اثر تیمار پس از برداشت آب گرم بر القاء مقاومت به سرمازدگی در میوه خرمالو رقم کرج (*Diospyros kaki* Thunb.)

Effect of Hot Water Treatment on Inducing Chilling Tolerance in Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) Fruit cv. Karaj

مریم باقری[۱]، محمود اثنی‌عشری[۲*] و احمد ارشادی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۰۴

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی اثر تیمار پس‌از برداشت آب گرم بر کاهش سرمازدگی ناشی از انبار سرد، در میوه خرمالو رقم کرج انجام شد. میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری برداشت شده و بلافاصله جهت اعمال تیمار به آزمایشگاه منتقل گردیدند، سپس میوه‌ها در آب با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان شاهد، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه غوطه‌ور شدند و سپس در انبار با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰٪ به‌مدت ۴ ماه نگهداری گردیدند. خواص ظاهری و کیفی میوه شامل کاهش وزن، سفتی بافت، مواد جامد محلول، اسیدیته کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان مالون دی‌آلدئید به‌عنوان شاخصی برای پراکسیداسیون چربی‌ها، نشت الکترولیتی از غشاء، میزان تانن محلول و فنل کل در طول مدت انبارداری و همچنین میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز پس از پایان مدت انبارداری و گذشت دو روز عمر قفسه ای اندازه‌گیری شدند. همه تیمارهای آب گرم اعمال شده، تأثیر معنی‌داری بر حفظ بهتر سفتی بافت، مواد جامد محلول، میزان فنل و تانن و کاهش سرمازدگی، نشت الکترولیت و پراکسیداسیون چربی‌ها داشت. با این‌که بهترین نتایج از تیمار آب ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه به‌دست آمد اما به‌دلیل تأثیر نامطلوب این تیمار بر کیفیت خوراکی میوه، به‌طورکلی استفاده از آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه و همچنین آب ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه بهترین تیمارها برای حفظ کیفیت میوه خرمالو رقم کرج و کاهش علائم سرمازدگی در آن شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: عمر انباری، سفتی بافت، فعالیت آنتی اکسیدانی، مالون دی‌آلدئید، نشت الکترولیتی

۲،۱ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

*: نویسنده مسئول Email: m.esnaashari@basu.ac.ir

مقدمه

خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور بوده و بر اساس آمار منتشرشده توسط سازمان جهانی فائو[1] در سال ۲۰۱۲، ایران با میزان تولید بیش از ۴ میلیون تن رتبه دوازدهم تولید این محصول را در دنیا کسب نموده است. رقم کرج از ارقام مرغوب خرمالو در ایران و از انواع گس خرمالو می‌باشد. چون خرمالو یک میوه فرازگرا است می‌تواند مراحل رسیدن خود را پس از برداشت در زمان بلوغ تجاری نیز طی نماید. بدین لحاظ میوه‌ها در ابتدای رنگ‌گیری کامل (بلوغ تجاری) برداشت می‌شوند، زیرا تأخیر در برداشت تا زمان رسیدن کامل میوه باعث می‌گردد تا میوه‌ها به‌هنگام حمل و نقل آسیب ببینند. همچنین کاهش دمای هوا به‌هنگام رسیدن کامل به‌ویژه در منطقه کرج، باعث سرمازدگی و کاهش کیفیت میوه روی درخت می‌گردد. خرمالو مانند سایر میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به سرمازدگی حساس می‌باشد و هنگامی‌که در دمای پایین‌تر از حد بحرانی (۱۵ درجه سانتی‌گراد) انبار می‌شود، عوارضی مانند ژله‌ای شدن گوشت، کاهش سفتی و قهوه‌ای شدن بیرونی و درونی میوه در آن ظاهر می‌شود (*وولف*[2] و همکاران، 1997).

یکی از مهم‌ترین اهداف محققین پس از برداشت کاهش ضایعات و افزایش عمر پس از برداشت محصولات باغبانی است. میوه خرمالو دارای عمر انباری بسیار کوتاهی بوده و به‌مدت محدودی در بازار عرضه می‌شود. بررسی و معرفی روش‌هایی که در عین افزایش عمر انباری مانع از خسارت سرمازدگی در این میوه شود، می‌تواند دوره عرضه این محصول را در بازار افزایش داده و زمینه توسعه مصرف و به‌دنبال آن کشت‌وکار آن را در کشور فراهم نماید.

تیمارهای گرمایی پس‌ازبرداشت امروزه در سطح گسترده‌ای جهت افزایش عمر انبارمانی و کنترل عوامل بیماری‌زای محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند. اعمال این تیمارها به روش‌های مختلفی ازجمله استفاده از بخار آب گرم، هوای داغ و آب گرم صورت می‌گیرد (*کاوی*[3]، 1989؛ راحمی، ۱۳۷۳). توصیه شده است که اعمال تیمار گرمایی برای میوه‌ها و سبزی‌ها بهتر است به روش غوطه‌وری در آب گرم انجام پذیرد، زیرا در انتقال حرارت نسبت به هوای گرم کارآمدتر می‌باشد (*فالیک*[4]، 2004). تیمارهای گرمایی تولید پروتئین‌های شوک حرارتی[5] می‌نماید که برای گیاه نقش حفاظتی در مقابل تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند و همچنین در بهبود آسیب‌های ناشی از تنش‌ها نیز مؤثر می‌باشند (*پائول*[6]، 2000). در برخی محصولات تیمار گرمایی سرعت تنفس میوه را به زور موقت کاهش داده و به این صورت در حفظ بهتر مواد جامد محلول مؤثر واقع می‌شود (*لینگل*[7] و همکاران، 1987). همچنین تیمارهای حرارتی از طریق افزایش در میزان فسفولیپیدهای غشاء، مقاومت محصولات باغبانی را به دمای پایین انبار افزایش می‌دهند و سبب کاهش خسارات ناشی از سرمازدگی می‌شوند (*مک کالوم* و *مک دانولد*[8]، 1993). *کولی*[9] و همکاران (1992) گزارش نمودند تیمار گرمایی به‌صورت هوای گرم در میوه خرمالو، حساسیت این میوه به خسارات ناشی از سرما را کاهش داد. *وولف* و همکاران (1997) اثرات کاربرد هوای گرم با دمای ۵۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰-۰/۵ ساعت را روی صدمات سرمازدگی طی انبارداری خرمالو بررسی نموده و گزارش دادند که کاربرد هوای گرم با دمای ۴۷ درجه سانتی گراد به‌مدت ۳-۰/۵ ساعت علائم خسارت سرمازدگی و قهوه‌ای شدن پوست را کاهش داد.

تیمارهای آب گرم قبل از انبار در کاهش حساسیت میوه به صدمه سرمازدگی در مرکبات (*پرات*[10] و همکاران، 2000)، هلو (*کَندیر*[11] و همکاران، 2008) و آلو (*ابو-پاو*[12] و همکاران، 2002) مؤثر بوده‌اند. در تکنولوژی پس از برداشت، تیمارهای آب گرم عامل مؤثر جهت کاهش قهوه‌ای شدن بافت میوه ناشی از صدمات مکانیکی در میوه خرمالو شناخته شده‌اند (*خادمی*[13] و همکاران، 2013). *لی-یی*[14] و همکاران (1997) اعلام نمودند تیمارهای آب گرم بسته به زمان کاربرد با دماهای مختلف می‌توانند برای دفع حشرات بدون ایجاد قهوه‌ای شدن گوشت و پوست میوه خرمالو به‌کار روند (به نقل از *اُزدمیر*[15] و همکاران، 2009). *اُزدمیر* و همکاران (2009) اثر تیمار آب گرم و زمان‌های مختلف اعمال آن روی کاهش خسارت سرمازدگی در خرمالو رقم فویو[16] را بررسی کردند و طی آن غوطه‌وری میوه‌ها در آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه و ۵۵ درجه

1. FAO
2. Woolf
3. Covey
4. Fallik

5. Heat Shock Proteins
6. Paull
7. Lingle
8. McCollum and McDonald
9. Cowley
10. Porat
11. Çandır
12. Abu-Kpawoh
13. Khademi
14. Lay-Yee
15. Özdemir
16. Fuyu

سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه را بهترین تیمارها برای افزایش عمر پس از برداشت و کاهش صدمات ناشی از دمای پایین انبار در خرمالو معرفی نمودند. همچنین *بسادا*[1] و همکاران (2008) اعمال تیمارهای آب گرم با دمای ۵۵-۴۵ درجه سانتی‌گراد را در میوه‌های نیمه‌بالغ و بالغ خرمالو رقم رُجُ برلینت[2] جهت کاهش قهوه‌ای شدن درونی و بیرونی آن مؤثر پیشنهاد نمودند.

با توجه به این‌که میوه خرمالو فرازگرا بوده و به‌سرعت بازارپسندی خود را طی انبارداری از دست می‌دهد، یافتن روش‌هایی جهت افزایش عمر پس از برداشت این میوه ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر تیمارهای پس از برداشت آب گرم بر القای مقاومت به سرمازدگی و اندازه‌گیری پارامترهای ظاهری و کیفی میوه خرمالو رقم کرج طی انبار در دمای پایین بود.

مواد و روش‌ها

میوه خرمالوی مورد استفاده شده در این تحقیق رقم کرج بود که از یکی از باغ‌های شهرستان کرج در مرحله بلوغ تجاری (رنگ‌گیری کامل و سفت) برداشت گردید و میوه‌های سالم، یکنواخت و عاری از علائم بیماری به‌منظور اعمال تیمار جدا شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی دارای ۹ تیمار و در ۳ تکرار (هر تکرار شامل ۳۶ عدد میوه) اجرا گردید. تیمارها شامل بدون اعمال تیمار آب گرم، آب گرم با درجه‌حرارت‌های ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد و شاهد (۲۰ درجه سانتی‌گراد در قفسه) بودند که به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه به‌صورت غوطه‌وری اعمال گردیدند. پس از انجام تیمارهای غوطه‌وری در آب گرم با دماهای مورد نظر، میوه‌ها ۲ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و به‌منظور حذف رطوبت موجود روی پارچه‌های نخی قرار داده شدند تا رطوبت سطحی میوه خشک شود و سپس در جعبه‌های پلاستیکی به‌صورت ۱۵ تایی قرار داده شدند که برای هر تیمار دو جعبه در نظر گرفته شد و سپس به انبار با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰٪ منتقل و به‌مدت ۴ ماه نگهداری گردیدند. ارزیابی‌ها و اندازه‌گیری‌های موردنظر درآغاز آزمایش قبل از اعمال تیمار آب گرم و همچنین پس از اعمال تیمارها، در طول انبارداری و به فاصله هر ۱۵ روز به‌علاوه ۲ روز عمر قفسه‌ای (نگهداری میوه پس از پایان دوره انبارمانی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد) که به همراه اندازه‌گیری‌های روز اول در کل ۹ دوره می‌شود، به عمل آمد.

کاهش وزن میوه: درصد کاهش وزن میوه از طریق مقایسه وزن میوه در هر دوره با وزن اولیه و با استفاده از فرمول ذیل به‌دست آمد.

درصد کاهش وزن میوه =وزن اولیه /وزن اولیه – وزن ثانویه ×۱۰۰

سفتی بافت میوه: برای این منظور از دستگاه سفتی‌سنج (واگنر مدل اف دی کا ۳۲، ساخت کشور آمریکا) دارای میله نفوذکننده با قطر ۴ میلی‌متر استفاده گردید که توسط آن سفتی بافت در ۴ قسمت ناحیه میانی میوه اندازه‌گیری شد.

مواد جامد محلول: پس از گرفتن آب میوه خرمالو با کمک رنده کردن میوه وصاف کردن آن میزان کل مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دستی اتاگو (مدل N1، ساخت کشور ژاپن) تعیین گردید و مقدار آن برحسب درجه بریکس بیان شد.

اسیدیته آب میوه: میزان اسیدیته آب میوه به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شده و بر حسب درصد اسید مالیک به‌عنوان اسید غالب میوه خرمالو بیان گردید. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه داخل ارلن ریخته شد و ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر بدان اضافه گردید و پس از اضافه نمودن چند قطره فنل فتالئین ۱٪ به‌عنوان شناساگر، با سود (هیدروکسید سدیم) ۰/۱ نرمال تیتراسیون انجام شد (*رامین و طباطبایی*[3]، 2003).

خسارت سرمازدگی: برای تعیین میزان خسارت سرمازدگی از مشاهده چشمی ژله‌ای شدن شدن گوشت میوه با کمک درجه‌بندی پیشنهادی *اُزدمیر* و همکاران (2009) استفاده گردید که در آن امتیازات صفر تا ۴ (صفر= بدون ژله‌ای شدن، ۱= ۲۵٪ ژله‌ای شدن، ۲=۵۰٪ ژله‌ای شدن، ۳= ۷۵٪ ژله‌ای شدن و ۴= سطح پوشیده از ژل) منظور شدند. میزان خسارت سرمازدگی بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید:

خسارت سرمازدگی =[(1×N1+2×N2+3×N3+4×N4)/(4×N)]×100

N= تعداد کل میوه‌های مورد مشاهده

N_1، N_2، N_3 و N_4= تعداد میوه‌هایی که درجات مختلف ژله‌ای شدن را نشان می‌دهند.

فنل کل: به‌منظور تعیین میزان فنل کل موجود در میوه ابتدا با استفاده از روش پیشنهادی *سلین‌کارد* و *سینگلتون*[4] (1977) عصاره متانولی آب میوه تهیه گردید. بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم گوشت نمونه در داخل هاون در حضور ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد له شده و عصاره متانولی تهیه گردید پس از صاف کردن با کاغذ صافی شماره ۱، ۵۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی را در لوله آزمایش ریخته شد و به آن ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین (با نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر) اضافه شد. پس از ۸ دقیقه به آن

1. Besada
2. Rojo Brillante
3. Ramin and Tabatabaie
4. Slinkard and Singleton

۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد افزوده شد و پس از ۹۰ دقیقه تکان دادن روی شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر تعیین گردید. ترکیبات فنلی با استفاده از منحنی رسم شده از غلظت‌های مختلف اسید تانیک تعیین گردیده و برحسب میلی‌گرم اسید تانیک بر گرم وزن تر میوه گزارش گردید.

تانن محلول: اندازه‌گیری میزان تانن محلول با استفاده از روش فولین‌دنیز با کمی تغییرات (*تایرا*[1] و همکاران، 1997) انجام شد. جذب نوری عصاره در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و غلظت تانن محلول با استفاده از منحنی استاندارد اسید تانیک خالص محاسبه گردید.

نشت الکترولیت‌ها: برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها روش *مک‌کالوم* و *مک دانولد* (1991) به‌کار گرفته شد. بدین‌منظور از بافت پریکارپ (پوست و گوشت) میوه‌های موجود در هر تیمار تعداد ۶ دیسک به قطر ۱۰ میلی‌متر با استفاده از چوب‌پنبه سوراخ‌کن جدا گردید. دیسک‌های تهیه شده در ظروف حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۴ مولار مانیتول قرار داده‌شدند و به‌مدت ۴ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) روی دستگاه تکان‌دهنده قرار گرفتند. سپس هدایت الکتریکی اولیه محلول حاصل با دستگاه EC متر (مدل اینولب ۷۲۰[2]، ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد. به دنبال آن هر یک از ظروف حاوی قطعات میوه و مانیتول در فشار ۱ اتمسفر به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شده و پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی محلول مجدداً اندازه‌گیری گردید. نهایتاً درصد هدایت الکتریکی نمونه با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد:

درصد هدایت الکتریکی نمونه =هدایت الکتریکی اولیه/هدایت الکتریکی نهایی×۱۰۰

شاخص پراکسیداسیون چربی (مالون دی‌آلدئید): برای تعیین میزان مالون دی‌آلدئید به‌عنوان شاخصی از پراکسیداسیون چربی‌ها از روش *هاجز*[3] و همکاران (1999) با کمی تغییرات استفاده گردید. جذب نوری نمونه در طول موج‌های ۴۵۰، ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده و غلظت مالون دی‌آلدئید مطابق فرمول زیر محاسبه شد:

غلظت مالون دی‌آلدئید = ۶/۴۵ $(A_{532}-A_{600})$ − ۰/۵۶ (A_{450})

ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی: برای تعیین مقدار کل ترکیبات آنتی‌اکسیدان موجود در میوه، میزان مهار رادیکال‌های دی پی پی اچ (DPPH)[4] به روش *لیونگ و شوی*[5] (2001) با کمی تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفت. طول موج جذبی نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. درصد بازدارندگی از طریق فرمول زیر به‌دست آمد:

درصد بازدارندگی = $A_1-A_2/A_1 \times 100$

A_1= طول موج جذب خالص دی پی پی اچ

A_2= طول موج جذب نمونه + طول موج جذب خالص دی پی پی اچ

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز: به‌منظور سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز ابتدا عصاره آنزیمی مورد نیاز تهیه شد. بدین‌منظور یک گرم بافت تر میوه در هاون چینی حاوی ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷/۲ حاوی اتیلن دی آمین ترا استیک اسید (EDTA) یک میلی‌مولار و پلی وینیل پیرولیدین (PVP) یک درصد، ساییده شد. عصاره حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۴۰۰۰g سانتریفیوژ در شد و از محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیم‌ها استفاده شد.

میزان فعالیت کاتالاز به روش محاسبه کاهش پراکسید هیدروژن (H_2O_2) در طول موج ۲۴۰ نانومتر و با استفاده از دستورالعمل پیشنهادی *موتوو و دین‌سا*[6] (1981) سنجیده شد. میزان پراکسید هیدروژن موجود در مخلوط واکنش واکنش پس از یک دقیقه با استفاده از ضریب خاموشی ۰/۲۸ $cmmM^{-1}$ محاسبه گردید.

میزان فعالیت پراکسیداز با استفاده از گوایاکول و اندازه‌گیری میزان جذب تتراگوایاکول تشکیل شده در نتیجه فعالیت پراکسیداز، در ۴۷۰ نانومتر سنجیده شد. میزان جذب تتراگایاکول (حاصل از اکسید شدن گوایاکول) در لحظه شروع واکنش پس از اضافه نمودن عصاره آنزیمی و پس از یک دقیقه قرائت گردید. با استفاده از تغییرات جذب در یک دقیقه، ضریب خاموشی تتراگوایاکول (۲۵/۵ $cm\ mM^{-1}$) مقدار تتراگایاکول تشکیل شده محاسبه شد (*پلی‌وا*[7] و همکاران، 1991).

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد که فاکتور تیمار آب گرم به‌عنوان کرت اصلی و فاکتور زمان اندازه‌گیری به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد و با استفاده از نرم‌افزار

1. Taira
2. Inolab 720
3. Hodges
4. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
5. Leong and Shui
6. Motowe and Dhindsa
7. Plewa

SAS و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح یک‌درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که دوره‌های انبارداری، تیمارهای مختلف آب گرم و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند.

سرمازدگی: تمامی تیمارهای آب گرم استفاده شده در کاهش میزان خسارت سرمازدگی مؤثر بودند، اما تیمار آب گرم با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه بهترین تیمار برای کاهش علائم سرمازدگی شناخته شد و در پایان ۴ ماه انبارداری میزان خسارت سرمازدگی در آن‌ها کمترین مقدار بود (جدول ۲). در مقابل، بالاترین میزان خسارت سرمازدگی در میوه‌های شاهد (آب با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه مشاهده گردید.

فالیک (2004) اعلام کرد که تولید اتیلن در میوه‌هایی که تیمار حرارتی داده شده‌اند، در مدت انبارداری و همچنین عمر قفسه‌ای کمتر است. این ممانعت از افزایش در تولید اتیلن ممکن است در کاهش علائم سرمازدگی در خرمالو مؤثر باشد. تیمارهای شوک حرارتی می‌توانند از طریق سازگاری در گیاهان باعث تحمل به سرمازدگی گردند. *سابهات*[1] و همکاران (1998) اظهار داشته‌اند، وقتی بافتی در معرض تنش‌های ملایم محیطی قرار می‌گیرد، انگیزش مقاومت به تنش‌های محیطی شدیدتر که ممکن است در آینده رخ دهد، در آن بافت صورت می‌گیرد. موفقیت تیمارهای آب گرم در کاهش سرمازدگی میوه خرمالو در تحقیق ما با نتایج به‌دست آمده توسط *پورات* و همکاران (2000) و *قاسم‌نژاد* و همکاران (2008) در مورد مرکبات، *ماستو* و همکاران (2011) در تحقیقی بر توت فرنگی، *کندیر* و همکاران (2008) در مورد هلو و *آبو-کپو* و همکاران (2002)، مطابقت دارد. همچنین در مطالعه *اوزدمیر* و همکاران (2009) به‌طور مشابه با یافته‌های ما، غوطه‌وری در آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه و ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه بهترین تیمارها جهت کاهش سرمازدگی خرمالو معرفی شدند.

وزن میوه: با شروع انبارداری، درصد کاهش وزن میوه یک روند صعودی در همه تیمارها نشان داد، اما میزان این کاهش به‌طور معنی‌داری در میوه‌های تیمار شده با آب گرم ۵۵°C به‌مدت ۲۰ دقیقه از همه تیمارها کمتر بود و بعد از آن تیمار آب گرم ۵۵°C به‌مدت ۱۰ دقیقه میزان کاهش وزن کمتری را نشان داد. درصد کاهش وزن میوه در خرمالوهای شاهد بیشترین مقدار بود (جدول ۳).

بنابر اظهار نظر مک *دونالد* و همکاران (1999) درصد کاهش وزن کمتر در میوه‌های تیمار شده با آب گرم به علت میزان تنفس کمتر در این میوه‌ها می‌باشد. همچنین تیمار آب گرم باعث بازپخش شدن لایه واکسی اپی‌کوتیکولی و در نتیجه کاهش ترک‌های کوتیکولی می‌گردد، بنابراین میزان از دست دادن آب میوه کاهش می‌یابد (*فالیک*، 2004).

1. Sabehat

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر تیمارهای آب گرم و زمان‌های انبارداری بر خصویات مورد اندازه‌گیری میوه خرمالو رقم کرج

Table 1: Analysis of variance for effect of different hot water treatments and storage periods on parameters measured of persimmon fruit cv. Karaj

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	کاهش وزن Weight loss	سفتی Firmness	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	مواد جامد محلول کل TSS	سرمازدگی Chilling	محتوای تانن محلول Soluble tannin content	محتوای فنل کل Total phenolic content	بازدارندگی دی پی پی اچ DPPH inhibition	محتوای مالون دی آلدئید MDA content	هدایت الکتریکی EC
تیمار Treatment (T)	8	41.97**	10.06**	0.03**	20.85**	581.99**	6388862**	0.09**	1047.92**	0.02**	1064.81**
دوره انباری Storage period (SP)	8	137.92**	36.68**	0.49**	34.41**	2730.79**	7119415**	0.02**	1198.94**	0.05**	3249.75**
تیمار×دوره انباری SP×T	64	2.27**	0.82**	0.005**	3.25**	28.70**	496338**	0.002**	160.16**	0.001**	126.62**
خطا Error	162	0.26	0.05	0.00	0.21	8.51	23854	0.05	5.28	0.00	4.21
ضریب تغییرات CV	-	12.30	3.41	5.37	2.74	22.29	2.99	4.83	4.46	13.89	5.87

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد

**: Significant at 1% level

جدول ۲: اثر تیمارهای مختلف آب گرم بر درصد سرمازدگی میوه خرمالو رقم کرج در طی ۱۲۰ روز انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

Table 2: Effect of different hot water treatments on chilling (%) of persimmon fruit cv. Karaj during 120 days of storage at 1ºC

دوره انباری Storage period (days) / تیمار Treatment	120+2	105+2	90+2	75+2	60+2	45+2	30+2	15+2	0
تیمار خشک Dry treatment	39.58^{ab}	33.33^{ab}	25.00^{a}	20.83^{ab}	16.66^{a}	12.50^{a}	8.33^{ab}	6.5^{a}	0
20°C-10min	39.85^{ab}	31.25^{ab}	25.00^{a}	20.83^{ab}	14.58^{ab}	12.50^{a}	8.33^{ab}	6.25^{a}	-
20°C-20min	45.83^{a}	37.50^{a}	29.16^{a}	22.91^{a}	16.66^{a}	12.50^{a}	10.41^{a}	6.25^{a}	-
45°C-10min	33.33^{bc}	27.08^{b}	18.75^{b}	16.66^{abc}	12.50^{abc}	10.41^{ab}	6.25^{abc}	4.16^{ab}	-
45°C-20min	29.16^{cd}	25.00^{b}	16.66^{bc}	14.58^{bcd}	10.41^{bcd}	8.33^{bc}	6.25^{abc}	4.16^{ab}	-
50°C-10min	27.08^{cde}	18.75^{c}	14.58^{bcd}	12.50^{cd}	10.41^{bcd}	6.25^{cd}	6.25^{abc}	2.08^{ab}	-
50°C-20min	25.00^{def}	16.66^{c}	12.50^{cd}	10.41^{cd}	8.33^{cd}	6.25^{cd}	4.16^{bc}	2.08^{ab}	-
55°C-10min	20.83^{ef}	16.66^{c}	12.50^{cd}	8.33^{d}	6.25^{d}	6.25^{cd}	2.08^{c}	0.00^{b}	-
55°C-20min	18.75^{f}	12.50^{d}	10.41^{d}	8.33^{d}	6.25^{d}	4.16^{d}	2.08^{c}	0.00^{b}	-

حروف غیرمشترک در هر ستون معرف تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد است، مقادیر، میانگین سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد انجام شده است

Different letters in the same column indicate significant differences among treatments at $P \leq 0.01$, Values are means of treatments (n=3) and means comparisons are done based on Duncan's test ($P \leq 0.01$)

سفتی میوه: سفتی بافت میوه‌ها به‌طورکلی با افزایش مدت زمان انبارداری روند کاهشی داشت. سفتی در میوه‌های شاهد (بدون تیمار) با سرعت بیشتری در مقایسه با میوه‌های تیمار شده با آب گرم کاهش یافت (شکل ۱). در میان تیمارها، آب گرم ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه مؤثرترین تیمار در به تأخیر انداختن نرم شدن بافت میوه بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تیمارهای حرارتی در حفظ سفتی بافت میوه خرمالو موفق عمل کردند، به‌طوری‌که میوه‌های شاهد قرار گرفته در شرایط قفسه‌ای (دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت دو روز، به سرعت سفتی خود را از دست دادند در صورتی‌که این پدیده برای میوه‌های تیمار شده با آب گرم مشاهده نشد (شکل ۱).

به نظر می‌رسد تیمارهای آب گرم با کاهش فعالیت آنزیم‌هایی چون پلی‌گالاکتروناز باعث حفظ سفتی بافت میوه می‌شوند (*چان*[1] و همکاران، 1981؛ *راکونگ*[2] و همکاران، 2010). *لوری*[3] (1998) پیشنهاد نموده است که دلیل کاهش نرم شدن میوه به کمک تیمارهای آب گرم به‌علت کاهش در هیدرولیز شدن پکتین‌های دیواره سلولی می‌باشد و این اثر به وسیله کاهش فعالیت و همچنین کاهش سطح مقدار آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی و یا کاهش در میزان تولید اتیلن در اثر کاهش در فعالیت آنزیم‌های دخیل در تولید اتیلن به‌وجود می‌آید.

اسید قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول میوه: میزان اسید قابل تیتراسیون در میوه‌های تیمار شده با آب گرم در همه دوره‌های اندازه‌گیری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت، اما میزان اسید قابل تیتراسیون در سه دوره آخر اندازه‌گیری (۴۵ روز آخر انبارداری) در همه تیمارها دارای تفاوت معنی‌دار با میوه‌های شاهد بود. البته میزان اسید قابل تیتراسیون با افزایش مدت زمان انبارداری در تمامی میوه‌ها روند کاهشی نشان داد (جدول ۴). *عالم‌زاده انصاری و فریدون*[4] (2007) و قاسمی و همکاران (۱۳۸۸) نیز اعلام کردند تیمار آب گرم باعث جلوگیری از کاهش اسید قابل تیتراسیون در مقایسه با شاهد شده است.

1. Chan
2. Rugkong
3. Lurie
4. Alemzadeh Ansari and Feridoon

جدول ۳: اثر تیمارهای مختلف آب گرم بر درصد کاهش وزن میوه خرمالو رقم کرج در طی ۱۲۰ روز انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

Table 3: Effect of different hot water treatments on weight loss (%) of persimmon fruit cv. Karaj during 120 days of storage at 1ºC

0	15+2	30+2	45+2	60+2	75+2	90+2	105+2	120+2	دوره انباری / Storage period (days) / تیمار Treatment
0	2.87^{ab}	3.90^{a}	4.68^{a}	5.42^{a}	6.33^{a}	7.29^{b}	8.23^{b}	9.80^{b}	تیمار خشک Dry treatment
-	2.65^{abc}	3.72^{ab}	4.63^{a}	5.58^{a}	6.55^{a}	7.87^{ab}	9.37^{a}	10.68^{ab}	20°C-10min
-	3.19^{a}	3.89^{a}	4.32^{ab}	5.53^{a}	6.65^{a}	8.29^{a}	9.68^{a}	11.31^{a}	20°C-20min
-	2.44^{abc}	2.93^{bc}	3.33^{bcd}	3.87^{b}	4.52^{bc}	5.43^{c}	6.63^{c}	7.58^{c}	45°C-10min
-	2.19^{bcde}	2.96^{bc}	3.48^{bc}	4.16^{b}	5.14^{b}	5.62^{c}	5.8^{cd}	6.37^{d}	45°C-20min
-	2.33^{abcd}	2.87^{bc}	3.33^{bcd}	3.92^{b}	4.68^{bc}	5.17^{cd}	5.67^{cd}	6.17^{de}	50°C-10min
-	1.87^{cde}	2.60^{cd}	3.06^{cd}	3.65^{bc}	4.07^{cd}	4.50^{de}	4.83^{de}	5.20^{ef}	50°C-20min
-	1.43^{de}	1.86^{d}	2.57^{cd}	3.11^{bc}	3.56^{de}	3.81^{ef}	4.10^{ef}	4.55^{fg}	55°C-10min
-	1.35^{e}	1.69^{d}	2.68^{d}	2.96^{c}	3.05^{e}	3.34^{f}	3.59^{f}	3.96^{g}	55°C-20min

حروف غیرمشترک در هر ستون معرف تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد است، مقادیر، میانگین سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد انجام شده است

Different letters in the same column indicate significant differences among treatments at $P \leq 0.01$, Values are means of treatments (n=3) and means comparisons are done based on Duncan's test ($P \leq 0.01$)

جدول ۴: اثر تیمارهای مختلف آب گرم بر اسید قابل تیتراسیون (درصد اسید مالیک) خرمالو رقم کرج طی ۱۲۰ روز انبارداری در دمای ۱درجه سانتی‌گراد

Table 4: Effect of different hot water treatments on titratable acidity (percent of malic acid) of persimmon fruit cv. Karaj during 120 days of storage at 1ºC

0	15+2	30+2	45+2	60+2	75+2	90+2	105+2	120+2	دوره انباری / Storage period (days) / تیمار Treatment
0.66	0.64^{a}	0.55^{a}	0.51^{a}	0.45^{a}	0.43^{a}	0.24^{b}	0.19^{b}	0.16^{b}	تیمار خشک Dry treatment
-	0.64^{a}	0.55^{a}	0.51^{a}	0.45^{a}	0.43^{a}	0.24^{b}	0.19^{b}	0.16^{b}	20°C-10min
-	0.66^{a}	0.57^{a}	0.51^{a}	0.44^{a}	0.43^{a}	0.26^{b}	0.19^{b}	0.15^{b}	20°C-20min
-	0.63^{a}	0.55^{a}	0.52^{a}	0.49^{a}	0.44^{a}	0.38^{a}	0.36^{a}	0.33^{a}	45°C-10min
-	0.64^{a}	0.56^{a}	0.52^{a}	0.47^{a}	0.46^{a}	0.38^{a}	0.38^{a}	0.35^{a}	45°C-20min
-	0.66^{a}	0.55^{a}	0.52^{a}	0.48^{a}	0.47^{a}	0.39^{a}	0.39^{a}	0.35^{a}	50°C-10min
-	0.65^{a}	0.56^{a}	0.52^{a}	0.49^{a}	0.47^{a}	0.39^{a}	0.39^{a}	0.36^{a}	50°C-20min
-	0.66^{a}	0.58^{a}	0.52^{a}	0.50^{a}	0.48^{a}	0.40^{a}	0.41^{a}	0.36^{a}	55°C-10min
-	0.67^{a}	0.58	0.54^{a}	0.49^{a}	0.48^{a}	0.41^{a}	0.41^{a}	0.35^{a}	55°C-20min

حروف غیرمشترک در هر ستون معرف تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد است، مقادیر، میانگین سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد انجام شده است

Different letters in the same column indicate significant differences among treatments at $P \leq 0.01$, Values are means of treatments (n=3) and means comparisons are done based on Duncan's test ($P \leq 0.01$)

ارتباط مستقیمی بین افزایش تنفس و کاهش اسیدهای قابل تیتراسیون وجود دارد (*لوری* و *کلین*[1]، 1990). با افزایش سن میوه و شروع پدیده پیری، اسیدها از طریق تنفس در چرخه کربس مصرف می‌شوند، در نتیجه نگهداری طولانی‌مدت میوه‌ها با کاهش میزان اسید قابل تیتراسیون آن‌ها همراه می‌گردد. بنابراین تیماری که میزان اسید بیشتری را در میوه

1. Lurie and Klein

حفظ می‌نماید پیری را به تعویق می‌اندازد و در نتیجه عمر انباری را افزایش می‌دهد (*لی*[1] و همکاران، 2000).

میزان مواد جامد محلول در اواخر دوره انبارداری در تیمار آب گرم با دمای ۵۵°C به‌مدت ۲۰ دقیقه به‌طور معنی‌داری از سایر تیمارها کمتر بود و بعد از آن تیمار آب گرم ۵۵°C به‌مدت ۱۰ دقیقه و تیمارهای آب گرم با دمای ۵۰°C به‌مدت زمان‌های ۱۰ و ۲۰ دقیقه بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، دارای کمترین مقدار مواد جامد محلول بودند. تیمارهای شاهد و خشک (بدون اعمال تیمار) با تفاوت معنی‌داری بیشترین مقدار مواد جامد محلول را داشتند (جدول ۵).

علت افزایش مواد جامد محلول در خرمالوهای شاهد احتمالاً به‌دلیل از دست دادن آب بیشتر توسط این میوه‌ها است. همچنین افزایش مواد جامد محلول طی دوره انبارداری در تمامی میوه‌های مورد آزمایش نیز به همین علت می‌باشد. به نظر می‌رسد که میزان مواد جامد محلول کمتر در خرمالوهای تیمار شده با آب گرم احتمالاً به‌دلیل نرخ کندتر تبدیل نشاسته به قند در این میوه‌ها باشد.

پراکسیداسیون چربی: غلظت مالون دی‌آلدئید (MDA) در طول مدت انبارداری در نوسان بود (شکل ۲). میزان MDA در شاهد به‌تدریج با افزایش زمان انبارداری افزایش یافت؛ اما در برخی از دوره‌های اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد. به هرحال، غلظت مالون دی‌آلدئید در میوه‌های تیمار شده با آب گرم در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده کمتر بود و کمترین آن در تیمارآب گرم ۵۵°C مشاهده گردید. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آب گرم ۵۵°C به‌مدت ۱۰ دقیقه و ۵۰°C به‌مدت ۲۰ دقیقه مشاهده نشد (شکل ۲).

در نتیجه کاهش مقادیر مالون دی‌لدئید، میزان پراکسیداسیون لیپید و آسیب به غشاء کمتر می‌شود (مو[2] و همکاران، 2008). بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت تیمار آب گرم با کم کردن میزان پراکسیداسیون چربی‌های غشاء باعث حفظ تمامیت آن می‌گردد و از تخریب بافت‌ها در اثر سرمازدگی جلوگیری کرده و یا مقدار آن را کاهش می‌دهد.

نشت الکترولیت: میزان نشت الکترولیت‌ها در میوه‌های شاهد به‌خصوص میوه‌هایی که ۲۰ دقیقه در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شده بودند از ماه اول انبارداری با تفاوت معنی‌داری نسبت به میوه‌های تیمار شده با آب گرم بیشتر بود (شکل ۳). علت این امر را می‌توان سرمازدگی بافت این میوه‌ها در اثر دمای پایین انبار معرفی کرد. صدمه به غشاء و در نتیجه افزایش تدریجی نشت الکترولیت‌ها طی انبارداری در دمای پایین در بسیاری از میوه‌ها ازجمله انار (میردهقان و راحمی، ۱۳۸۹) و گریپ فروت (*مک‌کالوم* و *مک دانولد*، 1991) گزارش شده است. کمترین میزان نشت الکترولیت مربوط به تیمار آب گرم ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه بود و پس از آن کمترین نشت در تیمار آب گرم با همین دما به‌مدت ۱۰ دقیقه مشاهده گردید (شکل ۳). نشت کمتر الکترولیت‌ها توسط خرمالوهای تیمار شده نتیجه می‌دهد که استفاده از آب گرم می‌تواند برای کاهش آثار سرمازدگی برای خرمالو تیمار مناسب و مؤثری باشد.

نشت الکترولیت‌ها جهت ارزیابی صدمات وارد شده به غشاء سلولی به‌عنوان فاکتوری برای بررسی میزان خسارات سرمازدگی استفاده می‌گردد (*مک‌کالوم* و *مک دانولد*، 1991). انتظار می‌رود میزان نشت الکترولیت‌ها بسته به سلامت بافت میوه که در اواخر دوره رسیدن یا زمانی‌که میوه در شرایط تنش (مانند قرار گرفتن در معرض دماهای پایین) قرار می‌گیرد، افزایش یابد (*ویسنت*[3] و همکاران، 2006).

مواد فنلی کل: در این مطالعه، خرمالوهای تیمار شده با آب گرم ۵۵ درجه سانتی‌گراد در هر دو مدت زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، دارای بالاترین سطح میزان کل مواد فنلی بودند. میزان کل مواد فنلی در تمامی میوه‌های تیمار شده با آب گرم طی ماه اول انبارداری دارای تفاوت معنی‌داری با میوه های شاهد و خشک نبود، اما در دو ماه دوم انبارداری تفاوت تیمارها در مقدار کل مواد فنلی مشهود شد. البته با افزایش مدت انبارداری به‌تدریج میزان کل مواد فنلی در همه میوه‌ها کاهش یافت (شکل ۴).

آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PLA) یکی از آنزیم‌های اصلی در سنتز ترکیبات فنلی است و فعالیت آن می‌تواند به‌طور مستقیم بر مقدار مواد فنلی تاثیرگذار باشد (*لموئین*[4] و همکاران، 2007). بنابراین، کاهش در ترکیبات فنلی طی انبارداری در خرمالوهای تیمار شده با آب گرم نسبت به میوه‌های تیمار نشده می‌تواند بیانگر نقش این تیمار در بازدارندگی و یا کاهش فعالیت PLA باشد.

1. Lee
2. Mo
3. Vicente
4. Lemoine

جدول ۵: اثر تیمارهای مختلف آب گرم بر میزان مواد جامد محلول (درجه بریکس) خرمالو رقم کرج طی ۱۲۰ روز انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

Table 5: Effect of different hot water treatments on total soluble solid content (°Brix) of persimmon fruit cv. Karaj during 120 days of storage at 1ºC

دوره انباری / Storage period (days) / تیمار Treatment	0	15+2	30+2	45+2	60+2	75+2	90+2	105+2	120+2
تیمار خشک Dry treatment	15.8	15.6^{a}	15.6^{a}	15.8^{a}	16.4^{bc}	17.6^{b}	18.2^{a}	19.2^{c}	20.5^{b}
20°C-10min	-	15.6^{a}	15.6^{a}	15.8^{a}	16.4^{bc}	17.4^{b}	18.9^{a}	19.9^{bc}	21.7^{a}
20°C-20min	-	15.8^{a}	15.8^{a}	15.8^{a}	16.8^{ab}	18.4^{a}	18.6^{a}	20.4^{ab}	22.0^{a}
45°C-10min	-	15.8^{a}	15.8^{a}	16.3^{a}	17.2^{a}	18.6^{a}	19.3^{a}	21.0^{a}	22.2^{a}
45°C-20min	-	15.5^{a}	15.8^{a}	15.9^{a}	15.9^{c}	16.4^{c}	16.6^{b}	17.2^{d}	17.2^{c}
50°C-10min	-	15.5^{a}	15.6^{a}	15.8^{a}	16.2^{bc}	16.2^{c}	16.3^{b}	16.0^{e}	16.3^{d}
50°C-20min	-	15.4^{a}	16.0^{a}	16.2^{a}	15.9^{c}	16.2^{c}	16.3^{b}	16.0^{e}	16.4^{d}
55°C-10min	-	15.4^{a}	15.6^{a}	15.9^{a}	15.7^{c}	16.0^{c}	16.0^{b}	16.0^{e}	16.2^{d}
55°C-20min	-	15.5^{a}	15.2	15.8^{a}	15.9^{c}	16.0^{c}	15.9^{b}	15.8^{e}	16.2^{d}

حروف غیرمشترک در هر ستون معرف تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد است، مقادیر، میانگین سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد انجام شده است

Different letters in the same column indicate significant differences among treatments at $P \leq 0.01$, Values are means of treatments (n=3) and means comparisons are done based on Duncan's test ($P \leq 0.01$)

جدول ۶: اثر تیمارهای مختلف آب گرم بر میزان تانن محلول (گرم اسید تانیک/۱۰۰ گرم وزن تر) خرمالو رقم کرج طی ۱۲۰ روز انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

Table 6: Effect of different hot water treatments on soluble tannin content (g tannic acid /100 g fresh weight) of persimmon fruit cv. Karaj during 120 days of storage at 1ºC

دوره انباری / Storage period (days) / تیمار Treatment	0	15+2	30+2	45+2	60+2	75+2	90+2	105+2	120+2
تیمار خشک Dry treatment	6809	6654^{bc}	6410^{c}	5665^{bc}	5080^{f}	4304^{d}	3555^{d}	2216^{d}	1713^{c}
20°C-10min	-	6592^{c}	6336^{c}	5080^{bc}	5140^{e}	4216^{d}	3575^{d}	2136^{d}	1732^{c}
20°C-20min	-	6666^{bc}	6430^{c}	5488^{c}	5096^{f}	4163^{d}	3548^{d}	2112^{d}	1705^{c}
45°C-10min	-	6886^{ab}	6510^{c}	5848^{b}	5680^{b}	4788^{c}	4064^{c}	3086^{c}	1892^{c}
45°C-20min	-	6882^{ab}	6604^{b}	8868^{b}	5580^{bc}	4828^{bc}	4204^{bc}	3132^{c}	1864^{c}
50°C-10min	-	6911^{ab}	6709^{ab}	5760^{bc}	5553^{bcd}	4919^{bc}	4306^{bc}	4306^{bc}	2188^{b}
50°C-20min	-	6902^{ab}	6786^{ab}	5765^{bc}	5380^{cde}	4981^{bc}	4413^{bc}	4413^{bc}	2226^{b}
55°C-10min	-	6936^{ab}	6884^{a}	16042^{b}	5358de	5010^{b}	4532^{b}	4075^{b}	2346^{b}
55°C-20min	-	6961^{a}	6873^{a}	6771^{a}	6719^{c}	6374^{a}	6119^{a}	5486^{a}	4516^{a}

حروف غیرمشترک در هر ستون معرف تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد است، مقادیر، میانگین سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد انجام شده است

Different letters in the same column indicate significant differences among treatments at $P \leq 0.01$, Values are means of treatments (n=3) and means comparisons are done based on Duncan's test ($P \leq 0.01$)

تانن محلول: در دو دوره اول اندازه‌گیری (ماه اول انبارداری) تفاوت معنی‌داری بین میوه‌ها در میزان تانن محلول وجود نداشت، اما با افزایش طول دوره انبارداری مقدار آن در میوه‌های شاهد کاهش یافت و به کمترین مقدار در مقایسه با میوه‌های تیمار شده با آب گرم رسید. در پایان دوره انبارداری میوه‌های تیمار شده با آب گرم با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۲۰ دقیقه بالاترین مقدار تانن محلول را نشان دادند که دارای تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها بودند. بعد از آن

خرمالوهای تیمار شده با آب گرم در همین دما به‌مدت ۱۰ دقیقه دارای بالاترین میزان تانن محلول بودند که البته با میوه‌های تیمار شده با آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت‌های ۱۰ و ۲۰ دقیقه تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۶).

مزه گسی خرمالو به علت وجود تانن‌های محلول در آن است که در سلول‌های بزرگی به نام سلول‌های تانینی[1] جمع می‌شوند. هنگام خوردن میوه این سلول‌ها شکسته می‌شوند و تانن‌های محلول آزاد شده و با تأثیر بر پروتئین‌های سطح دهان، ایجاد طعم گسی می‌نمایند (*ماتسو و ایتو*[2]، 1978 به نقل از *تستونی*[3]، 2002). طی رسیدن میوه تانن‌های محلول لخته شده و به تانن نامحلول تبدیل می‌گردند که باعث می‌شود کمتر احساس شوند. براساس تحقیقات مشخص شده است که تانن‌ها نقش حفاظتی در مقابل رادیکال‌های آزاد دارند (*تستونی*، 2002). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه تیمارهای آب گرم می‌توانند با کندتر کردن پدیده رسیدن میوه خرمالو باعث حفظ بیشتر مقدار تانن در میوه‌های تیمار شده شوند.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: همان‌طورکه در شکل ۳ نشان داده شده است، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از سنجش مهار رادیکال‌های DPPH در تمامی میوه‌های تیمار شده با آب گرم به طور معنی‌داری ($p>۰/۰۱$) در مقایسه با میوه‌های شاهد و خشک بالاتر بود. به‌طورکلی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی خرمالوها در طی انبارداری کاهش یافت. تیمار ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه دارای بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بود که البته در برخی از دوره‌های اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۵°C به‌مدت ۱۰ دقیقه و تیمار ۵۰°C به‌مدت ۲۰ دقیقه نداشت (شکل ۵).

این که ترکیبات فنلی خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند (*جانگ*[4] و همکاران، 2011) و مهار رادیکال‌های DPPH ارتباط مستقیمی با غلظت کل مواد فنلی موجود در میوه دارد به خوبی شناخته شده است (*کوندو*[5] و همکاران، 2005). از آن‌جایی‌که مواد فنلی در میوه خرمالو به وفور یافت می‌شوند، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هم از مقدار کل مواد فنلی تبعیت می‌کند. لذا ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمارهایی که میزان فنل بیشتری را طی انبارداری حفظ کردند بیشتر بود. کاهش تدریجی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها طی انبارمانی به‌دلیل کاهش میزان ترکیبات فنلی در آن‌ها است (*فریرا*[6] و همکاران، 2007).

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز: در پایان دوره انبارداری فعالیت آنزیم کاتالاز در همه تیمارهای آب گرم در مقایسه با خرمالوهای شاهد و خشک افزایش نشان داد و تفاوت محسوسی بین میوه‌های تیمار نشده و تیمار شده با آب گرم وجود داشت. اگر چه میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمارهای آب گرم با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۶).

فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای آب گرم در مقایسه با شاهد کاهش یافت. کمترین میزان فعالیت پراکسیداز در تیمار ۵۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت بیست دقیقه به‌دست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار همین دما به‌مدت ده دقیقه و تیمار ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه نداشت (شکل ۷).

خادمی و همکاران (2013) نیز در خرمالو رقم رُجُ برلینت پس از اعمال تیمار آب گرم افزایش در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و کاهش در سطح آنزیم پراکسیداز را گزارش نمودند. افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در خرمالوهای تیمار شده با آب گرم احتمالاً به‌دلیل کاهش پراکسیداسیون لیپید و کاهش خسارات به غشاء سلولی می‌باشد که خود ممکن است حاصل تأثیر تیمار آب گرم در به تأخیر انداختن زمان رسیدن میوه باشد (*فالیک*، 2004).

میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در نتیجه استفاده از تیمارهای آب گرم کاهش می‌یابد. در نتیجه متابولیزه شدن H_2O_2 توسط پراکسیداز، دهنده‌های هیدروژن به‌طور همزمان اکسید می‌شوند. دامنه وسیعی از هیدروژن‌دهنده‌ها از جمله پلی‌فنل‌ها به‌وسیله پراکسیداز اکسید می‌گردند، و بنابراین آنزیم پراکسیداز در قهوه‌ای شدن بافت میوه نقش دارد (*ریچارد-فورگت* و *گویالارد*[7]، 1997). میوه خرمالو دارای مقدار زیادی پلی‌فنل می‌باشد که در اثر فعالیت آنزیم پراکسیداز اکسید می‌شوند. بنابراین جلوگیری و یا کاهش قهوه‌ای شدن بافت میوه در اثر کاربرد تیمار آب گرم مربوط به افزایش سطح آنزیم کاتالاز و همچنین کاهش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این مطالعه تیمار آب گرم اثر مهمی در کاهش علائم سرمازدگی و رفتار پس‌از برداشت میوه خرمالو داشت. بدین لحاظ استفاده از آب گرم به‌عنوان یک روش مفید و

1. Tannin cells
2. Matsuo and Itoo
3. Testoni
4. Jung
5. Kondo
6. Ferreyra
7. Richard-Forget and Guiallard

مقرون به‌صرفه جهت کاهش اثرات سوء انبارهای سرد برای نگهداری خرمالو قابل توصیه می‌باشد. اگرچه تیمار ۵۵ درجه سانتی‌گراد آب گرم به‌مدت ۲۰ دقیقه از جهات مختلفی چون سفتی بافت، کاهش علائم سرمازدگی، میزان مواد فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه بالاترین نتایج را ارائه داد، اما اعمال این تیمار باعث تغییر بافت و ایجاد حالت نامطلوب در گوشت میوه گردید. بنابراین مناسب‌ترین تیمارها برای کاهش علائم سرمازدگی در خرمالو رقم کرج تیمار آب گرم ۵۰ درجه به‌مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه و ۴۵ درجه به‌مدت ۲۰ دقیقه معرفی می‌گردد.

منابع

راحمی، م. ۱۳۷۳. فیزیولوژی پس از برداشت، مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه و سبزی‌ها (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۲۵۹ صفحه

قاسمی، ک.، قاسمی، ی. و صادقی، ح. ۱۳۸۸. اثر تیمار آب گرم، اکریلیک مایع، پوشش پلی اتیلنی و کلرید کلسیم بر عمر انباری میوه نارنگی پیج (*Citrus reticulata* cv. Page). فنآوری تولیدات گیاهی، ۹ (۱): ۳۳-۴۳.

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

Abu-Kpawoh, JC., Xi, YF., Zhang, YZ. and Jin, YF. 2002. Polyamine accumulation following hot-water dips influences chilling injury and decay in Friar plum fruit. Journal of Food Science, 67: 2649-2653.

Alemzadeh Ansari, N. and Feridoon, H. 2007. Postharvest application of hot water, fungicide and waxing on the shelf life of Valencia and local oranges of siavarz. Asian Journal of Plant Science, 6 (2): 314-319.

Besada, C., Salvador, A., Arnal, L. and Martı´nez-Ja´vega, M. 2008. Hot Water treatment for chilling cnjury reduction of astringent Rojo Brillante persimmon at different maturity stages. HortScience, 43 (7): 2120-2123.

Çandır, EE., Temizyürek, F. and Özdemir, AE. 2008. The effects of hot water dip treatments on the cold storage of Big Top nectarines. Journal of Applied Botany and Food Quality, 82: 136-140.

Chan, H.T., Tam, S.Y.T. and Seo, S.T. 1981. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. Journal of Food Science, 46: 190-197.

Cowley, J. M., Chadfield, K. D. and Baker, R. T. 1992. Evaluation of dry heat as a postharvest disinfestation treatment for persimmons. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 20: 209-215.

Covey, H. M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insectpests of fruits. HortScience, 24 (2): 198-202.

Dahindsa, R.S. and Motowe, W. 1981. Drought tolerance in two mosses: correlation with enzymatic defense against lipid peroxidation. Journal of Experimental Botany, 32: 79-91.

Fallik, E. 2004. Pre-storage hot water treatments (immersion, rinsing and bruising). Postharvest Biology and Technology, 32: 125-134.

Ferreyra, M. R., Vina, S. Z., Mugridge, A. and Chavea, A. R. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar selva. Scientia Horticulturae, 112: 27-32.

Food and Agriculture Organization (FAO), 2014. http://www.fao.org.

Hodges, D. M., DeLong, J. M., Forney, C. F. and Prange, R. P., 1999. Improving the thiobarbituric acid reactive-substance assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. Planta, 207: 604-611.

Jung, E. J., Bea, M. S., Jo, E. K., Jo, Y. H. and Lee, S. C. (2011). Antioxidant activity of different parts of eggplant. Journal of Medicinal Plants Research, 5: 4610-4615.

Khademi, O., Salvador, A., Zamani, Z. and Besada, C. 2013. Effects of hot water treatments on antioxidant enzymatic system in reducing flesh browning of persimmon. Food Bioprocess Technology, 6: 3038-3046.

Kondo, S., Kittikorn, M. and Kanlayanarat, S. 2005. Postharvest antioxidant activities of tropical fruit and the effect of low temperature storage on antioxidants and jasmonates. Postharvest Biology and Technology, 36: 309-318.

Lemoine, M. L., Civello, P. M., Martinez, G. A. and Chaves, A. R. 2007. Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (*Brassica oleraacea* var. Italica). Journal of Science of Food and Agriculture, 87: 1132-1139.

Leong, LP. and Shui G. 2001. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. Food Chemistry. 76: 69-75.

Lingle, S. E., Lester, G. E. and Dunlap, J. R. 1987. Effect of postharvest heat treatment and storage on sugar metabolism in polyethylene wrapped muskmelon fruit. HortScience, 22 (5): 917-919.

Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. Postharvest Biology and Technology, 14: 257-269.

Lurie, S. and Klein, J. D. 1990. Heat treatment of ripening apples: differential effects on physiology and biochemistry. Journal of Plant Physiology, 78: 181-186.

McCollum, T.G. and McDonald, R. E. 1991. Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. HortScience, 26: 1191-1192.

McCollum, T. G. and McDonald, R. E. 1993. Tolerance of cucumber fruit to immersion in heated water and subsequent effects on chilling tolerance. Acta Horticulture, 343: 233-237.

McDonald, R. E., McCollum, T. G. and Baldwin, E. A. 1999. Temperature of hot water treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. Postharvest Biology and Technology, 16: 147-155.

Mo, Y. W., Gong, D. Q., Liang, G. B., Han, R. H., Xie, J. H. and Li, W. C. 2008. Enhanced preservation effects of suger apple fruit by salisylic acid treatment during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88 (15): 2693-2699.

Özdemir, A. E., Çandır, E. E., Toplu, C., Kaplankıran, M., Yıldız, M. and Inan, C. 2009. The effects of hot water treatments on chilling injury and cold storage of Fuyu persimmons. African Journal of Agricultural Research, 4 (10): 1058-1063.

Paull, R. E. and Chen, N. J. 2000. Heat treatment and fruit ripening. Postharvest Biology and Technology, (21): 21-23.

Plewa, M. J., Smith, S. R. and Wanger, E. D. 1991. Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. Mutant Research, 247: 57-64.

Porat, R., Pavoncello, D., Peretz, Y., Weiss, B., Cohen, L., Ben-Yehoshua, S., Fallik, E., Droby, S. and Lurie, S. 2000. Induction of resistance against *Penicillium digitatum* and chilling injury in Star Ruby grapefruit by ashort hot water brushing treatment. The Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 75: 428-432.

Ramin, A. A. and Tabatabaie, F. 2003. Effect of various maturity stages at harvest on storability of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.). Journal of Agricultural Science and Technology, 5: 113-123.

Richard-Forget, F. C. and Guiallard, F. A. 1997. Oxidation of chlorogenic acid, catechins, and 4-methylcatechol in model solutions by combinations of pear (*Pyrus communis* cv. Williams) polyphenol oxidase and peroxidase. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 45: 2472-2476.

Rugkong, A., Rose, J. K. C., Lee, S. J., Giovannoni, J. J., O' Neill, M. A. and Watkins, C. B. 2010. Cell wall metabolism in cold-stored tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 57: 106-113.

Sabehat, A., Weiss, D. and Lurie, S. 1998. Heat shock proteins and cross tolerance in plants. Physiology Plant, 103: 437-441.

Slinkard, K. and Singleton, V. L. 1977. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. American Journal of Enoalogy and Viticulture, 28: 49-55.

Taira, S., Ono, M. and Matsumot, N. 1997. Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins. Postharvest Biology and Technology, 12: 265-271.

Testoni, A. 2002. Post-harvest and processing of persimmon fruit. In: Bellini, E (ed.), Giordani, E. (ed.). First Mediterranean symposium on persimmon. Zaragoza: CIHEMA. P: 53-70.

Vicente, A. R., Martinez, G. A., Chaves, A. R. and Civello, P. M. 2006. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. Postharvest Biology and Technology, 40: 116-122.

Woolf, A. B., Ball, S., Spooner, K. J., Lay-Yee, M., Ferguson, I. B., Watkins, C. B., Gunson, A. and Forbes, S. K. 1997. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon Fuyu during storage by dry air heat treatments. Postharvest Biology and Technology, 11: 155-164.

Effect of Hot Water Treatment on Inducing Chilling Tolerance in Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) Fruit cv. Karaj

Bagheri[1], M., Esna-Ashari[2], M. and Ershadi[3], A.

Abstract

The aim of this study was to determine the effects of hot water dips on chilling injury of karaj persimmons. Fruits were subjected to hot water dips at 20, 45, 50 or 55°C for 10 or 20 min. Treated and untreated fruits were then kept at 1°C and 85 - 90% relative humidity for 4 months. Fruit weight loss, firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), total phenolic content (TPC), soluble tannin content, chilling injury, antioxidant activity, electrolyte leakage (EL) and Malondialdehyde (MDA) content were measured 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 days after storage. Peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities were also determined at the end of storage. Hot water treatments had significant effects on firmness, TSS, TPC, soluble tannin content, chilling injury, EL and MDA content. Although the best results obtained in fruits that treated by 55°C for 20 min but this treatment had unpleasant effect on appearance and taste of fruits. So 50°C for 10 or 20 min and 55°C for 10 min were recognized the best treatment for maintaining fruit quality and reduce chilling injuries in Karaj persimmons.

Key words: Storage life, Tissue firmness, Antioxidant activity, Malondialdehyde, Electrolyte leakage

1, 2 and 3. Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

*: Corresponding author Email: m.esnaashari@basu.ac.ir