مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۱ شماره ۲ صفحه‌های ۱۸۳ تا ۱۹۴ (۱۳۹۹)
مقاله پژوهشی

کاهش آسیب سرمازدگی و افزایش عمر انبارمانی میوه انار رقم رباب نی‌ریز با کاربرد پیش تیمار گرمایی[1]

Alleviating Chilling Injury and Extending the Shelf Life of Pomegranate Fruit cv. Rabab-e-Neyriz by Pre-Storage Heat Treatment

لیلا تقی‌پور*، مجید راحمی و پدرام عصار[2]

چکیده

کارایی پیش‌تیمار غوطه‌وری در آب گرم بر افزایش عمر انبارمانی و حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار رقم رباب نی‌ریز در شرایط انبارداری سرد ارزیابی شد. میوه‌ها به‌مدت ۹۰ روز در دمای ۰/۵ ± ۲ °C و رطوبت نسبی ۵٪ ±۹۰ نگهداری شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با ۴ تکرار به ازای هر تیمار بود. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از پیش‌تیمار گرمایی به‌مدت ۴ دقیقه (در دو سطح: غوطه‌وری در آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس و آب مقطر ۲۵ درجه سلسیوس به‌عنوان شاهد) و زمان نمونه‌گیری (روز صفر و فاصله‌های زمانی ۳۰ روزه پس از آن). میزان کاهش وزن و شاخص‌های ارزیابی شده در پوست تا یک ماه بدون تغییر بود که ناشی از سازوکار خوگیری درونی پوست میوه‌ها به شرایط دمای سرمازدگی بود. در پی آن افزایش معنی‌داری در شاخص‌های بروز آسیب سرمازدگی اتفاق افتاد. پس از ۹۰ روز انبارداری، میزان فنول کل (عامل آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی) و محتوای مالون‌دی آلدئید پوست میوه‌های تیمار شده به‌ترتیب ۶۳ ٪ بیش‌تر و ۴۲/۵۳ ٪ کم‌تر از میوه‌های شاهد بود. هم‌چنین، میوه‌های تیمار شده ۲۳/۶۳ ٪ کاهش وزن کم‌تر و نشانه‌های آسیب سرمازدگی کم‌تری داشتند، اما ویژگی‌های کیفی آن‌ها همانند میوه‌های شاهد بود.

واژه‌های کلیدی: آب گرم، انار، انبارداری سرد، شاخص‌های انبارمانی، کیفیت میوه.

مقدمه

در سال‌های پیشین، به علت ارزش غذایی بالای میوه انار (*Punica granatum* L.) و جایگاه ارزشمند آن در رژیم غذایی انسان‌ها، تولید و مصرف این فراورده باغبانی با اقبال عمومی در سطح جهانی روبه‌رو شده است (۱۳). بر طبق آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶، میزان تولید انار در ایران ۷۱۴۵۴۰/۵ تن، معادل ۳/۴ درصد از کل تولید محصول‌های باغی بوده است (۱). شایان ذکر است استان فارس با در اختیار داشتن ۲۶/۲ ٪ از کل میزان تولید انار در کشور، حائز رتبه اول در تولید این فراورده ارزشمند است (۲).

از دشواری‌های پس از برداشت این محصول در ایران، روش‌های سنتی نگه‌داری آن است. در این روش‌ها، به دلیل نبود کنترل دقیق دما و رطوبت نسبی، میزان کاهش وزن و افت کیفیت محصول قابل توجه است و محصولی که در دسترس مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد از کیفیت ظاهری و بازارپسندی مناسبی برخوردار نیست (۴). استفاده از انبارهای سرد مهم‌ترین روش برای حفظ کیفیت محصول‌های باغبانی به شمار می‌آید. البته میوه انار به‌شدت به سرمازدگی حساس است و در

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱/۲۶

۲- به‌ترتیب دانشجوی پیشین دکتری دانشگاه شیراز (استادیار کنونی گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، صندوق پستی: ۱۱۱-۷۴۱۳۵، جهرم، ایران، استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، صندوق پستی: ۶۵۱۸۶-۷۱۴۴۱، شیراز، ایران و استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، صندوق پستی: ۱۱۱-۷۴۱۳۵، جهرم، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Leilataghipour@jahromu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

صورتی‌که بیش از یک ماه در دمای بین نقطه انجماد (۳- درجه سلسیوس) و ۵ درجه سلسیوس و یا بیش از ۲ ماه در دمای ۵ درجه سلسیوس قرار بگیرد، به محض انتقال به دمای ۲۰ درجه سلسیوس نرخ تنفس و تولید اتیلن آن افزایش‌یافته و نشانه‌های آسیب سرمازدگی[۱] ظاهر می‌شوند (۱۷). بنابراین، برای فرآورده‌های باغبانی حساس به سرمازدگی مانند انار، انبارهای سرد بیش از آن‌که مفید باشند، مضر هستند و این در حالی است که نگهداری آن‌ها در شرایطی غیر از انبار سرد نیز تنها برای کوتاه مدت ممکن است (۳۸).

با توجه به افزایش توجه جهانی به پیامدهای نامطلوب تیمارهای شیمیایی پس از برداشت بر محصول‌های باغبانی، استفاده از تیمارهای گرمایی به‌عنوان روش‌های فیزیکی مطمئن، ارگانیک و جایگزین رو به افزایش است. طی قرن گذشته، این تیمارها به‌منظور حذف بیماری‌زاها از محصول‌های باغبانی استفاده شدند اما در حال حاضر، به منظور حفظ کیفیت پس از برداشت و نیز جلوگیری از بروز سرمازدگی محصول‌های باغی حساس مانند انار در شرایط انبار سرد کاربرد دارند (۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۹). نتیجه‌های حاصل از پژوهش‌های انجام شده بیان‌گر آن هستند که امکان افزایش عمر انباری و حفظ کیفیت میوه‌های انار در شرایط انبارداری سرد وجود دارد. البته مشخص شده است که رقم‌های مختلف، واکنش‌های متفاوتی به انبار سرد و تیمارهای مورد استفاده نشان می‌دهند (۱۰، ۲۳).

میوه انار رقم رباب نی‌ریز[۲] با تمرکز تولید بالا در استان فارس و به ویژه شهرستان نی‌ریز، با ویژگی‌هایی مانند پوست ضخیم و قرمز رنگ، درصد بالای ماده‌های جامد محلول کل (TSS)، طعم شیرین مایل به ترش (ملس)، دیررسی و مقاومت به ترک‌خوردگی به عنوان یکی از انواع مهم صادراتی کشور دارای ارزش و جایگاه خاصی می‌باشد (۵). هدف از پژوهش حاضر، بررسی کارایی پیش‌تیمار آب گرم بر افزایش عمر انباری و حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی میوه این رقم در شرایط انبارداری سرد بود. عقیده بر این است در صورت دستیابی به اثرهای مطلوب مدنظر، ترویج و کاربرد این روش می‌تواند به بهبود سلامت عمومی جامعه و ترفیع جایگاه ایران در بازار صادرات جهانی این محصول کمک نماید.

مواد و روش‌ها

میوه‌های انار رقم رباب نی‌ریز در مرحله بلوغ تجاری از یک باغ تجاری در شهرستان نی‌ریز استان فارس دست‌چین و بی‌درنگ به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت منتقل شدند. یک روز پس از برداشت (روز صفر)، میوه‌های دارای خراشیدگی، بریدگی، آفتاب‌سوختگی و یا زخم حذف شدند و از مجموع میوه‌های قابل قبول، تعداد ۳۲۰ میوه به‌طور تصادفی انتخاب و به ۲ گروه اصلی ۱۶۰ عددی (هرگروه اصلی متشکل از ۴ زیر گروه و هر زیرگروه متشکل از ۴ تکرار و ۱۰ عدد میوه در هر تکرار) به‌منظور انجام تیمارهای زیر تقسیم شدند:

۱- تیمار شاهد (غوطه‌وری در آب مقطر ۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴ دقیقه)

۲- تیمار آب گرم (غوطه‌وری در آب ۴۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴ دقیقه)

انتخاب دما و مدت زمان اعمال تیمار آب گرم بر اساس بررسی یافته‌های پژوهش‌های پیشین صورت گرفت که دماها و بازه‌های زمانی متفاوت غوطه‌وری (۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس برای ۲ الی ۵ دقیقه) را آزمون نمودند (۲۴) و در نهایت دمای ۴۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴ دقیقه را به‌منظور کاهش آسیب سرمازدگی رقم‌های مختلف انار در شرایط انبار سرد بهینه دانستند (۲۴، ۲۵، ۲۶). جهت انجام تیمارها از حمام آب گرم (Model: YCM-04M) که کنترل دقیق دما توسط آن امکان‌پذیر است، استفاده شد. پس از اعمال تیمارها و پیش از شروع دوره انبارداری (روز صفر آزمایش)، میوه‌ها در کیسه‌های کاغذی و در دمای اتاق به‌منظور خشک شدن قرار گرفتند. پس از توزین، قرار دادن در جعبه‌های مخصوص تک ردیفه و برچسب‌گذاری، میوه‌ها در سردخانه با دمای ۰/۵ ± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰ ٪ به مدت ۹۰ روز انبار شدند. نمونه‌گیری از میوه‌ها در شروع آزمایش (روز صفر؛ پس از اعمال تیمارهای آب گرم و شاهد) و در طی دوره انبارداری به فواصل زمانی ۳۰ روزه انجام شد. در هر مرحله، از هر دو گروه میوه‌های شاهد و تیمار شده و از هر کدام یک زیرگروه از سردخانه خارج شدند و پس از خروج، به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند تا نشانه‌ها و تاثیرهای آسیب سرمازدگی ظاهر شوند.

۱- Chilling Injury (CI)

۲- *Punica granatum* L. cv. Rabab-e-Neyriz

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

بنابراین، آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی بود. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: اعمال پیش‌تیمار آب گرم (در ۲ سطح: تیمار آب گرم و شاهد) و زمان نمونه‌گیری (برای ارزیابی ویژگی‌های میزان کاهش وزن و شاخص آسیب سرمازدگی پوست میوه‌ها در ۳ سطح: پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری سرد و برای ارزیابی بقیه ویژگی‌ها در ۴ سطح: روز صفر و پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری سرد).

ویژگی‌های مورد بررسی عبارت از درصد کاهش وزن میوه‌ها، شاخص آسیب سرمازدگی[۱] میزان نشت الکترولیت‌ها[۲]، محتوای مالون دی آلدهاید[۳] و فنول کل در پوست میوه‌ها و نیز میزان ماده‌های جامد محلول کل[۴]، اسید کل[۵]، نسبت ماده‌های جامد محلول کل به اسید کل[۶] و پی‌اچ[۷] آب میوه‌ها بودند که شیوه ارزیابی آن‌ها عبارت بود از:

درصد کاهش وزن

میوه‌ها قبل و پس از خروج از انبار توزین شدند و با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه شد:

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن ثانویه - وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

شاخص آسیب سرمازدگی پوست

پس از خروج میوه‌ها از سردخانه و قرارگیری به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق، هرکدام از میوه‌های هر تکرار از لحاظ نشانه‌های مربوطه مانند آب از دست‌دهی یا قهوه‌ای شدن و فرورفتگی پوست مورد ارزیابی قرار گرفتند و با توجه به درصد آسیب‌دیدگی درجه‌بندی و امتیازبندی شدند: میوه‌های بدون خسارت امتیاز صفر، میوه‌هایی با یک الی ۲۵ ٪ آسیب‌دیدگی امتیاز ۱، میوه‌هایی با ۲۶ الی ۵۰ ٪ آسیب‌دیدگی امتیاز ۲ و میوه‌هایی با میزان آسیب ۵۱ ٪ یا بیش‌تر امتیاز ۳.
در نهایت شاخص مذکور با استفاده از فرمول زیر برای هر تکرار محاسبه شد (۳۳):

$$CI = \frac{\sum (\text{تعداد میوه مربوط به آن} \times \text{درجه سرمازدگی})}{\text{تعداد کل میوه‌ها} \times ۴}$$

نشت الکترولیت‌های پوست

از پوست میوه‌های موجود در هر تکرار دیسک‌هایی به قطر ۱۰ میلی‌متر تهیه شد. بر اساس روش McCollum و McDonald (۲۲) با استفاده از دستگاه‌های شیکر، اتوکلاو و هدایت‌سنج الکتریکی (Model 644, Metrohm, Swiss) در دو مرحله نشت اولیه و نشت کل اندازه‌گیری شد. با استفاده از فرمول زیر درصد نشت الکترولیت‌های هر تکرار به صورت درصدی از نشت کل محاسبه شد.

$$\text{درصد نشت الکترولیت‌ها} = \frac{\text{نشت اولیه}}{\text{نشت کل}} \times ۱۰۰$$

محتوای مالون‌دی‌آلدهاید (MDA) پوست میوه

میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی در بافت، با ارزیابی میزان تشکیل مالون‌دی‌آلدهاید (به‌عنوان محصول پراکسیداسیون لیپیدی) به روش Heath و Packer (۱۲) و با کاربرد تیوباربیتوریک اسید[۸] به‌عنوان ماده مسبب واکنش تعیین شد. برای این منظور از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Biowave II UV/vis Spectrophotometer, Biochrom Ltd, Cambridge, UK) ، استفاده شد. محتوای مالون‌دی‌آلدهاید هر نمونه با استفاده از ضریب خاموشی ۱۵۵ میلی مولار بر سانتی متر و با کم کردن مقدار عددی خوانده شده در ۶۰۰ نانومتر از مقدار عددی جذب در ۵۳۲ نانومتر محاسبه و برحسب میکرومول در هر گرم وزن تازه گزارش شد.

محتوای فنول کل پوست میوه

محتوای فنول کل بر اساس روش Velioglu و همکاران (۳۷) با استفاده از معرف فولین سیوکالتو[۹] سنجش شد. میزان جذب هر نمونه در طول موج ۷۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر خوانده شد. با سنجش و تعیین میزان جذب غلظت‌های

۱- CI index ۲- Electrolyte leakage (EL) ۳- Malondialdehyde (MDA) ۴- Total soluble solids (TSS)
۵- Total acids (TA) ۶- TSS/TA ۷- pH ۸- Thiobarbituric acid (TBA) ۹- Folin-Ciocalteu

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

مشخص گالیک اسید، منحنی استاندارد تهیه شد و با استفاده از آن، خوانش مربوط به هر نمونه به‌صورت غلظت و برحسب میلی‌گرم گالیک اسید در هر گرم وزن تازه محاسبه و گزارش شد.

ویژگی‌های کیفی آب میوه

ابتدا آب میوه مربوط به هر تکرار از پارچه ململ نازک عبور داده شد. سپس برای اندازه‌گیری ماده‌های جامد محلول کل (TSS) از یک دستگاه قندسنج دیجیتال (Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan) استفاده شد و میزان شاخص به صورت درصد به دست آمد. میزان اسید کل آب میوه (TA) به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH = ۸/۱ و فرمول زیر محاسبه شد (۳۴).

$$\text{درصد اسید در آب میوه} = \frac{\text{نرمالیته سود مصرفی} \times \text{والانس گرم اسید غالب} \times \text{حجم سود مصرفی}}{\text{حجم آب میوه} \times ۱۰۰۰} \times ۱۰۰$$

نسبت ماده‌های جامد محلول کل به اسید کل آب میوه (TSS/TA) از تقسیم مقدار عددی مربوط به شاخص TSS بر مقدار مربوط به شاخص TA محاسبه شد. پی‌اچ آب میوه‌ها به کمک پی‌اچ‌سنج دیجیتال مدل Jenway 3320 ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری شد.

واکاوی آماری

واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 service pack 4 انجام شد و به کمک آزمون LSD، تفاوت‌های موجود بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ ٪ محاسبه و گزارش شد.

نتایج

کاهش وزن

با پیشرفت زمان انبارداری، درصد کاهش وزن به صورت معنی‌داری افزایش یافت. در تمام زمان‌های نمونه‌گیری، مقدار این شاخص در میوه‌های شاهد نسبت به تیمار شده بیش‌تر بود که به جز اختلاف مربوط به روز ۳۰، تمام تفاوت‌ها معنی‌دار بودند. در پایان دوره انبارداری، میزان این شاخص در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد ۲۳/۶۳ درصد کم‌تر بود (شکل ۱).

شاخص آسیب سرمازدگی پوست میوه

پس از دو ماه انبارداری، نشانه‌های سرمازدگی در میوه‌های انار قابل مشاهده بودند و شاخص آسیب سرمازدگی میوه‌های تیمار شده به صورت معنی‌داری نسبت به میوه‌های شاهد کم‌تر بود. این اختلاف تا پایان دوره انبارداری برقرار بود به طوری که پس از ۹۰ روز انبارداری، میزان این شاخص در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد حدود ۵۴/۵۵ ٪ کم‌تر بود (شکل ۱).

نشت الکترولیت‌ها و محتوای مالون‌دی‌آلدهاید (MDA) پوست میوه

در شرایط انبارداری سرد، میزان نشت الکترولیت‌ها و محتوای مالون‌دی‌آلدهاید پوست در میوه‌های شاهد و تیمار شده به صورت معنی‌داری نسبت به روز صفر افزایش یافت، اما تا یک ماه پس از شروع زمان انبارداری تفاوت معنی‌داری بین خود میوه‌های شاهد و تیمار شده وجود نداشت. پس از ۶۰ روز انبارداری، میزان شاخص‌های بیان‌شده در میوه‌های شاهد به صورت معنی‌داری بیش از میوه‌های تیمار شده بود و این اختلاف آماری تنها در مورد شاخص مالون‌دی‌آلدهاید تا پایان دوره انبارداری برقرار بود به طوری که در این زمان میزان مالون‌دی‌آلدهاید در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد حدود ۴۲/۵۳ ٪ کم‌تر بود (شکل ۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

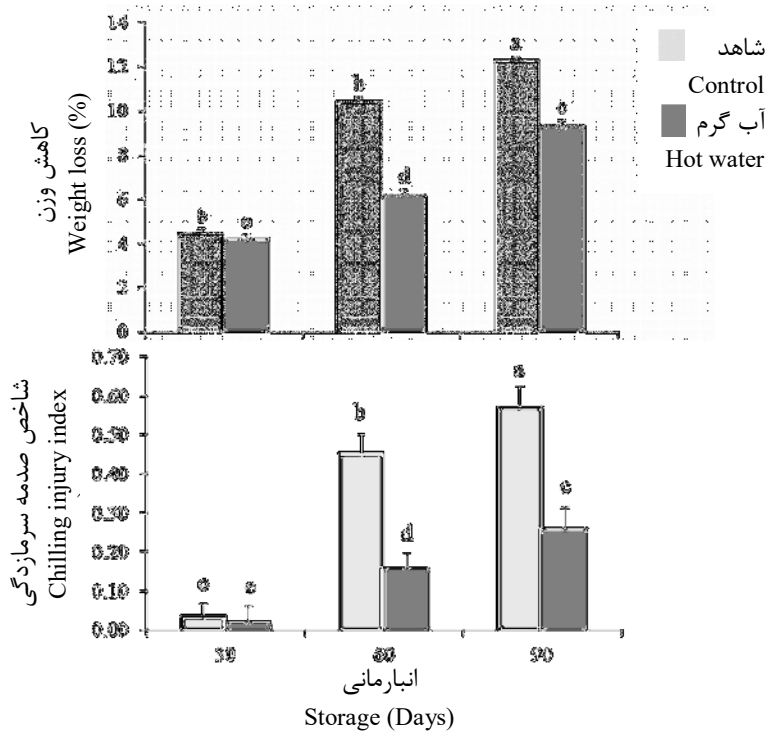

Fig. 1. Fruit weight loss and peel CI index in control (dipped for 4 min in distilled water at 25 °C) and treated fruits (hot water dipped for 4 min at 45 °C) after different cold storage periods (at 2 ± 0.5 °C and 90 ± 5% RH) + 3 days shelf life at 20 °C. Data are means of 4 replicates ± SD. Bars with the same letters are not significantly different using LSD test at $P \leq 0.05$.

شکل ۱- کاهش وزن و شاخص آسیب سرمازدگی پوست در میوه‌های انار شاهد (تیمار شده با آب مقطر ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه) و تیمار شده با آب گرم (آب ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه) پس از دوره‌های متفاوت نگهداری در انبار سرد (دمای ۰/۵± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰ درصد) + ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس. داده‌ها میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار هستند. بر اساس آزمون LSD، ستون‌های دارای حرف‌های مشابه بدون تفاوت‌های معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

فنول کل پوست میوه

به طور کلی پس از یک ماه انبارداری سرد، افزایش معنی‌داری در محتوای فنول کل پوست میوه‌های شاهد و تیمار شده نسبت به روز صفر اتفاق افتاد و تفاوت موجود بین میوه‌های تیمار شده و شاهد در روزهای صفر و یا پس از ۳۰ روز انبارداری معنی‌دار نبود. با پیشرفت زمان انبارداری، میزان فنول کل به صورت قابل توجهی کاهش یافت و تفاوت بین میوه‌های شاهد و تیمار شده معنی‌دار بود به طوری که پس از ۶۰ و۹۰ روز انبارداری، میزان این شاخص در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۳۴/۵ و ۶۳ ٪ بیش‌تر بود (شکل ۲).

ویژگی های کیفی آب میوه:

بررسی روند تغییرهای میزان ماده‌های جامد محلول کل آب میوه نشان داد که از نظر آماری، پیش‌تیمار آب گرم بر این شاخص تاثیر معنی‌دار نداشت و در طول دوره انبارمانی و در پایان آن، تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد وجود نداشت (شکل ۳).

روند کلی تغییرهای میزان اسید کل آب میوه به صورت افزایش آن پس از یک ماه انبارداری و سپس کاهش تا پایان دوره انبارداری بود. پس از یک ماه، میزان اسید کل آب میوه‌های شاهد به صورت معنی‌داری بیش‌تر از روز صفر و به صورت مشابه با میوه‌های تیمار شده، به صورت معنی‌داری بیش از مقادیر متناظر مربوط به روز۹۰ بود. مقایسه میانگین‌ها نشان دادکه تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد در هیچ‌کدام از زمان‌های نمونه‌گیری وجود نداشت (شکل ۳).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

روند کلی تغییرهای نسبت TSS/TA آب میوه‌ها به صورت کاهش میزان این شاخص با یک ماه انبارداری و سپس افزایش تا پایان دوره انبارداری بود. پس از یک ماه، میزان این شاخص در میوه‌های شاهد به صورت معنی‌داری کم‌تر از روز صفر و به صورت مشابه با میوه‌های تیمار شده، به صورت معنی‌داری کم‌تر از مقادیر متناظر مربوط به روز ۹۰ بود. مقایسه میانگین‌ها نشان دادکه تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد در هیچ‌کدام از زمان‌های نمونه‌گیری وجود نداشت (شکل ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان دادکه تفاوت معنی‌داری بین pH آب میوه‌های تیمار شده و شاهد در هیچ‌کدام از زمان‌های نمونه‌گیری وجود نداشت، اما روند کلی تغییرهای این شاخص به صورت کاهش میزان آن پس از یک ماه انبارداری و سپس افزایش تا پایان دوره انبارداری بود (شکل ۳).

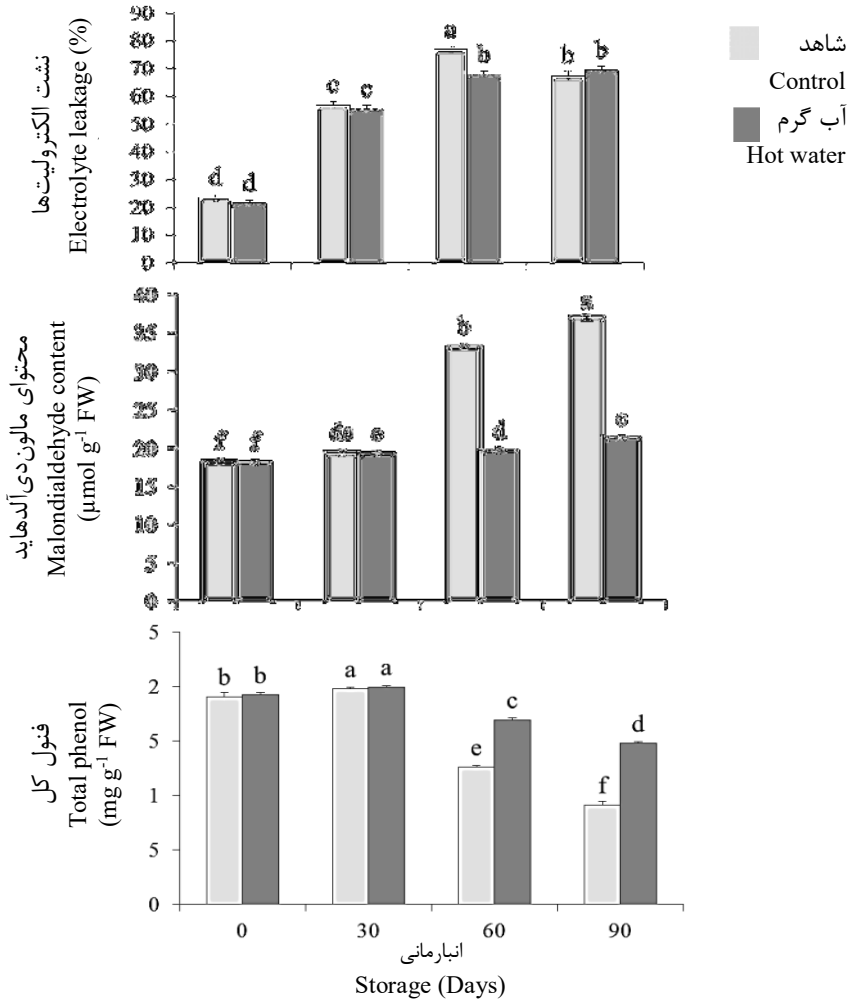

Fig. 2. Electrolyte leakage, MDA and total phenol contents in the peel of control (dipped for 4 min in distilled water at 25 °C) and treated fruit (hot water dipped for 4 min at 45 °C) after different cold storage periods (at 2 ± 0.5 °C and 90 ± 5% RH) + 3 days shelf life at 20 °C. Data are means of 4 replicates ± SD. Bars with the same letter are not significantly different using LSD test at $P \leq 0.05$.

شکل ۲- نشت الکترولیت‌ها، محتوای مالون‌دی‌آلدهاید و فنول کل در پوست میوه‌های انار شاهد (تیمار شده با آب ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه) و تیمار شده با آب گرم (آب ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه) پس از دوره‌های متفاوت نگهداری در انبار سرد (دمای ۰/۵± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰ درصد) + ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس. بارهای عمودی انحراف معیار از میانگین‌ها را نشان می‌دهند. بر اساس آزمون LSD، ستون‌های دارای حرف‌های مشابه بدون تفاوت‌های معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

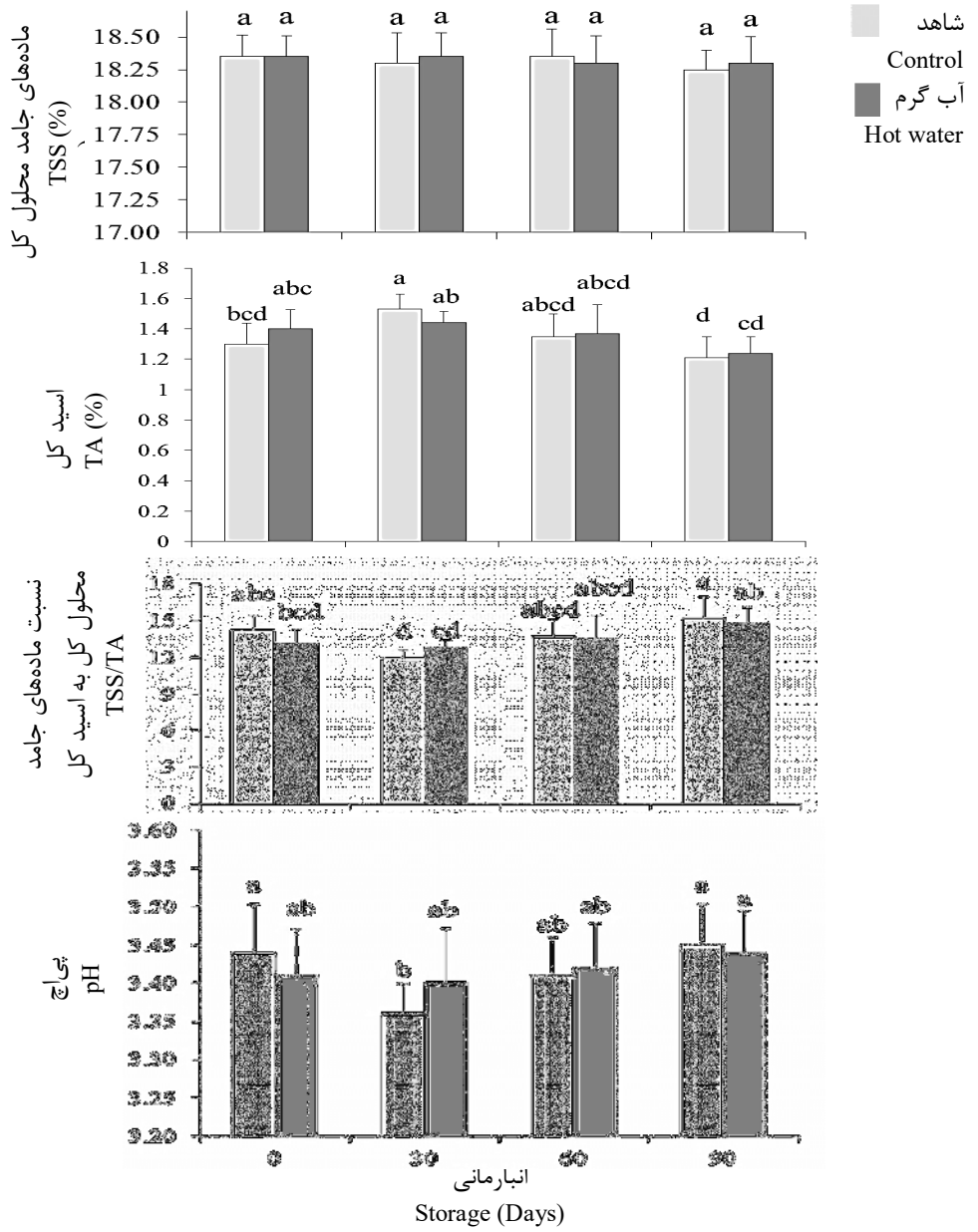

Fig. 3. TSS, TA, TSS/TA and pH in the juice of control (dipped for 4 min in distilled water at 25 °C) and treated fruit (hot water dipped for 4 min at 45 °C) after different cold storage periods (at 2 ± 0.5 °C and 90 ± 5% RH) + 3 days shelf life at 20 °C. Data are means of 4 replicates ± SD. Bars with the same letter are not significantly different using LSD test at $P \leq 0.05$.

شکل ۳- میزان مادههای جامد محلول کل(TSS)، اسید کل(TA)، نسبت TSS/TA و pH آب میوههای انار شاهد (تیمار شده با آب ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه) و تیمار شده با آب گرم (آب ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه) پس از دورههای متفاوت نگهداری در انبار سرد (دمای ۰/۵± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰ درصد) + ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس. بارهای عمودی انحراف معیار از میانگینها را نشان میدهند. بر اساس آزمون LSD، ستونهای دارای حرفهای مشابه بدون تفاوتهای معنیدار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

بحث

نشت یونی شاخصی کارا در ارزیابی میزان نفوذپذیری و سلامت غشاءها می‌باشد (۲۱). همزمان با سخت‌شدن غشا و مرگ یاخته، پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع موجب تولید رادیکال سوپراکسید و مالون دی‌آلدهاید می‌گردد. بنابراین، افزون بر سنجش شدت نشت یون‌ها، اندازه‌گیری غلظت مالون دی‌آلدهاید در بافت‌ها نیز می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی کارکرد زیستی و سلامت و یکپارچگی غشاها در دماهای سرد باشد (۱۶، ۳۵). کاهش وزن و از دست‌دادن آب میوه‌ها نیز از نشانه‌های سرمازدگی در میوه‌ها محسوب می‌شوند. به طور کلی، تیمارهایی که در کاهش از دست رفتن رطوبت محصول موثرند، سرمازدگی را کاهش می‌دهند (۳۹).

همان‌طور که در قسمت نتیجه‌ها بیان شد، پس از یک ماه انبارداری سرد، از نظر میزان شاخص‌های کاهش وزن، آسیب سرمازدگی و نشت الکترولیت‌ها در پوست میوه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد وجود نداشت. پس از آن، با افزایش مدت زمان انبارداری، اثر مثبت و معنی‌دار پیش‌تیمار آب گرم در کاهش شدت شاخص‌های بیان‌شده مشهود بود. نکته قابل توجه، عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میوه‌های شاهد و تیمار شده از نظر شاخص نشت الکترولیت‌ها در انتهای دوره آزمایش بود. بر اساس نتیجه‌های به دست آمده، دلیل این مساله می‌تواند بروز صدمات شدید به غشاهای یاخته‌ای و بروز اوج نشت یون‌ها در پوست میوه‌های شاهد در بازه زمانی روزهای ۳۰ و ۶۰ از دوره انبارداری باشد. بنابراین، می‌توان انتظار کاهش میزان نشت در بازه زمانی روزهای ۶۰ تا ۹۰ را داشت. این یافته با آنچه میردهقان و راحمی (۶) در مورد الگوی تغییرهای نشت یونی در رقم‌های انار 'ملس یزدی' و 'گل گزی ترش' گزارش کردند مشابه بود. با دقت در نتیجه‌های ارائه شده متوجه می‌شویم که میزان نشت الکترولیت‌های میوه‌های شاهد در روز ۹۰، نسبت به روز ۶۰، به صورت معنی‌داری کم‌تر بود ولی در میوه‌های تیمار شده تفاوت آماری بین این روزها وجود نداشت.

نتیجه‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های ربیعی و رحمانی (۳) و Mirdehghan و همکاران (۲۵) در زمینه تاثیر مثبت تیمار آب گرم بر انبارداری سرد میوه‌های انار مطابق بود. ربیعی و رحمانی (۳) میوه‌های انار رقم 'میخوش' را با آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه و یا آب گرم ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ ثانیه تیمار و به مدت ۴ ماه در انبار سرد با دمای ۳ درجه سلسیوس انبار کردند و گزارش کردند که میوه‌های تیمار شده با آب گرم نسبت به میوه‌های شاهد، درصد کاهش وزن و آسیب سرمازدگی کم‌تری داشتند و میزان تاثیرگذاری مثبت تیمار آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس بیش‌تر بود. به صورت مشابه، Mirdehghan و همکاران (۲۵) نیز با تیمار میوه‌های انار رقم 'مولار د الچه'[۱] با آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه، اثر مثبت تیمار را بر کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها، آسیب سرمازدگی و نشانه‌های آن در پوست میوه‌ها گزارش‌کردند.

افزون بر گزارش‌های موجود روی انار، Wang و همکاران (۴۰) گزارش کردند که تیمار آب گرم سبب کاهش میزان آسیب سرمازدگی میوه‌های تیمار شده موز پس از ۵ روز انبارداری در دمای ۷ درجه سلسیوس شد. به صورت مشابه، با انجام تیمار آب گرم، میزان آسیب سرمازدگی در میوه‌های گریپ‌فروت انبار شده در دمای ۲ درجه سلسیوس کاهش یافت (۳۲). میوه‌های هلوی تیمار شده با آب گرم و انبار شده در دمای ۰/۵±۰ درجه سلسیوس نیز نسبت به میوه‌های شاهد سرمازدگی کم‌تری داشتند (۲۷). هم‌چنین، Khademi و همکاران (۱۹) میوه‌های خرمالو رقم روجو بریلانته[۲] را که حساس به آسیب سرمازدگی هستند زیر پیش‌تیمار آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس برای مدت ۳۰ دقیقه و یا ۵۰ درجه سلسیوس برای مدت ۲۰ دقیقه قرار دادند و پس از آن میوه‌ها را به مدت یک ماه در دمای ۱ درجه سلسیوس انبار کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تیمار آب گرم سبب کاهش بروز آسیب سرمازدگی و نرم شدن گوشت میوه‌ها شد. نرم شدن گوشت، مهم‌ترین عارضه ناشی از سرمازدگی میوه‌های خرمالو است که پس از خروج از شرایط انبار سرد رخ می‌دهد.

پس از یک ماه انبارداری تفاوت معنی‌داری بین میزان مالون‌دی‌آلدهاید پوست در میوه‌های شاهد و تیمار شده وجود نداشت، اما پس از دو ماه، میزان آن در میوه‌های شاهد به صورت معنی‌داری بیش‌تر از میوه‌های تیمار شده بود و این اختلاف آماری تا پایان دوره انبارداری برقرار بود. در این زمان، میزان مالون‌دی‌آلدهاید در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد حدود

۱- 'Mollar de Elche'

۲- 'Rojo Brillante'

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

۴۲/۵۳ ٪ کم‌تر بود. افزون بر این، میزان افزایش این شاخص نسبت به روز صفر در میوه‌های شاهد و تیمار شده به ترتیب ۱۰۲/۹۴ و ۱۷/۰۷ ٪ بود که موید کارا بودن پیش‌تیمار آب گرم در حفظ ساختار یاخته‌ای و کیفیت بافت پوست میوه‌ها در طی انبارداری سرد می‌باشد. نتیجه‌های این پژوهش با یافته‌های سایر پژوهش‌های مرتبط با نگهداری میوه‌ها در شرایط انبار سرد همخوان بود که بیان می‌کنند میزان پراکسیداسیون چربی‌ها و مقدار مالون‌دی‌آلدهاید در واکنش به سرمازدگی بافت‌ها افزایش می‌یابند و پیش‌تیمارهای موثر با ایجاد مقاومت می‌توانند از میزان بروز این فرایندها بکاهند. به عنوان مثال، Ma و همکاران (۲۰) گزارش کردند که اعمال پیش‌تیمار آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس برای مدت ۱۰ دقیقه پیش از انبارداری سرد، می‌تواند در کاهش نشانه‌های سرمازدگی در میوه‌های کیوی موثر باشد. میوه‌های تیمار شده از سفتی بیش‌تر و نرخ تولید اتیلن و محتوای مالون‌دی‌آلدهاید کم‌تر برخوردار بودند. در شرایط به طور کامل مشابه با پژوهش حاضر، Mirdehghan و همکاران (۲۵) گزارش نمودند که انجام تیمار آب گرم سبب افزایش میزان پلی‌آمین‌های آزاد و حفظ بهتر نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع در پوست میوه‌های انار رقم 'مولار دی الچه' در طی دوره انبارداری سرد شد. آن‌ها افزایش سطوح درونی پلی‌آمین‌ها را به عنوان یکی از سازوکارهای تاثیرگذاری مثبت تیمار گرمایی و سازوکاری دفاعی در برابر تنش سرمازدگی یافتند که سبب محافظت از لیپیدهای غشاء یاخته‌ای، کاهش نشت الکترولیت‌ها و پدیده قهوه‌ای شدن در شرایط انبارداری سرد شد. پیشنهاد شده است که پلی‌آمین‌ها دارای فعالیت‌های آنتی اکسیدانی و توانایی اتصال به ترکیب‌های آنیونی غشا مانند فسفولیپیدها هستند و از این راه می‌توانند سبب پایداری و حفظ یکپارچگی غشاها در شرایط تنش و تاخیر فرایند تخریب آن‌ها شوند (۱۴). هم‌چنین، Mirdehghan و همکاران (۲۵) حفظ نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع در پاسخ به پیش‌تیمار گرمایی را با حفظ سلامت و سیالیت غشا در شرایط دمای سرد مرتبط دانستند. ترکیب‌بندی و نوع اسیدهای چرب تشکیل دهنده لیپیدهای غشا تعیین‌کننده میزان سیالیت آن است، به طوری که لیپیدهای متشکل از اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به لیپیدهای اشباع سیالیت بیش‌تری دارند (۲۱). کاهش در درجه غیر اشباعیت اسیدهای چرب بافت پوست در مراحل اولیه بروز سرمازدگی میوه‌ها را رخدادی مهم و تعیین‌کننده در بروز سایر تغییرهای زیستی مرتبط با آسیب سرمازدگی می‌دانند (۲۸). همان طور که در مورد میوه‌های موز (۳۰) و لوکوآت (۸) نیز گزارش شده است، نسبت بالاتر اسیدهای چرب غیر اشباع با تحمل و مقاومت بیش‌تر به دمای سرد همراه است.

همان‌طور که پیشتر بیان شد به طور کلی پس از یک ماه انبارداری سرد، محتوای فنول کل پوست میوه‌های شاهد و تیمار شده به صورت مشابه و معنی‌داری افزایش یافت. با پیشرفت بیش‌تر زمان انبارداری از میزان این شاخص به صورت قابل توجهی کاسته شد، اما همواره تفاوت بین میوه‌های شاهد و تیمار شده معنی‌دار بود به طوری که پس از ۶۰ و۹۰ روز انبارداری، میزان شاخص بیان‌شده در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۳۴/۵ و ۶۳ ٪ بیش‌تر بود. بیش‌تر بودن میزان اندازه‌گیری شده این شاخص پس از یک ماه انبارداری، نسبت به زمان برداشت، می‌تواند به دلیل افزایش در فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز[۳] بوده باشد که آنزیمی کلیدی در ساخت فنولیک اسیدها است (۹) و افزایش فعالیت آن، به عنوان یک سازوکار دفاعی در برابر بروز سرمازدگی شناخته می‌شود (۳۱). بنابراین، این یافته می‌تواند موید وجود سازوکار احتمالی درونی ایجاد مقاومت به شرایط انبارداری سرد باشد. با پیشرفت زمان انبارداری، حفظ بیش‌تر سطح فنولیک‌ها در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد نیز می‌تواند با کاهش کم‌تر سطح فعالیت این آنزیم زیر تاثیر تیمار انجام شده مرتبط باشد.

یکی از ویژگی‌های کیفی مهم بسیاری از میوه‌ها که روی طعم و مزه میوه و بازارپسندی آن تاثیر می‌گذارد میزان ماده‌های جامد محلول کل است که در واقع نشان‌دهنده میزان کل قندهای محلول آب میوه است (۱۱). نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین زمان‌های گوناگون نمونه‌گیری و میوه‌های شاهد و تیمار شده در هر زمان، وجود نداشت. عدم تغییر در میزان این شاخص در طی دوره انبارداری، با یافته‌های Artés و همکاران (۷) و Sayyari و همکاران (۳۳، ۳۴) موافق بود. در شرایط انبارداری کاملا مشابه با شرایط پژوهش حاضر، Taghipour و همکاران (۳۶) بیان نمودند که قسمت عمده آب از دست‌دهی میوه‌های انار رقم رباب نی‌ریز از پوست و نه از انار دانه‌ها بوده است و بنابراین، حفظ غلظت آب میوه‌ها را مانع از افزایش میزان TSS دانستند.

۳- Phenylalanine ammonia-lyase (PAL)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

به صورت همسو با پژوهش حاضر، گزارش شده است که میزان اسید کل آب میوه انار، به تدریج در طول مدت انبارداری به علت مصرف در فرآیند کند تنفسی کاهش می‌یابد (۱۸). عدم تفاوت معنی‌دار بین میزان اسید کل میوه‌های شاهد و تیمار شده در زمان‌های نمونه‌گیری موید کند بودن نرخ تنفس میوه‌ها در طی دوره انبارداری بود. البته، همسو با تفسیر نتیجه‌های مربوط به تغییرهای میزان فنول کل پوست، افزایش معنی‌دار میزان اسید کل آب میوه‌های شاهد پس از یک ماه نگهداری در انبار سرد را می‌توان به نوعی با سازوکار احتمالی درونی میوه‌ها برای مقابله با شرایط سخت پیش رو مرتبط دانست. محتمل است که دلیل عدم تغییر معنی‌دار میزان اسید کل میوه‌های تیمار شده در بازه زمانی بیان‌شده، بهره‌مندی میوه‌ها از اثرهای تیمار از ابتدای اعمال آن و کاهش شوک وارد شده از تنش سرما به آن‌ها نسبت به میوه‌های شاهد باشد.

نسبت TSS/TA آب میوه، تعیین‌کننده طعم آن است (۱۱). همان‌طور که بیان شد، روند کلی تغییرهای این شاخص در آب میوه‌های شاهد و تیمار شده به صورت کاهش آن تا یک ماه پس از زمان شروع انبارداری و سپس افزایش تا پایان دوره بود. تغییرهای این نسبت تابعی از تغییرهای میزان اسید کل و نه تغییر در میزان ماده‌های جامد محلول کل بود.

در شرایط انبار سرد، الگوی تغییر در pH آب میوه‌ها زیر تاثیر شرایط زیست‌شیمیایی، نرخ تنفس و فعالیت‌های متابولیکی میوه‌ها به عنوان تابعی از تغییرهای میزان اسید کل می‌باشد (۱۵). بر این اساس، روند تغییرهای pH آب میوه‌های شاهد و تیمار شده به صورت عکس روند تغییرهای میزان اسید کل آن‌ها بود.

نتیجه‌گیری

از مجموع یافته‌های پژوهش حاضر استنباط می‌شود که در شرایط انبار سرد با دمای ۰/۵± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰ ٪ می‌توان تا مدت یک ماه میوه‌های انار رقم رباب نی‌ریز را بدون کاهش کیفیت نگهداری نمود که ناشی از سازوکار خوگیری درونی پوست میوه‌ها به شرایط دمای سرمازدگی است. پس از دو ماه انبارداری سرد، افزایش معنی‌دار و قابل توجهی در میزان آب از دست‌دهی میوه‌ها، نشانه‌های ظاهری آسیب سرمازدگی، نشت الکترولیت‌ها و محتوای مالون‌دی‌آلدهاید پوست میوه‌های انبار شده اتفاق می‌افتد. پیش‌تیمار آب گرم به دلیل حفظ بهتر میزان فنول کل (به عنوان عامل آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی) و نیز تخفیف شدت افزایش شاخص‌های مرتبط با بروز آسیب سرمازدگی در پوست میوه‌ها، تیماری کارا و قابل توصیه به منظور نگهداری میوه‌های انار رقم رباب نی‌ریز در شرایط انبارداری سرد است.

منابع References

۱. احمدی، ک.، ح.ر. عبادزاده، ف. حاتمی، ر. حسین پور و ه. عبدشاه. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶: محصولات باغبانی. نشر تهران، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۳: ۲۳۳ ص.

۲. بی‌نام. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۵. سازمان جهاد کشاورزی فارس، معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی، اداره آمار و فناوری اطلاعات، ۲۸۲ ص.

۳. ربیعی، و. و س. رحمانی. ۱۳۹۳. تأثیر سالسیلیک اسید، کلریدکلسیم و تیمار آب گرم بر پارامترهای کمی، کیفی و انبارمانی انار رقم میخوش. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۱۵-۱۱ : (۱)۲۸.

۴. عسگری سرچشمه، م.ع. و م. شاهدی. ۱۳۷۳. تاثیر درجه حرارت های مختلف انبار روی برخی ویژگی‌های کمی وکیفی چهار رقم انار منطقه ساوه. مجله علوم کشاورزی ایران، ۶۴-۵۳ :۲۵.

۵. محسنی، ع. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت تولید، صادرات و بازاریابی انار در استان فارس، خلاصه مقالات دومین جشنواره و همایش ملی انار نی‌ریز فارس. انتشارات مدیریت ترویج و مشارکت مردمی سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، ۴۸ ص.

۶. میردهقان، س.ح. و م. راحمی. ۱۳۸۹. تعیین زمان ایجاد خسارت سرمازدگی میوه انار (*Punica granatum*) در طول نگهداری در سردخانه. مجله علوم باغبانی ایران، ۱۸-۱۱ :(۱)۴۱.

7. Artés, F., J.A. Tudela and R. Villaescusa. 2000. Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. Postharvest Biol. Technol. 18(3): 245–251.
8. Cao, S., Y. Zheng, K. Wang, P. Jin and H. Rui. 2009. Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. Food Chem. 115(4): 1458–1463.
9. Chidtragool, S., S. Ketsa, J. Bowen, I.B. Ferguson and W.G. van Doorn. 2011. Chilling injury in mango fruit peel: Cultivar differences are related to the activity of phenylalanine ammonialyase. Postharvest Biol. Technol. 62(1): 59–63.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

10. Elyatem, S.M. and A.A. Kader. 1984. Post-harvest physiology and storage behavior of pomegranate fruits. Sci. Hort. 24(3): 287–298.
11. Fawole, O.A. and U.L. Opara. 2013. Effects of storage temperature and duration on physiological responses of pomegranate fruit. Ind. Crops Prod. 47: 300–309.
12. Heath, R.L. and L. Packer. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch. Biochem. Biophys. 125(1): 189–198.
13. Holland, D., K. Hatib and I. Bar-Ya'akov. 2009. Pomegranate: botany, horticulture, breeding. Hort. Rev. 35(2): 127–191.
14. Hussain, S.S., M. Ali, M. Ahmad and K.H.M. Siddique. 2011. Polyamines: natural and engineered abiotic and biotic stress tolerance in plants. Biotechnol. Adv. 29(3): 300–311.
15. Jitareerat, P., S. Paumchai, S. Kanlayanarat and S. Sangchote. 2007. Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (Mangifera indica) fruit. New Zeal. J. Crop Hort. Sci. 35(2): 211–218.
16. Jouve, L., F. Engelmann, M. Noirot and A. Charrier. 1993. Evaluation of biochemical markers (sugar, proline, malonedialdehyde and ethylene) for cold sensitivity in microcuttingsof two coffee species. Plant Sci. 91(1): 109–116.
17. Kader, A.A. 2006. Postharvest biology and technology of pomegranates. In: Navindra, P.S., N.S. Risa and D. Heber (Eds.). Pomegranates: ancient roots to modern medicine. CRC press. Taylor and Francis, Boca Raton, Florida, USA. pp: 211-218.
18. Kader, A.A., A. Chordas and S. Elyatem. 1984. Responses of pomegranates to ethylene treatment and storage temperature. Calif. Agr. 38(7): 14–15.
19. Khademi, O., C. Besada, Y. Mostofi and A. Salvador. 2014. Changes in pectin methylesterase, polygalacturonase, catalase and peroxidase activities associated with alleviation of chilling injury in persimmon by hot water and 1-MCP treatments. Sci. Hort. 179: 191–197.
20. Ma, Q., J. Suo, D.J. Huber, X. Dong, Y. Han, Z. Zhang and J. Rao. 2014. Effect of hot water treatments on chilling injury and expression of a new C-repeat binding factor (CBF) in 'Hongyang' kiwifruit during low temperature storage. Postharvest Biol. Technol. 97: 102–110.
21. Marangoni, A.G., T. Palma and D.W. Stanley. 1996. Membrane effects in postharvest physiology. Postharvest Biol. Technol. 7(3): 193–217.
22. McCollum, T.G. and R.E. McDonald. 1991. Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. HortScience, 26(9): 1191–1192.
23. Mirdehghan, S.H. and M. Rahemi. 2002. Reduction of chilling injury in the pomegranate (*Punica granatum*) fruit by intermittent warming. Iranian J. Agr. Sci. 33(1), 75-80.
24. Mirdehghan, S.H., and M. Rahemi. 2005. Effects of hot water treatment on reducing chilling injury of pomegranate (*Punica granatum*) fruit during storage. Acta Hort. 682, 887–892.
25. Mirdehghan, S.H., M. Rahemi, D. Martínez-Romero, F. Guillén, J.M. Valverde, P.J. Zapata, M. Serrano and D. Valero. 2007. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. Postharvest Biol. Technol. 44(1): 19–25.
26. Mirdehghan, S.H., M. Rahemi, M. Serrano, F. Guillén, D. Martínez-Romero and D. Valero. 2006. Prestorage heat treatment to maintain nutritive and functional properties during postharvest cold storage of pomegranate. J. Agric. Food Chem. 54(22): 8495–8500.
27. Murray, R., C. Lucangeli, G. Polenta and C. Budde. 2007. Combined pre-storage heat treatment and controlled atmosphere storage reduced internal breakdown of 'Flavorcrest' peach. Postharvest Biol. Technol. 44(2): 116–121.
28. Parkin, K.L. and S.J. Kuo. 1989. Chilling-induced lipid degradation in cucumber (Cucumis sativa L. cv Hybrid C) fruit. Plant Physiol. 90(3): 1049–1056.
29. Paull, R.E. and N.J. Chen. 2000. Heat treatment and fruit ripening. Postharvest Biol. Technol. 21(1): 21–37.
30. Promyou, S., S. Ketsa and W.G. van Doorn. 2008. Hot water treatments delay cold-induced banana peel blackening. Postharvest Biol. Technol. 48(1): 132–138.
31. Rinaldo, D., D. Mbéguié-A-Mbéguié and B. Fils-Lycaon. 2010. Advances on polyphenols and their metabolism in sub-tropical and tropical fruits. Trends Food Sci. Technol. 21(12): 599–606.
32. Sapitnitskaya, M., P. Maul, G.T. McCollum, C.L. Guy, B. Weiss, A. Samach and R. Porat. 2006. Postharvest heat and conditioning treatments activate different molecular responses and reduce chilling injuries in grapefruit. J. Exp. Bot. 57(12): 2943–2953.
33. Sayyari, M., M. Babalar, S. Kalantari, M. Serrano and D. Valero. 2009. Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. Postharvest Biol. Technol. 53(3): 152–154.
34. Sayyari, M., D. Valero, M. Babalar, S. Kalantari, P.J. Zapata and M. Serrano. 2010. Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 C. J. Agr. Food Chem. 58(11): 6804–6808.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

35. Sevillano, L., M.T. Sanchez-Ballesta, F. Romojaro and F.B. Flores. 2009. Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact. J. Sci. Food Agr. 89(4): 555–573.
36. Taghipour, L., M. Rahemi and P. Assar. 2015. Determining the physiochemical changes and time of chilling injury incidence during cold storage of pomegranate fruit. J. Agr. Sci. 60(4): 465–476.
37. Velioglu, Y.S., G. Mazza, L. Gao and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. J. Agr. Food Chem. 46(10): 4113–4117.
38. Wang, C.Y. 1990. Alleviation of chilling injury of horticultural crops. In: C.Y. Wang (Ed.). Chilling Injury in Horticultural Crops. CRC Press, Boca Raton. Florida, USA. pp: 281–301.
39. Wang, C.Y. 1993. Horticultural reviews volume 15, In: J. Janick (Ed.), Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. Wiley, New York, USA. pp: 63–95.
40. Wang, H., Z. Zhang, L. Xu, X. Huang and X. Pang. 2012. The effect of delay between heat treatment and cold storage on alleviation of chilling injury in banana fruit. J. Sci. Food Agr. 92(13): 2624–2629.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21 (2): 183 - 194 (2020)
Research article

Alleviating Chilling Injury and Extending the Shelf Life of Pomegranate Fruit cv. Rabab-e-Neyriz by Pre-Storage Heat Treatment

L. Taghipour*, M. Rahemi and P. Assar[1]

Efficiency of the pre-storage hot water dip to prolong storability and maintain the quantitative and qualitative traits of the cold-stored 'Rabab-e-Neyriz' pomegranate was evaluated. Fruits were stored at 2 ± 0.5 ºC and 90 ± 5% relative humidity for 90 days. The experiment was factorial based on a complete randomized design with 4 replicates in each treatment. Experimental factors included pre-storage heating for 4 min (at two levels: dip in water at 45 ºC, and distilled water at 25 ºC as control) and sampling time (day 0 followed by 30 days intervals). The weight loss and skin characteristics assessed remained unchanged for up to 1 month, which was related to the internal ability of the fruit skin to acclimate to chilling temperature conditions. Afterwards, significant increase in chilling injury indices was happened. After 90 days of storage, treated fruits had higher (63%) total phenol (as a non-enzymatic antioxidant index) and lower (42.53%) malondialdehyde (MDA) contents in their skin compared to controls. Furthermore, the treated fruits had a 23.63% lower weight loss and lower chilling injury symptoms, but their quality characteristics were the same as the control.
Keywords: Hot water, Pomegranate, Cold storage, Storability indices, Fruit quality.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.2.7.3]

1. Former Ph.D. Student at Shiraz University and Assistant Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Jahrom University, PO Box: 74135-111, Jahrom; Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, PO Box: 71441-65186, Shiraz, and Assistant Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Jahrom University, PO Box: 74135-111, Jahrom, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (Leilataghipour@jahromu.ac.ir).