

## تأثیر مواد بسته بندی محتوی نانو ذرات نقره و سیلیکات رس بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت میوه گیلاس رقم سیاه مشهد

خه بات زندی ناوگران<sup>۱</sup>، لطفعلی ناصری<sup>۲\*</sup> و محسن اسمعیلی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۴

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه

<sup>۳</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه

\*مسئول مکاتبه: E-mail: lotfalinaseri@yahoo.com

### چکیده

بسته‌بندی یکی از فاکتورهای مهم در تعیین عمر انباری مواد غذایی است و فناوری نانو می‌تواند با بهبود کیفیت مواد بسته بندی این دوره را افزایش دهد. در این مطالعه، تأثیر مواد بسته‌بندی محتوی نانو ذرات نقره و نانوسیلیکات رس بر شاخص‌های کیفی پس از برداشت و عمر مفید میوه‌های گیلاس (*Prunus avium*) رقم سیاه مشهد پس از ۴۵ روز نگهداری در دمای  $1 \pm 1^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی  $90 \pm 2\%$  درصد مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور مقدار آنتی‌اکسیدان، بازارپسندی، اسیدیته‌کل، فنول‌کل، ویتامین‌ث، پوسیدگی، شاخص قهوه‌ای شدن دم، pH و مواد جامد محلول میوه در مدت نگهداری ارزیابی شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که بسته‌های محتوی نانوذرات نقره بر پایه پلی‌اتیلن نسبت به ظروف پلی‌اتیلن معمولی به طور معنی‌داری باعث حفظ مقدار آنتی‌اکسیدان‌ها شد. همچنین بسته‌های محتوی نانو ذرات نقره و سیلیکات رس بطور موثری باعث حفظ ویتامین ث، فنل کل و بازارپسندی گردید.

**واژگان کلیدی:** بسته‌بندی، عمر انباری، گیلاس، نانو ذرات نقره، نانو سیلیکات رس

## مقدمه

افزایش عمر ماندگاری مواد غذایی همراه با نظارت بر ایمنی و کیفیت آنها مطابق استانداردهای بین‌المللی نیازمند بسته‌بندی است (سیلو ستره و دوراکیو ۲۰۱۱). میوه گیلاس بعد از برداشت به سرعت فاسد شده و در برخی موارد با کیفیت بسیار پایین بدست مصرف‌کننده می‌رسد. دلایل اصلی افت کیفیت گیلاس کاهش وزن، تغییرات رنگ، نرمی، چروکیدگی سطحی، قهوه‌ای شدن و کاهش اسیدیته میوه است (مارتینز و همکاران ۲۰۰۵). این میوه دارای مقادیر قابل توجهی ویتامین ث و ترکیبات فنلی است که در بدن انسان نقش آنتی‌اکسیدانی دارند. در ارتباط با افزایش طول عمر ماندگاری مواد غذایی، فناوری نانو در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی راه‌های کاربردی پیش روی بشر قرار داده است. از آنجا که نسبت بالای سطح به حجم ذرات کروی با شعاع آنها رابطه عکس دارد، با کاهش ابعاد ذرات در حد نانومتر، فعالیت سطحی مواد افزایش چشمگیری یافته و سرعت واکنش این مواد با محیط اطراف به دلیل ازدیاد سایت‌های فعال سطحی بیشتر می‌شود (دام و همکاران ۲۰۰۶). درمقیاس نانو خصوصیات ذاتی از قبیل رنگ، استحکام مکانیکی، مقاومت در مقابل حرارت، نفوذ گازها، رطوبت، امواج و... بهبود می‌یابد. پلاستیک‌ها به طور وسیع در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند. با این وجود استفاده از آنها به دلیل عدم توانایی آنها در جلوگیری از عبور اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، آب و ترکیبات آبدار معطر، محدودیتهایی دارد. استفاده از نانوذرات در پلاستیک‌ها می‌تواند سبب بهبود خاصیت نفوذ ناپذیری مواد بسته‌بندی گردد (لاگارون ۲۰۰۶). به عنوان مثال مواد بسته‌بندی حاوی نانوذرات رس دارای مزایایی از قبیل ویژگی‌های مکانیکی، حرارتی و ممانعت‌کنندگی بهتری می‌باشند (ری و همکاران ۲۰۰۶). این نانوذرات سبب جلوگیری از عبور اکسیژن، دی‌اکسید کربن و رطوبت گردیده، همچنین موجب شفافیت بسته می‌شوند (برودی ۲۰۰۶).

نقره ذاتاً خاصیت آنتی‌باکتریال، ضد کپک و ضد قارچی دارد. با استفاده از این ظروف در مقایسه با ظروف معمولی، میزان رشد باکتری‌ها در ۲۴ ساعت اولیه ۹۸ درصد کاهش یافته است (جهانشاهی ۱۳۸۶). نتایج بررسی دل‌نابیل و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که کاربرد بسته‌بندی با پوشش زئولیت نقره (متوسط قطر ۵۰ نانومتر) در مورد آب سیب تلقیح شده با باکتری *Alicyclobacillus cidoterrestris* (میکروارگانیزم شاخص در نوشیدنی‌های اسیدی)، منجر به ممانعت یا کاهش رشد آن گردید. با استفاده از پلاستیک پلی‌اتیلنی محتوی ۰/۱ تا ۰/۸ درصد وزنی نانو ذرات نقره می‌توان زمان ماندگاری سبزیجات با رنگ سبز تیره (مانند پیازچه، اسفناج و گشنیز) را که به سرعت فاسد می‌شوند، یک هفته تا یک ماه بیشتر از بسته‌های زیپ‌دار معمولی افزایش داد (چنگ و چو ۲۰۰۷). گزارش شده است که فیلم‌های پلی‌اتیلنی با چگالی پایین (LDPE) حاوی نانو ذرات نقره شمار باکتری‌های انتخابی و کپک و مخمر را کاهش می‌دهد (برودی ۲۰۰۸). دوگولاس و همکاران (۲۰۱۰) گزارش داده‌اند که یک نوع کیسه پلاستیکی غنی از نانو ذرات سیلیکات تولید شده است که از محصولات موجود در بازار سبک‌تر و محکم‌تر بوده و مقاومت بیشتری در برابر گرما از خود نشان می‌دهد. این پلاستیک‌ها قادرند از خشک شدن مواد جلوگیری کرده و آنها را در مقابل رطوبت و اکسیژن محافظت نمایند (دوگولاس و همکاران ۲۰۱۰). یک نوع نانو کامپوزیت با پوشش نانو ذرات نقره بر روی پودر اکسید منیزیوم ساخته شده که فعالیت‌های ضد میکروبی بر علیه استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی نشان داده است (طیبی و زرکش ۲۰۰۸). همچنین بسته‌های پلی‌اتیلنی محتوی نانو ذرات نقره در مقایسه با بسته‌های معمولی اثر مفیدی بر خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی عنب چینی نشان داده است (لی و همکاران ۲۰۰۹). تحقیقات نشان داده است که مواد بسته‌بندی نانو کامپوزیت محتوی نانو ذرات نقره به طور چشمگیری

میوه‌های گیلاس در ۴ ترکیب مختلف ظروف نانو نقره و نانو سیلیکات رس و ظروف پلی اتیلن معمولی به عنوان نمونه شاهد قرار داده شد و به سردخانه (دمای  $1 \pm 1$  درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی  $90 \pm 2$  درصد) انتقال یافتند. چهار نوع ظروف نانوکمپوزیتی شامل پلی اتیلن حاوی نانو سیلیکات  $ANSC-PE_4$ ، پلی پروپیلن حاوی نانو سیلیکات  $ANSC-PP_2$ ، پلی اتیلن حاوی نانو نقره  $ANSP-PE$ ، پلی پروپیلن حاوی نانو نقره  $ANSP-PP_1$  و ظرف بسته بندی از جنس پلی اتیلن معمولی نیز به عنوان شاهد استفاده گردید. در تولید ظروف جنس  $ANSP-PE$  و  $ANSP-PP_1$  با قابلیت آنتی باکتریالی با استفاده از نانو سیلور کلوییدی از طریق آغشته سازی و خشک کردن و سپس تزریق بدست آمده بودند. به خاطر محدودیت قانون سازمان غذا و داروی امریکا (FDA) که نانو سیلور از لحاظ مصرف و میزان رهایش محدود شده است که در حالت کوتاه مدت حداکثر میزان مجاز آن  $100 \text{ pbb}$  و در حالت بلند مدت  $1420 \text{ pbb}$  می باشد، نانو پلیمر سیلیکاتی ( $ANSC-PE_4$  و  $ANSC-PP_2$ ) که در برابر عبور اکسیژن و آب نفوذ ناپذیر است طراحی و تولید شده است که متعلق به شرکت نانو بسپار آیتک تهران بود (تصویر ۱).

میزان سرعت پوسیدگی را در میوه توت فرنگی کاهش می دهد (یانگ و همکاران ۲۰۱۰). کیو هیو و همکاران (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که بسته های پلی اتیلنی محتوی نانوذرات نقره باعث کاهش میزان پوسیدگی و حفظ کیفیت در میوه کیوی می شود.

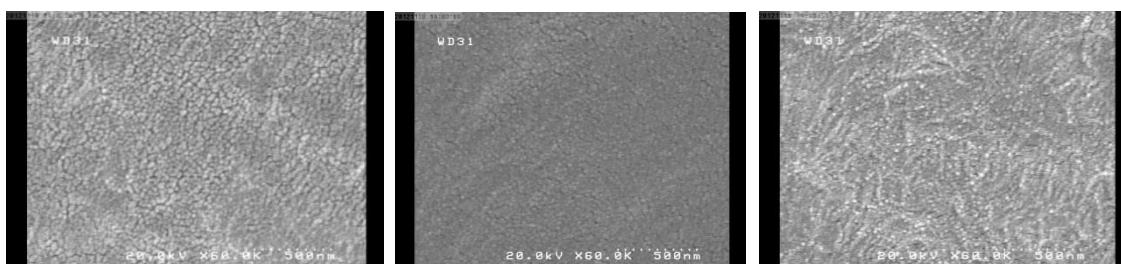
تاکنون تاثیر بسته بندی نانو نقره و سیلیکات رس بر روی میوه گیلاس بررسی نشده است. از این رو هدف این مطالعه بررسی تاثیر بسته های پلی اتیلنی حاوی نانو ذرات نقره و سیلیکات رس بر روی خواص کیفی و عمر انبارمانی میوه گیلاس رقم سیاه مشهد می باشد.

## مواد و روش ها

### مواد گیاهی

در این تحقیق میوه گیلاس رقم سیاه مشهد استفاده شد. بدین منظور میوه در مرحله رسیدن تجاری در باغی نزدیکی شهرستان ارومیه برداشت شده و در کمترین زمان ممکن به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه انتقال و تا زمان تیمار کردن در دمای  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  نگهداری شد. میوه های سالم و یکنواخت برای آزمایش انتخاب گردید.

### مواد نانو کمپوزیت



ج

ب

الف

تصویر ۱- تصویر میکروسکپ الکترونی (SEM) فیلم های نانوکمپوزیتی پلی اتیلن و پلی پروپیلن حاوی، الف) نانو کمپوزیت نقره، ب) پلی اتیلن معمولی، ج) نانو کمپوزیت سیلیکات

## آماده سازی نمونه جهت اندازه گیری آنتی اکسیدان

## نحوه تهیه بافر فسفات

۱۷/۹ گرم فسفات سدیم<sup>۱</sup> و ۷/۸ گرم فسفات دی‌هیدروژن سدیم<sup>۲</sup> داخل آب حل شد و ۲ گرم پلی وینیل پیرولیدون نیز به آن اضافه و به حجم یک لیتر رسانیده شد در نهایت pH محلول در ۷/۲ تنظیم گردید (بنزی و ستراین ۱۹۹۶).

## نحوه تهیه عصاره میوه

بعد از تهیه آب میوه با دستگاه آب میوه گیری (با حفظ زنجیره سرما) به ۲/۵ میلی لیتر آب میوه ۶ میلی لیتر بافر فسفات اضافه شد. سپس بعد از انتقال به لوله‌های آزمایش عمل سانتریفوژ انجام گردید و از محلول شفاف برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی کل استفاده شد. برای تعیین میزان آنتی‌اکسیدان کل از روش فرپ (FRAP) استفاده شد. به منظور تهیه محلول استوک ۳/۱ گرم استات سدیم<sup>۳</sup> و ۱۶ میلی لیتر اسیداستیک گلاسیال در یک لیتر آب مقطر حل شد و pH محلول در حدود ۳/۶ تنظیم شد (بافر استات) سپس ۳۱ میلی گرم TPTZ<sup>۴</sup> در ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۴۰ میلی مولار حل شد و به منظور تهیه محلول ۲۰ میلی مولار کلرید آهن<sup>۵</sup>، ۵/۴۱ گرم کلرید آهن در یک لیتر آب مقطر حل گردید. برای تهیه محلول استاندارد از سولفات آهن<sup>۶</sup> استفاده شد که ۰/۲۷۸ گرم سولفات آهن در یک لیتر آب مقطر حل شد و در نهایت محلول‌های استاندارد ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار بر لیتر تهیه گردید.

محلول نهایی FRAP با مخلوط کردن ۲۵ میلی لیتر بافر ۲/۵ میلی لیتر TPTZ و ۲/۵ میلی لیتر کلرید آهن آماده شد. سپس ۲۵۰ میکرولیتر از محلول کار داخل ظروف پیلت ریخته شد و به آن ۱۰ میکرولیتر از عصاره میوه (که حاوی ۲/۵ میلی لیتر عصاره و ۶ میلی لیتر بافر فسفات بود) اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای

۳۷ °C قرار گرفت و سپس میزان جذب در طول موج ۵۹۳ نانومتر خوانده شد و در نهایت با رسم منحنی استاندارد میزان آنتی اکسیدان کل بدست آمد و بر حسب معادل میلی مول آهن در ۱۰۰ گرم وزن تر بدست آمد (بنزی و ستراین ۱۹۹۶).

## اندازه گیری فنول کل

برای اندازه گیری ترکیبات فنولی از روش فولین سیوکالتیو<sup>۷</sup> استفاده شد. مقادیر ترکیبات براساس معادل اسیدگالیک و بر حسب میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد. منحنی استاندارد با استفاده از اسید گالیک مرک تهیه گردید (واترهاوس ۲۰۰۲).

## اندازه گیری مقدار اسید اسکوربیک

اندازه گیری اسید اسکوربیک با استفاده از روش یدومتريک انجام گردید و مقدار آن در بافت میوه بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم آب میوه گزارش شد (سیووری ۲۰۰۷).

## روش تعیین بازارپسندی میوه‌ها

برای ارزیابی شاخص بازارپسندی میوه‌ها از روش نمره‌دهی استفاده شد. به این منظور میوه‌ها در ۵ دسته به شرح زیر از ۱ تا ۵ نمره‌دهی شد: ۱؛ غیر قابل قبول، ۲؛ بد، ۳؛ قابل قبول، ۴؛ خوب و ۵؛ عالی. شاخص بازارپسندی هر تیمار بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (ایالا - زولا و همکاران ۲۰۰۷):

تعداد کل میوه / (نمره × تعداد میوه در هر دسته) = شاخص بازارپسندی

## اندازه گیری مواد جامد قابل حل (TSS) یا درجه بریکس

برای این منظور، پس از کالیبراسیون رفاکتومتر دستی (مدل ATAGO) با آب مقطر، و خشک کردن کامل سطح مذشور، چند قطره از آب میوه روی مذشور رفاکتومتر قرار داده شد و عدد مربوطه از روی ستون مندرج

<sup>۴</sup> FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O<sup>۷</sup>Folin-Ciocalteu<sup>۱</sup>Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub><sup>۲</sup>NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>۳</sup>C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O<sup>۴</sup>2,4,6-Tripyridyl-s-Triazine(TPTZ)<sup>۵</sup>FeCl<sub>3</sub>. 6H<sub>2</sub>O

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. شاخص پوسیدگی بر اساس فرمول زیر بر حسب درصد بیان شد (ژو و ژو ۲۰۰۷).

$$\text{شاخص پوسیدگی} = \frac{\sum(\text{نمره} \times \text{مقدار})}{4 \times 15} \times 100$$

#### ارزیابی شاخص قهوه‌ای شدن (دم میوه گیلاس)

برای ارزیابی شاخص قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس همانند شاخص بازار پسندهای میوه‌ها از روش نمره‌دهی استفاده شد. به این منظور میوه‌ها در سه دسته به شرح زیر از ۱ تا ۵ نمره دهی شد: ۱؛ غیر قابل قبول، ۲؛ بد، ۳؛ قابل قبول، ۴؛ خوب و ۵؛ عالی. شاخص قهوه‌ای شدن دم هر تیمار بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (ایالا - زولا و همکاران ۲۰۰۷):

$$\text{تعداد کل میوه} / (\text{نمره} \times \text{تعداد میوه در هر دسته}) = \text{شاخص قهوه‌ای شدن دم}$$

کل میوه‌ها تأثیر معنی‌داری دارد (جدول ۱). محتوای ترکیبات فنولی در تمام تیمارها در پایان انبارداری کاهش یافت که میزان این کاهش در میوه‌های نگهداری شده در بسته (ظروف) های محتوی نانو ذرات نقره کمتر است. همان گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود مقدار فنل کل در میوه‌های بسته‌بندی شده با ظروف محتوی نانو ذرات نقره در بالاترین سطح حفظ شده است. مطابق شکل ۱، مقدار اولیه فنول کل در طی نگهداری میوه‌ها بصورت یک تابع نسبتاً خطی از مقدار اولیه ۵۸۲/۷۲ میلی گرم بر لیتر (جدول ۱) کاهش یافت.

قرائت گردید. اعداد قرائت شده بر اساس جدول تصحیح ضرایب شکست با دما اصلاح شد (جلیلی مرندی ۱۳۸۳).

#### اندازه گیری اسیدیته کل

برای اندازه گیری اسیدیته کل از روش تیتراسیون با محلول ۰/۱ نرمال سود تا  $\text{pH} = 8/2$  استفاده شد و نتایج بر حسب گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم مشخص گردید. برای این منظور ۵ میلی لیتر آب میوه با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط و سپس در حضور معرف فنل فتالئین تیترا شد (ایالا - زولا و همکاران ۲۰۰۷).

#### pH آب میوه

pH آبمیوه با استفاده از عصاره صاف شده میوه توسط دستگاه pH متر مدل ۴۱۱ در دمای  $20^\circ\text{C}$  قرائت گردید (جلیلی مرندی ۱۳۸۶).

#### ارزیابی میزان پوسیدگی میوه

در هر تکرار از ۱۵ میوه برای ارزیابی شاخص پوسیدگی استفاده شد. کل میوه‌ها بر اساس میزان پوسیدگی در چهار دسته تقسیم بندی شدند. ۱؛ میوه‌های بدون

#### تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۶ تکرار اجرا شد. فاکتور اول نوع ظرف در سه سطح مختلف (ظرف حاوی ۵ درصد نانو کامپوزیت نقره، ۵ درصد نانو سیلیکات رس و ظروف پلی اتیلنی فاقد نانو ذرات به عنوان نمونه شاهد) و فاکتور دوم، زمان انبارداری در ۳ سطح (زمان صفر انبارداری و پس از ۲۲ و ۴۵ روز انبارداری) تعیین شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

#### نتایج و بحث

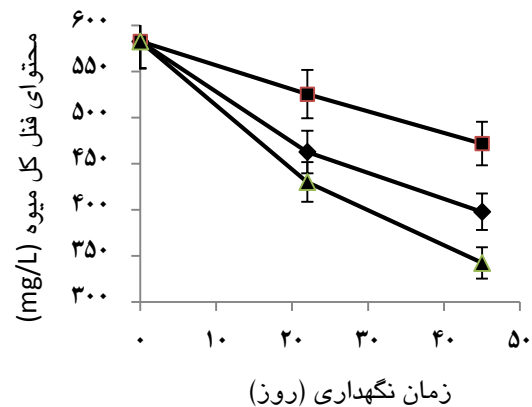
##### فنول کل میوه‌ها

تجزیه واریانس داده‌های نتایج نشان داد که ظروف حاوی نانو ذرات نقره و زمان ( $P < 0/01$ ) بر محتوای فنل

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات کیفی میوه

میانگین مربعات										
منابع تغییرات	درجه آزادی	آنتی اکسیدان	ترکیبات فنلی	ویتامین ث	بازارپسندی	TSS	TA	pH	پوسیدگی	قهوه ای شدن دم
ظروف	۲	۴۸۱۲۴۱/۰۴۹**	۳۸۵۶۰/۱۲۳**	۰/۴۸۶۹**	۳/۰۵۷۵**	۳/۳۴**	۰/۰۲۷۸**	۰/۰۱۷۴ <sup>ns</sup>	۲/۹۳**	۰/۰۵۰۴ <sup>ns</sup>
زمان	۱	۸۱۱۰۰۰/۳۰۸**	۴۲۵۸۵/۹۵**	۳/۳۳**	۰/۷۵۱۱**	۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۸۵**	۳/۱۸۰**	۱/۰۹**	۱/۷۶*
ظروف × زمان	۲	۱۱۱۹۷۷۸/۰۸۷**	۹۰۳/۹۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۳**	۰/۷۱۷۴**	۲/۸۹**	۰/۰۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۳*	۰/۱۶۸**	۰/۰۳۸ <sup>ns</sup>
اشتباه آزمایشی	۳۵	۲۷۸۴۷/۹۶۳	۲۲۳۷/۲۷	۰/۰۷۱۱	۰/۰۷۹	۰/۴۳۸	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۶۷	۰/۰۲۵	۰/۲۵۶۳
ضریب تغییرات		۱۳/۹۱۱	۱۰/۷۹	۱۱/۷۷	۶/۹۲۷۹	۵/۳۸	۷/۷۳	۱/۹۴	۳/۵۸	۱۳/۱۹

\* معنی داری در سطح ۵٪ \*\* معنی داری در سطح ۱٪ ns: غیر معنی دار



شکل ۱- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر محتوای فنل کل میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

(۲۰۰۷) که افزایش فعالیت آن به آسیب دیدگی بافت در زمان انبارداری و به کاهش پلی فنول‌ها منتهی می‌شود. التونزکای و گوچپن (۲۰۰۸) نشان دادند که پلی فنل اکسیداز و پلی فنولاز در اندام‌های مختلف گیاهی وجود دارند و سبب می‌شوند که بافت آسیب ببیند که این نوع آسیب‌ها معمولاً با کاهش پلی فنول‌ها همراه است. یانگ و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که خسارت میوه‌های توت فرنگی بسته‌بندی شده در ظروف نانو نقره کاهش می‌یابد. همچنین کیوهو و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که میزان فعالیت پلی فنل اکسیداز در بسته‌های نانو کامپوزیتی و یا میزان اکسیداسیون پلی فنول‌ها توسط این آنزیم به طور قابل توجهی در میوه‌های بسته‌بندی شده با ظروف محتوی نانو کاهش می‌یابد که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کنند.

#### فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

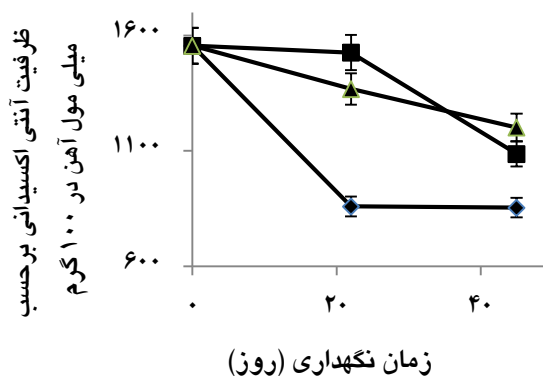
طبق آنالیز واریانس داده‌های آزمایشگاهی تاثیر مواد بسته‌بندی دارای نانوذرات نقره و نانو سیلیکات رس و مواد بسته‌بندی پلی اتیلن معمولی و نیز اثرات متقابل آنها بر حفظ میزان آنتی اکسیدان کل میوه گیلاس ( $P < 0.01$ ) معنی دار بود (جدول ۱). با گذشت زمان دوره انبارداری ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه گیلاس کاهش یافت.

یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش ترکیبات فنلی، اکسیداسیون آنزیمی آنها است که این پدیده باعث کاهش کیفیت میوه نیز می‌شود (دینگ و همکاران ۱۹۹۸). آنزیم اولیه مسئول اکسیداسیون ترکیبات فنلی، پلی فنول اکسیداز است که قادر به کاتالیز فرآیند هیدروکسیلاسیون منوفنولها به اورتودی فنول‌ها و اکسیداسیون اورتودی فنول‌ها به اورتو کینون‌ها است. آنزیم پیرو گایول پراکسیداز نیز یکی دیگر از آنزیم‌های مسئول واکنش‌های قهوه‌ای شدن می‌باشد (چیساری و همکاران

توانایی مقابله با آسیب اکسیداتیو می باشد. آنتی اکسیدان های موجود در میوه بافت میوه را در مقابل تنش ها و بیماری ها محافظت می کنند (هیبرت و همکاران ۲۰۰۵).

دلیل کاهش میزان اسید آسکوربیک می تواند با خنثی کردن رادیکال های آزاد در ارتباط باشد (سمیموف، ۱۹۹۵). در اثر افزایش متابولیسم اکسیداتیو، گونه های فعال اکسیژن افزایش می یابند که می توانند موجب تخریب غشاهای زیستی گردند. برای جلوگیری از خسارت گونه های فعال اکسیژن، گیاهان سیستم های آنتی اکسیدانی خود را فعال می کنند که از جمله آنها آنزیم هایی مثل آسکوربات پراکسیداز و یا سیستم های غیر آنزیمی مثل اسید آسکوربیک (ویتامین ث) و یا آلفاتوکوفرول (ویتامین E) را می توان نام برد. آنتی اکسیدان ها خود شان با دادن الکترون به گونه های فعال اکسیژن اکسید شده و قدرت اکسید کنندگی و ایجاد خسارت توسط آنها را از بین می برند (اسپیناردی ۲۰۰۵). کاهش در محتوای اسید آسکوربیک در گیاهان می تواند باعث افزایش تولید رادیکال های آزاد شود که با پلی ساکاریدهای دیواره سلولی واکنش داده و باعث نرم شدن یا از هم پاشیدگی سلول می شوند. فری (۱۹۹۸) دلایل کاهش میزان اسید آسکوربیک را در بسته بندی های آب پرتقال، اکسیژن و طول مدت انبارداری بیان کرد. همچنین امامی فر و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند بسته های نانو کامپوزیت نقره میزان اسید آسکوربیک بیشتری را نسبت به بسته های پلی اتیلن معمولی در آب پرتقال تازه حفظ می کند. اسید آسکوربیک یکی از فراوانترین آنتی اکسیدان ها می باشد که در حال حاضر در میوه گیلاس وجود دارد. در این تحقیق بسته های حاوی نانو ذرات نقره و نانو سیلیکات رس نیز در آخر دوره ی انبارداری میزان ویتامین ث خود را بیشتر از بسته های پلی اتیلن معمولی حفظ کردند (جدول ۱)، که این می تواند به دلیل کاهش ورود اکسیژن به ظروف حاوی نانو ذرات نقره و نانو سیلیکات رس شود، زیرا

بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی در روز ۴۵ انبارداری مربوط به میوه هایی است که در ظروف نانو ذرات نقره نگهداری شده بودند و کمترین آن مربوط به میوه هایی است که در ظروف پلی اتیلن معمولی نگهداری شده بودند (شکل ۲). ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه ها و سبزی ها مربوط به ترکیبات آنزیمی و غیر آنزیمی (شامل ویتامین ث، ترکیبات فنلی، کارتنوئید ... ) می باشد (اسپیناردی ۲۰۰۵). کاهش شدید میزان ترکیبات آنتی اکسیدانی پس از برداشت ممکن است ناشی از تنش پس از برداشت میوه یا دمای پایین انبار باشد (تورس و همکاران ۲۰۰۹). تیمار هایی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن و در نتیجه باعث کاهش سرعت پیری می شوند باعث کاهش سرعت تولید رادیکال های آزاد و در نتیجه کاهش مصرف آنتی اکسیدان ها می شوند (محمد و همکاران ۲۰۰۹).

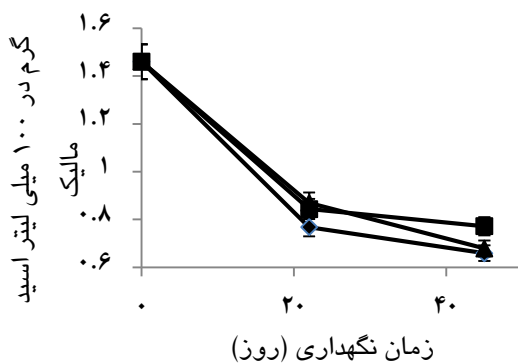


شکل ۲- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدان کل میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

#### مقدار ویتامین ث

میزان ویتامین ث در طول دوره انبارداری به طور مداوم کاهش پیدا کرد و تفاوت معنی داری ( $P < 0.01$ ) بین ظروف مختلف وجود داشت (شکل ۳). میتلر (۲۰۰۲) گزارش کرد که کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی آنزیم ها و میزان آسکوربات در طی پیری اغلب مربوط به کاهش

هنگام رسیدن با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند (راحی ۱۳۸۴). استفاده از پوشش‌ها سرعت تنفس میوه‌ها را از طریق تاخیر در استفاده از اسیدهای آلی، کاهش می‌دهد (هر ناندز موز و همکاران ۲۰۰۸). یانگ و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند تفاوت قابل توجهی در میزان اسیدهای قابل تیتراسیون بین بسته‌های نانو در مقایسه با بسته‌های پلی اتیلن معمولی در میوه توت فرنگی در طول دوره انبارداری وجود داشت. میوه‌های موجود در بسته‌های نانو سیلیکات رس میزان اسیدهای آلی بیشتری را نسبت به میوه‌های داخل بسته‌های محتوی نانو ذرات نقره از دست دادند.

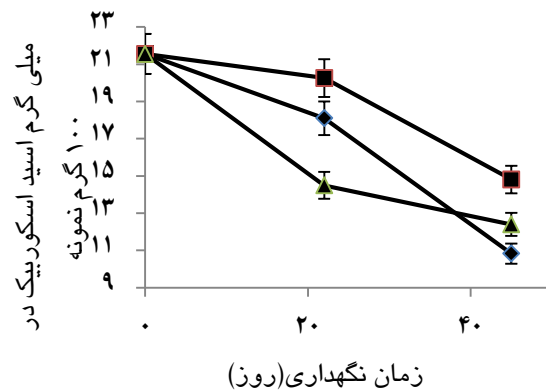


شکل ۴- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر میزان اسید مالیک میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

### بازار پسندی

بسته‌های نگهداری و زمان انبارداری در سطح احتمال  $(P < 0.01)$  اثر معنی‌داری بر شاخص بازار پسندی میوه گیلاس داشت (جدول ۱). بیشترین میزان بازار پسندی مربوط به بسته‌های نانو سیلیکات رس، در روز ۲۲ انبارداری بود، و کمترین شاخص بازار پسندی در روز ۴۵ انبارداری مربوط به بسته‌های پلی اتیلن معمولی بود. بسته‌های حاوی نانو ذرات نقره میزان بازار پسندی خود را در تمام دوره انبارداری، در حد بالایی حفظ کردند (شکل ۵). هر عاملی که سرعت پیری را کاهش دهد و از رشد علایم پوسیدگی جلوگیری کند باعث حفظ

اکسیژن باعث اکسیداسیون و از بین رفتن اسید اسکوربیک می‌شود و کاهش ورود آن می‌تواند باعث حفظ اسید اسکوربیک شود که با گفته یانگ و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد (شکل ۳). به عبارت دیگر وقتی اسید اسکوربیک زیاد باشد غشاء کمتر آسیب می‌بیند و باعث مهار فعالیت پلی فنل اکسیداز میوه گیلاس در بسته‌های نانو می‌شود و به حفظ بهتر کیفیت میوه گیلاس کمک می‌کند (یانگ و همکاران ۲۰۱۱).



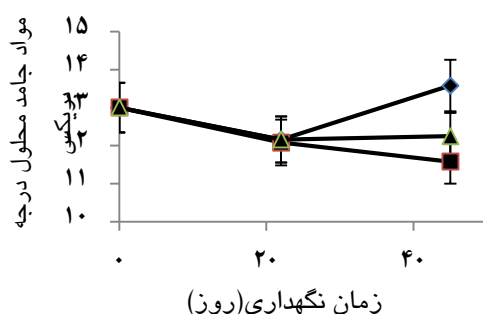
شکل ۳- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر میزان اسید اسکوربیک میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

### اسیدهای قابل تیتراسیون (TA)

بسته‌های مختلف بر میزان اسیدهای آلی میوه گیلاس اثرات متقابل  $(P < 0.01)$  نشان داد ولی اثرات متقابل بین زمان و بسته‌های مختلف بر میزان اسیدهای آلی معنی‌دار نبود (جدول ۱). طبق نتایج با گذشت زمان میزان اسیدهای آلی کاهش یافت بطوری که تا ۲۲ روز نگهداری، اسیدیته به سرعت کاهش یافت ولی پس از آن سرعت کاهش، کمتر شد (شکل ۴). بیشترین میزان کاهش مربوط به بسته‌های پلی اتیلن معمولی بسته‌های نانو سیلیکات رس بود. اسیدهای آلی به هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آنها رابطه مستقیمی با فعالیت‌های متابولیکی دارد. در واقع اسیدهای آلی بعنوان یک منبع اندوخته انرژی میوه می‌باشند که در



فرایند تنفس می‌باشد. در این تحقیق افزایش شدید TSS در میوه‌های شاهد به دلیل شکستن پلی ساکاریدهای دیواره سلولی و تبدیل آنها به قندهای محلول صورت می‌گیرد و هر عاملی که از شکستن دیواره‌های سلولی جلوگیری کند و یا آنرا کاهش دهد باعث جلوگیری از افزایش غیر عادی TSS خواهد شد (سالوخوا و همکاران ۱۹۷۴).

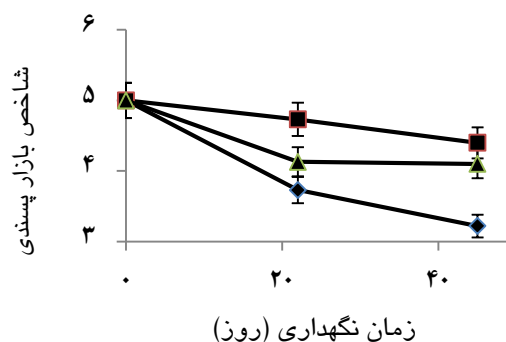


شکل ۶- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر مواد جامد محلول میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

#### pH آب میوه

تغییرات pH در ظروف مختلف معنی‌دار نبود، ولی زمان ( $P < 0.01$ ) تاثیر معنی داری بر pH آب میوه نشان داد. همچنین اثر متقابل زمان و نوع ظروف بر pH آب میوه ( $P < 0.05$ ) معنی‌دار بود (جدول ۱). تغییرات pH ممکن است مربوط به تغییرات اسیدیته قابل تیتر و افزایش فعالیت سیتریک اسید گلیکوزیلاز در طی رسیدن باشد یا ممکن است کاهش میزان اسید در اثر تبدیل به قندها و استفاده‌های دیگر در فرآیندهای متابولیکی در طی انبارداری باشد (راتهوری ۲۰۰۷). کاهش اسیدها در طول انبارداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌شود ولی این افزایش در اکثر میوه‌ها متفاوت می‌باشد (پرکنز وازی ۲۰۰۷).

وضعیت ظاهری و بازار پسندی محصول خواهد شد (اثنی عشری و زکایی خسرو شاهی ۱۳۸۷). بسته‌های نانو سیلیکات رس و نانو ذرات نقره نسبت به بسته‌های پلی اتیلن معمولی به طور معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) باعث حفظ بازار پسندی شدند و این می‌تواند ناشی از حفظ رطوبت بیشتر و کاهش ورود اکسیژن و خروج دی اکسید کربن در بسته‌های نانو باشد.

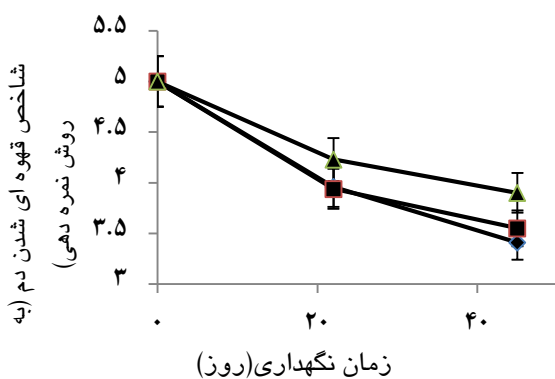


شکل ۵- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر شاخص بازار پسندی میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

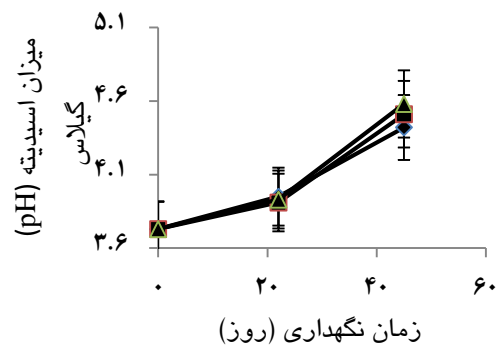
#### مواد جامد محلول (TSS)

نوع ظروف (بسته‌ها) ( $P < 0.01$ ) روی میزان TSS اثر معنی‌دار نشان داد ولی زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری روی TSS نداشت. همچنین نوع ظروف و گذشت زمان نگهداری ( $P < 0.05$ ) بر روی TSS اثر متقابل داشتند (جدول ۱). کل مواد جامد محلول تا روز ۲۲ انبارداری کاهش یافت، سپس میزان آن با گذشت زمان افزایش یافت. بیشترین میزان مواد جامد محلول مربوط به بسته‌های پلی اتیلن معمولی در روز ۴۵ نگهداری بود (شکل ۶). بر اساس گزارشات آیالا-زاوالا و همکاران (۲۰۰۷) و علیزاده داشقاپو (۱۳۸۷) کاهش محتوای مواد جامد محلول و تغییرات مشاهده شده در pH و اسید آلی کل میوه‌های توت فرنگی احتمالاً به دلیل شکستن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه قندها به واحدهای کوچکتر (سازنده) در طی

نقره کمترین میزان پوسیدگی را در طول دوره انبارداری داشتند. همچنین میوه‌های داخل ظروف نانو سیلیکات رس نیز نسبت به پلی اتیلن معمولی پوسیدگی کمتری را نشان دادند. خاصیت ضد میکروبی بسته‌های محتوی نانو ذرات نقره به این دلیل می‌باشد که ذرات نقره با افزایش سطح ویژه در کارهای معمولی سلول باکتری نظیر تنفس و انتقال مواد اختلال ایجاد می‌کنند. همچنین یون‌های نقره به داخل سلول باکتری نفوذ کرده و با اتصال به پایه مارپیچی DNA، آنرا به شکل فشرده تبدیل می‌کند و توانایی تکثیر را از آن می‌گیرد و باعث مرگ سلول می‌شود. ضمناً نانوذرات نقره به زنجیره تنفسی و تقسیم سلولی حمله می‌کنند و در نهایت منجر به مرگ سلول می‌شوند (رای و یادای ۲۰۰۹). دام و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که نانو کامپوزیت نقره نسبت به دیگر نانو کامپوزیت‌ها اثرات میکروب کشی بیشتری دارد. با توجه به خاصیت ضد میکروبی نانو کامپوزیت رس، این جنس می‌تواند به منظور افزایش ایمنی غذایی در بسته‌بندی مواد غذایی استفاده شود (آولا ۲۰۰۵).



شکل ۸- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر شاخص قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی



شکل ۷- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر میزان اسیدیته (pH) میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

### قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس

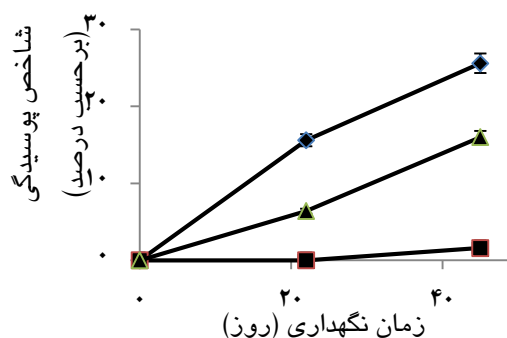
طبق آنالیز واریانس داده‌های آزمایشگاهی تاثیر ظروف بر شاخص قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس معنی‌دار نبود. ولی ( $P < 0/05$ ) زمان نگهداری اثر معنی‌داری بر این شاخص داشت. اثر متقابل بین نوع ظروف و زمان نگهداری روی شاخص قهوه‌ای شدن دم میوه معنی‌دار نبود (جدول ۱). در طول دوره انبارداری، میوه‌های داخل ظروف نانو سیلیکات رس نسبت به میوه داخل سایر ظروف، سبزیگی دم خود را بیشتر حفظ کردند (شکل ۸) که این می‌تواند ناشی از حفظ بیشتر رطوبت و جلوگیری از ورود اکسیژن و خروج دی‌اکسید کربن داخل این ظروف ناشی شود. در این صورت فضای داخل بسته‌ها حالت اتمسفر اصلاح شده را دارد. این نانوذرات سبب جلوگیری از عبور اکسیژن، دی‌اکسید کربن و رطوبت می‌گردد (بردی ۲۰۰۶). طول دوره انبارداری باعث افزایش قهوه‌ای شدن دم میوه گیلاس می‌شود.

### شاخص میزان پوسیدگی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که هم نوع ظروف و هم زمان انبارداری ( $P < 0/01$ ) بر میزان پوسیدگی میوه گیلاس دارد. همچنین اثر متقابل بین زمان نگهداری و ظروف نیز ( $P < 0/01$ ) بر میزان پوسیدگی گیلاس معنی‌دار بود (جدول ۱). میوه‌های داخل ظروف نانو ذرات

### نتیجه گیری

استفاده از بسته‌های نانو به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت میوه گیلاس را افزایش داد. به نظر می‌رسد بسته‌های نانو با کاهش ورود اکسیژن و خروج دی اکسید کربن و کاهش سرعت مصرف آنتی اکسیدان ها، فنل کل و همچنین کاهش میزان پوسیدگی و کند نمودن آهنگ تغییرات TA، TSS و ویتامین ث رسیدن و پیری میوه‌ها را به تاخیر انداخته و باعث حفظ کیفیت و افزایش انبار مانی میوه‌ها می‌شود.



شکل ۹- تاثیر زمان و ظرف نگهداری بر شاخص پوسیدگی میوه گیلاس در سه حالت ۱- ظروف بر پایه نانو سیلیکات رس ۲- ظروف بر پایه نانوذرات نقره ۳- ظروف پلی اتیلن معمولی

### منابع مورد استفاده

- اثنی عشری م و زکائی خسروشاهی م ر، ۱۳۸۷. فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت. چاپ اول، انتشارات دانشگاه همدان، صفحه ۶۵۸.
- امامی فر آ، کدیور م، شاهدی م و سلیمان زاد ص، ۱۳۸۹. ارزیابی اثر بسته بندی های نانو کامپوزیتی حاوی نانو نقره و نانو اکسید روی بر عمر انبارداری آب پرتقال تازه. مجله صنایع غذایی ایران، صفحه‌های ۵۷-۶۷.
- جلیلی‌مردنی ر، ۱۳۸۳. فیزیولوژی بعد از برداشت (جابجایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، صفحه‌ی ۲۷۶.
- جهانشاهی م، ۱۳۸۶. نانوفناوری مولکولی و نانوفناوری زیستی، انتشارات مازندران، صفحه‌های ۲۶-۹۸.
- راحی م، ۱۳۸۴. فیزیولوژی پس از برداشت (مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه‌ها و سبزیها و گیاهان زینتی)، (تالیف: ویلسمک گلاس و نگرهام وجویس). چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز، صفحه‌ی ۴۳۷.
- علیزاده داشقاپوم، ۱۳۸۷. اثرات کلرید کلسیم و پوتریسین برون زاد روی کیفیت و عمر انباری دو رقم هلو (*Prunus persica* L.) "جی. اچ. هیل" و "مخملی". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- نوری ا، مهدوی س و خدایاری م، ۱۳۸۴. مقدمه‌ای بر نانوتکنولوژی، انتشارات نوپردازان، تهران چاپ اول، صفحه‌ی ۱۲۵.
- Altunkaya A and Gokmen V, 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and totalphenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). Food Chemistry 107:1173-1179.
- Avella M D, Vliieger J, Errico M E, Fischer S, Vacca P and Volpe M, 2005. Biodegradable starch/clay nanocompositefilms for food packaging applications. Food Chemistry 93:467-74.
- Ayala-Zavala J F, Wang S Y, Wang CY, Gonzalez-Aguilar GA, 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technology and Biotechnology 45:166-173.
- Benzie, I F and 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.
- Brody A and Bugusu B, 2008. Innovative food packaging Solutions. Journal of Food Science 73: 107-116.
- Brody A L, 2006. Nanotechnology food packaging. Food Technology 3: 92-94.
- Chisari M, Barbagallo R N and Spagna G, 2007. Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55:346-376.

- Chung N and Chu P, 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* L) during storage. *Food Chemistry* 110: 16248-1625.
- Cioroi M, 2007. Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. *Cercetari Agronomicin Moldova* 1: 23-27.
- Damm C, Munstedt H, Rosch A, 2008. The antimicrobial efficacy of polyamide6/silver-nano-and micro-composites, *Materials Chemistry and Physics* 6:64-110.
- Damm C, Neumann M, Munstedt H, 2006. Properties of nano-silver coatings on polymethyl methacrylate. *Progress in Polymer Science Journal*, 3:71-88.
- Ding C K, Chachin K, Ueda Y, Imahori Y, 1998. Purification and properties of polyphenol oxidase from loquat fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 46:414 - 419.
- Douglas K R, Robinson G, Salejova Z, 2010. Nanotechnology for Biodegradable and Edible Food Packaging. Working Paper Version. Observatory NANO.
- Fry S C, 1998. Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbate-induced hydroxyl radicals. *Biochemistry Journal* 322: 507-515.
- 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* 567: 659-662.
- Hernandez-Munoz P, Almenar E, Valle V D, Velez D, Gavara R, 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* 110:428-435.
- Joseph T and Morrison M, 2006. Nanotechnology in agriculture and food. *Journal Food Science* 4:50-59.
- Lagaron J M, 2006. Food Engineering and Ingredients. *Food Research International* 2:50-51.
- 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 R D, Albuquerque J M, Valverde F, Guillen S, Serrano M, 2005. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology Journal*, 28: 189-197.
- Muhammad J A, 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: 1024-103.
- Perkins-Vaezie P, 2007. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest biology Technology*, 10:1005-1016
- Qihui Hu, 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 Journal*, 44: 1589-1596.
- Rai M and Yadav A, 2009. Silver nano-particles as a new generation of antimicrobials, *Biotechnology Advances*, Volume 27, Issue 1:76-83.
- Rathore H A, Masud T, Shehla X S, Soomro A H, 2007. Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of Mango (*Mangnifera indica* L.) variety Dosehari. *Pak Journal Nutr*, 6: 143-148.
- Ray S, Quek S Y, Easteal A, Chen X D, 2006. Nanotechnology for food. *International Journal of Food Engineering*, Vol 2, No, 4: 22- 25.
- 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*, 682:1125-1134.
- Tayebi L and Zarkesh F, 2008. The effect of nanosilver coated on magnesium oxide for antimicrobial properties. in 2 th International Confranse on Nanotechnology and Science, Iran.

- Torres L M A R, Silva M A, Guaglianoni D G, Neves V A, 2009. Effects of Heat treatment and Calcium on Postharvest Storage of Atemoya fruits. *Food Chemistry*, 20: 359-367.
- Waterhouse A L, 2002. Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, New York units, 3:18-19.
- 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 of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 degrees C. *Journal of Food Science*, 75(3):236-240.
- Zhu S and Zhou J, 2007. Effect of nitric oxide on ethylene production in strawberry fruit during storage. *Food Chemistry*, 100:1517–1522.

## Effect of packaging material containing nano-silver and silicate clay particles on postharvest quality attributes of sweet cherry cv. Syaah Mashhad

Kh Zandi Navgaran<sup>1</sup>, L Naseri<sup>2\*</sup> and M Esmaili<sup>3</sup>

Received: April 06, 2013 Accepted: December 25, 2013

<sup>1</sup>MSc Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor Department of Food Science and Technology, University of Urmia, Urmia, Iran

\*Corresponding author: E mail: lotfalinaseri@yahoo.com

### Abstract

Packaging is one of the important factors in determining storage life of foods and nanotechnology can extend this life by improving the quality of packaging materials. In this study, the effect of packaging materials containing nano-silver and nano-clay silicate particles on postharvest quality attributes and shelf life of sweet cherry (*Prunus avium*) cv. Syaah Mashhad fruits was studied after 45 days storing at  $1 \pm 1$  °C and  $90\% \pm 2$  relative humidity. For this purpose, the amount of antioxidant, marketability, total acidity, total phenolic compounds, vitamin C, fruit decay, fruit pedicel browning index, pH, and total soluble solids of fruits were evaluated during the storage period. The results indicated that in comparison with common polymeric packaging material, the packages containing nano-silver particles based on polyethylene significantly caused to retain antioxidants quantity. Moreover, the packages containing nano-silver and nano-clay silicate particles effectively kept vitamin C, total phenolic compounds and fruit marketability.

**Keywords:** Nano-silicate clay, Nano-Silver, Packaging, Storage life, Sweet cherry (*Prunus avium*)