Archive of SID

توسعه دو روش بسته‌بندی بر پایه نانو ذرات نقره برای افزایش ماندگاری توت فرنگی

نگین احسانی [a]، شهلا شهریاری [b]*، رضا فامیل مومن [c]

[a] کارشناس ارشد گروه صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] دانشیار گروه مهندسی شیمی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[c] عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۵/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۶/۸

چکیده

مقدمه: کاربرد راهکارهای جدید در بسته‌بندی به منظور حفظ خصوصیات کیفی و افزایش طول مدت نگهداری میوه‌های با ارزشی همچون توت فرنگی مورد توجه محققین بوده است.

مواد و روش‌ها: تاثیر استفاده از دو نوع بسته‌بندی مختلف توت فرنگی شامل (بسته‌بندی همزمان اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذرات نقره و بسته‌بندی با نانو ذرات نقره) بر روی توت‌فرنگی مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی خصوصیات کیفی توت‌فرنگی هر چهار روز یکبار و در مدت ۱۶ روز انجام شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شامل افت وزن، مواد جامد محلول، اسیدیته،pH ، سفتی بافت، میزان رنگ و تغییرات درصد گاز اکسیژن و دی اکسید کربن بود.

یافته‌ها: هر دو نوع بسته‌بندی مورد مطالعه طول مدت نگهداری توت فرنگی را نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌دهد و بر شاخص‌های کیفی تاثیر مثبت داشته است. به طوری که افزایش سفتی بافت، کاهش وزن و درصد فساد مشاهده گردید. نمونه‌های مورد نظر از شاخص‌های حسی بهتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج تجربی به دست آمده نشان داد که، تاثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده همرا ه با نانو ذرات نقره در مقایسه با نمونه شاهد در طول مدت نگهداری بیشتر بوده است به طوری که ماندگاری توت‌فرنگی از ۴ روز به ۱۶ روز افزایش یافت. این نوع بسته‌بندی توانایی بیشتری جهت حفظ خصوصیات کیفی توت فرنگی را دارا می‌باشد.

واژه های کلیدی: *اتمسفر اصلاح شده، بسته‌بندی، توت فرنگی، زمان نگهداری، نانونقره*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: shahla_shahriari@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

توت‌فرنگی یکی از میوه‌های محبوب و مورد توجه مردم می‌باشد. توت‌فرنگی حاوی مقادیر زیادی آنتی‌اکسیدان، ویتامین، فیبر، کلسیم، آهن و فسفر می‌باشد. توت فرنگی دارای مواد موثر مهمی همچون تانن، موسیلاژ، قندهای مختلف، سالیسیلات‌ها و اسیدهای میوه می‌باشد. این میوه به علت اینکه چربی اشباع ندارد کالری کمی داشته و با داشتن ذخیره‌ای مناسب از فنول‌ها در دنیای گیاهشناسی شهرت پیدا کرده است. تحقیقات نشان داده است که توت فرنگی دارای خواص دارویی زیادی می‌باشد به طوریکه توانایی کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی، سکته مغزی، سرطان، فشارخون، یبوست و دیابت را دارا می‌باشد (Giampieri *et al.*, 2012).

افزایش زمان ماندگاری میوه‌های نرم، مغذی و گران قیمتی همچون توت‌فرنگی که دارای مدت مصرف کوتاهی پس از چیدن می‌باشند دارای اهمیت زیادی می‌باشد. افزایش طول مدت ماندگاری میوه، شامل استراتژی مربوط به حفظ خصوصیات کیفی همچون رنگ، سفتی بافت، طعم و مزه می‌باشد. نگهداری میوه‌ها و سبزیجات پس از برداشت یک شاخص مهم می‌باشد که از دیر باز مورد توجه بشر بوده است. میوه‌ها و سبزی‌ها، محصولات زنده هستند که پس از برداشت نیز، واکنش‌های متابولیکی را ادامه داده و سیستم فیزیولوژیکی خود را حفظ می‌کنند (Brody, 1989). یکی از راه‌های مهم به منظور حفظ و نگهداری میوه و جلوگیری از فاسد شدن آن، کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی و کنترل تنفس میوه‌ها پس از برداشت می‌باشد (Brody, 1989). انتخاب یک بسته‌بندی مناسب یکی از راهکارهایی است که منجر به نگهداری میوه‌ها با همان کیفیت اولیه در مدت زمان بیشتری می‌شود. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده باعث کند شدن متابولیسم و رسیدن محصولات است، بنابراین مدت زمان بیشتری میوه‌ها تازه می‌مانند. استفاده از اتمسفر اصلاح شده باعث کاهش پارامترهایی همچون تنفس، از دست رفتن رطوبت، قهوه‌ای شدن، فاسد شدن و حساسیت به اتیلن در میوه‌های بسته‌بندی شده می‌شود. این نوع از بسته‌بندی بر کاهش میزان اکسیژن در بسته‌بندی پایه‌گذاری شده است. کاهش اکسیژن در فضای بسته‌بندی، سرعت رشد ارگانیسم‌های هوازی و واکنش‌های اکسیداسیون را کم می‌کند (Benítez *et al.*, 2013). در این سیستم بسته‌بندی اکسیژن حذف شده و آن را با گاز بی‌اثر نیتروژن، جایگزین می‌کنند. همچنین از گاز دی اکسید کربن به منظور کاهش pH و مهار رشد باکتری‌ها استفاده می‌شود (Barkai, 1990). بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده یک روش مناسب و اطمینان بخش است که با توجه به مزایای زیر مورد توجه قرار گرفته است: طولانی کردن ماندگاری میوه با حفظ خواص کیفی مطلوب، کاهش سرعت واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی، پایین آوردن میزان ضایعات و فساد، تازه نگه‌داشتن محصول بدون استفاده از مواد نگه دارنده یا پرتو دهی، برداشت محصول تازه در سطوح رسیدگی مورد نظر برای مصرف کننده، کاهش هزینه‌های حمل و نقل، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (Diaz-Mula *et al.*, 2011; Abeles *et al.*, 1992). مروری بر ادبیات نشان می‌دهد که مقالات زیادی در خصوص کاربرد بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده جهت نگهداری میوه‌هایی همچون زرد آلو، انگور، گیلاس، کیوی و سیب منتشر گردیده است (Benítez *et al.*, 2013; Qiuhui *et al.*, 2011).

در سال‌های اخیر محققان دریافتند که استفاده از دانش نانو می‌تواند به بهبود و ارتقا تکنیک‌های بسته‌بندی کمک کند (Abeles *et al.*,1992; Bartolomeu *et al.*, 2012). استفاده از نانو ذرات نقره به علت داشتن ویژگی هایی همچون اثر ضد باکتریایی، ضد کپک و ضد قارچی، تاثیرگذاری سریع و زیاد، غیرمحرک و غیرحساسیت زا برای بدن، پایداری بالا، مقاوم در برابر حرارت، نفوذ گازها، رطوبت و امواج، سازگاری با محیط زیست و جلوگیری از عبور اکسیژن و دی اکسید کربن می‌تواند در بسته‌بندی مواد غذایی دارای اهمیت بوده و مورد استفاده قرار گیرد (Abeles *et al.*, 1992; Bartolomeu *et al.*, 2012). تاکنون استفاده از نانو ذرات در بسته‌بندی‌های مواد غذایی از دو جنبه مورد مطالعه قرار گرفته است (Bartolomeu *et al.*, 2012; Damm *et al.*, 2008):

۱-کاربرد در لایه پوششی محافظ بسته‌بندی

۲- آغشته کردن پوشش بسته‌بندی

یک جنبه دیگر تحقیق در استفاده از نانو ذرات که در بسته‌بندی می‌تواند مورد ارزیابی و تحقیق قرار گیرد استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

از یک پد آغشته به محلول نانو ذره در داخل بسته‌بندی می‌باشد. این جنبه مورد استفاده در این مطالعه از این نظر دارای اهمیت است که نانو ذره در تماس مستقیم با میوه قرار نمی‌گیرد و امکان آلودگی میوه با نانو ذره وجود ندارد.

بنابراین هدف از انجام این تحقیق، افزایش طول مدت نگهداری و حفظ کیفیت توت فرنگی تحت تاثیر بسته‌بندی همزمان روش اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذرات نقره و همچنین بسته‌بندی با نانو ذرات نقره می‌باشد. نتایج تحقیق با بسته‌بندی توت فرنگی در شرایط معمولی مورد مقایسه قرار گرفت و بسته‌بندی‌ها در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، در سردخانه ای با رطوبت نسبی۹۵ ٪ در مدت ۱۶ روز نگهداری و مورد ارزیابی واقع شدند.

مواد و روش‌ها

- مواد

توت فرنگی رقم گاویوتا[1] از منطقه گلخانه‌ای هشتگرد در استان البرز جمع‌آوری گردید. پوشش بسته‌بندی از جنس پلی اتیلن سبک فیلم (LDPE) با ضخامت ۴۰ میکرون از شرکت تولیدی نایلون سپید تهیه شد. محلول کلوئیدی نانو نقره (اندازه ۳۵-۳۲ نانو نقره و غلظت ppm ۴۰۰۰) از شرکت نانو نصب پارس (تهران- ایران) خریداری شد. گازهای اکسیژن، نیتروژن و دی اکسید کربن از شرکت رهام گاز تهران- ایران تهیه گردید.

- روش

بسته‌بندی‌های توت‌فرنگی طوری طراحی شد که تاثیر دو نوع بسته‌بندی مختلف توت‌فرنگی (بسته‌بندی همزمان اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذرات نقره و بسته‌بندی با نانو ذرات نقره) در مقایسه با بسته‌بندی معمولی توت‌فرنگی مورد ارزیابی قرار گیرد. توت‌فرنگی بلافاصله پس از برداشت و در همان روز به سردخانه آزمایشگاه موسسه تحقیقات فنی مهندسی و کشاورزی کرج منتقل شد. نمونه‌ها بر اساس درجه رسیدگی، اندازه و رنگ مورد ارزیابی قرار گرفت و نمونه‌های نارس و آسیب دیده جدا شد. جهت هر نوع بسته‌بندی صد گرم میوه نسبتاً یکسان توسط ترازوی دیجیتالی College مدل B502 ساخت شرکت جادور کشور تایوان توزین شد.

- بسته‌بندی با نانو ذرات نقره

توت فرنگی درظروف یکبار مصرف متداول پلیمری قرار گرفت و سپس توسط پوشش‌هایی از جنس پلی اتیلن سبک فیلم (LDPE) با ضخامت ۴۰ میکرون بسته‌بندی شد. این نوع پلی‌اتیلن به لحاظ کریستانیتی کم از دانسیته پائین برخوردار است که همین امر باعث افزایش انعطاف‌پذیری آن می‌باشد. هچنین فیلم‌های ساخته شده از LDPE دارای خواص نوری خوب، نفوذ ناپذیری، بی‌بو و از نظر شیمیایی خنثی هستند. برای آماده‌سازی پدهای آغشته به نانو ذره نقره به این ترتیب عمل شد که، محلول نانو ذره نقره توسط آب مقطر تا غلظت ۴۰ppm رقیق شد. سپس مقدار ۱۰ سی سی محلول نانونقره به پدهایی با ابعاد ۲×۳ سانتی متر بوسیله سرنگ تزریق شد. این پدها در خارج از ظرف توت فرنگی قرار گرفتند و سپس ظرف مربوطه توسط فیلم LDPE پوشش داده شد و با دستگاه دوخت حرارتی دربندی شد.

- بسته‌بندی همزمان اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذرات نقره

روش کار بسته‌بندی توت فرنگی با اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره مطابق روش ذکرشده در بخش بسته‌بندی با نانو ذرات نقره است با این تفاوت که در این نوع بسته‌بندی پس از اعمال خلاء در بسته‌بندی، ترکیب گازی مورد نظر توسط نازلی به درون پاکت دمیده شده و سپس بسته با دستگاه دوخت حرارتی درزبندی می‌شود. ترکیب گازی موجود در بسته‌بندی‌های صد گرمی توت فرنگی، شامل ۱۰٪ اکسیژن (O_2)، ۱۵٪ دی اکسید کربن (CO_2) و ۷۵٪ نیتروژن (N_2) می‌باشد.

دستگاه کنترل اتمسفر مورد استفاده دراین تحقیق مربوط به آزمایشگاه موسسه تحقیقات فنی مهندسی و کشاورزی کرج می‌باشد. اجزا اصلی تشکیل‌دهنده دستگاه شامل: سیلندرهای گاز N_2، CO_2 و O_2، دستگاه اندازه‌گیری جریان حجمی گاز، دستگاه گاز مخلوط کن، واحد کنترل دما، واحد مرطوب‌سازی گاز اتمسفرهای ایجاد شده و محفظه گازدهی می‌باشد. به منظور ایجاد اتمسفرهای کنترل شده، سیلندرهای ۴۰ لیتری تحت فشار گاز دی اکسید کربن با فشار اولیه ۸/۵ مگاپاسکال و خلوص ۹۵/۹۹

[1] Gaviota

www.SID.ir

Archive of SID

درصد، نیتروژن و اکسیژن هرکدام با فشار ۱۵ مگاپاسکال و با خلوص ۹۹/۹۵ و ۹۹/۹۹ درصد از شرکت رهام گاز (تهران- ایران) خریداری گردید. گازها حاوی مقادیر بسیار جزئی از بخار آب (حدود ppm ۵۰) و گازهای بی‌اثری چون هلیم، نئون و آرگون بود. تنظیم فشار گاز با استفاده از مانومترهای دو مرحله‌ای انجام گردید. اندازه‌گیری میزان دبی خروجی ترکیبات گازی با استفاده از روتامتر صورت پذیرفت.

هر بسته‌بندی توت فرنگی برای مدت زمانی (۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶) روز تحت شرایط دمایی ثابت ۵ درجه سانتی گراد در سردخانه نگهداری شد. رطوبت نسبی ۹۵-۹۰٪ توسط رطوبت ساز صنعتی داخل سردخانه کنترل شد. آزمایشات مشروحه زیر به صورت منظم و با سه بار تکرار در طول زمان نگهداری بسته‌های توت فرنگی انجام شد.

- بررسی ویژگی‌های فیزیکی

- درصد افت وزن

برای اندازه گیری افت وزن، میوه‌های موجود در هر بسته هر چهار روز یک بار وزن شدند و نسبت به وزن اولیه مقایسه شدند. وزن هر میوه با ترازوی دیجیتالی College مدل B502 ساخت شرکت جادور کشور تایوان با دقت ۰/۱ گرم ثبت گردید . درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$W = \left[\frac{(M_1 - M_2)}{M_1}\right] \times 100 \qquad (۱)$$

به طوری که در رابطه فوق W درصد افت وزن، M_1 وزن اولیه بلافاصله پس از برداشت، M_2 وزن روز آزمایش می‌باشد.

- اندازه‌گیری سفتی بافت میوه

برای سنجش درجه سفتی بافت میوه، از دستگاه بافت سنج مدل Hounsfield–H5KS ساخت انگلستان با لودسل ۳۰۰ نیوتن استفاده شد. ابتدا میوه توسط کارد تیز از جهت طولی نصف گردید و برای تعیین بیشینه‌ی نیروی وارده بر سطح، با قرار دادن نوک میله‌ای به قطر ۳/۲ میلی‌متر و فرو رفتن آن با سرعت ۵ میلی متر در دقیقه به صورت کاملاً عمود بر سطح بافت توت فرنگی انجام گردید.

- اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی

از هر بسته، تعداد ده عدد توت فرنگی در هر تکرار برداشته، کاسبرگ‌های میوه جدا شده و با دستگاه آب‌میوه‌گیری آبگیری شد؛ آب میوه پس از صاف شدن با کاغذ صافی درون ارلن جمع‌آوری گردید. آب میوه صاف شده برای اندازه‌گیری‌های لازم در آزمایش‌های شیمیایی شامل سنجش مقدار مواد جامد محلول، اسیدیته و pH استفاده شد.

- سنجش مقدار کل مواد جامد محلول

درجه بریکس با دستگاه رفراکتومتر ATAGO مدل 20181MC با دامنه سنجش (32%) تعیین شد (حسینی، ۱۳۶۹).

- اندازه‌گیری pH

دستگاه pHمتر دیجیتالی مدل ۷۱۱۰ جهت تعیین pH عصاره خالص میوه (۲۰ میلی‌لیتر) مورد استفاده قرار گرفت (Feng *et al.*, 2000).

- اندازه‌گیری اسیدیته

میزان اسیدیته قابل تیتراسیون با استفاده از محلول سود ۰/۱ نرمال و با رابطه زیر محاسبه و بر حسب درصد اسید غالب گزارش شد (Feng *et al.*, 2000).

$$c = \frac{V \times N \times Meq}{W} \times 100 \qquad (۲)$$

به طوری که در رابطه فوق W وزن نمونه، V حجم سود مصرفی، c اسیدیته بر حسب اسید سیتریک برحسب گرم بر صد میلی لیتر، N نرمالیته سود و Meq اکی والان اسید غالب می باشد.

- اندازه‌گیری CO_2 و O_2 درون بسته‌بندی

تعیین غلظت گاز CO_2 و O_2 بصورت درصدی با استفاده از دستگاه گاز آنالیزور (مدل دیوآل تراک بادقت ±۰/۱ ساخت شرکت کوانتک، آمریکا) مبتنی بر بکارگیری سنسور مادون قرمز برای گاز CO_2 و سنسور الکتروشیمیایی برای گاز O_2 هر چهار روز یک بار به مدت جمعا ۱۶ روز مورد آزمون قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

- ارزیابی ویژگی‌های حسی

میوه های مناسب از هر رقم پس از انتخاب، شسته شده و در اختیار تعدادی آزمونگر آموزش دیده ثابت قرار گرفت و از آنها خواسته شد که با عمل دیدن، بوییدن و چشیدن و خوردن نمونه‌های ارائه شده نمره مورد نظر خود را در فرم‌های مخصوصی که از صفر تا ۱۰۰ به فواصل ۱۰ تایی درجه‌بندی شده بود در مورد هر یک از خصوصیات عطر، طعم، شیرینی، ترشی، بافت (کیفیت خوراکی)، آبدار بودن و قابلیت پذیرش کلی در فرم مورد نظر علامت بزنند. شاخص پذیرش کلی نمایانگر جمع بندی کلی آزمونگر از شاخص‌ها بوده و عدد ۰ بیانگر عدم رضایت آزمونگر و عدد ۱۰۰ رضایتمندی خیلی زیاد از رقم مورد آزمون بود.

- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی بر پایه آزمون به منظور بررسی تأثیر نانو نقره و اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو نقره در بسته‌بندی توت‌فرنگی برای افزایش ماندگاری و حفظ خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی اعمال شد. آنالیز واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزار آماری (9.2) SAS (شرکت SAS Institute ساخت کشور آمریکا) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن با سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

یافته‌ها

نتایج آماری و آزمایشگاهی بررسی اثر دو نوع مختلف بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذره نقره و بسته‌بندی معمولی به همراه نانو ذره نقره بر روی خصوصیات و شاخص‌های کیفی میوه توت فرنگی در طول مدت نگهداری گزارش شده است. اثر این دو نوع بسته‌بندی در دمای نگهداری ۵ درجه سانتی‌گراد و زمان‌های ۴، ۸ ، ۱۲ و ۱۶ روز بر روی خصوصیات کیفی توت فرنگی مورد تحلیل قرار گرفته است.

نتایج تحلیل واریانس جهت تاثیر دو نوع بسته‌بندی توت فرنگی بر روی میزان افت وزن توت فرنگی نشان داد که از نظر تمامی صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج تحلیل واریانس بر روی سفتی بافت توت‌فرنگی حاکی از آن است که از نظر صفات زمان، نانو نقره و اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج تحلیل واریانس جهت تاثیر دو نوع مختلف بسته‌بندی (اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره) و (بسته‌بندی معمولی همراه با نانو ذرات نقره) بر روی pH، اسیدیته و مواد جامد محلول توت فرنگی نشان داد که از نظر صفات زمان انبارمانی، نانو نقره، اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو اختلاف معنی داری در سطح احتمال($P\leq$ ۰/۰۵) مشاهده شد.

نتایج همچنین حاکی از آن است که از نظر صفات اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ($P\leq$ ۰/۰۵) مشاهده نشد ولی از نظر صفات نانو نقره و زمان انبارمانی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ($P\leq$ ۰/۰۵) مشاهده شد.

نتایج تاثیر دو نوع بسته‌بندی توت فرنگی بر روی ارزیابی حسی توت فرنگی حاکی از آن است که از نظر صفات زمان انبارمانی، بسته‌بندی نانو نقره و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

نتایج تحلیل واریانس جهت تاثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره بر روی CO_2 و O_2 نشان می‌دهد که از نظر صفات زمان انبارمانی اختلاف معنی‌داری با سطح احتمال ۱٪ وجود دارد و بین نمونه‌های تیمار شده اختلاف معنی‌داری از لحاظ میزان مصرف اکسیژن و دی اکسید کربن وجود ندارد.

نتایج داده های آزمایشگاهی جهت تاثیر دو نوع مختلف بسته‌بندی (اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره و بسته‌بندی معمولی همراه با نانو ذرات نقره) بر مقادیر pH، اسیدیته و مواد جامد محلول توت‌فرنگی به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

مطابق شکل ۲ بیشترین میزان pH مربوط به کاربرد توام نانو ذرات نقره با اتمسفر اصلاح شده در روز ۱۶ و نیز کمترین مربوط به نمونه شاهد در روز اول انبارمانی می‌باشد. بیشترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه شاهد در روز اول انبارمانی و نیز کمترین میزان آن مربوط به کاربرد نانو ذره و نیز اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو نقره در روز ۱۶ است (شکل ۳). همچنین میزان pH و اسیدیته در کاربرد نانو به تنهایی نسبت به کاربرد توام نانو به همراه اتمسفر اصلاح شده بیشتر است. اثر متقابل بسته‌بندی نانو

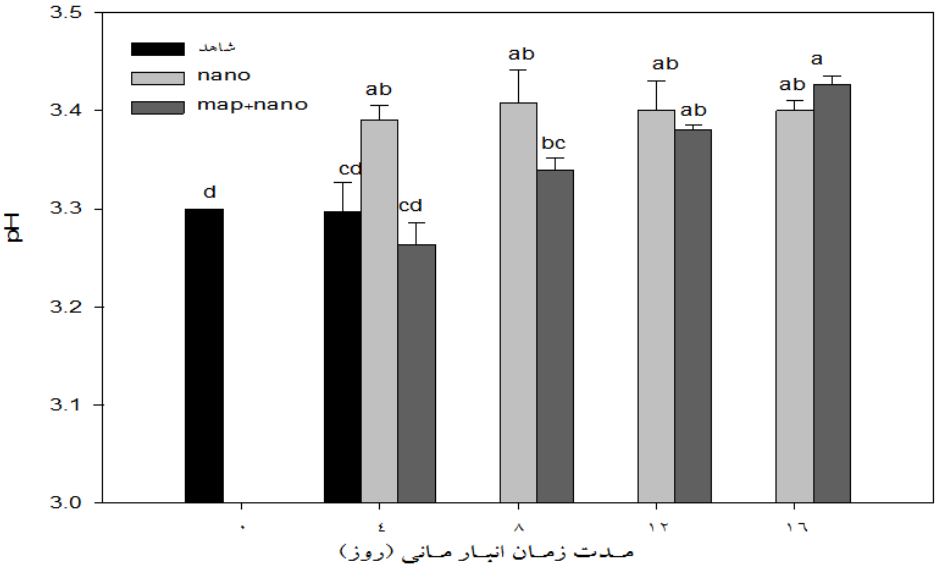
www.SID.ir

Archive of SID

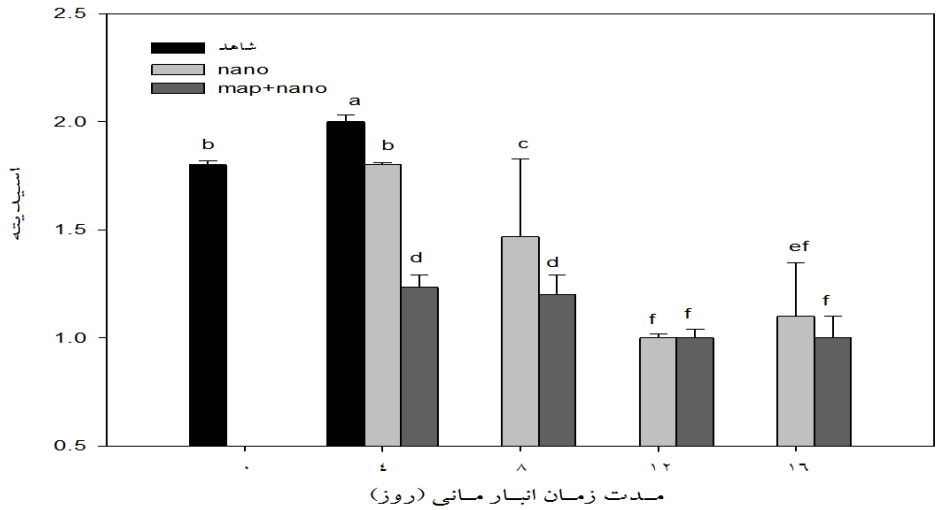
نقره و نیز نانو نقره همراه با اتمسفر اصلاح شده طی مدت زمان انبارمانی بر روی سطح مواد جامد محلول نشان می‌دهد که کاربرد توام نانوذرات نقره با اتمسفر اصلاح شده در طی دوره انبارمانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی کاربرد نانو نقره به تنهایی طی دوره انبارمانی روند کاهشی مواد جامد محلول را تا روز دوازدهم نشان داد (شکل ۴). همچنین بررسی‌ها نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد محلول مربوط به استفاده توام نانو با اتمسفر اصلاح شده است. مقایسه میانگین اثر تیمار نانو نقره و اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو نقره بر روی میزان مواد جامد محلول آشکار کرد میزان مواد جامد محلول در کاربرد اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو نقره نسبت به کاربرد نانو نقره به تنهایی بیشتر است.

- اندازه‌گیری CO_2 و O_2 درون بسته

اثر زمان انبارمانی بر میزان CO_2 و O_2 در بسته بندی اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است. مقایسه میانگین اثر زمان انبارمانی در درصد CO_2 و O_2 نشان داد روند مصرف O_2 طی دوره انبارمانی در حال افزایش است در حالیکه میزان اکسیژن در بسته بندی اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره در حال کاهش و میزان CO_2 درحال افزایش است (شکل‌های ۵ و ۶).



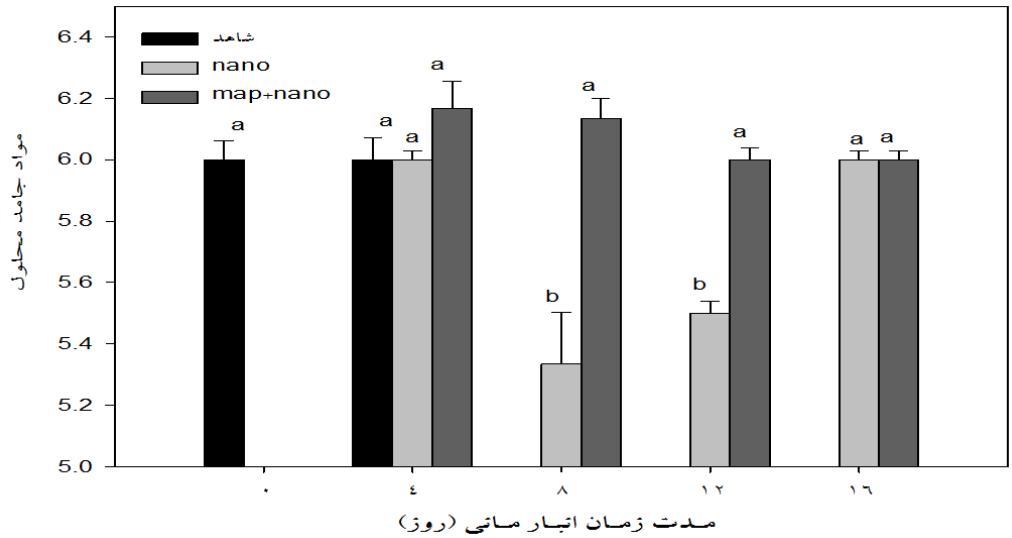
شکل۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل نانو نقره و نانو همراه اتمسفر اصلاح شده بر pH



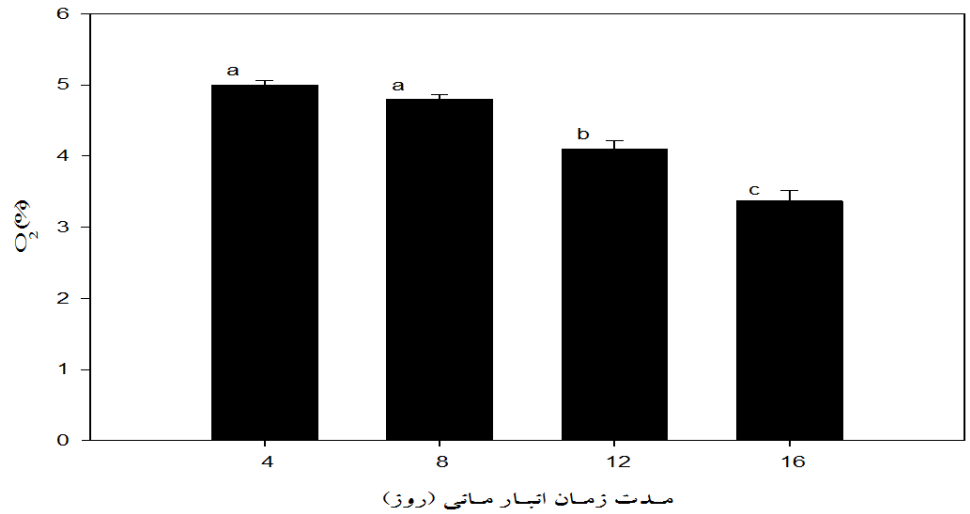
شکل۳ - مقایسه میانگین اثرات متقابل نانو نقره و نانو همراه اتمسفر اصلاح شده بر اسیدیته

www.SID.ir

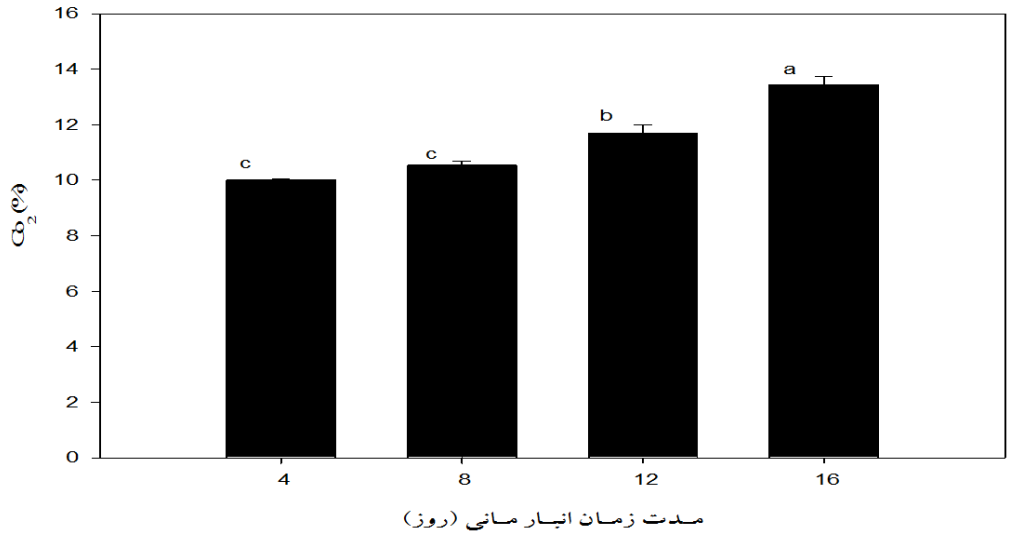
Archive of SID



شکل٤ – مقایسه میانگین اثرات متقابل زمان در نانو نقره و اتمسفراصلاح شده همراه با نانو بر روی مواد جامد محلول



شکل ٥ – مقایسه میانگین اثر زمان انبارداری در درصد O_2



شکل ٦ – مقایسه میانگین اثر زمان انبارمانی در درصد CO_2

www.SID.ir

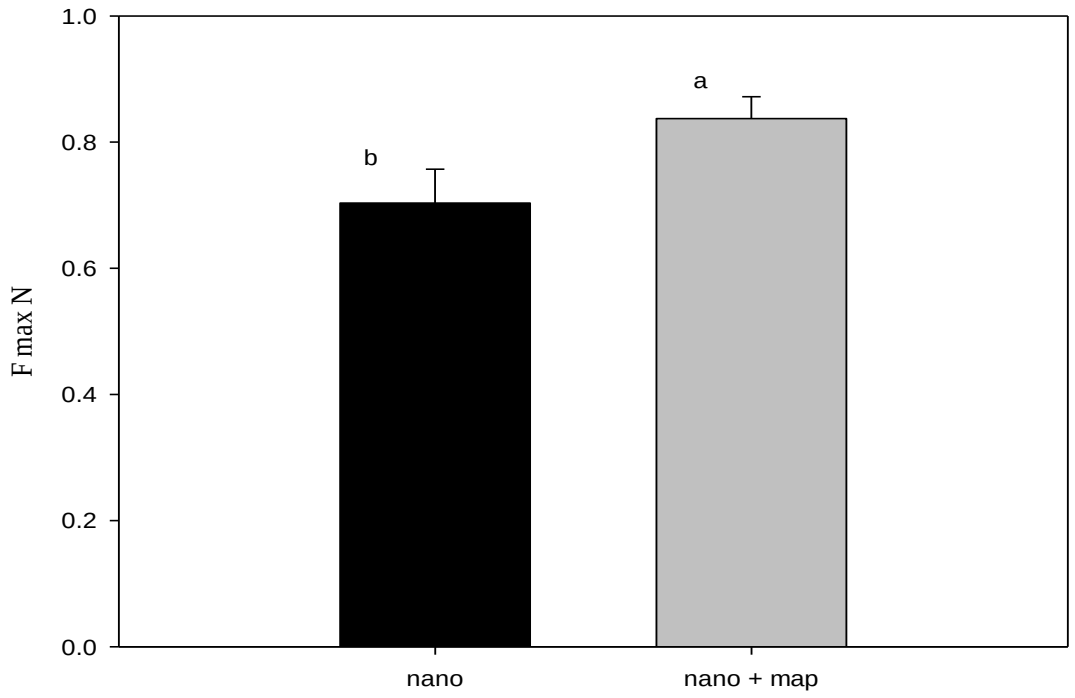
Archive of SID

نتایج داده‌های آزمایشگاهی جهت تاثیر دو نوع مختلف بسته بر مقایسه میانگین میزان بیشینه نیروی وارد شده بر بافت (F_{max}) در شکل ۷ نشان داده شده است. مقایسه میانگین اثر تیمارها بر روی میزان بیشینه نیروی وارد شده بر بافت نشان داد که میزان سفتی بافت درکاربرد توام اتمسفراصلاح شده با نانو نقره نسبت به کاربرد نانو نقره به تنهایی بیشتر است و همچنین سفتی بافت در هر دو نوع بسته بندی توت فرنگی بیشتر از میزان شاهد است.

بحث

- افت وزن توت فرنگی

نتایج آماری گزارش شده حاکی از آن است که اختلاف معنی‌داری در وزن نمونه‌ها در طی زمان انبارمانی و همچنین بین شاهد و تیمارها مشاهده نشد، این نتایج می‌تواند نشان دهنده آن باشد که استفاده از تیمارهای اعمال شده باعث افت وزن در طی زمان نگهداری نمی‌شود. اگرچه نمونه شاهد در روز هشتم به دلیل پوسیدگی قابل بررسی و ارزیابی نبود. علت افت وزن توت فرنگی در طول نگهداری می‌توان این طور بیان کرد که میوه ها پس از برداشت تنفس می‌کنند. یعنی اکسیژن هوا را جذب و دی اکسید کربن دفع می‌کند و اکسیژن جذب شده قندهای داخل میوه را به اسیدها، الکل‌ها و غیره تبدیل کرده و باعث ترش شدن و خرابی میوه‌ها و در نتیجه افت وزن آنها می‌شود (Spigno *et al.*, 2007). تنفس میوه‌ها و سبزیجات تازه را می‌توان با استفاده ازیک بسته‌بندی مناسب همچون اتمسفر اصلاح شده، در حد متعارف کاهش داده به طوری که میوه با حفظ ترکیبات اولیه همچنان شاداب باقی بماند و افت وزن نداشته باشد (Glendenning, 2010). همچنین وجود نانو ذرات نقره که مانعی در برابر اکسیژن و رطوبت می‌باشد باعث کاهش شدت تنفس میوه وسبزیجات میگردد. نتایج این تحقیق با مطالعات سایر محققین در خصوص اثر نانو ذره نقره روی کاهش وزن شاخه‌های مارچوبه مطابقت دارد (An *et al.*, 2008).



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر روی میزان بیشینه نیروی وارد شده بر بافت

www.SID.ir

Archive of SID

- ارزیابی pH، اسیدیته و مواد جامد محلول توت‌فرنگی

بررسی نتایج تغییرات pH و اسیدیته در بسته‌بندی‌های توت فرنگی طبق اشکال ۲ و ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان pH مربوط به کاربرد نانو نقره همراه با اتمسفر اصلاح شده و کمترین آن مربوط به نمونه شاهد می‌باشد. بیشترین میزان اسیدیته مربوط به بسته بندی‌های شاهد در روز اول انبارمانی و نیز کمترین میزان آن مربوط به کاربرد بسته‌بندی‌های نانو ذرات نقره و نیز اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره در روز ۱۶ است. اگرچه میزان اسیدیته در کاربرد نانو به تنهایی نسبت به کاربرد توام نانونقره به همراه اتمسفر اصلاح شده بیشتر است. افزایش رطوبت (حفظ رطوبت) سبب کاهش اختلاف بخار آب بین محصول و بسته‌بندی شده در نتیجه سبب کاهش تنفس و به دنبال آن سبب کاهش تجزیه ی قند میوه به اسید و جلوگیری از کاهش pH می‌شود (شیخ الاسلامی،۱۳۸۴). عموماً هر چه مقدار اسیدیته میوه کمتر باشد pH آن بالاتر است و از آنجا که یکی از مواد اولیه مورد مصرف در تنفس، اسیدهای آلی می‌باشد با توجه به کاهش اسیدیته و افزایش pH در طول نگهداری در سردخانه، به نظر می‌رسد این تغییرات به دلیل مصرف اسیدهای آلی در سوخت و ساز میوه یا تبدیل آن‌ها به قند باشد (شیخ الاسلامی،۱۳۸۴). اسیدیته قابل تیتر و ظهور اسیدهای آلی بطور غالب و به تدریج طی رسیدن میوه کاهش می‌یابد، اما pH میوه معمولاً طی رسیدن در محدوده ۳/۵ باقی می‌ماند. البته باید در نظر داشت که سطوح قندها و اسیدهای میوه هنگام رسیدن، بسته به ارقام و شرایط نمو تغییر می‌کند (خلدبرین و اسلام زاده،۱۳۸۰).

بررسی نتایج تغییرات مواد جامد محلول در تیمارهای توت فرنگی نشان داد که میزان مواد جامد محلول در کاربرد اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره نسبت به کاربرد نانو نقره به تنهایی بیشتر است. بسیاری از پژوهشگران به افزایش درصد مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی اشاره نموده‌اند (Kvikliene *et al.*, 2006; Cocci *et al.*, 2006). ولی در بررسی‌های برخی دیگر از جمله ناصری و همکاران(۱۳۸۰)، کاهش مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی رخ داده است، به طور نمونه در تحقیقی Cocci و همکاران (۲۰۰۶) فعالیت آنتی اکسیدان و تغییرات اسیدیته و مواد جامد محلول سیب بسته‌بندی شده با اتمسفراصلاح شده را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق نیز مواد جامد در ابتدا روندی صعودی داشته و سپس مقداری افت کرده است. تغییرات مواد جامد محلول به دلیل تنفس سلولی و تبدیل دی ساکاریدها به مونو ساکاریدها در ابتدا روند افزایشی داشته است همچنین با گذشت زمان احتمال مصرف مونوساکاریدها، در اثر تنفس افزایش پیدا می‌کند و تغییرات مواد جامد محلول روند کاهشی پیدا کرده است (Kvikliene *et al.*, 2006). کاربرد نانو ذرات نقره در بسته‌بندی توت فرنگی با اصلاح اتمسفر داخلی میوه همانند بسته بندی اتمسفر اصلاح شده عمل می‌کند که بر شدت تنفس و فرآیند رسیدگی میوه تاثیر گذار است. از طرفی نانو ذره نقره باتوجه به ویژگی‌های ساختاری آن مانند سدی در برابر اکسیژن ورطوبت می‌تواند به مقدار زیادی اوج تنفسی را از بین ببرد که این موضوع از نظر نگهداری پس از برداشت توت فرنگی اهمیت دارد (Chaudhry, 2010).

- ارزیابی CO_2 و O_2

بررسی نتایج تغییرات CO_2 و O_2 در تیمارهای توت فرنگی نشان داد که میزان O_2 در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده در حال کاهش و نیز میزان CO_2 درحال افزایش است. این تغییرات در اثر تنفس توت فرنگی است که با افزایش تنفس توت فرنگی، میزان CO_2 افزایش می‌یابد. Abeles و همکاران (۱۹۹۲) نشان دادند کاهش CO_2 و افزایش O_2 باعث کاهش تولید اتیلن و همچنین کاهش میزان رسیدگی و پیری می‌گردد. Diaz-Mula و همکاران (۲۰۱۱) اثر بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده را بر کیفیت آلو مورد بررسی قرار دادند که غلظت بالای CO_2 و کاهش غلظت O_2 اثر مستقیمی بر آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی داشته و عملکرد آنها را کند نموده است.

- ارزیابی سفتی بافت

بررسی نتایج تغییرات سفتی بافت در بسته‌بندی‌های توت‌فرنگی نشان داد که بیشترین سفتی بافت در بسته‌بندی‌های توت فرنگی با اتمسفراصلاح شده همراه با نانو نقره می‌باشد و کمترین سفتی بافت مربوط به نمونه‌های شاهد است. در طول نگهداری میوه‌ها، بافت آنها

www.SID.ir

Archive of SID

دچار آسیب دیدگی می‌شود. کاهش سفتی و استحکام بافت می‌تواند به علت فعالیت آنزیمی و تخریب دیواره سلول باشد. بسته‌بندی همزمان اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذرات نقره از دو جنبه در افزایش سفتی بافت میوه تاثیر گذار است: الف) استفاده از مخلوط گازها با ترکیبی مختلف از هوای معمولی یا ایجاد اتمسفر اصلاح شده در بسته‌بندی باعث کاهش تنفس میوه و در نتیجه کاهش فعالیت آنزیمی می‌گردد (Cocci *et al.*, 2006). ایجاد شرایط اتمسفر اصلاح شده در داخل بسته‌بندی، رسیدگی میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد و بافت و سفتی میوه حفظ خواهد شد. ب) محققان نشان داده‌اند که وجود نانو ذرات نقره در بسته بندی باعث بهبود خواص بازدارندگی در برابر اکسیژن و دی‌اکسید کربن می‌شوند که باعث کاهش تنفس و تاخیر در رسیدگی می‌شود (Chaudhry, 2010).

- ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های توت فرنگی بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده همراه با نانونقره و بسته‌بندی معمولی با نانو ذرات نقره در انتهای دوره انبارمانی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در ارزیابی حسی نمونه‌ها در طی زمان انبارمانی و همچنین بین شاهد و تیمارها مشاهده نشد. این نتایج می تواند نشان دهنده آن باشدکه استفاده از تیمارهای اعمال شده باعث تغییر در عطر، طعم، بافت و رنگ توت فرنگی نمی‌شود و درآخر پذیرش کلی نمونه‌های توت فرنگی در طی دوره انبارمانی می شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تاثیر دو نوع مختلف بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذرات نقره و همچنین بسته بندی با نانو ذرات نقره با هدف افزایش طول مدت نگهداری و حفظ کیفیت توت فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق با بسته بندی توت فرنگی در شرایط معمولی مورد مقایسه قرار گرفت. این تحقیق مشخص نمود که می‌توان با اندازه‌گیری خصوصیات ظاهری و شیمیایی میوه‌های نگهداری شده توسط بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده به همراه نانو ذرات نقره و همچنین بسته‌بندی با نانو ذرات نقره در مقایسه با شاهد به اختلاف‌های موجود در طی دوره انبارمانی پی‌برد. این پژوهش امکان افزایش زمان ماندگاری توت فرنگی را در سردخانه با استفاده از بسته بندی‌های اعمال شده، برای مصارف گوناگون تازه خوری و صنایع مختلف فرآوری را فراهم می‌سازد. نتایج نشان داد که خصوصیات ظاهری و کیفی توت فرنگی در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده همراه با نانو ذرات نقره در طول مدت نگهداری در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته است به طوری که باعث حفظ وزن، سفتی بافت، شادابی و رنگ میوه گردیده است. همچنین طول مدت ماندگاری توت‌فرنگی از چهار روز به شانزده روز افزایش یافت. به هدف انجام تحقیقات بیشتر در آینده پیشنهاد میشود تاثیر و توانایی این نوع بسته بندی و نانو ذرات نقره در تعیین و اندازه‌گیری تغییرات میکروبی توت فرنگی و همچنین سایر مواد غذایی با ارزشی همچون قارچ و میگو نیز مورد ارزیابی و مطالعه قرار گیرد.

منابع

حسینی، ز. (۱۳۶۹). روشهای متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز.

شیخ الاسلامی، ز. (۱۳۸۴). اثر زمان برداشت و مدت زمان انبارمانی بر خواص کمی و کیفی زردآلو. مجله تحقیقات مهندسی.

خلد برین، ب. و اسلامزاده، ط. (۱۳۸۰). تغذیه معدنی گیاهان عالی، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.

عشقی، ف. هاشمی محمدی، ع.، بدیعی، ف.، محمد حسینی، ز. و احمدی صومعه، ک. (۱۳۹۲). بررسی فعالیت ضد باکتریایی پوشش‌های بسته بندی نانو نقره در افزایش زمان ماندگاری.ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.

Abeles, F. B., Morgan, P. W. & Saltveit, M. E. (1992). Ethylene in Plant Biology.2 ed. Academic Press, New York.

An, J., Zhang, M., Wang, S. & Tang, J. (2008).“Physical,Chemical,Microbiological Changes in Stored Green Asparagus Spears as Affected by Coating of Silver Nanoparticles-LWT,41,1000-1007.

www.SID.ir

Archive of SID

Diaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Guillén, F., Valverde, J. M., Valero, D. & Serrano, M. (2011). Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 2. Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. Postharvest Biology and Technology, 61(2), 110-116.

Brody, A. L. (1989). Controlled/ modified atmosphere/vacuum packaging of food. F&N press. CT.

Barkai Golan, R. (1990). Postharvest disease suppression by atmospheric modification, in food preservation by modified atmospheres. (Eds. M. Calderon & R. Barkai-Golan), CRC press, Boca Raton, FL, 238-265.

Bartolomeu, G. S., Medeiros, A., Pinheiro, C., Maria, G., Carneiro-da-Cunha, A. & Vicente, A. (2012), Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectin and chitosan – Evaluation of its gas barrier properties and application on 'Tommy Atkins' mangoes. Journal of Food Engineering, 110, 457–464.

Benítez, S., Achaerandio, I., Sepulcre, F. & Pujolà, M. (2013). Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. Postharvest Biology and Technology, 81, 29–36.

Chaudhry, Q., Castle, L. & Watkins R. (2010). Nanotechnologies in Food. Royal Society of Chemistry. London, 69–85.

Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S. & Dalla Rosa, M. (2006). Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. Postharvest Biology and Technology, 39, 265–271.

Damm, C., Münstedt, H. & Rösch, A. (2008). The antimicrobial efficacy of polyamide 6/silver-nano-and microcomposites. Materials Chemistry and Physics, 108(1), 61-66.

Azeredo, D. & Henriette, M. C. (2009). Nanocomposites for food packaging applications. Food Research International, 42 (9), 1240-1253.

Diaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Guillén, F. N., Valverde, J. M., Valero, D. & Serrano, M. (2011). Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 2. Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. Postharvest Biology and Technology, 61(2), 110-116.

Feng, Q. L., Wu, J., Chen, G. Q., Cui, F. Z., Kim, T. N. & Kim, J. (2000). A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and staphylococcus aureus. Journal of Biomedical Materials Research,14, 124-125.

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B. & Battino, M. (2012). The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60 (9), 2322-2327.

Kvikliene, N., Kviklys, D. K. & Viskelis, P. (2006). Changes in fruit quality during ripening and storage in the apple cultivar Auksis. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14, 195-203.

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.

Martinez, D., Guillen, S., Castillo, S., Valero, D. & Serrano, M. (2003). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. Journal of Food Science, 68, 1838-1843.

Pretel, M. & Souty, M. (2000). Use of passive and active modified atmosphere packaging to prolong the postharvest life of three varieties of apricot (*Prunus armeniaca* L.). European Food Research International, 211,191-198.

Hu, Q., Yong, F., Yanting, Y., Ning, M. A. & Liyan, Z. (2011). Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during cold storage. Food Research International, 44, 1589-1596.

Graü, R. & María, A. (2007). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. Postharvest Biology and Technology, 45 (2), 254-264.

Skog, S. & Smith, P. (2003). On-farm Modified atmosphere packaging of sweet cherries. Acta Horticulture, 628, 415-422.

Tian, S. & Jiang, A. (2004). Response of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. Food Chemistry, 87, 43-49.

Watkins, C. B. (2006). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Journal of Biotechnology Advances, 24, 389-409.

Yang, F. M., Li, H. M., Li, F., Xin, Z. H., Zhao, L. Y., Zheng, Y. H. & Hu, Q. H. (2010). Effect of nano-packing on preservation quality

www.SID.ir

Archive of SID

of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv *Fengxiang*) during storage at 4 degrees C. Journal of Food Science, 75(3), 236-240.

www.SID.ir