد. Zandi و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که استفاده از پوشش‌های نانوذرات نقره و سیلیکات باعث کاهش میزان پوسیدگی میوه توت‌فرنگی شد. خاصیت ضد میکروبی بسته‌های محتوی نانوذرات نقره به این دلیل می‌باشد که یون‌های نقره با نفوذ به داخل سلول باکتری و اتصال به پایه مارپیچی DNA، آن را به شکل فشرده تبدیل کرده و توانایی تکثیر را از آن گرفته و باعث مرگ سلول می-شود. همچنین نانوذرات نقره به زنجیره‌ی تنفسی و تقسیم سلولی حمله کرده و در نهایت منجر به مرگ سلول می‌شوند (Rai &

.(Yadav, 2009



شکل ۸- اثر ظروف بسته‌بندی و زمان نگه‌داری بر میزان پوسیدگی میوه آلو رقم سانتارزا.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند.A_1: ظروف پلی‌اتیلن معمولی، A_2: ظروف نانونقره بر پایه پلی-پروپیلن، A_3: ظروف نانونقره بر پایه پلی‌اتیلن،A_4: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌اتیلن، A_5: ظروف نانوسیلیکات بر پایه پلی‌پروپیلن، T_1: ۲۲ روز نگه‌داری، t_2: ۴۵ روز نگه‌داری.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی اثرات استفاده از چهار نوع ظروف نانوکامپوزیتی بر حفظ خواص کیفی و افزایش عمر ماندگاری میوه آلو رقم سانتارزا در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلنی معمولی طی دو زمان انبارداری پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از بسته‌های نانو به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت میوه آلو را افزایش داد. به طوری که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدان، ویتامین ث، اسیدیته، اسیدیته قابل تیتر، سفتی بافت میوه و کمترین درصد کاهش وزن میوه و میزان پوسیدگی در بسته‌های نانوکامپوزیتی در مقایسه با ظروف پلی‌اتیلنی معمولی مشاهده شد. طبق این نتایج، استفاده از بسته‌های نانوذرات نقره در افزایش حفظ کیفیت آلو در طول دوره انبارداری مؤثرتر بودند. به طوری که این بسته‌ها، میزان پوسیدگی میوه کمتری نسبت به سایر بسته‌های مورد استفاده داشتند. به نظر می‌رسد بسته‌های نانو با کاهش ورود اکسیژن و خروج دی-اکسیدکربن و همچنین با جلوگیری از کاهش درصد پوسیدگی و کند نمودن آهنگ تغییرات آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین ث و اسیدیته قابل تیتر، رسیدن و پیری میوه‌های آلو را به تأخیر انداخته و باعث حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه‌های آلوی سانتارزا شده است.

منابع

جلیلی مرندی، ر.، ۱۳۸۳، فیزیولوژی بعد از برداشت (جابجایی و نگه‌داری میوه، سبزی و گیاهان زینتی)، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، چاپ دوم ، ۲۷۶ ص.

جلیلی مرندی، ر.، ۱۳۸۸، پرورش میوه‌های مناطق معتدله، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ۳۶۲ ص.

راحمی، م.، ۱۳۸۴، فیزیولوژی پس از برداشت (مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه‌ها و سبزی‌ها و گیاهان زینتی)، (تألیف: ویلس مک گلاسون گراهام وجویس)، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۳۷ ص.

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

علیزاده داشقاپو، م.، ۱۳۸۷، اثرات کلریدکلسیم و پوتریسین برون‌زاد روی کیفیت و عمر انباری دو رقم هلو (*Prunus pessica* L.) "جی.اچ.هیل" و "مخملی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ۹۵ ص.

Ahmed., M.J., Sigh, Z. & Ahmad, S.K.H., 2009, Postharvest Aloe vera gel-coating modulates fruit ripening and quality

of 'Arctic Snow' nectarine kept in ambient and cold storage. International Journal of Food science and Technology, 44, 1024-1033.

Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. & Gonzalez-Aguilar, G.A., 2007, High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technology and Biotechnology, 45, 166–173.

Benzie, I.F.F. & Strain, J.J., 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239, 70-76.

Chang, K.F. & Chou, P.C., 2007, A study on the psychology satisfaction influenced by the indoor physical environment factors-taking the thermal comfort factor. TTSBE 2007 Proceedings of the International Conference in Sustainable Building, Taipei, Taiwan, Session A, pp. A_{07-1}- A_{07-6}.

Fisher, R.L. & Bennett, A.B., 1991, Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. Plant Physiology, 42, 675-703.

Hebert, C., Charles, M.T., Gauthier, L., Willemot, C., Khanizadeh, S. & Cousineau, J., 2002, Strawberry proanthocyanidins: biochemical markers for *Botrytis cinerea* resistance and shelf-life predictability. Acta Horticulture (ISHS), 567, 659–662.

Hu, A.W. & Fu, Z.H., 2003, Nano technology and its application in packaging and packaging machinery. Packaging Engineering, 24, 22–24.

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

Li, H., Li, F., Wang, L., Sheng, J., Xin, Z., Zhao, L., Xiao, H., Zheng, Y. & Hu, Q., 2009, Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube. Food Chemistry, 114, 547–562.

Li, Q., Mahendra, S., Lyon, D.Y., Brunet, L., Liga, M.V., Li, D. & Alvarez, P., 2008, Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. Water Research, 42, 4591–602.

Martinez-Romero, D., Dupille, E., Guillen, F., Valverde, J.M., Serrano, M. & Valero, D., 2003, 1-methylcyclopropene increases storability and shelf life in climacteric and nonclimacteric plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 4680-4686.

Mittler, R., 2002, Oxidative stress antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Science, 7, 405–410.

Poovaiah, B.W., Clenn, G. & Reddy A.S.N., 1988, Calcuim and fruits softening. Reviews of Physiology and Biochemistry, 10, 107-52.

Rai, M. & Yadav, A., 2009, Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Biotechnology Advances, 27(1), 76-83.

Rathore, H.A., Masud, T., Shehla, X.S. & Soomro, A.H., 2007, Effect of storage onphysico-chemical composition and sensory properties of Mango (*Mangnifera indica* L.) variety dosehari. Pakistan Journal of Nutrition, 6(2), 143-148.

Saure, M.C., 2002, New views of the prerequisites for an occurrence of bitter pit in apple and its control by calcium sprays. Acta Horticulture (ISHS), 594, 421–425.

Silvestre, C. & Duraccio, D., 2011, Food packaging based on polymer nanomaterials. Progress in Polymer Science Journal, 110, 775-795.

Smimoff, N., 1995, Antioxidant system and plant response to the environment. Bios Scientific Publisher Oxford, United Kingdom, 25, 217-243.

Spinardi, A.M., 2005, Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears. Acta Horticulturae (ISHS), 682: V international postharvest Symposium.

Torres, L.M.A.R., Silva, M.A., Guaglianoni, A.G. & Neves, V.A., 2009, Effects of heat treatment and calcium on postharvest storage of atemoya fruits. Food Chemistry, 20, 359-367.

Utracki, L.A., 2004, Clay-containing polymeric nanocomposites, vols. 1 and 2. Shaw bury (UK): Rapra Technology Ltd.

Wang, Y.S., Tian, S.P. & Xu, Y., 2005, Effects of high oxygen concentration on pro and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. Food Chemistry, 91, 99-104.

Xiao-e, L., Green, A.N.M., Haque, S.A., Mills, A. & Durrant, J.R., 2004, Light-driven oxygen scavenging by titania/polymer nanocomposite films. Journal of Photochemistry and Photobiology A, 16, 253–299.

Yang, F.M., Li, H.M., Li, F., Xin, Z.H., Zaho, L.Y., Zheng, Y.H. & 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, 236-240.

Zandi, K.H., Weisany, W., Ahmadi, H., Bazargan, I. & Naseri, L., 2013, Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of strawberry during storage. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2(5), 28-36.

Zhu, J. & Zhu, Y., 2006, Effects of the postharvest storage temperature and its fluctuations on the keeping quality of Agaricusbisporus. International Journal of Food Engineering, 2, 1–10.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 1, Spring 2015, p. 88-99

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، ص. ۹۹-۸۸

Effect of Nano-Composite Packages on Quality Properties and Shelf Life of Santa Rosa Plum (*Prunus salicina* L.)

S. Fahiminia[1] -L. A. Naseri[2*]

Received: 16-12-2013
Accepted:29-10-2014

Abstract

In order to maintain the quality and increase the shelf life of fruits, many studies have been carried out in terms of the packaging specially applications of the nano-composite packages in the packaging. Because of the low storage ability of the plum fruit, in this study, the effects of the four nano-composite packages and common polyethylene (as a control) were analyzed on maintaining quality and increasing of the plum fruit, in a factorial experiment based on a completely randomized design at two levels of the storage. So, the containers including plum fruits were kept at temperature of 1±1 ºC and relative humidity of 90±5 % during 45 days. After 22 and 45 days, the fruit different quality properties such as total antioxidant activity, ascorbic acid (vitamin C) content, total soluble solids, acidity, titratable acidity, firmness, fruit weight loss percentage and decay were measured. The results showed that the application of the nano packages as compared with common polyethylene could maintain the fruit quality at level of ($P \leq 0.01$) after 45 days of storage, and increase the post harvest shelf life of the plum fruit as the highest total antioxidant activity, vitamin C, acidity, titratable acidity, firmness and the lowest fruit weight loss percentage and content of the decay were observed in nano-composite packages. According to these results, using the nano-silver packages was effective on increasing the plum fruit quality maintenance during the storage.

Keywords: Plum fruit, Packaging, Nano-composite, Polyethylene, Antioxidant, Vitamin C, Shelf life.

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