مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۱ صفحه‌های ۵۱ تا ۶۴ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

اثر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر داده شده فعال و غیرفعال بر کیفیت میوه‌های انار رقم رباب نی‌ریز در دوره انبار سرد[1]

Effect of Active and Passive Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pomegranate Fruits (*Ponica granatum* cv. Rabab Ney-Riz) during Cold Storage

محمدرضا صفی زاده*[2]

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر اتمسفر تغییر یافته فعال و غیرفعال بر ویژگی‌های کیفی میوه انار (رقم رباب نی‌ریز) نگهداری شده به‌مدت ۴ ماه در دمای ۵ درجه سلسیوس انجام شد. میوه‌ها به‌صورت جداگانه در لایه پلی‌آمیدی/پلی‌اتیلنی کم نفوذ به‌صورت اتمسفر تغییر یافته فعال بدون حضور دی اکسید کربن (نیتروژن ۹۹٪ + اکسیژن ۱٪، نیتروژن ۹۷٪ + اکسیژن ۳٪ و نیتروژن ۹۵٪ + اکسیژن ۵٪)، اتمسفر تغییر یافته غیرفعال و روباز در هوای آزاد بسته‌بندی شدند. بررسی نتیجه‌ها نشان داد میوه‌هایی که در لایه پلی‌آمیدی/ پلی‌اتیلنی نگهداری شده بودند در مقایسه با میوه‌های نگهداری شده در هوای آزاد دارای کمترین مقدار کاهش وزن بودند. مقدار اسیدیته قابل تیتر در تمام شیوه‌های بسته‌بندی با پیشرفت زمان انبارمانی افزایش یافت. مقدار اسید قابل تیتر و ماده‌های جامد محلول کل زیر تاثیر ترکیب‌های گازی قرار نگرفتند. اتمسفر هوای آزاد که دارای بیشترین میزان اکسیژن بود فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها را به خوبی حفظ نمود. مقدار آنتوسیانین کل، فنول کل و اسکوربیک‌اسید زیر تاثیر اتمسفر انبار و مدت زمان انبارمانی قرار گرفتند. بیشترین مقدار آنتوسیانین کل در نمونه‌های تیمار شده با هوای آزاد و اتمسفر تغییر یافته غیرفعال مشاهده شد که با پیشرفت زمان انبارمانی افزایش یافت. فنول کل میوه‌ها در بسته‌های اکسیژن ۱٪، که نسبت به دیگر تیمارها کمترین اکسیژن را داشتند، بیشتر بود. مقدار اسکوربیک‌اسید میوه‌ها با پیشرفت زمان نگهداری در انبار کاهش یافت و در نمونه‌هایی که زیر اکسیژن ۳٪ ، اکسیژن ۵٪ و هوای آزاد نگهداری شده بودند، بیشترین کاهش را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: انبار سرد، آنتوسیانین، ترکیب‌های فنولی، کیفیت میوه، لایه پلی‌آمیدی/ پلی‌اتیلنی.

مقدمه

میوه انار به‌دلیل ترکیب‌های فعال ویژه از جمله آنتی‌اکسیدان‌های پلی فنولی که در جلوگیری از بیماری‌های گرفتگی عروق و بعضی از انواع سرطان‌ها نقش دارد، از نظر تغذیه‌ای و تجاری در دنیا مورد توجه همگان قرار گرفته است (۴۳). بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته (MAP)[3] همراه با نگهداری در دمای سرد به طور موفقیت آمیز برای طولانی نمودن عمر نگهداری میوه و سبزی‌های آبدار مورد استفاده قرار گرفته است (۲۴). بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته فرایندهای فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی را کاهش داده، پیری را به تاخیر می‌اندازد و در نتیجه فرآورده بسته‌بندی شده شاداب باقی می‌ماند و ویژگی‌های کیفی و ایمن از میکروب آن نیز حفظ می‌گردد (۲۶). اتمسفر داخل بسته به‌صورت غیرفعال از برهمکنش سرعت

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۳۰
۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (safizade@shirazu.ac.ir).
۳- Modified Atmosphere Packaging

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

تنفس و ویژگی‌های نفوذپذیری لایه تغییر می‌کند و یا به‌صورت فعال ترکیبی از گازهای مخلوط را پیش از دوختن، به داخل بسته تزریق می‌نمایند (۲۶، ۳۷). بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته بر این اساس استوار است که محتوای گازی محیط درون بسته را که از برهمکنش نفوذپذیری لایه به گازها (دی اکسید کربن و اکسیژن) و سرعت تنفس فراورده ایجاد می‌شود، تغییر می‌کند (۲۵). تغییر اتمسفر غیرفعال با استفاده از ترکیب هوای طبیعی داخل بسته انجام می‌گیرد و مشروط به سرعت تنفس فراورده به ترکیب گازی دلخواه می‌رسد. اگر سرعت تنفس فراورده و ویژگی‌های نفوذپذیری لایه به خوبی انجام شود، با مصرف O_2 و تولید CO_2 که محصول نهایی تنفس است اتمسفر دلخواه در بسته ایجاد می‌گردد، اما تنظیم اتمسفر غیرفعال با محدودیت همراه است. برای مثال دسترسی به لایه‌های مناسب که بتوانند امکان همزمانی انتشار گازها و جبران اثر دما را فراهم کنند وجود ندارد، بنابراین ایجاد اتمسفر فعال در مقایسه با تغییر اتمسفر غیرفعال ترجیح دارد (۸). نگهداری انار در ترکیب‌های مختلف اتمسفر کنترل شده شامل ۱۰کیلو پاسکال دی اکسید کرین و ۵ کیلو پاسکال اکسیژن، ۵ کیلو پاسکال دی اکسید کربن و ۵ کیلو پاسکال اکسیژن، صفر کیلو پاسکال دی اکسید کربن و ۵ کیلو پاسکال اکسیژن سبب شده است که کاهش وزن، پوسیدگی قارچی، سرمازدگی و سوختگی پوست[1]کاهش یابد (۳۳). افزایش غلظت CO_2 و کاهش O_2در اتمسفر فضای نگهداری میوه انار، باعث کاهش مقدار تنفس، جلوگیری از تولید اتیلن و به تاخیر انداختن پیری شده است و از این رو عمر قفسه‌ای افزایش یافته است، اما در صورت قرارگیری محصول در غلظت‌های بسیار کم یا بسیار زیاد، ممکن است اثرهای ناخوشایند مثل رنگ پریدگی یا زوال رنگ انار دانه[2] و بد طعم شدن را ایجاد کند (۳۳). با وجود به‌کارگیری دما و اتمسفر کنترل شده، کاهش کیفیت انار به‌دلیل نابسامانی‌هایی مثل سوختگی پوست، پوسیدگی قارچی، سرمازدگی و کاهش وزن هنوز مشاهده می‌گردد (۷). زوال رنگ و مزه انار دانه در طی انبار طولانی نیز از علت‌های کاهش کیفیت می‌باشد (۳۳). پژوهشگران بسیاری گزارش نموده‌اند در صورتی که ترکیب گاز و نفوذپذیری لایه به روش صحیح طراحی شود، سیستم MAP می‌تواند کیفیت شاداب فرآورده را حفظ نماید (۹). به هر حال، طراحی سیستم MAP یک کار پیچیده است که زیر اثر برهمکنش دینامیکی و تلفیق ویژگی‌های فراورده، لایه بسته بندی و شرایط اتمسفر اطراف فرآورده قرار می‌گیرد (۴۴).

هدف از این پژوهش دستیابی به آگاهی‌های بیشتر در خصوص نگهداری طولانی میوه‌های انار در شرایط اتمسفر کنترل شده و بررسی اثرهای ترکیب‌های مختلف گازی بر ویژگی‌های کیفی آن‌ها بود. با این هدف روش تغییر اتمسفر فعال که فقط با نسبت‌های O_2 و بدون CO_2 فراهم شده بود با روش تغییر اتمسفر غیرفعال و هوای آزاد مقایسه شدند. برای بررسی دقیق‌تر اثر ترکیب گازها بر ویژگی‌های کیفی، با انتخاب لایه کم نفوذ، گذرپذیری لایه کمتر دخالت داده شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌ها

میوه‌های انار رقم رباب نی‌ریز در مرحله رسیدگی تجاری با ویژگی‌های پوست قرمز روشن و اناردانه‌های قرمز تیره از یک باغ تجاری واقع در شهرستان نی‌ریز به طول جغرافیایی′۲۰ °۵۴ و عرض جغرافیایی ′۱۲ °۲۹ و ارتفاع ۱۷۹۵ متر از سطح دریا در جنوب استان فارس با دست برداشت و به آزمایشگاه انتقال یافتند. سپس میوه‌هایی که از نظر رنگ، شکل و اندازه به تقریب مشابه بودند، انتخاب شدند و میوه‌هایی با آثار آسیب مکانیکی، آفتاب سوختگی، خشکیدگی و نشانه‌های بیماری و آفت حذف شدند.

روش اجرای تیمارها

تعداد ۱۶۰ عدد میوه به‌طور تصادفی به ۵ گروه ۳۲ عددی تقسیم شدند. میوه‌های چهار گروه به صورت تکی در پاکت‌های پلی آمید/ پلی‌اتیلن (تهیه شده از شرکت مقدم اصفهان) به ضخامت ۷۰ میکرومتر و ابعاد ۱۵×۲۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. نفوذپذیری لایه پلاستیک به اکسیژن و دی اکسید کربن بر اساس اعلام شرکت مقدم اصفهان به‌ترتیب $۹/۶ \times ۱۰^{-۸}$ و $۷/۸ \times ۱۰^{-۸}$ مول بر متر مربع بر ثانیه و به بخار آب $۵/۲۳ \times ۱۰^{-۴}$ گرم بر متر مربع بر ثانیه گزارش شده بود. اولین گروه از پاکت‌های میوه (۳۲ عدد) با هوا (اکسیژن ۲۱٪ و دی اکسید کربن ۰/۰۳٪) پر شدند و سپس پاکت‌ها به‌طور دستی با دستگاه دوخت حرارتی مسدود شدند. به طوری که در ابتدا درب پاکت میوه تا حد نهایی مانده به یک منفذ برای ورود سوزن تزریق گاز،

۱- Husk scald

۲- Aril

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

مسدود شد. سپس با سوزنی که به لوله پمپ هوای معمولی و یا کپسول مخلوط گاز متصل بود، گاز به داخل منفذ و پاکت تزریق شد. پس از پرشدن حجم نهایی و یکسان مخلوط گاز بی درنگ سوزن به عقب کشیده شد و منفذ با دستگاه دوخت مسدود شد. این گروه از میوه‌ها به عنوان بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته غیرفعال[1] در نظر گرفته شدند. دومین، سومین و چهارمین گروه از پاکت‌های میوه به‌ترتیب با کدهای $O_{2\ 1\%}$، $O_{2\ 3\%}$ و $O_{2\ 5\%}$ نام گذاری شدند و به‌ترتیب با مخلوط‌های گازی (نیتروژن ۹۹٪ + اکسیژن ۱٪، نیتروژن ۹۷٪ + اکسیژن ۳٪ و نیتروژن ۹۵٪ + اکسیژن ۵٪) پر و دوخت شدند. این سه گروه به عنوان تغییر اتمسفر فعال بدون CO_2 در نظر گرفته شدند. با هدف کنترل نشت گاز و اجتناب از هر گونه خطا، هرکدام از پاکت‌های میوه در زیر آب غوطه ور شدند و در صورت نشت گاز، پاکت‌ها تعویض شدند. پنجمین گروه از میوه‌ها بدون هیچ پوششی و با کد هوای آزاد به‌صورت تکی در توری پلاستیکی قرار داده شدند. آزمایش به‌صورت طرح به‌طورکامل تصادفی طراحی گردید. چهار تکرار برای هر تیمار و در هر تکرار برای هر زمان، ۸ عدد میوه مورد ارزیابی قرار گرفتند. بسته‌های میوه در سردخانه با دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ تا ۸۵٪ برای مدت ۴ ماه نگهداری شدند. نمونه‌های میوه پس از ۱، ۲، ۳ و ۴ ماه از انبار خارج شده و پس از ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس انکوباتور (Eyela, Japan)، مورد ارزیابی فیزیکی و شیمیایی کیفیت قرار گرفتند.

اسکوربیک‌اسید

انارداناه‌های میوه هر بسته توسط دست از پوست جدا شدند و آب میوه آن‌ها پس از استخراج صاف گردید. مقدار اسیدآسکوربیک در ۵ میلی‌لیتر از آب میوه توسط روش احیا با کلرو ایندو فنول تعیین شد (۳).

فنول کل

فنول کل بر اساس روش Selcuk و Erkan (۴۰) انجام شد. ۱۰۰ میکرولیتر از آب انار با ۹۰۰ میکرولیتر از فولین کیو کلشیو[2] ۰/۲ نرمال مخلوط شد و پس از ۵ دقیقه ماندن در دمای اتاق، ۴ میلی لیتر کربنات سدیم ۷۵ گرم بر لیتر به آن اضافه شد و سپس ۲ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد و پس از سانتریفوژ نمودن (۲۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۵ دقیقه)، مقدار جذب محلول در طول موج ۷۶۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر (UV-160A, Schimadzu, Tokyo, Japan) خوانده شد. لازم به ذکر است که از آب مقطر به عنوان نمونه بلنک استفاده شد. این روش کار نیز برای شش محلول استاندارد گالیک‌اسید (۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) به کار برده شد و نتیجه‌های نهایی به عنوان میلی گرم گالیک‌اسید در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه گزارش شد.

آنتوسیانین کل

مقدار آنتوسیانین کل توسط روش اختلاف pH با دو سیستم بافری کلرید پتاسیم (pH= 1, 0.025 M) و استات سدیم (pH= 4.5, 0.4 M) انجام گرفت. یک دهم میلی لیتر از آب میوه نمونه با ۳/۹ میلی لیتر از هریک از بافرها مخلوط شد و پس از سانتریفوژ نمودن (۲۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۵ دقیقه)، جذب در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر (UV-160A, Schimadzu, Tokyo, Japan) خوانده شد. آنتوسیانین کل به عنوان سیانید-۳ گلوکوزاید بر اساس معادله زیر محاسبه شد (۳۲).

$$\text{آنتوسیانین کل}\ mg/100\,ml = \frac{A \times MW \times DF \times 100}{£ \times 1}$$

به این صورت که: $A = (A_{520}-A_{700})\ pH_1 - (A_{520}-A_{700})\ pH_{4.5}$

MW وزن مولکولی= ۴۴۹/۲ گرم بر مول برای سیانید-۳ گلوکزید، DF فاکتور رقیق کردن، ۱ عرض کووت به سانتی متر، £ ضریب خاموشی ۲۶۹۰۰.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی (A.A. %)[3] توسط رادیکال آزاد دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH)[4] و با روش Kulkarni و Aradhaya (۱۹) تعیین شد. یک دهم میلی لیتر از آب میوه با ۰/۹ میلی لیتر از بافر Tris- Hcl 100 Mm که

۱- Passive MAP ۲- Folin-Ciocalteu ۳- Antioxidant activity ۴- 2,2,-Diphenyl-1-pycril-hydrazil

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

دارای pH= ۷/۴ بود مخلوط شد و ۱ میلی لیتر از DPPH ۰/۵ میلی مولار در اتانول به آن افزوده شد. یک نمونه شاهد نیز شبیه به همین نمونه آماده شد، با این تفاوت که ۰/۱ میلی لیتر آب مقطر به جای آب میوه استفاده شد. نمونه‌ها با شیکر لوله به شدت تکان داده شدند و برای مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از سانتریفوژ نمودن (۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه)، جذب تغییرهای رنگ (از صورتی به زرد کمرنگ) در طول موج ۵۱۷ نانومتر با اسپکتروفتومتر (UV-160A, Schimadzu, Tokyo, Japan) خوانده شد. نمونه‌هایی که حاوی ۰/۱ میلی لیتر از آب میوه و ۰/۹ میلی لیتر از بافر بودند بدون افزودن DPPH به عنوان بلنک در نظر گرفته شدند. درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد.

$$\%A.A. = \{1 - \frac{\text{جذب بلانک} - \text{جذب نمونه}}{\text{جذب شاهد}}\} \times 100$$

درصد آب پوست و آب میوه

مقدار آب پوست هر نمونه میوه بر اساس وزن اولیه (تر) و وزن خشک پس از قرار گرفتن در آون ۸۰°C بر اساس رابطه زیر تعیین گردید. برای اندازه‌گیری آب میوه مقدار ۲۰ گرم از اناردانه‌ها را وزن نموده و سپس در آون با دمای ۸۰ °C قرار داده و تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. درصد آب میوه بر اساس رابطه زیر تعیین شد.

$$\text{درصد آب پوست / یا درصد آب میوه} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \times 100$$

اسیدیته قابل تیتر (TA)[1]و ماده‌های جامد محلول کل (TSS)[2]

۵ میلی لیتر از آب میوه توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH= ۸/۱ سنجیده شد و نتیجه‌ها به‌صورت گرم سیتریک اسید در هر ۱۰۰ گرم آب میوه بیان شد (۳). ماده‌های جامد محلول کل توسط قندسنج (ATAGO, PAL-22S, Japan) اندازه‌گیری و به‌صورت درصد بریکس گزارش شد.

نشت الکترو لیت‌ها

مقدار درصد نشت الکترولیت‌ها به عنوان معیاری برای آسیب به غشا متاثر از سرمازدگی و پیری براساس روش به کار رفته توسط میردهقان و همکاران (۲۷) انجام شد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی میوه‌ها توسط یک گروه ۱۰ نفره غیر متخصص زن و مرد که آموزش‌های لازم را فرا گرفته بودند پس از هر دوره انبار انجام گرفت. این گروه، درجه طعم، رنگ دانه‌ها، شادابی و بدبویی میوه‌ها را بر اساس مقیاس ۵ تا ۱ ارزیابی نمودند. نمره ۱ بیانگر ضعیف و نمره ۵ بیانگر عالی در نظر گرفته شد. نمره‌های کمتر از ۳ برای طعم، رنگ دانه‌ها و شادابی و نمره بالاتر از ۳ برای بدبویی از نظر تجاری غیر قابل قبول شناخته شدند.

واکاوی آماری

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل و بر پایه طرح به‌طورکامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول شامل چهار زمان نگهداری به‌صورت ماهیانه و فاکتور دوم شامل پنج سطح تیمار بسته‌بندی بود که چهار تکرار و هشت عدد میوه در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های جمع‌آوری شده پس از انجام آزمایش توسط نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) واکاوی شدند و شکل‌ها توسط نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

اسکوربیک‌اسید

کاهش قابل توجهی در مقدار اسکوربیک‌اسید انارها در طول دوره انبارمانی مشاهده شد. مقدار اسکوربیک‌اسید در هر دو میوه‌های هوای آزاد و اتمسفر تغییر داده شده فعال و غیرفعال کاهش یافت، به طوری که میوه‌های اتمسفر تغییر یافته غیرفعال

۱- Titratable acid
۲- Total Soluble Solid

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

در طول ۱۲۰ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس افزون بر ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس بیشترین مقدار اسکوربیک‌اسید را داشتند (شکل۱- الف) (جدول۱). کاهش مقدار اسکوربیک‌اسید ممکن است به علت به تعویق افتادن ساخت و یا زوال سریع اسکوربیک‌اسید باشد (۱۸). مقدار اسکوربیک‌اسید انارهای هوای آزاد و بسته‌های O_2 3% و O_2 5% پس از ۴ ماه نگهداری نسبت به بقیه تیمارها بیشترین مقدار کاهش را نشان دادند (جدول ۱). یافته‌های ما مطابق با نتیجه‌های Arends و همکاران می‌باشد که کاهش مقدار جزیی اسکوربیک‌اسید انارها را در طی دوره انبار گزارش نمودند (۴). هم‌چنین Selcuk و Erkan گزارش نمودند که مقدار اسکوربیک‌اسید در هر دو میوه‌های شاهد و اتمسفر تغییر یافته غیرفعال در طی ۱۲۰ روز نگهداری در دمای ۶ درجه سلسیوس به‌طور پیشرونده کاهش یافت و میوه‌های شاهد (هوای آزاد) همواره مقدار بیشتری اسکوربیک‌اسید نسبت به میوه‌های اتمسفر تغییر یافته غیره فعال داشتند، اما پس از ۱۸۰ روز نگهداری اختلاف معنی‌داری بین میوه‌های شاهد و اتمسفر تغییر یافته غیرفعال مشاهده نشد (۴۱). در این بررسی به احتمال اکسایش اسکوربیک‌اسید در حضور مقدار بیشتر اکسیژن آسان‌تر انجام شده است. هم‌چنین، در مقایسه با هوای آزاد، شرایط اتمسفر کنترل شده و افزایش مقدار CO_2 در اتمسفر گازی اطراف میوه‌ها شرایط مناسب‌تری را برای حفظ اسکوربیک‌اسید ایجاد نموده است. بررسی‌های گوناگون نیز نشان می‌دهد که اتمسفر کنترل شده در فضای سرشار از اکسیژن برای محصول‌هایی مانند مارچوبه سبز و برش‌های گلابی تازه باعث شده است که اکسایش اسکوربیک‌اسید به‌دلیل اکسیژن زیاد تسریع شود (۲۱، ۳۱). بر اساس گزارش Belay و همکاران (۶) نیز اکسایش اناردانه‌ها به دلیل حضور اکسیژن تسریع شد و مقدار اسکوربیک اسید در نمونه‌هایی که در هوای آزاد و شرایط سرشار از O_2 قرار گرفته بودند به طور چشمگیری کاهش یافت. در این پژوهش به طور کلی انارهایی که در شرایط انباشت بیشتر CO_2 قرار گرفته بودند مقدار اسکوربیک اسید بیشتری نسبت به دیگر تیمارها داشتند.

محتوای فنول کل

فنول کل در همه تیمارها با افزایش زمان نگهداری در دمای سرد کاهش یافت (شکل ۱-ت). کاهش محتوای فنولی ممکن است به عنوان جزئی از روند پیری به علت زوال ساختار یاخته‌ای در طول مدت نگهداری و یا به علت اکسیداسیون ماده‌های فنولی در اثر فعالیت آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز باشد (۱۵). کاهش فنول کل در انار رقم ملس ساوه در طول ۱۲۰ روز نگهداری در دمای ۴/۵ درجه سلسیوس (۱)، در انار رقم مولار دلچه[1]در طول ۸۴ روز نگهداری در دمای ۲ درجه سلسیوس (۳۹) و در انار رقم واندرفول[2] در طول ۳ ماه نگهداری در دمای ۷ درجه سلسیوس نیز گزارش شده است (۲۹). به هر حال، یافته‌های پژوهش حاضر با نتیجه‌های Fawole و Opara (۱۲) و Selcuk و Erkan (۴۰) که گزارش نمودند فنول کل در رقم‌های مختلف انار به‌ترتیب در دماهای ۶ و ۵ درجه سلسیوس افزایش یافته است، ناهمسو می‌باشد. در پژوهش حاضر، فنول کل انارها در بسته‌های O_2 1% در ماه چهارم (شکل ۱-ت) و پس از چهار ماه نگهداری (جدول ۱) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. بدیهی است که اکسیژن فضای بسته‌های O_2 1% از ابتدا و به ویژه در ماه چهارم از سایر بسته‌های میوه کمتر شده است. مشاهده حفظ بیشتر فنول کل در شرایط اکسیژن کم (O_2 1%) به احتمال می‌تواند مربوط به افزایش مسیر فنیل پروپانوئید در زیر شرایط تنش‌زا مثل غلظت کم O_2 باشد (۳۰) و یا ممکن است در زیر شرایط O_2 کم فعالیت پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز که آنزیم‌های اصلی پلی فنول هستند، کاهش یافته باشد. اکسایش ترکیب‌های فنولی با آنزیم پلی‌فنول اکسیداز در حضور اکسیژن انجام می‌گیرد. بنابراین، هر فاکتوری که از فعالیت این آنزیم جلوگیری کند و یا مقدار اکسیژن در دسترس آنزیم را کاهش دهد می‌تواند سبب حفظ ترکیب‌های فنولی گردد (۳۵). نتیجه‌های این پژوهش با گزارش Belay و همکاران (۶) همسو است. ایشان بیان کردند که مقدار ماده‌های فنول انارهای رقم واندرفول در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته فعال که در معرض O_2 کم قرار گرفته بودند در مقایسه با غلظت زیاد O_2 افزایش یافته است.

آنتوسیانین کل

مقدار کل آنتوسیانین میوه بسته‌ها در پایان ماه اول نگهداری در تمام تیمارها در حد یکسان حفظ شد (شکل۱- پ). مقدار کل آنتوسیانین انارهای بسته‌های O_2 1%، O_2 3% و O_2 5% از ماه دوم کاهش یافت، اما مقدار آنتوسیانین کل انارهای بسته‌های هوای آزاد و اتمسفر تغییر یافته غیرفعال به مقدار زیادی حفظ شدند. به‌طور کلی پس از ۴ ماه نگهداری، انارهای بسته‌های

۱- Mollar de Elche

۲- Wonderful

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

هوای آزاد و اتمسفر تغییر یافته غیرفعال دارای مقدار آنتوسیانین بیشتری نسبت به انارهای بسته‌های O_2 1% ، O_2 3% و O_2 5% بودند (جدول ۱). حفظ مقدار کل آنتوسیانین بسته‌های میوه در طول ماه اول نگهداری ممکن است به علت ادامه زیست‌ساخت ماده‌های فنولی و آنتوسیانینی پس از برداشت باشد که در ارتباط با فرایند رسیدن می‌باشد (۱۲) که معلوم شده است در دماهای سرد تحریک می‌شود و در رابطه با افزایش فعالیت آنزیم‌های مسیر زیست‌ساخت آنتوسیانین مثل فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL)[1] و فلاوونوئید-۳-اُ- گلیکوزیل ترانسفراز[2] می‌باشد که در سرما فعالیت آن‌ها بیشتر می‌شود (۱، ۴۰). کاهش مقدار آنتوسیانین بسته‌های انار O_2 1%، O_2 3% وO_2 5% پس از ماه اول نگهداری و بسته‌های هوای آزاد و اتمسفر تغییر یافته غیرفعال در ماه چهارم به احتمال زیاد مربوط به تجزیه آنتوسیانین می‌باشد که در نگهداری طولانی دیگر میوه‌ها نیز اتفاق می‌افتد (۳۸).

این نتیجه‌ها نشان می‌دهد که مقدار آنتوسیانین کل انارها زیر تاثیر نوع بسته‌بندی و زمان انبار قرار گرفته است. در پژوهشی، Selcuk و Erkan (۴۱) نیز گزارش نمودند که مقدار آنتوسیانین کل میوه‌های انار که در هوای آزاد قرار داشتند بیشتر از انارهایی بوده است که در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته قرار گرفته بودند. حفظ مقدار آنتوسیانین کل انارها در بسته‌های هوای آزاد و کنترل اتمسفر غیرفعال در طول مدت نگهداری را می‌توان به ترکیب گاز محیط اطراف میوه‌ها نسبت داد. غلظت O_2 محیط این بسته‌ها (اکسیژن ۲۱٪) همواره ۴ تا ۲۰ برابر بیشتر از محیط بسته‌های O_2 1%، O_2 3% و O_2 5% بوده است. هم‌چنین غلظت CO_2 محیط بسته‌های اتمسفر تغییر یافته غیرفعال نسبت به دیگر بسته‌ها بیشتر بوده است. هم‌چنین، Holcroft و همکاران (۱۷) گزارش نمودند که اتمسفر کنترل شده شامل غلظت زیاد CO_2 و غلظت کم O_2 باعث کاهش مقدار آنتوسیانین انارداده شده است. آن‌ها بیان نموده‌اند که کاهش مقدار آنتوسیانین به‌علت کاهش فعالیت آنزیم‌های کلیدی مسیر زیست‌ساخت آنتوسیانین در اتمسفر سرشار از CO_2 بوده است. نتیجه‌ها نشان می‌دهد به احتمال کاهش مقدار آستانه‌ای O_2 در اتمسفر بسته‌های O_2 1%، O_2 3% و O_2 5% عامل اصلی کاهش مقدار آنتوسیانین می‌باشد و برخلاف نظر Holcroft و همکاران (۱۷) Co_2 در کاهش مقدار آنتوسیانین نقشی نداشته است.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

انارها بیشتر به‌دلیل داشتن مقدار زیاد ماده‌های فنولی کل که شامل فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و دیگر ترکیب‌های فنولی است، فعالیت آنتی‌اکسیدانی خوبی را بروز می‌دهند (۱۹). فعالیت آنتی‌اکسیدانی انارها در بسته‌های O_2 1%، O_2 3% و O_2 5% بعد از ماه اول و دوم بدون تغییر باقی ماندند، اما پس از آن با گذشت زمان، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها افزایش یافت و در ماه چهارم به بیشینه فعالیت خود رسید. فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های هوای آزاد این روند را نشان نداد و پس از ماه اول شروع به افزایش نمود و همواره نسبت به دیگر تیمارها بیشترین مقدار را نشان داد (جدول ۱ و شکل ۱-ب) . افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی توت فرنگی در طول ۱۴ روز نگهداری در هوای سرد (۵ درجه سلسیوس) (۱۴) و در انار در طول ۱۲۰ روز نگهداری در دمای ۶ درجه سلسیوس (۴۰) نیز گزارش شده است. اما، Lòpez-Rubira و همکاران (۲۲) و D'Aquino و همکاران (۱۰) هیچ گونه تغییرهای معنی‌داری در فعالیت آنتی‌اکسیدانی انار رقم پریموزول[3] در اتمسفر تغییر داده شده و بسته‌بندی انقباضی[4] مشاهده نکردند. نا همسو با این نتیجه‌ها، Arends و همکاران (۴) کاهشی سریع در فعالیت آنتی‌اکسیدانی رقم انار واندرفول بعد از ماه دوم و تا ۵ ماه نگهداری در دمای ۵، ۷/۵ و ۱۰ درجه سلسیوس مشاهده نمودند. Selcuk و Erkan (۴۱) به یک رابطه مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار فنول کل انار رسیدند. پژوهش حاضر مشخص می‌سازد اگرچه فنول کل انارها در طول مدت نگهداری کاهش یافت، اما فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها حفظ و یا افزایش نشان داد. بنابراین به‌طور روشن امکان این‌که به غیر از ترکیب‌های فنولی ترکیب‌های دیگری با فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارتباط داشته باشند وجود دارد. اختلاف الگوی تغییرهای فعالیت آنتی‌اکسیدانی انارها در بسته‌های مختلف را می‌توان به ترکیب گاز محیط اطراف میوه‌ها نیز نسبت داد. به نظر می‌رسد دسترسی به اکسیژن بیشتر در هوای آزاد، شرایط بهتری برای فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایجاد نموده است. این نتیجه‌گیری با نتیجه‌های Zheng و همکاران (۴۵) سازگاری دارد که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های بای

۱- Phenylalanine ammonia-lyase
۲- Flavonoid-3-O-glucosyltransferase
۳- Primosole
۴- Shrink wrap

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

بری چینی[1]را در بسته‌هایی که در معرض O_2 بیشتری قرار گرفته بودند، مشاهده نمودند. در این آزمایش انارهایی که در هوای آزاد قرار داشتند بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند اما این افزایش با کاربرد لایه پلیمری و محدود شدن O_2، کاهش یافت.

جدول ۱- محتوای فنول کل، مقدار آنتوسیانین کل، مقدار اسکوربیک‌اسید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی انارهای رقم رباب نی‌ریز پس از ۴ ماه نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس افزون بر ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس.

Table 1. Total phenolic content, total anthocyanin content, ascorbic acid content, and antioxidant activity of 'Rabab Ney-Riz' pomegranates after 4 months storage at 5°C + 3 days at 20 °C.

تیمار Treatment	فنول کل Total phenolic content ($mg100\ ml^{-1}$)	آنتوسیانین کل Total anthocyanin ($mg100\ ml^{-1}$)	اسکوربیک‌اسید Ascorbic acid ($mg100\ ml^{-1}$)	درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)
هوای آزاد Open air	94.88 b†	26.24 a	11.26 b	87.54 a
اتمسفر تغیر یافته غیرفعال Passive MAP	98.45 b	27.24 a	13.04 a	83.46 ab
اکسیژن ۱٪ $O_{2\ 1\%}$	106.82 a	19.03 b	12.39 b	80.13 b
اکسیژن ۳٪ $O_{2\ 3\%}$	97.53 b	20.60 b	11.57 b	80.50 b
اکسیژن ۵٪ $O_{2\ 5\%}$	99.47 b	16.58 c	11.56 b	80.91 b

†The mean values in each column with different letters are significantly different at ≤ 0.05 using LSD test.

† میانگین‌های هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ به‌طور معنی‌داری متفاوت هستند.

کاهش وزن، درصد آب پوست و میوه

کاهش وزن افزون بر کاهش کمیت میوه، سبب کاهش کیفیت ظاهری و تغذیه‌ای آن نیز می‌گردد که اگر این کاهش وزن بیشتر از ۱۰٪ باشد سطح میوه دچار آسیب‌هایی مانند پژمردگی، چروک شدگی و از نظر تجاری غیر قابل فروش می‌گردد (۲۴). درصد کاهش وزن میوه‌های انار که در دمای ۵ درجه سلسیوس برای مدت ۴ ماه نگهداری شدند در شکل ۲-الف نشان داده شده است. میوه‌های انار به کاهش وزن حساس هستند زیرا دارای منافذ پوست فراوان می‌باشند (۱۱). کاهش وزن یکی از علت‌های کاهش کیفیت ظاهری میوه می‌باشد، از این رو برای بازاریابی یکی از معیارهای کیفیت محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر، کاهش وزن میوه‌های انار به‌صورت افزایشی با پیشرفت زمان افزایش یافت و برای همه تیمارها در طول دوره انبار سرد به‌صورت خطی درآمد. میوه‌های هوای آزاد دارای بیشترین مقدار کاهش وزن بودند که در طی ماه چهارم نگهداری سریع تر افزایش یافت و پس از ۴ ماه نگهداری به مقدار ۶/۳۹ ٪ رسید. در مقابل، کاهش وزن میوه‌هایی که در پاکت‌های پلاستیکی قرار داده شده بودند به طور معنی‌داری کاهش یافت (کمتر از۱٪)، اما تفاوت معنی‌داری بین کاهش وزن میوه پاکت‌های پلاستیکی مشاهده نشد (جدول ۲). گزارش شده است که بسته‌بندی میوه‌های شاداب در اتمسفر تغییر یافته، انتشار بخار آب را محدود می‌سازد و در نتیجه یک فشار بخار و رطوبت نسبی زیاد در داخل پاکت ایجاد می‌شود (۴۲).

کم شدن کاهش وزن در این بررسی مربوط به ویژگی کم گذرپذیری لایه پلاستیکی بسته‌ها به حرکت بخار آب می‌باشد که باعث افزایش رطوبت نسبی و تراکم ذره‌های آب در داخل بسته‌ها شده است. نتیجه‌های این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهشگران (۲۹) که انارهای رقم واندر فول را در پاکت‌های دو لایه پلی‌اولفین قرار داده بودند نیز همسو است.

۱- Chinese bayberries

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

تیمارهای اتمسفر کنترل شده و نگهداری در هوای آزاد بر مقدار آب میوه‌ها تاثیری نداشتند، اما به‌طور معنی‌دار بر مقدار آب پوست اثر داشتند به شیوه‌ای که انعکاسی از کاهش وزن میوه‌ها را نشان دادند. میوه‌های هوای آزاد که بیشترین مقدار کاهش وزن را نشان دادند کمترین مقدار آب پوست را داشتند (جدول ۲) (شکل۲ -ب). این نتیجه‌ها نشان می‌دهد در انار مانند مرکبات (۳۶) به‌طور کلی کاهش آب، بیشتر از پوست صورت می‌گیرد. بدیهی است که کاهش آب از پوست به سمت بیرون تمایل دارد و در انبار طولانی زمانی که پوست آب از دست می‌دهد، آب اناردانه‌ها جایگزین آن می‌شود.

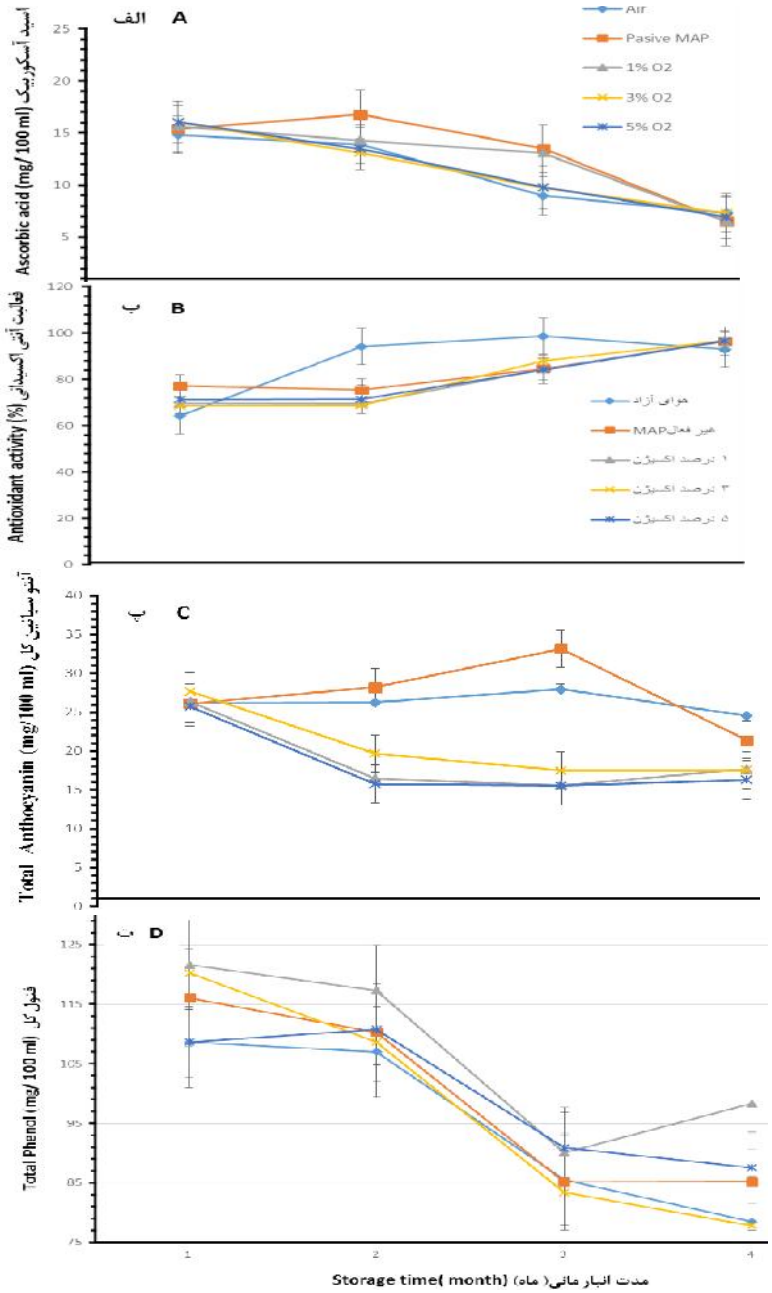

Fig. 1. Changes in the ascorbic acid content (A), antioxidant activity (B), total anthocyanin content (C), and total phenolic content (D) of ‘Rabab Ney-Riz’ pomegranates during storage at 5°C + 3 days at 20 °C. Error bars in means represent standard error (SE) of the mean values.

شکل ۱- تغییرهای مقدار اسکوربیک‌اسید (الف)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (ب)، مقدار آنتوسیانین کل (پ) و فنول کل (ت) انار های رقم رباب نی‌ریز در طول نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس افزون بر ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس. میله‌های خطا، نشان‌دهنده خطای استاندارد مقادیر میانگین است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

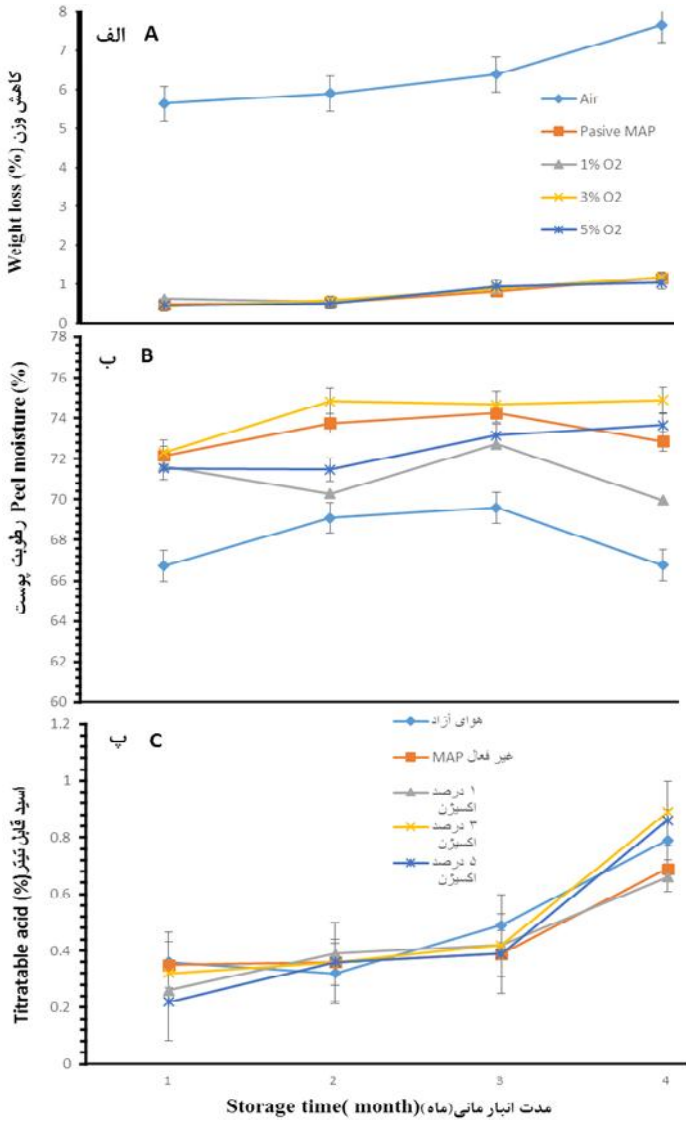

Fig. 2. Changes in the weight loss (A), peel moisture (B), and titratable acid (C) of 'Rabab Ney-Riz' pomegranates during storage at 5°C + 3 days at 20°C. Error bars in means represent standard error (SE) of the mean values.

شکل ۲- تغییرهای مقدار کاهش وزن (الف)، رطوبت پوست (ب) و اسید قابل تیتر (پ) انارهای رقم رباب نی‌ریز در طول نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس و ۳ روز اضافی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس. میله‌های خطا، نشان‌دهنده خطای استاندارد مقادیر میانگین است.

اسید قابل تیتر (TA)

اسید قابل تیتر با پیشرفت زمان به‌طور معنی‌دار در همه تیمارها افزایش یافت، اما اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای کنترل اتمسفر و هوای آزاد مشاهده نشد (جدول ۲ و شکل ۲-پ). این افزایش اسید قابل تیتر در طول دوره نگهداری با نتیجه‌های تعدادی از پژوهشگران که روی رقم‌های انار کار کرده‌اند و گزارش نموده‌اند که اسید قابل تیتر در طول دوره انبار کاهش یافته است، همخوانی ندارد. آن‌ها دلیل کاهش اسید قابل تیتر را مربوط به فعالیت متابولیکی انار و مصرف شدن اسید برای فرایند تنفس در طول دوره انبار بیان کرده‌اند (۲۰، ۴۰). اسیدهای آلی نه تنها روی ترشی میوه بلکه با پوشاندن مزه قندها روی شیرینی میوه نیز تاثیر دارند. البته سوختن کربوهیدرات‌ها در فرایند تنفس قبل از اسیدهای آلی انجام می‌شود (۲۳). نتیجه‌های این پژوهش با گزارش Al-Mughrabi و همکاران مبنی بر افزایش اسید قابل تیتر سه رقم از میوه‌های انار در طول دوره انبار مطابقت دارد (۲). این اختلاف‌ها و شباهت‌ها در تغییر مقدار اسید که در بررسی‌های مختلف گزارش شده است را

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

می‌توان به چندین فاکتور مثل تیمارهای پس از برداشت به کار برده شده، رفتار ویژه هر رقم نسبت به شرایط نگهداری و انباشت CO_2 و حلالیت نسبی آن در مولکول‌های آب اطراف میوه نسبت داد (۷، ۵).

مادههای جامد محلول کل (TSS)

مادههای جامد محلول کل میوهها هر چند در زمان‌های مختلف و بین تیمارهای مختلف نوسان داشت، اما زیر تاثیر مدت زمان نگهداری و تیمارهای مختلف بسته‌بندی قرار نگرفت (جدول ۲). نتیجه‌هایی که از TSS دیگر پژوهش‌ها گزارش شده نیز متفاوت است. بر اساس گزارش Mphahlelea و همکاران (۲۸)، TSS میوه انار در شرایط بسته‌بندی اتمسفر غیرفعال و پوشش انقباظی پلاستیک در طول دوره نگهداری در دمای ۷ درجه سلسیوس کاهش یافته است. Selcuk و Erkan (۴۱) تغییرهای معنی‌داری بین مقدار TSS انارهای شاهد و بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته بعد از ۲۱۰ روز نگهداری در دمای ۱۰ درجه سلسیوس پیدا نکردند، در حالی که در دیگر بررسی‌ها از افزایش TSS در طول دوره نگهداری انار گزارش شده است (۲). این نتیجه‌های متفاوت به احتمال به علت گوناگونی شرایط نگهداری می‌باشد. نتیجه‌های این پژوهش با گزارش های دیگر پژوهشگران که نگهداری انار در هوای آزاد را با اتمسفر تغییر یافته مقایسه کردند مبنی بر این که تغییر در TSS و TA در طول دوره نگهداری انبار سرد زیر تاثیر ترکیب گازی قرار نمی‌گیرد، مطابقت دارد (۱۰، ۲۰).

جدول ۲- کاهش وزن، رطوبت پوست، مقدار آب میوه، مادههای جامد محلول کل، اسید قابل تیتر و نشت یون انارهای رقم رباب نی‌ریز پس از ۴ ماه نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس افزون بر ۳ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس.

Table 2. Weight loss, peel moisture, juice content, total soluble solids, titratable acidity, and electrolyte leakage of ‘Rabab Ney-Riz’ pomegranates after 4 months storage at 5°C + 3 days at 20 °C.

تیمارها Treatments	کاهش وزن Weight loss (%)	رطوبت پوست Peel moisture (%)	آب میوه Juice (%)	مادههای جامد محلول کل TSS (%)	اسید قابل تیتر TA (%)	نشت الکترولیت EL (%)
هوای آزاد Open air	6.39 a †	68.04 c	28.45 ab	19.33 ab	0.49 ab	57.34 b
اتمسفر تغیر یافته غیرفعال Passive MAP	0.76 b	73.30 a	30.67 ab	19.83 ab	0.45 ab	63.93 ab
اکسیژن ۱٪ $O_{2\ 1\%}$	0.81 b	71.16 b	31.50 a	19.83 ab	0.43 b	65.96 a
اکسیژن ۳٪ $O_{2\ 3\%}$	0.78 b	74.18 a	26.72 b	20.17 b	0.50 a	64.03 ab
اکسیژن ۵٪ $O_{2\ 5\%}$	0.74 b	72.46 ab	31.65 a	19.67 a	0.46 ab	67.75 a

†The mean values in each column with different letters are significantly different at ≤ 0.05 using LSD test.

†مقا دیر هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ به‌طور معنی‌دار متفاوت هستند.

نشت یونی

کمترین مقدار نشت یون در پوست میوه‌های هوای آزاد مشاهده گردید. در حالی‌که بسته‌بندی میوه‌ها در شرایط کنترل اتمسفر غیرفعال و فعال ($O_{2\ 1\%}$، $O_{2\ 3\%}$ و $O_{2\ 5\%}$) پس از ۴ ماه نگهداری بیشترین مقدار نشت یون را داشتند. تفاوت معنی‌داری بین نشت یون تیمارهای کنترل اتمسفر مشاهده نشد (جدول ۲). نشت یونی شاخص شناخته شده‌ای می‌باشد تا از این راه کاهش پیوستگی غشاء یاخته‌ای در اثر سرمازدگی و پیری بافت میوه‌ها را مورد ارزیابی قرار دهند (۲۷، ۳۹). بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته برای کاهش نشانه‌های سرمازدگی برای بسیاری از میوه‌ها گزارش شده است (۱۳).

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که میوه‌های هوای آزاد که در شرایط اتمسفر کنترل شده لایه پلاستیک قرار نداشتند، کمترین مقدار نشت یونی را نشان دادند. یا به عبارت دیگر بسته‌بندی در شرایط اتمسفر تغییر یافته فعال و غیرفعال تاثیری در پایداری غشاء یاخته‌ای نداشته است. حدس زده می‌شود که چسبیدن لایه پلی‌آمیدی/ پلی‌اتیلنی به میوه‌ها و شرایط رطوبت زیاد باعث نشت شیره گیاهی از پوست میوه‌ها شده است و شرایط نشت یونی بیشتری برای میوه‌های کنترل اتمسفر فراهم

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

آورده است. چنانچه Pesis و همکاران (۳۴) دریافتند فیلم‌هایی که شرایط رطوبت نسبی کمتری در داخل بسته‌های میوه ایجاد نموده بودند، مقدار نشت شیره کمتر و شاخص سرمازدگی کمتری نسبت به فیلم پلی‌اتیلنی داشتند.

ارزیابی حسی

بررسی نتیجه‌های واکاوی شاخص ارزیابی حسی در جدول ۳ نشان داده شده است. ظاهر شاداب انارهای اتمسفر تغییر یافته فعال و غیرفعال در پوشش پلی‌آمیدی/پلی‌اتیلنی در طول چهار ماه نگهداری به خوبی حفظ شد و این موضوع در طول مدت انبارمانی پایدار ماند. تفاوت معنی‌داری بین نمره شادابی تیمارهای اتمسفر تغییر یافته مشاهده نگردید، اما نمره شادابی میوه‌های هوای آزاد به تدریج در طول نگهداری کاهش یافت و پس از ماه دوم با بسته‌های اتمسفر تغییر یافته تفاوت قابل ملاحظه‌ای (P=<٪۵) نشان دادند. نتیجه‌های این پژوهش موافق با یافته‌های Selcuk و Erkan (۴۱) که نشان دادند میوه‌های انار در شرایط MAP در دمای ۶ درجه سلسیوس تا ۱۸۰ روز ولی میوه‌های هوای آزاد فقط تا ۱۲۰ روز ظاهر بازارپسند خود را حفظ کردند، می باشد. انارهای رقم واندر فول که در دمای ۷ درجه سلسیوس در شرایط MAP نگهداری شدند نیز پس از یک ماه با اختلاف یک نمره در مقایسه با شاهد ظاهر شاداب خود را حفظ نمودند (۲۹). گزارش شده است که ظاهر انار به شدت زیر تاثیر کاهش وزن و قهوه‌ای شدن پوست قرار می‌گیرد و بعد از ۱۲ هفته نگهداری در دمای ۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰٪ بیشتر آن‌ها نمره بازار پسندی را دارا بودند بودند ولی پس از گذشت ۷ روز عمر قفسه‌ای با دمای ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ تا ۷۰٪، تمام میوه‌های شاهد بازارپسندی خود را از دست دادند (۱۰). این کارایی شادابی در بسته‌های اتمسفر تغییر یافته، مربوط به اشباع شدن اتمسفر داخلی بسته‌ها می‌باشد که به علت گذرپذیری کم لایه، باعث انباشت رطوبت و کاهش شیب بخار آب بین میوه و اتمسفر داخلی بسته‌ها شده است.

نوع بسته‌بندی و تغییرهای غلظت اکسیژن اطراف میوه‌ها نیز اثر معنی‌داری بر نمره ارزیابی طعم، بدبویی و رنگ اناردانه‌ها گذاشت. میوه‌های هوای آزاد تا ماه چهارم نمره ارزیابی قابل قبولی از نظر طعم، بدبویی و رنگ اناردانه‌ها کسب کردند، اما میوه‌های اتمسفر تغییریافته فعال فقط تا ماه دوم و میوه‌های اتمسفر تغییریافته غیرفعال تا ماه سوم دارای نمره‌های ارزیابی قابل قبول طعم و بدبویی بودند. رنگ اناردانه‌ها نیز الگویی مشابه طعم میوه‌ها نشان داد و در بسته‌های اتمسفر تغییر یافته فعال تا ماه سوم و در بسته‌های اتمسفر تغییریافته غیرفعال تا ماه چهارم دارای نمره قابل قبول بودند. شماری از پژوهشگران بیان نموده‌اند که بد طعمی و بدبویی انار و اناردانه‌های آن زمانی اتفاق می‌افتد که در شرایط O_2 کم و یا CO_2 زیاد نگهداری گردند (۴۱). هم‌چنین نشان داده شده است که در بسته‌های اتمسفر کنترل شده، بین انباشت تعدادی از ترکیب‌های فرار که علت اولیه توسعه بد طعمی می‌باشند مثل استالدئید، اتانول و استات اتیل رابطه مستقیمی با زمان وجود دارد (۶). نتیجه‌های پژوهش حاضرنشان می‌دهد که غلظت اولیه اکسیژن اطراف میوه‌ها و کاهش آن در طول زمان نگهداری در بسته‌های اتمسفر تغییر یافته فعال و غیرفعال تعیین کننده ایجاد متابولیت‌های تخمیری در میوه‌های انار می‌باشد. مشابه با این یافته‌ها، Ayhan و Estürk (۵) بیشترین نمره بد بویی اناردانه‌ها در بسته‌هایی که مقدار O_2 کمتری نسبت به ظروف دربسته و هوای آزاد داشتند را گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که ترکیب اکسیژن موجود و دی اکسید کربن ایجاد شده در اطراف میوه انار بر هریک از ترکیب‌های سازنده کیفیت میوه اثرهای متفاوتی داشته است. هم‌چنین، امکان استفاده از گاز O_2 به‌صورت تنها در بسته‌بندی اتمسفر کنترل شده وجود دارد و افزایش CO_2 بر گرفته شده از تنفس، شرایط تعادلی را در فضای بسته ایجاد می‌نماید. بنابراین مقدار غلظت بهینه O_2 در داخل بسته، تعیین‌کننده غلظت ترکیب بهینه اتمسفر کل بسته خواهد بود. نظر به این‌که غلظت‌های به کار رفته O_2 در این پژوهش پس از ماه دوم شرایط غیرهوازی و نمره بد بویی غیر قابل قبول برای میوه‌ها ایجاد نمودند، بررسی‌های بیشتری لازم است تا در انبار طولانی‌تر انار برای جلوگیری از شرایط بی‌هوازی، غلظت بهینه اکسیژن را در بسته ها تعیین نمود.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

جدول ۳- ارزیابی حسی انارهای رقم رباب نی‌ریز در اتمسفر تغییر یافته غیرفعال، اتمسفر تغییر یافته فعال و هوای آزاد در طول ۴ ماه نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس افزون بر ۳ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس.

Table 3. Sensory evaluation of ‘Rabab Ney-Riz’ pomegranates in passive MAP, active MAP, and open air during 4 months storage at 5°C + 3 days at 20 °C.

معیارهای کیفیت Quality parameters			دوره انبار(ماه) Storage duration (month)			
	تیمارها	Treatments	1	2	3	4
شادابی Freshness	هوای آزاد	Open air	5.0 a	4.3 b	3.5 b	3.2 b
	اتمسفر تغیر یافته غیرفعال	Passive MAP	5.0 a	4.6 a	4.5 a	4.5 a
	اکسیژن ۱٪	$O_{2\ 1\%}$	5.0 a	4.7 a	4.6 a	4.7 a
	اکسیژن ۳٪	$O_{2\ 3\%}$	5.0 a	4.7 a	4.6 a	4.6 a
	اکسیژن ۵٪	$O_{2\ 5\%}$	5.0 a	4.7 a	4.6 a	4.5 a
رنگ اناردانه Aril color	هوای آزاد	Open air	4.7 a	4.7 a	4.3 a	4.3 a
	اتمسفر تغیر یافته غیرفعال	Passive MAP	5.0 a	4.6 a	3.8 b	3.5 b
	اکسیژن ۱٪	$O_{2\ 1\%}$	5.0 a	4.2 b	3.3 c	2.7 c
	اکسیژن ۳٪	$O_{2\ 3\%}$	5.0 a	4.0 b	3.3 c	2.7 c
	اکسیژن ۵٪	$O_{2\ 5\%}$	5.0 a	4.1 b	3.3 c	2.6 c
بد بویی Off-odor	هوای آزاد	Open air	1.0 a	1.6 a	1.7 c	1.8 c
	اتمسفر تغیر یافته غیرفعال	Passive MAP	1.0 a	1.6 a	2.1 b	3.2 b
	اکسیژن ۱٪	$O_{2\ 1\%}$	1.0 a	1.8 a	3.2 a	3.8 ab
	اکسیژن ۳٪	$O_{2\ 3\%}$	1.0 a	1.7 a	3.0 a	3.5 ab
	اکسیژن ۵٪	$O_{2\ 5\%}$	1.0 a	1.7 a	3.0 a	3.5 ab
طعم Taste	هوای آزاد	Open air	5.0 a	4.7 a	4.1 a	4.2 a
	اتمسفر تغیر یافته غیرفعال	Passive MAP	5.0 a	4.6 a	3.3 b	2.7 b
	اکسیژن ۱٪	$O_{2\ 1\%}$	5.0 a	4.5 a	2.6 c	1.5 c
	اکسیژن ۳٪	$O_{2\ 3\%}$	5.0 a	4.5 a	2.7 c	1.8 c
	اکسیژن ۵٪	$O_{2\ 5\%}$	5.0 a	4.5 a	2.7 c	1.7 c

†The mean values within each grouping column with different letters are significantly different at ≤0.05 using LSD test. *Score: 1, poor/non, 3, acceptable, 5, prominent/excellent.

†مقادیر هرگروه ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ به‌طورمعنی‌دارمتفاوت هستند.* نمره: ۱، ضعیف/نبود، ۳، قابل قبول، ۵، عالی/ برجسته.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب سپاسگزاری خود را از همکاری مدیر محترم سردخانه خورشید بهارلو شهرستان داراب و مهندس نادر طالبی مسئول فنی آن برای نگهداری میوه‌ها در سرد خانه ابراز می‌داریم.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

References منابع

۱. میغانی، ح.، م. قاسم نژاد و د. بخشی، ۱۳۹۵. تاثیر پوشش‌های مختلف پس از برداشت بر مقدار رنگ و آنتوسیانین انار ملس ساوه در دوره انبارداری سرد. علوم باغبانی ایران، ۷۶۲-۷۵۳ :۴۷.

2. Al-Mughrabi, M.A., M.A. Bacha and A.O. Abdulrahman. 1995. Effect of storage temperature and duration on fruit quality of three pomegranate cultivars. King Saud. Univ. Agr. Sci. 7:239-248.
3. AOAC. 2006. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md: AOAC International.
4. Arends, E., O.A. Fawole and U.L. Opara. 2014. Effects of postharvest storage conditions on phytochemical and radical-scavenging activity of pomegranate fruit (cv. Wonderful). Sci. Hort. 169:125-129.
5. Ayhan, z. and O. Estürk. 2009. Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged ‘‘redy-to-eat’’ pomegranate arils. J. Food Sci. 74:C399-C405.
6. Belay, Z.A., O.J. Caleb and U.L. Opara. 2017. Impact of low and super-atmospheric oxygen concentration on quality attributes, phytonutrient content and volatile compounds of minimally processed pomegranate arils (cv. Wonderful). Postharvest Biol. Thechnol. 124:119-127.
7. Caleb, O.J., U.L. Opara, P.V. Mahajan, M. Manley, L. Mokwena and A.G.J. Tredouxe. 2013. Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of minimally-processed pomegranate arils (cvs. ‘Acco’ and ‘Herskawiz’). Postharvest Biol. Thechnol. 79:54-61.
8. Caleb, O.J., U.L. Opara and C.V. Witthuhn. 2011. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. Food Bioprocess Tech. 5:15-30.
9. Chitravathi, K., O.P. Chauhan and P. S. Raju. 2015. Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chilies (Cpsicum *annuum* L.). Food Pack. Shelf Life. 4:1-9.
10. D'Aquino, S., A. Palma, M. Shirra, A. Continella, E. Tirbulato and S. La Malfa. 2010. Influence of film wrapping and fludoxionil application on quality of pomegranate fruit. Postharvest Biol. Thechnol. 55:121-128.
11. Elyatem, S.M. and A.A. Kader. 1984. Postharvest physiology and behavior of pomegranate fruits. Sci. Hort. 24:287-298.
12. Fawole, O.A. and U.L. Opara. 2013. Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. Sci. Hort. 150:37-46.
13. Forny, C.F. and W.J. Lipton. 1990. Influence of controlled atmospheres and packaging on chilling sensitivity. In: C.Y. Wang (Ed.), Chilling injury of horticultural crops. CRC Press. Boca Raton, FL, pp.257-267.
14. Fernando Ayala-Zavala, J., S.Y. Wang, C.Y. Wang and A.G. González-Aguilar. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technol. Biotechnol. 45:166–173.
15. Ghasemnezhad, M., S. Zareh, M. Rassa and R.H. Sajedi. 2011. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. ‘Tarom’) at cold storage temperature. Sci. Food Agr. 93:368-374.
16. Gil, M. I., C. Garcia-Viguera, F. Aartés and F.A. Tomás-Barberán. 1995. Changes in juice pomegranate pigmentation during ripening. J. Sci. Food Agr. 68:77-81.
17. Holcroft, D.M., M.I. Gil and A.A. Kader. 1998. Effect of carbon dioxide on anthocyanins, phenylalanine ammonia lyase and glucosyltransferase in the arils of stored of pomegranate. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:136-140.
18. Khan, A.S. and Z. Singh. 2008. 1-Methylcyclopropene application and modified atmosphere packaging affect ethylene biosynthesis, fruit softening, and quality of ‘Tegan Blue’ Japanese plum during cold storage. J. Ame. Soc. Hort. Sci. 133:290-299.
19. Kulkarni, A.P. and S.M. Aradhaya. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. Food Chem. 93:319- 323.
20. Larbi, A.I., L. Palou, V. Taberner and M.B. Pérez-Gago. 2012. Modified atmosphere packaging to extent cold storage of pomegranate cv.‘Mollar de Elche’. http://www.academia.edu/2500799/.
21. Li, T. and M. Zhang. 2015. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) with silicon gum film window on the quality of stored green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears. LWT- Food Sci. Thechnol. 60:1046-1053.
22. Lòpez-Rubira, V., A. Conesa, A. Alende and F. Artéz. 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. Postharvest Biol. Thechnol. 37:174-185.
23. Magwaza, L.S. and U.L. Opara. 2015. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticulture products. a review. Sci. Hort. 184:179-192.
24. Mahajan, P.V., O.J. Caleb, Z. Singh, C.B. Watkins and M. Geyer. 2014. Postharvest treatments of fresh produce. Philos. Trans. R. Soc. A 372:1471- 2962.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

25. Mahajan, P.V. and T. Mezdad. 2013. Engineering packaging design accounting for transportation rate: Model development and validation with strawberries. J. Food Eng. 119:370-376.
26. Mangaraj, S., T.K. Goswami and P.V. Mahajan. 2009. Application of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. Food Eng. Rev. 1:133-158.
27. Mirdehghan, S. H., M. Rahemi, D. Martinez-Romero, F. Guillen, D. Martiez-Romero and D. Valero. 2007. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. Postharvest Biol. Thechnol. 44:19-25.
28. Mphahlelea, R.R., O.A. Fawolea, M.A. Standerce, and U.L. Opara. 2014. Pre-harvest and postharvest factors influencing bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.). A review. Sci. Hort. 178:114-123.
29. Mphahlelea, R.R., O.A. Fawolea, and U.L. Opara. 2016. Influence of packaging system and long term storage on physiological attributes, biochemical quality, volatile composition and antioxidant properties of pomegranate fruit. Sci. Hort. 211:140-151.
30. O'Grady, L., G. Sigge, O.J. Caleb, and U.L. Opara. 2014. Bioactive compounds and quality attributes of pomegranate arils (*Punica granatum* L.) processed after long-term storage. Food Pack. Shelf Life 2:30–37.
31. Oms-Oliu, G. A. Soliva-Fortuny and O. Martien- Belloso. 2008. Physiological and microbiological changes in fresh-cut pears stored in high oxygen active package compared with low oxygen active and passive modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Thechnol. 48:295-301.
32. Pala, C.U. and A.K. Toklucu. 2011. Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice. J. Food Comp. Anal. 6:790-795.
33. Pareek, S., D. Valero and M. Serrano. 2015. Postharvest biology and technology of pomegranate.). A review. J. Sci. Food Agric. 95:2360-2379.
34. Pesis, E., D. Aharoni, Z. Aharon, R. Ben-Arie, N. Aharoni and Y. Fuchs. 2000. Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviate chilling injury symptoms in mango fruit. Postharvest Biol. Thechnol. 19:93-101.
35. Pourcel, L., J.M. Routaboul, V. Cheynier, L. Lepiniec and I. Debeaujon. 2007. Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. Trends Plant Sci. 12:29-36.
36. Purvis. A.C. 1983. Moisture loss and juice quality from waxed and individually seal packaged citrus fruits. Proc. Fla. State. Hortic. Soc. 96:327-329.
37. Rico, D., A.B. Martin-Diana, G.M. Barat and C. Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Trends Food Sci. Thechnol. 18: 373-386.
38. Roges, H., S.N. Akwie, F.G. Moura and Y. Larondelle. 2012. Kinetic modeling of anthocyanin degradation and microorganism growth during postharvest storage of acai fruits (*Euterpe oleracea*). J. Food Sci. 77:C 1300-C1306.
39. Sayyari, M., S. Castillo, D. Valero, H.M. Díaz-Mula, and M. Serrano. 2011. Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. Postharvest Biol. Technol. 60:136–142.
40. Selcuk, N. and M. Erkan. 2014. Changes in antioxidant activity and postharvest quality of sweet pomegranates cv. Hicrannar under modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Thechnol. 92:29-36.
41. Selcuk, N. and M. Erkan. 2015. Changes in phenolic compounds and antioxidant activity of sour-sweet pomegranates cv. 'Hicaznar'during long- term storage under modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Thechnol. 109:30-39.
42. Serrano, M., D. Mrtinez-Romero, F. Guillén, S. Castllo and D. Valero. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Thechnol. 39:61-68.
43. Smith, R.E. 2014. Pomegranate: Botany, Postharvest Treatment, Biochemical Composition and Health Effects. Nova Science Publishers Inc., New York. 2098
44. Sousa-Gallagher, M.J. and P.V. Mahajan. 2013. Integrative mathematical modelling for MAP design of fresh-produce: Theoretical analysis and experimental validation. Food Control 29:444-450.
45. Zheng, Y.H., Z.F. Yang and X.H. Chen. 2008. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. Food Control 19:470-474.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (1): 51-64 (2019)
Research article

Effect of Active and Passive Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pomegranate Fruits (*Ponica granatum* cv. Rabab Ney-Riz) during Cold Storage

M.R. Safizadeh*[1]

This experiment was conducted to investigate the effects of active and passive-modified atmosphere packaging (MAP) on quality attributes of pomegranate fruits (*Ponica granatum* cv. Rabab Ney-Riz) stored at 5°C for 4 months. Fruits were individually packaged in a high barrier polyamide/polyethylene film under active-MA free of CO_2 (1% O_2 + 99 % N_2, 3 % O_2 + 97 % N_2, 5% O_2 + 95 % N_2), passive-MA and open top in air. Evaluation of results showed that fruits stored under polyamide/polyethylene film had the minimum weight loss compared to those stored in air. Titratable acid content was increased in all packaging methods with increasing storage time. Titratable acid and total Soluble Solid contents were not influenced by gas composition. High O_2 atmosphere (open air) well maintained antioxidant activity of fruits. Contents of total anthocyanin, total phenol and ascorbic acid were affected by the storage atmosphere and duration. The Highest content of total anthocyanin was observed in samples of open air and passive-MAP which increased with the progress of storage duration. Total phenolic contents in fruits were the highest for 1% O_2 packages which had the lowest O_2 compared to the other treatments. Ascorbic acid content of fruits was decreased with increasing in storage time and revealed the most reduction in samples stored under 3 % O_2, 5% O_2, and open air.

Keywords: Anthocyanin, Cold storage, Fruit quality, Phenolic compounds, Polyamide/ Polyethylene film.

1. Assistant Professor, Department of Plant Production, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran.
* Corresponding author, Email: (safizade@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.7.4]