نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال نهم / شماره دوم / تابستان ۱۳۹۸

تأثیر بسته‌بندی نانو بر کیفیت و افزایش انبارمانی آریل‌های ارقام رباب و ملس انار (*Punica granatum* L.)

فرزانه ایزدی[۱] و سمیه رستگار[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۲۷)

چکیده

با توجه به افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان محصولات آماده مصرف، اخیراً استفاده از فناوری نانو برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری برش‌های تازه میوه‌ها و سبزی‌ها، مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش، تأثیر ظروف پلی‌پروپیلن محتوی نانومولسیون سیلیکونی تهیه شده از شرکت نانوبسپار ایتک، بر شاخص‌های کمی و کیفی پس از برداشت آریل‌های انار رقم "رباب- نی‌ریز" و "ملس- نی‌ریز" پس از ۳۰ روز نگهداری در دمای پنج درجه سانتی‌گراد بررسی شد. بدین منظور مقدار مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، فنل، آسکوربیک اسید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین کل، شاخص طعم و ارزیابی حسی (تست پانل) در فاصله زمانی شش روز یک‌بار ارزیابی شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده رقم‌های مورد بررسی از نظر خصوصیات کیفی به‌ویژه آنتوسیانین تفاوت قابل توجهی نشان دادند. در هر دو رقم محتوای فنل کل، آسکوربیک اسید، آنتوسیانین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به‌تدریج با گذشت زمان کاهش یافت. هر چند از نظر شاخص طعم تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های بسته‌بندی نانو و شاهد مشاهده نشد، اما سایر صفات تفاوت قابل توجهی را نشان دادند. در هر دو رقم آریل‌های بسته‌بندی شده حاوی نانوذرات دارای محتوای فنل، آسکوربیک اسید، آنتوسیانین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری بودند. در پایان آزمایش آریل‌های رقم رباب بسته‌بندی شده در ظروف نانو دارای بازارپسندی بیشتری بودند. این نتایج نشان می‌دهد که بسته‌بندی نانو یک روش امیدبخش در حفظ کیفیت، افزایش ماندگاری و بازارپسندی انار‌دانه در مدت ۳۰ روز نگهداری است.

واژه‌های کلیدی: آماده مصرف، بازارپسندی، پس از برداشت، کیفیت

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: rastegarhort@gmail.com

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از خانواده پونیکاسه، میوه شاخص بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. انار سرشار از ویتامین‌های B_1، B_2، A، C، E، مواد قندی، پتاسیم، منیزیم، آهن و اسیدهای آلی است. مطالعات نشان داده است که مصرف یک انار متوسط، ۵۱ درصد از نیاز افراد را به اسید آسکوربیک و دو درصد از نیاز افراد به آهن را برطرف می‌کند. آب انار یکی از غنی‌ترین منابع پلی‌فنل‌هاست (گروهی از آنتی‌اکسیدان‌های قوی) که قادرند با اثرات مضر اما طبیعی فرایند فیزیولوژیک اکسیداسیون در بافت‌ها مقابله کنند (۱۷). مصرف میوه انار به‌صورت تازه‌خوری به‌دلیل سخت بودن حذف پوست میوه و جدا کردن آریل‌ها برای مصرف‌کنندگان مشکل است، به همین دلیل استفاده از آریل‌های تازه انار به‌صورت آماده مصرف گزینه‌ای مناسب برای جلب توجه مصرف‌کنندگان است. اما یکی از مشکلات این روش کم بودن مدت زمان نگهداری آریل‌های آماده مصرف است. زیرا به‌سرعت کیفیت خود را از دست می‌دهند. تاکنون ترکیبات و روش‌های مختلفی به‌منظور حفظ کیفیت برش‌های تازه محصولات استفاده شده است.

بسته‌بندی یکی از روش‌های مؤثری است که با استفاده از آن می‌توان میزان ضایعات و هدر رفتن محصولات را به حداقل رساند و ماندگاری و کیفیت آنها را افزایش داد. مهم‌ترین مشکل در طراحی بسته‌بندی مواد غذایی، حضور اکسیژن است که مواد غذایی را فاسد می‌کند و رنگ آنها را از بین می‌برد. ویژگی بسته‌های تولید شده از طریق فناوری نانو، به گونه‌ای است که گازها به مقدار نامحسوسی به داخل ماده غذایی درون بسته نفوذ کنند. در این نوع بسته‌بندی‌ها، نانوذرات به‌صورت زیگزاگ قرار گرفته‌اند. این ذرات به‌صورت لایه‌های موازی درآمده و نفوذ اکسیژن را به حداقل می‌رساند. به بیان دیگر مسیری که اکسیژن باید برای ورود به بسته طی کند، طولانی می‌شود (۱۸). کاربردهای مختلفی از نانوذرات نقره روی سبزیجات و میوه‌ها گزارش شده است. در پژوهشی منگ و همکاران (۱۶) تأثیر پوشش نانو را به‌همراه امواج اولتراسونیک روی برش‌های کیوی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که این تیمارها نرم شدن بافت کیوی را کاهش و موجب تأخیر در پیری و افزایش ماندگاری آنها شدند. هو و همکاران (۱۳) تأثیر بسته‌بندی بر پایه نانو کمپوزیت را روی میوه کیوی بررسی کردند. نتایج نشان داد که بسته‌های نانو توانستند به‌طور قابل توجهی نفوذ اکسیژن و بخار آب را کاهش دهند و جوانه‌زنی اسپور قارچ، از دست دادن وزن، نرم شدن، تغییر رنگ و افزایش مواد جامد محلول را مهار کنند و موجب تأخیر در رسیدن کیوی شوند. با این حال میزان اسید آسکوربیک و فنل کل در میوه‌های تحت تیمار نانو در مقایسه با شاهد افزایش یافت و میزان فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (POD) در نمونه‌ها نسبت به شاهد به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت. دونگلو و همکاران (۶) تأثیر بسته‌بندی بر پایه نانوکمپوزیت را روی قارچ بررسی کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که نانوکمپوزیت‌ها توانستند باعث حفظ میزان اسید آسکوربیک، پروتئین و مواد جامد محلول شوند. افزایش قابل توجهی نیز در فعالیت آنزیم POD در قارچ‌های بسته‌بندی شده مشاهده شد.همچنین این بسته‌بندی‌ها، مهار رشد میکروب‌ها، کاهش تخریب مواد تغذیه‌ای در قارچ‌ها و حفظ خصوصیات حسی را به‌دنبال داشتند. لی و همکاران (۱۵) در پژوهشی بسته‌بندی پلی‌وینیل کلراید را همراه با پوشش نانو روی سیب برش خورده رقم فوجی به‌کار بردند، نتایج ارائه شده توسط آنها نشان داد که در این بسته‌بندی‌ها میزان پوسیدگی میوه‌ها کاهش یافت، همچنین میزان مواد جامد محلول کل (TSS) و اسید قابل تیتراسیون (TA) میوه‌ها حفظ و فعالیت آنزیم‌های PPO و POD مهار شد. استفاده از بسته‌بندی نانو در حفظ کیفیت پسته تر نیز گزارش شده است (۲). تاکنون گزارشی از تأثیر بسته‌بندی نانوامولسیون سیلیکونی بر آریل‌های ارقام انار در ایران مشاهده نشده است. از این رو هدف این مطالعه بررسی تأثیر بسته‌های پروپیلن حاوی ذرات نانوامولسیون سیلیکونی روی خواص کمّی و کیفی و عمر انبارمانی آریل‌های انار رقم رباب و ملس نی‌ریز طی ۳۰ روز نگهداری در دمای پنج درجه سانتی‌گراد است.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها

میوه‌های انار رقم "رباب- نی‌ریز" (آریل‌ها به رنگ قرمز) و "ملس- نی‌ریز" (آریل‌ها به رنگ صورتی) از باغی تجاری در شهر قطرویه، واقع در نی‌ریز استان فارس تهیه شد و به آزمایشگاه باغبانی انتقال داده شدند. سپس پوست آنها در شرایط استریل جدا شده و پس از خارج کردن آریل‌ها، آنها را با آب مقطر استریل حاوی ۱۵۰ میکرولیتر هیپوکلریت سدیم در یک لیتر ضدعفونی (۸) و سپس با آب مقطر استریل در دمای پنج درجه سانتی‌گراد شستشو شدند. بعد از ۳۰ دقیقه خشک شدن در محیط تمیز با دمای ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد (درون ظروف توری بزرگ ریخته شد و در محیط کاملاً تمیز که از قبل ضدعفونی شده و دما توسط دستگاه‌های خنک‌کننده به ۱۰ درجه سانتی‌گراد رسیده بود، قرار داده شدند)، آریل‌ها (۱۰۰ گرم) درون ظروف پلی پروپیلن محتوی نانوامولسیون سیلیکونی، تهیه شده از شرکت نانوبسپار ایتک (۴۰۰ میکرون ضخامت، سرعت عبور اکسیژن ۱۲ $ml/m^2.day$ و سرعت عبور دی‌اکسید کربن ۵ $ml/m^2.day$) و ظروف معمولی پلی پروپیلن به‌عنوان شاهد (۳۱۰ میکرون ضخامت، عبور اکسیژن ۳۵ $ml/m^2.day$ و سرعت عبور دی‌اکسید کربن ۲۰ $ml/m^2.day$)، بسته‌بندی و در دمای پنج درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. ارزیابی صفات مختلف در فاصله زمانی شش روز یک‌بار انجام گرفت.

مواد جامد محلول کل (TSS)

برای این منظور چند قطره عصاره آریل روی صفحه منشور رفرکتومتر دستی مدل ATCIEATAGO، ساخت ژاپن ریخته و عدد مربوط به TSS، خوانده شد و به‌صورت بریکس در ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیان شد (۱۴).

اسید قابل تیتراسیون

اسید قابل تیتراسیون (بر اساس غالبیت اسیدسیتریک) با سود ۰/۱ نرمال و تا رسیدن به pH = ۸/۱ با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد (۱۱).

آسکوربیک اسید (ویتامین ث)

میزان اسید آسکوربیک به روش تیتراسیون از طریق تیتر کردن با دی‌کلروایندوفنل تعیین و به‌صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب‌میوه بیان شد (۱).

محتوای فنل کل

محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین- سیوکالتیو اندازه‌گیری شد (۱۹). به‌طور خلاصه، ۰/۵ گرم آب میوه با سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد مخلوط شده و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (با نسبت ۱ به ۱۰) ترکیب شد. پس از پنج دقیقه، ۱۲۰۰میکرولیتر کربنات سدیم هفت درصد به آن اضافه شد و پس از ۹۰ دقیقه، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (سسیل ۲۵۰۱ ساخت امریکا) در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری و با مقایسه با منحنی استاندارد گالیک اسید، محتوای فنل کل بر اساس میلی‌گرم اسید گالیک بیان شد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش برند-ویلیامز و همکاران (۳) اندازه‌گیری شد. از عصاره متانولی (یک میلی‌لیتر آب میوه ترکیب با سه میلی‌لیتر متانول) تهیه شده برای اندازه‌گیری فنل کل، ۵۰۰ میکرولیتر برداشته شد و به‌همراه ۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر به‌مدت پنج دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ شد و سپس ۷۵ میکرولیتر از فاز رویی به‌همراه ۲۹۲۵ میکرولیتر محلول DPPH (۰/۰۰۲۴ گرم DPPH با متانول ۸۵ درصد به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) ورتکس شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (سسیل ۲۵۰۱ ساخت امریکا) اندازه‌گیری و پس از گذشتن ۳۰ دقیقه، دوباره جذب نمونه‌ها اندازه‌گیری شده و با استفاده از رابطه (۱) درصد بازدانگی آب میوه محاسبه شد.

(۱) $[At_0 - At_{30}/ At_0]\times 100$ = فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)

At_0= جذب نمونه در زمان صفر، At_{30}= جذب نمونه پس از ۳۰ دقیقه

آنتوسیانین کل

آنتوسیانین کل با استفاده از روش اختلاف pH بین دو سیستم بافری بر اساس روش گیوستی و رولستاد (۸) اندازه‌گیری شد. در این روش پس از آماده‌سازی عصاره آب میوه در دو بافر با اسیدیته ۱ و ۴/۵ جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و آنتوسیانین کل بر اساس سیانیدین ۳- گلوکوزاید به‌عنوان آنتوسیانین غالب انار با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

آنتوسیانین کل [A×MW×DF×۱۰۰۰)/MA)] = (۲)

A= (A۵۱۰ – A۷۰۰) pH ۱/۰ - (A۵۱۰ – A۷۰۰) pH۴/۵

که در آن، MW وزن مولکولی آنتوسیانین غالب، df فاکتور رقت (۱۰) وMA ضریب جذب مولی سیانیدین ۳- گلوکوزاید (۲۶۹۰۰) است.

شاخص طعم

شاخص طعم میوه نسبت بین مواد جامد محلول کل به اسید قابل تیتراسیون است. برای محاسبه آن پس از اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل و اسید قابل تیتراسیون، حاصل کسر مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون به‌عنوان شاخص طعم میوه ارزیابی شد (۳).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی (بر اساس بو، رنگ، طعم، بافت و...) توسط پنج نفر از دانشجویان آقا و خانم ۲۰ تا ۲۵ساله انجام و نتایج به‌صورت سیستم نمره‌دهی یک تا پنج (۵: عالی، ۴: بسیار خوب، ۳: خوب، ۲: متوسط و ۱: ضعیف) بیان شد (۷).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول رقم در دو سطح (رباب نی‌ریز و ملس نی‌ریز) فاکتور دوم نوع ظرف در دو سطح مختلف (ظرف حاوی نانوذرات و ظروف پلی‌اتیلنی فاقد نانوذرات به‌عنوان نمونه شاهد) و فاکتور سوم، زمان انبارداری در شش سطح (زمان صفر انبارداری و به فاصله شش روز یک‌بار تا ۳۰ روز) تعیین شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار MSDT و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت.

نتایج

بررسی نتایج آنالیز آماری نشان داد که رقم، نوع بسته‌بندی نانو و زمان نگهداری بر فاکتورهای مورد بررسی در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر برهم‌کنش رقم و تیمار در آنتوسیانین (در سطح احتمال پنج درصد) و ارزیابی حسی (در سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار مشاهده شد. اثر برهم‌کنش زمان و رقم به‌جز فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در دیگر فاکتورها معنی‌دار بود. اثر برهم‌کنش تیمار و زمان در مواد جامد محلول، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، تست پانل و شاخص طعم در سطح احتمال یک معنی‌دار بود (جدول ۱).

مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر و شاخص طعم

بررسی اثر اصلی رقم بر میزان مواد جامد محلول نشان داد که رقم رباب نی‌ریز به‌طور معنی‌داری دارای میزان قند بالاتری نسبت به رقم ملس نی‌ریز است (جدول ۲). تفاوت معنی‌داری نیز بین بسته بندی نانو و شاهد مشاهد شد (جدول ۳). اثر اصلی رقم و تیمار بر اسید قابل تیتر معنی‌دار بود. رقم رباب نی‌ریز نسبت به ملس نی‌ریز اسید قابل تیتر بالاتری داشت. نمونه‌های بسته‌های شاهد نیز دارای اسید قابل تیتر بالاتری نسبت به بسته‌های نانو بودند. در بررسی شاخص طعم روی رقم نیز ملس نی‌ریز دارای شاخص طعم بالاتری بود (جدول ۲). اما بین نمونه‌های شاهد و بسته‌بندی نانو از نظر شاخص طعم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱).

محتوای فنل کل

بر اساس مقایسه میانگین‌ها رقم رباب به‌طور معنی‌داری دارای محتوای فنل کل بالاتری نسبت به رقم ملس نی‌ریز بود (جدول ۱).

جدول۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف کمّی و کیفی دو رقم انار (رباب نی‌ریز و ملس نی‌ریز) نگهداری شده در بسته‌بندی نانو در مدت انبارمانی

منابع تغییر	درجه آزادی	مواد جامد محلول کل	اسید قابل تیتراسیون	فنل کل	آسکوربیک اسید	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	آنتوسیانین کل	طعم	تست پنل
رقم	۱	۰/۲۵۷*	۰/۰۰۲**	۳/۶۷۶**	۳۴۴/۵۳۱**	۲۵/۰۴۰**	۱۱۲۱۱/۵۳۳**	۲۸۱/۳۹۸**	۰/۸۸۹**
تیمار	۱	۴/۶۵۱**	۰/۰۰۱**	۰/۱۷۱**	۲۵/۰۸۷**	۲۴/۱۵۱**	۱۰۷/۶۵۳**	۱/۲۱۲^{ns}	۱/۳۸۹**
زمان	۵	۱/۵۲۳**	۰/۰۲۱**	۰/۲۰۲**	۲۴۴/۰۴۵**	۱۴۹/۱۵۳**	۴۳۶/۰۳۵**	۱۱۸۲/۳۷۶**	۴/۶۲۸**
رقم ×تیمار	۱	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۷/۰۳۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۳۲/۲۹۴*	۱۸/۸۷۰^{ns}	۰/۲۲۲**
رقم × زمان	۵	۰/۱۳۴*	۰/۰۰۱**	۰/۰۳۵*	۱۰/۵۷۳**	۰/۲۹۶ns	۵۷/۹۷**	۵۳/۸۰۶**	۰/۱۵۸**
تیمار× زمان	۵	۰/۴۳۰**	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۱/۵۴۵^{ns}	۵/۷۲۵**	۷/۵۹۵^{ns}	۱۹/۷۴۸*	۰/۲۶۶**
رقم×تیمار× زمان	۵	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۰۴*	۰/۰۰۹^{ns}	۱/۴۰۶^{ns}	۰/۳۰۴^{ns}	۱۰/۶۳۰^{ns}	۳۴/۱۶۷**	۰/۰۶۲*
خطا	۴۸	۰/۰۵۲	۰/۰۰۰۱۲۵	۰/۰۱۷	۳/۰۳۸	۱/۲۲۸	۵/۴۷۵	۷/۶۶۹	۰/۰۲۳
ضریب تغییرات (%)		۱/۵	۴/۹۷	۵/۴۶	۶/۷۶	۱/۲	۹/۲۹	۳/۸۸	۳/۴۲

**: اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد (با اطمینان ۹۹ درصد) معنی‌دار است. *: اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد (با اطمینان ۹۵ درصد) معنی‌دار است. ns اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد.

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر خصوصیات کمّی و کیفی آریل‌های انار

رقم	TSS (٪)	TA (٪)	طعم	فنل کل (mgGAL/g FW)	آسکوربیک اسید (mg/۱۰۰g FW)	آنتی‌اکسیدانت (٪)	آنتوسیانین کل (mg/l)	تست پانل
رباب	۱۵/۱۶^{a}	۰/۲۲۴^{a}	۶۹/۳۵^{a}	۲/۶۴^{a}	۲۷/۹۸^{a}	۹۳^{a}	۳۷/۶۵^{a}	۴/۵۸^{a}
ملس نی‌ریز	۱۵/۰۴^{b}	۰/۲۱۳^{b}	۷۳/۳۱^{b}	۲/۱۹^{b}	۲۳/۶۱^{b}	۹۱/۸^{b}	۱۲/۶۹^{b}	۴/۳۶^{b}

در هر ستون اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثر نوع بسته‌بندی بر خصوصیات کمّی و کیفی آریل‌های انار

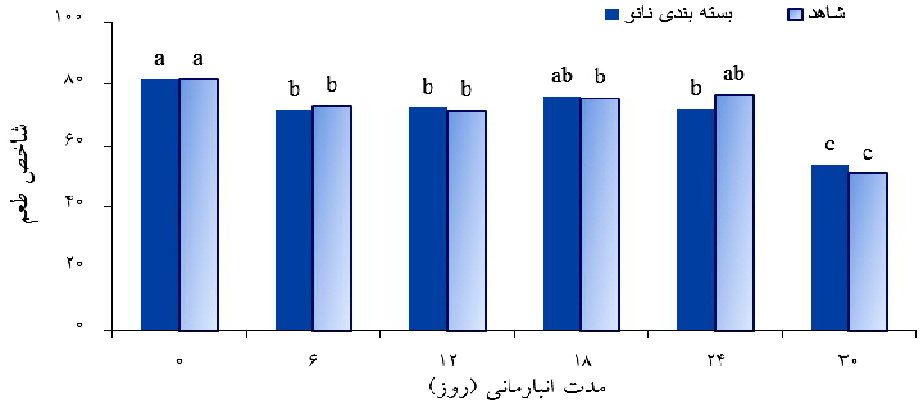
تیمار	TSS (٪)	TA (٪)	طعم	فنل کل (mgGAL/g FW)	آسکوربیک اسید (mg/۱۰۰g FW)	آنتی‌اکسیدانت (٪)	آنتوسیانین کل (mg/l)	تست پانل
بسته‌بندی نانو	۱۴/۸۵^{b}	۰/۲۱۵^{b}	۷۱/۲^{b}	۲/۴۶^{a}	۲۶/۳۸^{a}	۹۳^{a}	۲۶/۴^{a}	۴/۶۱^{a}
شاهد	۱۵/۳۵^{a}	۰/۲۲۳^{a}	۷۱/۴۶^{a}	۲/۳۶^{b}	۲۵/۲۰^{b}	۹۱/۸^{b}	۲۳/۹^{b}	۴/۳۳^{b}

در هر ستون اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نمونه‌های قرار گرفته در بسته‌بندی نانو نیز نسبت به شاهد دارای محتوای فنل کل بالاتری بودند (جدول ۳). برهم‌کنش اثر رقم و زمان نشان داد که در هر دو رقم با گذشت زمان محتوای فنل کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در پایان آزمایش محتوای فنل کل رقم رباب نزدیک به دو برابر رقم ملس نی‌ریز بود (جدول ۴).

آسکوربیک اسید

جدول ۲ نشان می‌دهد که رقم رباب نی‌ریز دارای محتوای آسکوربیک اسید بالاتری نسبت به رقم ملس نی‌ریز است. تفاوت معنی‌داری نیز بین میزان ویتامین ث آریل‌های بسته‌بندی نانو با شاهد مشاهده شد. به‌طوری که بسته‌بندی نانو دارای



شکل ۱. تغییرات شاخص طعم آریل‌های انار در بسته‌های شاهد و نانو طی مدت انبارمانی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۴. برهم‌کنش رقم و زمان بر میزان محتوای فنل کل، آسکوربیک اسید و آنتوسیانین کل آریل‌های انار

	زمان (روز)					
	۰	۶	۱۲	۱۸	۲۴	۳۰
	محتوای فنل کل (mg GAL/g FW)					
رباب نی‌ریز	۲/۷۹۳^{a}	۲/۷۰۷^{a}	۲/۶۳۹^{ab}	۲/۵۸۵$^{a-c}$	۲/۵۷۷$^{a-c}$	۲/۵۵۸$^{a-c}$
ملس نی‌ریز	۲/۴$^{b-d}$	۲/۳۰۷$^{c-e}$	۲/۲۴۷^{de}	۲/۲۱۲^{de}	۲/۰۸۲^{ef}	۱/۹۰۲^{f}
	آسکوربیک اسید (mg/۱۰۰g FW)					
رباب نی‌ریز	۳۵/۸۳^{a}	۳۲/۵^{ab}	۲۷/۰۸^{cd}	۲۶/۲۵^{cd}	۲۴/۱۷$^{d-f}$	۲۲/۰۸$^{e-g}$
ملس نی‌ریز	۳۰^{bc}	۲۵^{de}	۲۴/۱۷$^{d-f}$	۲۳/۳۳$^{d-f}$	۲۰/۴۲^{fg}	۱۸/۷۵^{g}
	آنتوسیانین کل (mg/l)					
رباب نی‌ریز	۴۸/۷۱^{a}	۴۳/۹۲^{ab}	۳۹/۱۹^{bc}	۳۶/۹۶^{c}	۳۰/۳۴^{d}	۲۶/۸۲^{d}
ملس نی‌ریز	۱۸/۷۲^{e}	۱۵/۲۵^{ef}	۱۲/۷۵^{f}	۱۱/۷۴^{fg}	۱۰/۱۹^{fg}	۷/۵۳۳^{g}

در هر صفت اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

محتوی آسکوربیک اسید بالاتری نسبت به شاهد بود (جدول ۳). آسکوربیک اسید در هر دو رقم با گذشت زمان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که البته رقم رباب نی‌ریز نسبت به ملس نی‌ریز روند کاهشی شدیدتری نشان داد.

آنتوسیانین کل

همان طور که جدول ۲ نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین محتوی آنتوسیانین دو رقم مورد بررسی مشاهده شد. رقم رباب به‌طور قابل توجهی دارای آنتوسیانین بالاتری نسبت به رقم

ملس نی‌ریز بود. اثر نوع بسته‌بندی نیز بر محتوی آنتوسیانین معنی‌دار بود. به‌طوری که آریل‌های قرار گرفته در بسته‌های نانو دارای آنتوسیانین بالاتری بودند (جدول ۳). در هر دو رقم میزان آنتوسیانین طی انبارمانی کاهش یافت و در روز آخر به حداقل میزان خود رسید.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی

اثر اصلی رقم نشان داد که رقم رباب دارای بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی بود (جدول ۲). همچنین نمونه‌های بسته‌بندی نانو به‌طور معنی‌داری ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی بالاتری نسبت به بسته‌های شاهد داشتند (جدول ۳). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، خاصیت آنتی‌اکسیدانتی آریل‌های انار با گذشت زمان کاهش یافت. تا روز بیست و چهارم تفاوت معنی‌داری بین بسته‌های نانو و شاهد مشاهده نشد، اما در روز آخر بسته‌های نانو به‌طور معنی‌داری دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی بالاتری بودند.

ارزیابی حسی (تست پانل)

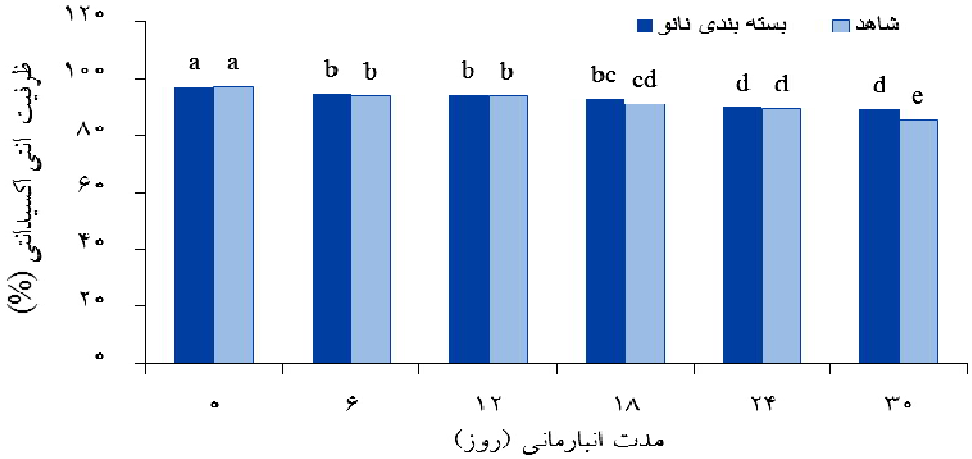
اثر اصلی رقم نشان داد که رقم رباب نی‌ریز به‌طور معنی‌داری دارای ارزیابی حسی بالاتری نسبت به رقم ملس نی‌ریز بود (جدول ۲). نمونه‌های بسته‌بندی نانو نیز از نظر ارزیابی حسی ارزش بالاتری را نشان دادند (جدول ۳). همان‌طور که در شکل ۳ – الف نشان داده شده است، با گذشت زمان ارزش ارزیابی حسی کاهش یافت اما از روز هجدهم به بعد تفاوت معنی‌داری بین بسته‌های نانو و شاهد مشاهده شد. اثر برهم‌کنش رقم، تیمار و زمان (شکل ۳ – ب) نشان داد که رقم رباب بسته‌بندی نانو دارای بالاترین ارزش تست پانل طی مدت انبارمانی بوده است.

بحث

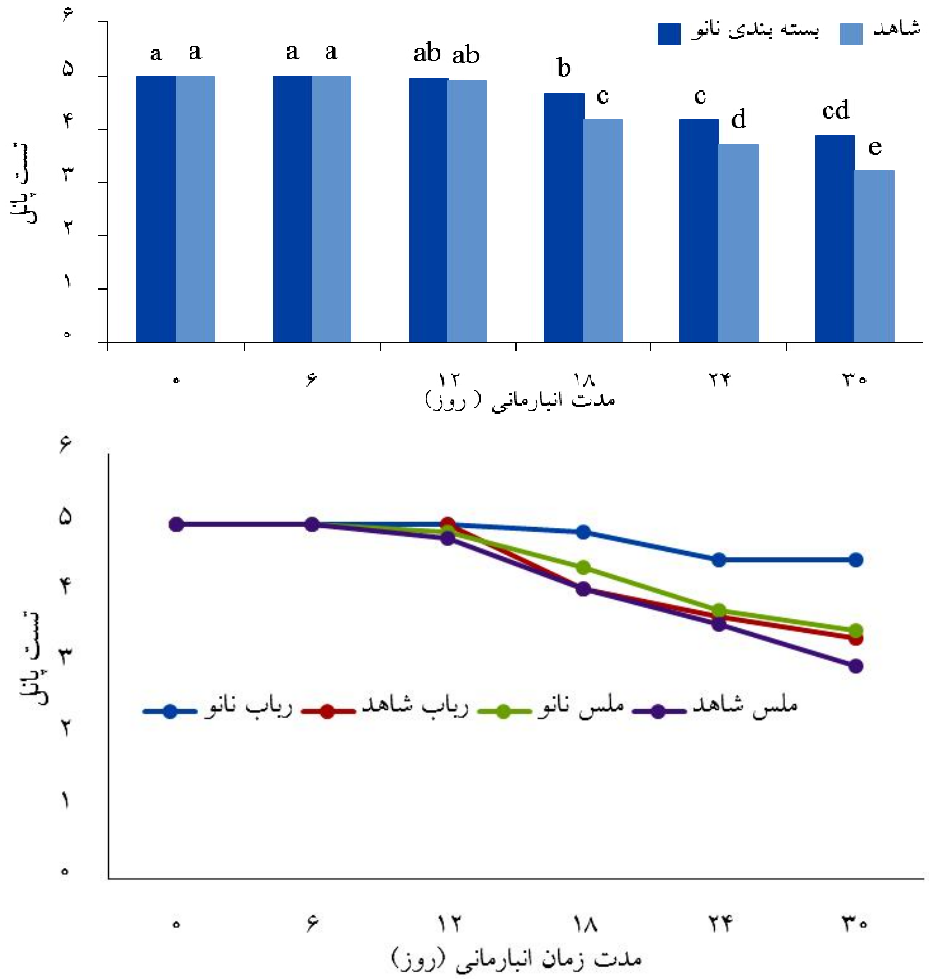
مشاهده نتایج حاصل از بسته‌بندی آریل‌های انار دو رقم رباب و ملس نی‌ریز، در ظروف معمولی و نانو نشان می‌دهد که استفاده از تکنولوژی نانو نقش قابل ملاحظه‌ای در حفظ خصوصیات کمّی و کیفی آریل های انار داشته است. با گذشت زمان شاخص طعم (TSS /TA) کاهش یافت گرچه در پایان آزمایش نمونه‌های بسته‌بندی نانو دارای شاخص طعم بالاتری نسبت به بسته‌های پلی‌اتیلن شاهد بودند اما تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. حسین پور و همکاران (۱۲) اظهار داشتند که بسته‌بندی نانو باعث حفظ اسیدهای آلی و مواد جامد محلول در میوه شلیل در مدت انبارمانی شد.

محتوای فنل کل آریل‌ها بسته به رقم متفاوت بود. از طرفی در هر دو رقم با گذشت زمان محتوای فنل کل کاهش یافت. شدت این کاهش در نمونه‌های بسته‌بندی شده نانو کمتر مشاهده شد. مطالعات نشان داده است که اکسیداسیون آنزیمی عمدتاً از طریق پلی‌فنول اکسیداز از دلایل عمده کاهش ترکیبات فنلی است. آسیب به بافت میوه باعث افزایش فعالیت این آنزیم و کاهش پلی‌فنول‌ها می‌شود (۵). زندی و همکاران (۲۴) نشان دادند که میوه‌های گیلاس بسته‌بندی شده با بسته‌های نانو دارای محتوی فنل بالاتری بودند. هو و همکاران (۱۳) نیز نشان دادند که میوه‌های کیوی بسته‌بندی شده در بسته‌های نانو دارای محتوی فنل بالاتری نسبت به نمونه‌های بسته‌بندی معمولی بودند. نتایج پژوهشی نشان داد که فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز در توت‌فرنگی‌های بسته‌بندی شده در بسته‌های نانو در مقایسه با بسته‌بندی‌های معمولی به‌طور قابل توجهی کاهش یافت، چون فعالیت این آنزیم در حضور اکسیژن افزایش می‌یابد (۲۳). لی و همکاران (۱۵) نیز نشان دادند که برش‌های تازه سیب فوجی بسته‌بندی شده با بسته‌های نانو نسبت به بسته‌های شاهد فعالیت کمتر آنزیم پلی‌فنول اکسیداز را دارا بودند.

وجود رنگیزه آنتوسیانین نقش مهمی در کیفیت بازارپسندی میوه انار دارد. بنابراین جلوگیری از کاهش آن یکی از فاکتورهای مهم برای حفظ کیفیت است. در مقایسه دو رقم به‌طورکلی، رقم رباب نی‌ریز به‌طور قابل توجهی محتوای آنتوسیانین کل بالاتری نسبت به رقم ملس نی‌ریز داشت. نتایج آزمایش همچنین نشان داد که بسته‌بندی نانو تأثیر معنی‌داری در حفظ آنتوسیانین نمونه‌ها داشته است. یانگ و همکاران (۲۳)



شکل ۲. تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی آریل‌های انار نگهداری شده در بسته‌های شاهد و نانو طی مدت انبارمانی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۳. الف) اثر متقابل تیمار و زمان بر ارزیابی حسی آریل‌های انار طی مدت انبارمانی و ب) برهم‌کنش تیمار، رقم و زمان بر ارزیابی حسی آریل‌های انار طی مدت انبارمانی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

گزارش کردند که بسته‌های نانو به‌طور معنی‌داری پوسیدگی میوه توت‌فرنگی را مهار کرده و کاهش در مقدار آنتوسیانین میوه به را به تأخیر می‌اندازد. ظاهراً بسته‌بندی نانو با جلوگیری از پوسیدگی و آلودگی نمونه‌ها، مانع از بین رفتن آنتوسیانین می‌شود که درنتیجه فرایندهای شیمیایی ناشی از فعالیت قارچی را به تأخیر می‌اندازد.

ترکیبات آنزیمی و غیر آنزیمی شامل آسکوربیک اسید، ترکیبات فنلی و کارتنوئید از عوامل تعیین‌کننده ظرفیت آنتی‌اکسیدانتی میوه‌ها و سبزی‌ها هستند (۲۱). کاهش شدید میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی پس از برداشت ممکن است ناشی از تنش پس از برداشت میوه یا دمای پایین انبار باشد (۲۳). گزارش شده است که کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌ها و میزان آسکوربات در طی پیری اغلب مربوط به کاهش توانایی مقابله با آسیب اکسیداتیو است. دلیل کاهش میزان اسیدآسکوربیک می‌تواند با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد در ارتباط باشد (۲۰). در اثر افزایش متابولیسم اکسیداتیو، گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابند که موجب تخریب غشاهای زیستی می‌شوند. برای جلوگیری از خسارت گونه‌های فعال اکسیژن، گیاهان سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی خود از جمله آنزیم‌هایی مثل آسکوربات پراکسیداز و یا سیستم‌های غیرآنزیمی مثل اسید آسکوربیک (ویتامین ث) را فعال می‌کند. آنتی‌اکسیدان‌ها با دادن الکترون به گونه‌های فعال اکسیژن اکسید شده و قدرت اکسیدکنندگی و ایجاد خسارت توسط آنها را از بین می‌برند (۲۱). کاهش در محتوای اسیدآسکوربیک در گیاهان می‌تواند باعث افزایش تولید رادیکال‌های آزاد شود که با پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی واکنش داده و باعث از هم پاشیدگی سلول می‌شوند. فری (۹) دلیل کاهش میزان آسکوربیک اسید را در بسته‌بندی‌های آب پرتقال، اکسیژن و طول مدت انبارداری بیان کرد. گزارش‌ها نشان داده‌اند که نمونه‌های کیوی در بسته‌های نانو دارای میزان آسوربیک اسید بالاتری نسبت به نمونه‌های شاهد بودند (۱۳). اسید آسکوربیک یکی از فراوان‌ترین آنتی‌اکسیدان‌ها است که در انار وجود دارد. در تحقیق حاضر بسته‌های حاوی نانو ذرات نقره نیز در پایان دوره انبارداری میزان و یتامین ث خود را بیشتر از بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی حفظ کردند که این می‌تواند به‌دلیل کاهش ورود اکسیژن به ظروف حاوی نانوذرات نقره باشد، زیرا اکسیژن باعث اکسیداسیون و از بین رفتن اسید آسکوربیک می‌شود و کاهش ورود آن می‌تواند باعث حفظ اسید اسکوربیک شود که با یافته‌های یانگ و همکاران (۲۴) مطابقت دارد. به عبارت دیگر با حفظ اسید آسکوربیک، غشا کمتر آسیب می‌بیند و باعث مهار فعالیت پلی‌فنل اکسیداز آریل‌ها در بسته‌های نانو می‌شود و به حفظ بهتر کیفیت آریل‌ها کمک می‌کند. تاج‌الدین و همکاران (۲۲) نشان دادند که تیمار ظرف‌های نانو موجب حفظ بافت زردآلو شده اما تغییرات رنگ در میوه‌های تحت تیمار بسته‌بندی نانو با تیمار شاهد تفاوت چندانی نداشت. اکسیژن یک عنصر نامطلوب در بسته‌بندی محصولات است و انبارهای با اتمسفر تغییر یافته و کنترل شده در واقع با محدود کردن تبادل اکسیژن و دی‌اکسید کربن باعث کاهش آهنگ تنفس و در نتیجه افزایش ماندگاری فراورده‌ها می‌شود. بسته‌بندی‌های نانو نسبت به ظروف معمولی (ظروف پلی اتیلن) از خاصیت بازدارندگی مناسب‌تری در برابر گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن برخوردار است و به همین علت، میزان تنفس و قهوه‌ای شدن آنزیمی در آریل‌های بسته‌بندی شده در این بسته‌ها کاهش می‌یابد (۴).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش استفاده از بسته‌بندی نانو نقش مؤثری در حفظ ترکیبات مختلف آریل انار مانند آنتوسیانین، آسکوربیک اسید، خاصیت آنتی‌اکسیدانتی در دو رقم انار داشت. احتمالاً بسته‌های نانو با کاهش ورود اکسیژن و خروج دی‌اکسید کربن و کاهش سرعت مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها و محتوی فنل کل، پیری آریل‌ها را به تأخیر انداخته و باعث حفظ کیفیت و افزایش انبارمانی آنها شده است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از شرکت نانو بسپار ایتک، برای تأمین ظروف تولید شده از طریق فناوری نانو تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Adebayo, E. 2015. The titrimetric and spectrophotometric determination of ascorbic acid levels in selected Nigerian fruits. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 9: 44–46.
2. Ahmadi, Z., S. H. Mirdehghan, H. Hokmabadi and M. H. Shamshiri. 1392. Nano packaging and edible coating used for improvement of shelf life and quality of individual fresh pistachio nuts. *Journal of Horticultural Science* 4: 367-374. (In Farsi).
3. AOAC. 1994. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis (16th ed). Virginia. U.S.A.
4. Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology* 28: 25–30.
5. Chisari, M., R. N. Barbagallo and G. Spagna. 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.
6. Donglu, F., Y. Wenjian, B. M. Kimatu, A. M. Mariga, Z. Liyan, A. Xinxin and H. Qiuhui. 2016. Effect of nanocomposite-based packaging on storage stability of mushrooms (*Flammulina velutipes*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 33: 489-497.
7. Emamifar, A. 2014. Assess the impact of oral aloe Vera gel as a coating on microbial characteristics, physicochemical and sensory strawberries fresh during storage. *Journal of Food Science and Technology* 2(6):15-29.
8. Ergun, M. and N. Ergun. 2009. Maintaining quality of minimally processed pomegranate arils by honey treatments. *British Food Journal* 111 (4): 396-406.
9. Fry, S. C. 1998. Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbate-induced hydroxyl radicals. *Biochemistry Journal* 322: 507-515.
10. Giusti, M. M. and R. E. Wrolstad. 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their application in food systems. *Biochemical Engineering Journal* 14: 217-225.
11. Han, C., Y. Zhao, S. W. Leonard and M. G. Traber. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology* 33: 67-78.
12. Hoseinpur. F., M. E. Amiri, A. Soleimani. 2016. Influence of hot water treatment and nano-packaging on qualitative characteristics of nectarine fruit cv. 'Sunglo'during storage. *Journal of Crops Management*. Under Publications. (In Farsi).
13. Hu, Q., Y. Fang, Y. Yang, N. Ma and L. Zhao, 2011. Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during cold storage. *Food Research International* 44(6): 1589-1596.
14. Khan, I., A. Sattar M. Wahid and M. Jan. 1985. Radiation preservation of dry fruits. *In:* Proceeding of the Radiation Disinfestation of Food and Agricultural Products, Inst. Tropical Agriculture. Hawaii, Honolulu, USA.
15. Li, X., W. Li, Y. Jiang, Y. Ding, J. Yun, Y. Tang and P. Zhang. 2011. Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut 'Fuji' apple. *International Journal of Food Science and Technology* 46(9): 1947-1955.
16. Meng, X., M. Zhang and B. Adhikari. 2014. The effects of ultrasound treatment and nano-zinc oxide coating on the physiological activities of fresh-cut kiwifruit. *Food and Bioprocess Technology* 7(1): 126-132.
17. Mirjalili, S. A. 2015. A Review on Biochemical Constituents and Medicinal Properties of Pomegranate (*Punica granatum* L.). *Journal of Medicinal Plants* 56:24-29. (In Farsi).
18. Moraru, C., C. Panchapakesan, Q. Huang, P. Takhistov, S. Liu and J. Kokini. 2003. Nanotechnology: A New Frontier in Food Science. *Institute Journal of Food Technology* 7(12):24-29.
19. Singleton, V. L and J. A Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.
20. Smirnoff, N. 1995. Antioxidant systems and plant response to the environment. PP. 217-243. *In:* Smirnoff, V. (Ed.), Environment and Plant Metabolism: Flexibility and Acclimation, BIOS Scientific Publishers, Oxford.
21. Spinardi, A. M. 2005. Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears. *Acta Horticulturae* 682: 1125-1134.
22. Tajaddin, B., M. hashemi. S. M. Khayamnekoie. 2014. Effect of chitosan-based nano-packaging on physical properties of apricot variety. *Agricultural Engineering Journal* 15: 41-52. (In Farsi).
23. Yang, F. M., H. M. Li, F. Li, Z. H. Xin, L. Y. Zhao, Y. H. Zheng and Q. H. Hu. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4°C. *Journal of Food Science* 75(3): 236-240.
24. Zandi, K., W. Weisany and L. Naseri. 2014. Evaluation of nanocomposite-based packaging to prolong the shelf-life of sweet cherry (*Prunus avium* cv. Syahe Mashhad) during storage. *Advances in Bioresearch* 5:188-194.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 2, Summer 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Nano Packaging on the Quality and Increasing Shelf Life of Pomegranate Arils of Rabab and Mallas Pomegranate (*Punica granatum* L.)

F. Izadi[1] and S. Rastegar[2*]

(Received: March 13-2017; Accepted: August 18-2018)

Abstract

Given the increasing consumer demand for ready-to-eat products in recent years, the use of nano technology has been considered to improve the quality and increase the shelf life of fresh cuttings of fruit and vegetables. In this research, the effects of polypropylene contents of Nanoclay nanocomposites prepared by Bespar Aitec Company dishes, on quantitative and qualitative post-harvest indices of arils of pomegranate cultivars "Rabab-Neyriz" and "Milas-Neyriz" after 30 days Storage at 5 °C were investigated. For this purpose, soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), phenol, ascorbic acid, antioxidant activity, total anthocyanin, flavor index, and sensory evaluation (panel test) were evaluated at a time interval of 6 days. Based on the results, the studied cultivars showed significant differences in qualitative characteristics, especially anthocyanins. In both cultivars, total phenol content, ascorbic acid, anthocyanin and antioxidant capacity gradually decreased over time. Although there was no significant difference between the Nano and control samples for flavor index, other traits showed significant differences. In both cultivars, Nano- packaged arils showed higher phenol, ascorbic acid, anthocyanin and antioxidant contents compared to the control samples. Nano-packaged arils of Rabab cultivar showed a better marketability. These results indicated that Nano- packaging is a promising approach in maintaining quality and increasing shelf life and marketability of pomegranate arils during 30 days storage.

Keywords: After-harvest, Marketability, Quality, Ready to eat

1, 2. MSc. Student and Assistant Professor, Respectively, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: rastegarhort@gmail.com