



بررسی کارآیی پیش تیمار آب گرم بر قابلیت انبارمانی میوه انار در دمای سرد با استفاده از شاخص‌های وقوع آسیب اکسیداتیو و تغییر در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

لیلا تقی‌پور^{۱،۲*}، مجید راحمی^۱، پدram عصار^۲

^{۱*} گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

^۲ گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، صندوق پستی: ۷۴۱۳۵-۱۱۱، جهرم، ایران

*نویسنده مسئول: Leilataghipour@jahromu.ac.ir ، L_taghipoor@yahoo.com

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرات و مکانیزم‌های پیش تیمار آب گرم بر حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار رقم 'رباب نی‌ریز' در شرایط انبارداری سرد بود. غوطه‌وری در آب ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه به عنوان پیش تیمار گرمایی و غوطه‌وری در آب مقطر ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری در دمای ۲ ± ۰/۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۹۰ درصد، در صد کاهش وزن و شاخص صدمه سرمازدگی ارزیابی شد. افزون بر این، محتوای مالون‌دی‌آلدهاید و شدت فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، گایاکول پراکسیداز (GPX) و آسکوربات پراکسیداز (APX) هم در ابتدا (روز اعمال پیش تیمار) و هم در زمان‌های مذکور در طول دوره انبارداری اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد پس از ۳۰ روز انبارداری سرد، تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد وجود نداشت. اما با تمدید مدت انبارداری و تا انتهای آن، میوه‌های تیمار شده به صورت معنی‌داری درصد کاهش وزن، شاخص صدمه سرمازدگی و محتوای مالون‌دی‌آلدهاید کم‌تر، و سطح فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی آنزیمی بیش‌تری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند. تیمار میوه‌ها از طریق حفظ بهتر سطح فعالیت آنزیم‌های آن‌تی‌اکسیدانی و در نتیجه کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدهاید پوست میوه‌ها، سبب حفظ یکپارچگی و ساختار غشاء‌های سلولی بافت پوست و کاهش صدمه سرمازدگی و میزان آب از دست‌دهی میوه‌های انباری انار شد. افزون بر این، مشخص شد آنزیم GPX نقشی در فرآیند قهوه‌ای شدن بافت میوه انار در دمای سرد نداشت.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آن‌تی‌اکسیدان، رباب نی‌ریز، صدمه سرمازدگی، کاهش وزن، مالون دی‌آلدهاید.

مقدمه

انار رقم 'رباب نی‌ریز' یکی از انواع مهم صادراتی ایران با میوه‌هایی دیررس، با اندازه متوسط تا بزرگ و دارای پوست ضخیم و آریل قرمز رنگ است. طراحی و اجرای تحقیقات بنیادین جهت افزایش عمر انباری این محصول در کنار حفظ ویژگی‌های ارزشمند کیفی آن ضروری می‌باشد. میوه انار به شدت به سرمازدگی حساس است و در صورتی که بیش از یک ماه در دمای بین نقطه انجماد (۳- °C) و ۵ °C و یا بیش از ۲ ماه در دمای ۵ °C قرار بگیرد، به محض انتقال به دمای ۲۰ °C نرخ تنفس و تولید اتیلن آن افزایش یافته و علائم صدمه سرمازدگی ظاهر می‌شوند (Kader, 2006). امروزه استفاده تجاری از فناوری پس از برداشت، به منظور جلوگیری یا کاهش صدمات سرمازدگی در محصولات حساس، مورد اقبال و توجه فراوان قرار دارد. تلاش بر این است تا وقوع آسیب سرمازدگی و ظهور نشانه‌های آن را در طی انبار سرد به‌وسیله روش‌هایی مانند تیمارهای گرمایی قبل یا در طی انبار (Mirdehghan et al., 2006, 2007)، کاهش دهند. نقش مثبت تیمارهای گرمایی به‌عنوان فناوری‌های دوستدار طبیعت، از طریق تشدید یکپارچگی غشاء به وسیله افزایش نسبت اسیدهای چرب غیرا شباع به اشباع، تشدید بیان ژن‌های HSP^۱ و تجمع پروتئین‌های شوک گرمایی، افزایش فعالیت سیستم‌های آن‌تی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی و نیز افزایش بیان مسیر آرژنین و در نتیجه

^۱- Heat Shock Protein



تجمع مولکول‌های پیام‌رسان^۲ موثر در افزایش مقاومت به صدمات سرمازدگی (مانند پلی‌آمین‌ها، نیتریک‌اسید و پرولین) می‌باشد و به همین دلیل کاربرد این گونه تیمارها بسیار مورد توجه است. درک عمیق مکانیسم‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی اثرگذاری تیمارهای گرمایی به ما این اجازه را می‌دهد که استراتژی دقیقی برای استفاده از آن‌ها در کنترل صدمه سرمازدگی محصولات باغبانی داشته باشیم (Aghdam and Bodbodak, 2014). بنابراین هدف این پژوهش بررسی اثرات پیش تیمار آب گرم بر تغییرات فعالیت‌های آنزیمی پوست میوه انار رقم 'رباب نی‌ریز' طی نگهداری در انبار سرد بود.

مواد و روش‌ها

میوه‌های انار رقم 'رباب نی‌ریز' (*Punica granatum L. cv. Rabab-e-Neyriz*) در مرحله بلوغ تجاری از یک باغ تجاری واقع در شهرستان نی‌ریز استان فارس دست‌چین و بلافاصله به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشگاه شیراز منتقل شدند. طرح آماری در نظر گرفته شده، فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتورهای آزمایشی شامل اعمال پیش تیمار آب گرم (در ۲ سطح: تیمار آب گرم و شاهد) و زمان نمونه‌گیری (برای ارزیابی شاخص صدمه سرمازدگی پوست میوه‌ها در ۳ سطح: پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری سرد؛ و برای ارزیابی مابقی صفات در ۴ سطح: روز صفر و پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری سرد) بودند. غوطه‌وری در آب ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه به عنوان پیش تیمار گرمایی و غوطه‌وری در آب مقطر ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. تعداد ۳۲۰ میوه به‌طور تصادفی انتخاب و به ۲ گروه اصلی ۱۶۰ عددی (هر گروه اصلی شامل ۴ گروه کوچک‌تر و هر گروه کوچک متشکل از ۴ تکرار و ۱۰ عدد میوه در هر تکرار) به‌منظور انجام تیمارها تقسیم شدند. برای پیش تیمار گرمایی از حمام آب گرم (Model: YCM-04M) که کنترل دقیق دما توسط آن امکان‌پذیر است استفاده شد. پس از اعمال پیش تیمار و قبل از شروع دوره انبارداری (روز صفر آزمایش)، میوه‌ها در درون 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 ۵/۰ ± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۹۰ درصد 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 ۲ گروه از میوه‌ها (یک گروه از میوه‌های شاهد و یک گروه از میوه‌های تیمار شده با آب گرم) از سردخانه خارج شدند. صفات مورد بررسی عبارت از درصد کاهش وزن، صدمه سرمازدگی، محتوای مالون دی‌آلدهاید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپراکسید دسموتاز، کاتالاز، گواپاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در پوست میوه‌ها بودند. میوه‌ها قبل از ورود و پس از خروج از انبار توزین شدند و با استفاده از رابطه مقابل درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه شد:

$$\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه} \\ \text{وزن اولیه} \times 100 = \text{درصد کاهش}$$

میوه‌ها پس از خروج از سردخانه، به‌منظور ظهور علائم سرمازدگی مانند آب از دست دهی یا قهوه‌ای شدن و فرورفتگی پوست، به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند. سپس هرکدام از میوه‌های هر تکرار از لحاظ علائم مربوطه مورد ارزیابی قرار گرفتند. میوه‌ها با توجه به درصد آسیب‌دیدگی سطح پوست خود درجه‌بندی شدند و در نهایت شاخص صدمه سرمازدگی^۳ (CI) با استفاده از فرمول زیر برای هر تکرار محاسبه شد (Sayyari et al., 2009):

$$CI = \frac{\sum (\text{تعداد میوه مربوط به آن} \times \text{درجه سرمازدگی})}{\text{تعداد کل میوه‌ها} \times 4}$$

^۲- Signal

^۳- Chilling injury

میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی در بافت، با ارزیابی میزان تشکیل مالون دی‌آلدهاید (به‌عنوان محصول پراکسیداسیون لیپیدی) به روش Heath و Packer (۱۹۶۸) و با کاربرد تیوباربیتوریک اسید (TBA) به‌عنوان ماده مسبب واکنش تعیین شد. فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز (SOD) در عصاره‌های تهیه شده از نمونه‌ها با سنجش کاهش میزان جذب نوری کمپلکس سوپراکسید نیتروبلوترازولیوم تحت تأثیر فعالیت آنزیم ارزیابی شد (Beauchamp and Fridovich, 1971). فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) با بررسی کاهش میزان جذب نوری در طول موج ۲۴۰ نانومتر (به دلیل تجزیه پراکسید هیدروژن) در طی مدت ۱ دقیقه ارزیابی شد (Dhindsa et al., 1981). فعالیت آنزیم گویاکول پراکسیداز (GPX) با ارزیابی افزایش میزان جذب نوری در طول موج ۴۷۰ نانومتر (به دلیل اکسید شدن گویاکول در حضور پراکسید هیدروژن) در طی مدت ۱ دقیقه ارزیابی شد (Chance and Maehly, 1955). فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) با ارزیابی کاهش میزان جذب نوری در طول موج ۲۹۰ نانومتر (به دلیل اکسید شدن آسکوربات) در طی مدت ۱ دقیقه ارزیابی شد (Nakano and Asada, 1981). قرائت میزان جذب نوری هر نمونه، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Biowave II UV/vis spectrophotometer, Biochrom Ltd, Cambridge, UK) انجام شد.

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

نتایج و بحث

شاخص صدمه سرمازدگی پوست میوه

پس از یک ماه انبارداری سرد، از نظر میزان شاخص‌های صدمه سرمازدگی پوست میوه‌ها تفاوت آماری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد وجود نداشت (شکل ۱). پس از آن، با پیشرفت بیشتر زمان انبارداری، اثر تیمار آب گرم در کاهش معنی‌دار میزان شاخص مذکور مشهود بود که البته تفاوت‌های موجود بین میوه‌های تیمار شده و شاهد در روز ۶۰، نسبت به روز ۹۰، بیشتر بود. نتایج ما با پژوهش‌های ربیعی و رحمانی (۱۳۹۳) و Mirdehghan و همکاران (۲۰۰۷) در زمینه تأثیر مثبت تیمار آب گرم بر انبارداری سرد میوه‌های انار مطابق بود. ربیعی و رحمانی (۱۳۹۳) میوه‌های رقم 'میخوش' را با آب گرم ۴۵ °C به مدت ۵ دقیقه و یا آب گرم ۵۵ °C به مدت ۵ ثانیه تیمار و به مدت ۴ ماه در انبار سرد با دمای ۳ °C انبار کردند. آن‌ها گزارش نمودند که میوه‌های تیمار شده با آب گرم، درصد کاهش وزن و صدمه سرمازدگی کمتری داشتند و میزان تاثیرگذاری مثبت تیمار آب گرم ۴۵ °C بیشتر بود. Mirdehghan و همکاران (۲۰۰۷) میوه‌های رقم 'Mollar de Elche' را با آب گرم ۴۵ °C به مدت ۴ دقیقه تیمار کردند و به صورت مشابه، اثر مثبت تیمار را بر کاهش نشت الکترولیت‌ها و صدمه سرمازدگی و علائم آن در پوست میوه‌ها گزارش کردند.

محتوای مالون دی‌آلدهاید (MDA) پوست میوه

از نظر میزان این شاخص، تا روز ۳۰ از دوره انبارداری تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های شاهد و تیمار شده وجود نداشت، اما پس از ۶۰ روز انبارداری، میزان شاخص مذکور در میوه‌های شاهد به صورت معنی‌داری بیشتر از میوه‌های تیمار شده بود و این اختلاف آماری تا پایان دوره انبارداری برقرار بود (شکل ۲). قرارگیری بافت‌ها در دمای سرد می‌تواند ساختار غشاءهای یاخته‌ای را به دلیل پراکسیداسیون لیپیدی تغییر دهد. پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع هم‌زمان با سخت شدن غشاء و مرگ یاخته، موجب تولید رادیکال سوپراکسید و MDA می‌گردد. بنابراین اندازه‌گیری غلظت MDA در بافت‌ها شاخص خوبی برای ارزیابی سلامت و یکپارچگی غشاءها در دماهای سرد است (Jouve et al., 1993). نتایج این پژوهش با یافته‌های سایر پژوهش‌های مرتبط با نگهداری پس از برداشت میوه‌ها موافق بود که بیان می‌کنند میزان پراکسیداسیون چربی‌ها و مقدار MDA در واکنش به سرمازدگی بافت‌ها افزایش می‌یابد و



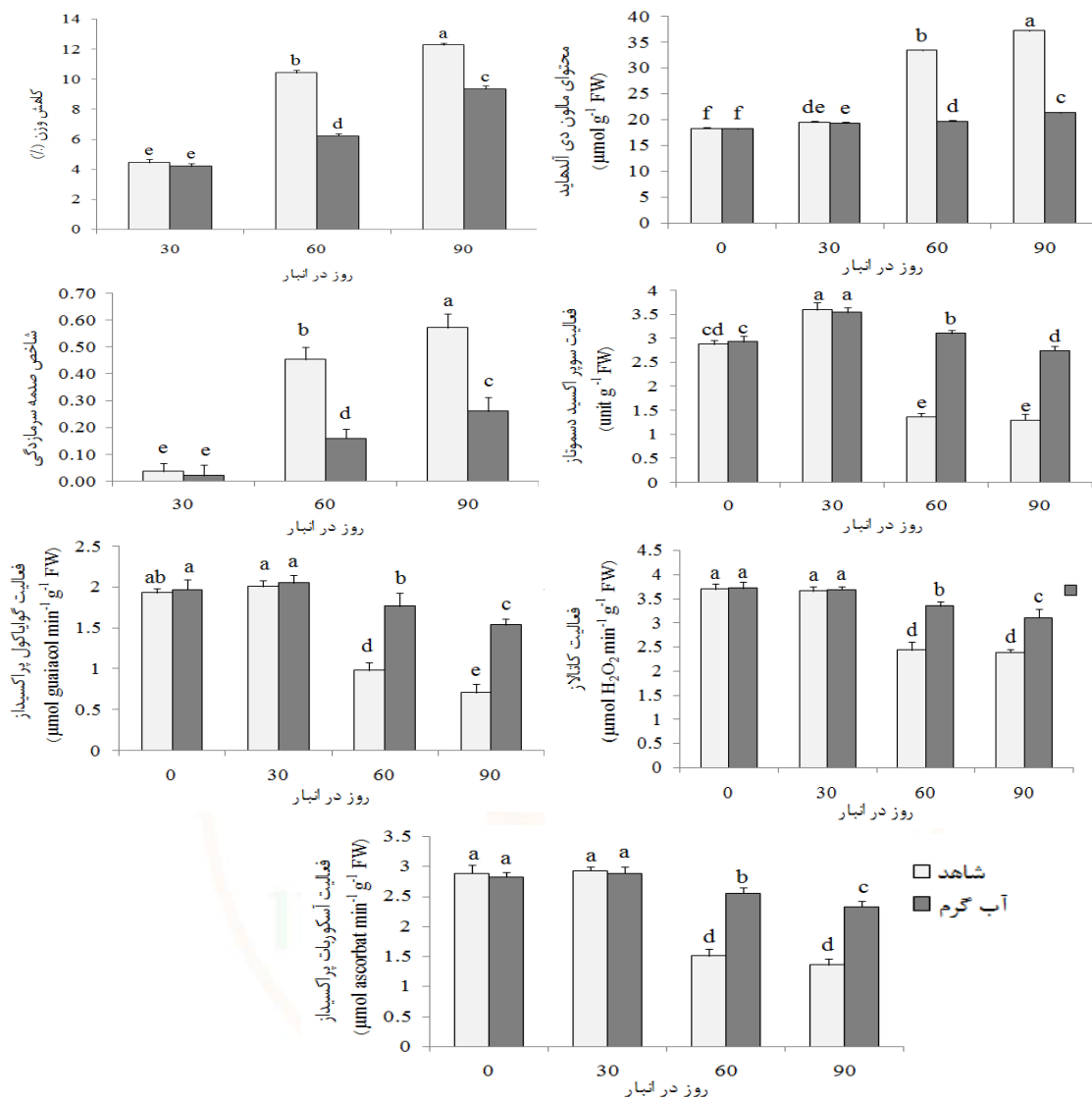
پیش تیمارهای موثر (مانند غوطه‌وری در کلسیم و گرما) با ایجاد مقاومت می‌توانند از میزان وقوع این فرایندها بکاهند (Gao *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2005).

تغییرات فعالیت آنزیم‌ها

دماهای سرمزدگی تعادل بین تولید ROS و مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی درونی در برابر آن را تغییر می‌دهند (Hodges *et al.*, 2004). حفظ این تعادل برای بقای یاخته‌های بافت‌های میوه طی انبار سرد مهم است. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان SOD، CAT، GPX و APX به عنوان بخشی از سیستم دفاعی آنزیمی درونی، مسئول تنظیم انواع ROS تولید شده در شرایط تنش‌های گوناگون مانند سرمزدگی هستند (Hajiboland, 2014). آنزیم SOD مسئول خنثی سازی رادیکال خطرناک سوپراکسید و تبدیل آن به ملکول کم خطرتر پراکسید هیدروژن است و به دنبال آن آنزیم‌های CAT، GPX و APX با تبدیل ملکول H_2O_2 به ملکول آب، عمل تنظیم این گونه اکسیژن فعال را انجام می‌دهند (Hajiboland, 2014). در اثر سرمزدگی، انرژی یاخته‌ها و در نتیجه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد که با تجمع رادیکال‌های آزاد و اثرات مخرب آن‌ها همراه است (Hodges *et al.*, 2004). بنابراین، مطالعه و تفسیر میزان فعالیت آن‌ها می‌تواند شاخصی بر میزان توانایی و کارایی سیستم آنتی‌اکسیدانی درونی در کسب تحمل تنش وارد شده باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به طور کلی پس از یک ماه انبارداری سرد، میزان فعالیت آنزیم SOD پوست میوه‌های انار به صورت معنی‌داری افزایش یافت و تفاوت موجود بین میوه‌های تیمار شده و شاهد در روزهای صفر و یا پس از ۳۰ روز انبارداری معنی‌دار نبود (شکل ۳). با پیشرفت زمان انبارداری، میزان فعالیت آنزیم مذکور به صورت قابل توجهی کاهش یافت و تفاوت بین میوه‌های شاهد و تیمار شده معنی‌دار بود به طوری که پس از ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری، میزان شاخص مذکور در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۱۲۷ و ۱۱۱/۵۴ درصد بیشتر بود. این در حالی بود که در روزهای ۶۰ و ۹۰، میزان فعالیت این آنزیم در میوه‌های شاهد نسبت به روز صفر به ترتیب حدود ۵۲/۴۳ و ۵۴/۸۶ درصد کاهش داشت، اما میزان فعالیت آنزیمی در میوه‌های تیمار شده نسبت به روز صفر، پس از ۶۰ روز انبارداری هنوز حدود ۶/۱۴ درصد بیشتر بود و فقط در پایان دوره انبارداری با کاهش ۶/۲۷ درصدی همراه بود.

روند تغییرات فعالیت سایر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در شرایط انبار سرد و تحت تاثیر پیش تیمار آب گرم مشابه بود، به این صورت که پس از یک ماه انبارداری سرد، تغییر معنی‌داری در میزان فعالیت آنزیمی پوست میوه‌های انار اتفاق نیفتاد، ضمن این‌که تفاوت‌های موجود بین میوه‌های تیمار شده و شاهد در روزهای صفر و یا پس از ۳۰ روز انبارداری معنی‌دار نبود. اما با پیشرفت زمان انبارداری، میزان فعالیت آنزیم‌های مذکور به صورت قابل توجهی کاهش یافت و تفاوت بین میوه‌های شاهد و تیمار شده معنی‌دار بود. به بیان دیگر، پس از ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری، به ترتیب، میزان فعالیت آنزیمی CAT حدود ۳۷/۳ و ۳۰/۱۳ درصد (شکل ۵)، GPX حدود ۸۰/۶۱ و ۱۱۶/۹۰ درصد (شکل ۶) و APX حدود ۶۹/۵۴ و ۷۱/۳۲ درصد (شکل ۴) در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد بیشتر بود. قبلاً گزارش شده است که پیش تیمار میوه‌ها با آب گرم می‌تواند با تقویت توان سیستم آنتی‌اکسیدانی درونی و ایجاد ممانعت از تجمع گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)، سبب ایجاد تحمل در برابر سرمزدگی شود. به‌طور مثال، El-Hamahmy و Bassal (۲۰۱۱) گزارش نمودند که پیش تیمار غوطه‌وری آب گرم برای میوه‌های پرتقال والنسیا و واشنگتن ناول سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های CAT و GPX در پوست میوه‌ها و کاهش صدمات سرمزدگی در هر دو رقم شد. آنزیم GPX قادر به اکسید کردن فنولیک‌ها به کوئینون‌ها است و می‌تواند سبب وقوع واکنش‌های قهوه‌ای شدن در شرایط سرمزدگی شود (Rinaldo *et al.*, 2010). نتایج این پژوهش نشان داد که قهوه‌ای شدن پوست میوه‌های رقم 'رباب‌نریز' ارتباطی با افزایش فعالیت این آنزیم نداشت. از آنجایی‌که میوه‌های تیمار شده سطح بالاتری از فعالیت GPX و کمترین میزان صدمه سرمزدگی و محتوای MDA را داشتند، پیشنهاد می‌شود که GPX نقشی در فرآیند قهوه‌ای شدن بافت نداشته و فقط در تنظیم H_2O_2 تولید شده در پوست میوه طی انبار سرد، نقش داشته است.



شکل ۱- شاخص‌های ارزیابی شده در پوست میوه‌های انار شاهد (تیمار شده با آب مقطر ۲۵°C به مدت ۴ دقیقه) و تیمار شده با آب گرم (آب ۴۵°C به مدت ۴ دقیقه) پس از دوره‌های متفاوت نگهداری در انبار سرد (دمای ۲ ± ۰/۵ 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 حروف مشابه فاقد تفاوت‌های معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

منابع

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

Aghdam, M.S. and Bodbodak, S. 2014. Postharvest heat treatment for mitigation of chilling injury in fruits and vegetables. Food and Bioprocess Technology, 7(1): 37-53.

Bassal, M. and El-Hamamhy, M. 2011. Hot water dip and preconditioning treatments to reduce chilling injury and maintain postharvest quality of Navel and Valencia oranges during cold quarantine. Postharvest Biology and Technology, 60(3): 186-191.



- Beauchamp, C. and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44(1): 276–287.
- Chance, B. and Maehly, A.C. 1955. Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*, 2: 764–775.
- Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe, T.A. 1981. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*. 32(1): 93–101.
- Hajibolani, R. 2014. Reactive oxygen species and photosynthesis, in: Ahmad, P. (Ed.), *Oxidative Damage to Plants: Antioxidant Networks and Signaling*. Academic Press, Elsevier, USA, pp. 1-63.
- Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(1): 189–198.
- Hodges, D.M., Lester, G.E., Munro, K.D. and Toivonen, P.T.A. 2004. Oxidative stress: importance for postharvest quality. *HortScience*, 39(5): 924.
- Jouve, L., Engelmann, F., Noirot, M. and Charrier, A. 1993. Evaluation of biochemical markers (sugar, proline, malondialdehyde and ethylene) for cold sensitivity in microcuttings of two coffee species. *Plant Science*, 91(1): 109–116.
- 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.
- Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J.M., Zapata P.J., Serrano, M. and Valero, D. 2007. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1): 19–25.
- Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D. and Valero, D. 2006. Pre-storage heat treatment to maintain nutritive and functional properties during postharvest cold storage of pomegranate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22): 8495–8500.
- Nakano, Y. and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22(5): 867–880.
- Rinaldo, D., Mbéguié-A-Mbéguié, D. and Fils-Lycaon, B. 2010. Advances on polyphenols and their metabolism in sub-tropical and tropical fruits. *Trends in Food Science and Technology*, 21(12): 599–606.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M. and Valero, D. 2009. Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53(3): 152–154.

Evaluation of Hot Water Pre-storage Treatment efficiency on Pomegranate Fruit Storability at Cold Temperature - Using Indices of Oxidative Damage and changes in Physicochemical Characteristics

Leila Taghipour^{1,2*}, Majid Rahemi¹, Pedram Assar²

¹ Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

² Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Jahrom University, PO BOX: 74135-111, Jahrom, Iran

*Corresponding Author: L_taghipoor@yahoo.com; Leilataghipour@jahromu.ac.ir

Abstract

The aim of this research was to investigate the effects and mechanisms of hot water pre-storage treatment on maintenance of quantitative and qualitative traits of 'Rabab-e-Neyriz' pomegranate fruit stored at cold storage. Four minutes dip in 45° C water was used as hot water pre-treatment and dip in distilled water for the same time assumed as control. After 30, 60 and 90 days storage at 2 ± 0.5° C and 90 ± 5% relative humidity, weight loss percentage and chilling injury (CI) index were evaluated. Moreover, malondialdehyde content and superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), guaiacol peroxidase (GPX) and ascorbate peroxidase (APX) activities were measured at the first day (treating time) as well as the other mentioned times during the storage. Results indicated that with cold storage for 30 days, there were no significant differences between treated and control fruit. Afterward, with the progress in storage time and up to the end, treated fruit had significantly lower weight loss percentage, CI index and malondialdehyde content; with higher antioxidant enzymatic activities than control ones. Hot water treatment through better maintenance of the level of enzymatic antioxidant activities and as a result, reduction in malondialdehyde content in fruit peels, caused to better maintenance of membrane integrity and structure and reduction in



chilling injury and weight loss in stored fruit. Moreover, it was cleared that GPX had no role in tissue browning of pomegranate fruit under cold temperature.

Keywords: Antioxidant enzymes, Rabab-e-Neyriz, Chilling Injury, Weight Loss, Malondialdehyde.

