Archive of SID.ir

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 3, Autumn 2021 (541-552)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.281815.1648

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۰ (ص ۵۵۲-۵۴۱)

اثر آرژنین و متیل جاسمونات بر کاهش خسارت سرمازدگی و حفظ کیفیت تغذیه‌ای میوه انار رقم ملس ساوه

فرهاد پیرزاد[۱]، محمدعلی عسگری سرچشمه[۲*]، مصباح بابالار[۳]، علیرضا طلایی[۳] و حسین لسانی[۳]
۱، ۲ و ۳. دانش‌آموخته دکتری، دانشیار و استاد، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۳)

چکیده

از مشکلات اصلی میوه انار طی انبارمانی، خسارت سرمازدگی در دمای پایین‌تر از ۵ درجه سلسیوس بوده که با قهوه‌ای شدن پوست، بذر پوشینه‌ها و کاهش کیفیت تغذیه‌ای آن‌ها همراه است. در این پژوهش اثر تیمارهای ترکیبی آرژنین (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و متیل جاسمونات (صفر، ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌مولار) به‌صورت محلول‌پاشی روی درخت، طی سه مرحله ٦۰، ٤۰ و ۲۰ روز قبل از برداشت به منظور کاهش خسارت سرمازدگی و حفظ کیفیت تغذیه‌ای آریل‌های میوه انار در دمای ۰/۵±٤ درجه سلسیوس در روزهای صفر، ۳۰، ٦۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد تیمار ترکیبی آرژنین ۲ میلی‌مولار و متیل جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار سبب کاهش میزان خسارت سرمازدگی (۳۷/۷٤ درصد)، نشت یونی (۳۱/٤۲ درصد) و مالون‌دی‌آلدهید (۲۹/٤٦ درصد) در میوه‌های انار شد. همچنین میوه‌های انار تیمار شده میزان آسکوربیک اسید، فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالایز، میزان فنل کل و آنتوسیانین بالاتر و میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز کمتری داشتند که در نهایت منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها شد. این تیمار سبب افزایش فعالیت آنزیمی آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز به ترتیب به میزان ۹/۰٤، ۸/۱۸ و ٤٤/۲۱ درصد در مقایسه با شاهد شد که در نتیجه آن تجمع هیدروژن پراکسید در این میوه‌ها کاهش یافت. بنابراین تیمار ترکیبی آرژنین و متیل جاسمونات از طریق بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی و کاهش میزان خسارت سرمازدگی منجر به افزایش کیفیت تغذیه‌ای، حفظ سیالیت غشا سیتوپلاسمی و بازار پسندی میوه‌های انار شده است.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، قهوه‌ای شدن، محلول‌پاشی.

Effect of arginine and methyl jasmonate on chilling injury and nutritional quality of pomegranate fruit cv "Malase Saveh"

Farhad Pirzad[1], Mohammad Ali Askari Sarcheshmeh[2*], Mesbah Babalar[3], Alireza Talaei[3] and Hossein Lesani[3]
1, 2, 3. Graduate Ph.D., Associate Professor and Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: May 25, 2019 - Accepted: Jul. 25, 2019)

ABSTRACTS

Chilling injury is the main problem of pomegranate fruit during storage at below 5 °C, which is associated with browning husk, arils pomegranate and loss of its nutritional quality. In this experiment, the effect of intraction between arginine (0, 1 and 2 mM) and methyl jasmonate (0, 0.1 and 0.2 mM) in form of foliar spraying on the tree in three stages of 60, 40 and 20 days before harvest for redducing chilling injury and keeping nutritional quality of pomegranate were evaluated on 0, 30, 60, 90 and 120 days at 4± 0.5 °C during storage. The results showed that combined treatment between arginine (2 mM) and methyl jasmonate (0.1 mM) led to reducing chilling injury (37.74 %), electrolyte leakage (31.42 %) and malondialdehyde accumulation (29.46 %). Also, pomegranate treated with intraction treatment between arginine (2 mM) and methyl jasmonate (0.1 mM) exhibited higher ascorbic acid content, phenylalanine ammonia-lyase, phenols and anthocyanins and lower polyphenol oxidase enzymes activity which ultimately increased the antioxidant capacity of fruits. This treatment increased the enzyme activity of ascorbate peroxidase, catalase and superoxide dismutase by 9.04, 8.18 and 44.21%, respectively, in comparison with the control, leading to reduction the accumulation of hydrogen peroxide in these fruits. Thus, combined treatment between arginine and methyl jasmonate via enhancing antioxidant system, and reducing chilling injury led to enhanced nutritional quality, maintained safe membrane integrity and marketable.

Keywords: Browning, DPPH scavenging capacity, foliar, storage.

* Corresponding author E-mail: askari@ut.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

انار از میوه‌های بسیار قدیمی شناخته شده می‌باشد. شواهد تاریخی نشان می‌دهد که ایران محل اولیه کشت و کار انار بوده و از این منطقه به مناطق دیگر گسترش یافته است (Levin, 2006). با وجود آنکه کشور ایران با تولید حدود ۱/۱ میلیون تن در سال بزرگترین تولید کننده میوه انار در جهان می‌باشد ولی میزان صادرات این میوه به نقاط مختلف دنیا بسیار ناچیز است. انار تولیدی در ایران در کشورهای خاورمیانه و اروپایی بسیار طرفدار دارد و بنابراین می‌توان به عنوان یک محصول غیر نفتی بسیار سود آور در نظر گرفت (Anonymous, 2016).

نگهداری میوه‌های انار در دماهای بالا منجر به کاهش وزن میوه، خشک شدن پوست و آریل، افزایش پوسیدگی قارچی، کاهش کیفیت تغذیه‌ای و بازارپسندی میوه‌ها می‌شود. به همین دلیل برای غلبه بر این مشکلات نگهداری آن‌ها در دماهای پایین و رطوبت بالا ضروری به نظر می‌رسد. با این حال نگهداری میوه‌های انار در دمای پایین سبب ظهور علائم خسارت سرمازدگی خواهد شد. علائم معمول سرمازدگی شامل قهوه‌ای شدن رنگ پوست، فرورفتگی سطحی و افزایش حساسیت به پوسیدگی ناشی از قارچ‌ها می‌باشد که پس از انتقال میوه از سردخانه به دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۳ روز، علائم ظاهر می‌شوند. علائم داخلی به‌صورت رنگ پریدگی آریل‌ها و قهوه‌ای شدن غشای جدا کننده قاچ‌ها می‌باشد (Pirzad, 2017; Babalar *et al.*, 2018). خسارت سرمازدگی، پوسیدگی و کاهش وزن از جمله مشکلات اصلی و محدودیت‌های انبارمانی میوه انار است (Opara *et al.*, 2015; Babalar *et al.*, 2018). تاکنون جهت کاهش خسارت‌های سرمازدگی و قهوه‌ای شدن و افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی میوه انار در زمان انبارمانی از تیمارهای مختلفی ازجمله انبارهای با اتمسفر کنترل‌شده (Kader, 2006) تیمارهای قبل از انبار مانند سالیسیلیک اسید ، متیل جاسمونات، متیل سالیسیلات، اسید اگزالیک (Sayyari, 2009)، پلی‌آمین‌ها (Mirdehghan *et al.*, 2007a)، آرژنین (Babalar *et al.*, 2018) استفاده شده است که هرکدام توانسته‌اند میزان سرمازدگی میوه انار را در انبار کاهش دهند.

آرژنین به عنوان یک اسیدآمینه و ترکیب طبیعی علاوه بر بیوسنتز پروتئین‌ها، در بیوسنتز مولکول‌های سیگنالی نظیر پلی‌آمین‌ها، نیتریک اکسید و پرولین که در مقاومت به تنش‌های پس از برداشت مانند خسارت سرمازدگی نقش مهمی دارند نیز مشارکت می‌نماید. کاربرد آرژنین از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آرژیناز، آرژنین دکربوکسیلاز، اورنیتین دکربوکسیلاز و اورنیتین آمینوترانسفراز سبب افزایش مقاومت به سرمازدگی در گوجه‌فرنگی گردید (Zhang *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2013).

متیل‌جاسمونات یک ترکیب طبیعی است که با کاربرد قبل یا پس از برداشت آن هیچ اثر سویی در محصولات باغبانی گزارش نشده و استفاده از این تیمار در محصولات باغبانی مختلف سبب افزایش عمر قفسه‌ای و بهبود کیفیت تغذیه‌ای آن‌ها شده و تأثیر شیمیایی و سمی از خود در این محصولات بر جای نگذاشته است (Reyes *et al.*, 2016; Martinez-Espla *et al.*, 2014). متیل‌جاسمونات به‌عنوان یک هورمون گیاهی در اندام‌های مختلف گیاه وجود دارد ولی بیشترین میزان آن در قسمت‌های گل و میوه می‌باشد (Reyes *et al.*, 2016). گزارش شده است که تیمار پس از برداشت متیل‌جاسمونات موجب کاهش میزان سرمازدگی و نشت یونی در میوه انار رقم مولار دی الچه (Mollar de Elche) (Sayyari, 2009) و گوجه فرنگی (Zhang *et al.*, 2012) شده است. همچنین سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در محصولاتی نظیر انار (Sayyari, 2009)، توت‌فرنگی و توت سیاه (Chanjirakul *et al.*, 2006; Chanjirakul *et al.*, 2007) گردیده است.

در این پژوهش برای نخستین بار اثر محلول‌پاشی قبل از برداشت ترکیب تیماری آرژنین و متیل جاسمونات و ترکیب آن‌ها با غوطه‌وری پس از برداشت بر میزان خسارت سرمازدگی میوه انار طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۰/۵±۴ درجه سلسیوس مورد ارزیابی قرار گرفت و ارتباط این تیمارها با نشت یونی و میزان مالون‌دی‌آلدهید به عنوان نشانگرهای میزان

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

سیالیت غشای سیتوپلاسمی، فعالیت آنزیم‌های PAL و PPOبه همراه فنل‌ها، آنتوسیانین‌ها، آسکوربیک اسید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر APX، CAT و SOD به همراه میزان هیدروژن پراکسید به عنوان نشانگر تنش مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در درختان ۹ ساله انار رقم ملس ساوه در ایستگاه تحقیقات انار شهرستان ساوه انجام شد. محلول‌پاشی ترکیب تیماری آرژنین و متیل جاسمونات در سه زمان مختلف در مرحله داشت شامل ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز قبل از برداشت تجاری (حداکثر اسیدیته قابل عیار ۲-۱/۵ درصد و حداقل مواد جامد قابل حل ۱۷-۱۵ درصد) میوه‌ها انجام شد. فاصله درختان انار روی ردیف‌ها ۲ متر و بین ردیف‌ها ۳ متر بود و آبیاری به‌صورت جوی- پشته در هر هفته انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار روی ۲۷ اصله درخت میوه انار انجام شد. فاکتورها شامل آرژنین در ۳ غلظت (صفر یا شاهد، ۱ و ۲ میلی‌مولار)، متیل‌جاسمونات در ۳ غلظت (صفر به‌عنوان شاهد، ۰/۱ و ۰/۲میلی‌مولار) و زمان‌های مختلف اندازه‌گیری صفات در سردخانه (صفر یا زمان شروع انبارمانی، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز انبارمانی) بود. به‌منظور افزایش حلالیت متیل‌جاسمونات در آب، چند قطره الکل به محلول در حال ساخت اضافه شد. برای هر تیمار در هر تکرار یک درخت به‌عنوان واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و محلول‌پاشی روی میوه‌ها و برگ‌ها تا مرحله آب‌چک صورت گرفت. در زمان محلول‌پاشی جهت افزایش جذب سطحی محلول از توئین-۲۰ (Tween-20) استفاده شد. میوه‌ها در زمان رسیدن تجاری برداشت شدند و میوه‌های تقریباً یک شکل، یک اندازه و عاری از آسیب‌های فیزیکی و بیماری انتخاب شدند و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال یافتند. قبل از اعمال تیمار در مرحله پس از برداشت، تعداد هشت میوه از هر تیمار و تکرار به‌منظور ارزیابی میوه‌ها در زمان برداشت مورد مطالعه قرار گرفتند. تیمار پس از برداشت آرژنین (صفر یا شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و متیل‌جاسمونات (صفر یا شاهد، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ میلی‌مولار) روی میوه‌هایی که با همین غلظت‌ها در مرحله داشت محلول‌پاشی شده بودند به‌صورت غوطه‌وری به مدت ۱۰ دقیقه اعمال گردید. تعداد کل میوه‌های هر تیمار ۱۲۰ عدد، تعداد میوه‌ها در هر تکرار و تعداد میوه برداشت شده در هر نوبت برای ارزیابی ۸ عدد بوده است. سپس میوه‌ها جهت خشک شدن، به مدت ۲۰ ساعت در هوای آزاد نگهداری شده و متعاقباً میوه‌ها به تعداد ۸ عدد برای هر واحد آزمایشی در جعبه‌های پلاستیکی گذاشته شدند و به سردخانه با دمای ۴±۰/۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد انتقال یافتند. بر اساس پیش آزمایش‌های انجام شده با اندازه‌گیری شاخص سرمازدگی (شامل قهوه‌ای شدن ظاهری پوست و فرورفتگی روی پوست)، غلظت بهینه ترکیب تیماری آرژنین و متیل‌جاسمونات تعیین شد و این غلظت به عنوان بهترین تیمار انتخاب شد و بقیه صفات اندازه‌گیری شده بین شاهد و غلظت بهینه مقایسه گردید. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها، آریل‌ها و پوست‌های جدا شده از هر تیمار در داخل ازت مایع منجمد و در فریزر با دمای ۸۰- درجه سلسیوس تا زمان اندازه‌گیری نگهداری شدند.

شاخص سرمازدگی

شاخص سرمازدگی (Chilling Index: CI) هر واحد آزمایشی با درجه‌بندی میزان خسارت با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید و بر حسب نمره‌دهی بیان شد.

$$CI = \frac{\text{(تعداد میوه‌هایی که علائم سرمازدگی را نشان می‌دهند)} \times \text{(درجه سرمازدگی)}}{\text{(۴} \times \text{تعداد میوه‌های کل هر تیمار)}}$$

درجه سرمازدگی (بر اساس میزان قهوه‌ای شدن و فرورفتگی پوست) از ۰ تا ۳ است که عبارتند از ۰) بدون علائم سرمازدگی، ۱) بین ۱ تا ۲۵ درصد، ۲) ۲۶ تا ۵۰ درصد و ۳) بیش از ۵۰ درصد (Wang *et al.*, 2006).

بر اساس شاخص سرمازدگی، غلظت بهینه ترکیب تیماری آرژنین و متیل‌جاسمونات به ترتیب ۲ و ۰/۱ میلی‌مولار تعیین شد و بقیه صفات اندازه‌گیری شده بین شاهد و غلظت بهینه مقایسه گردید.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نشت یونی و مالون‌دی‌آلدهید

برای اندازه‌گیری نشت یونی ۶ تکه پوست مدور با چوب پنبه سوراخ کن از قسمت استوایی ۳ عدد میوه از هر تکرار برداشته شد. تکه‌های پوست در ۲۵ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۴ نرمال قرار گرفتند. پس از ۴ ساعت به هم زدن با شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه هدایت الکتریکی اولیه (EC اولیه) محلول توسط دستگاه هدایت‌سنج (مدل Metrohm644) اندازه‌گیری شدند. سپس محلول حاوی نمونه‌ها در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از قرارگیری در دمای محیط به مدت ۲۴ ساعت، دوباره هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری گردید. درصد نشت یونی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (McCollum & McDonald, 1991):

= نشت یونی (درصد)

۱۰۰× (هدایت الکتریکی کل / هدایت الکتریکی اولیه)

اندازه‌گیری مقدار مالون‌دی‌آلدهید با استفاده از تیوباربیتوریک اسید (TBA) با استفاده از روش Hodges *et al.* (1999) انجام شد. میزان مالون‌دی‌آلدهید بر حسب نانومول بر گرم وزن تازه میوه (nmol g^{-1} FW) بیان شد.

فعالیت آنزیم‌ها و سیستم آنتی‌اکسیدانی

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ۵ گرم از بافت آریل را در بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷/۸) حاوی EDTA ۰/۲ میلی‌مولار و ۲ درصد PVP، آسیاب شد. سپس با سرعت ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد و از عصاره رویی برای اندازه‌گیری پروتئین کل و فعالیت آنزیم‌های APX، CAT و SOD استفاده شد (Nicker *et al.*, 1998). فعالیت آنزیم‌های APX، CAT و SOD بر اساس روش Nicker *et al.* (1998) اندازه‌گیری شدند. این آنزیم‌ها بر حسب میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه (U mg $^{-1}$ protein min^{-1}) بیان شد. مقدار پروتئین بر اساس روش Bradford(1976) اندازه‌گیری و از سرم آلبومین (BSA) به عنوان استاندارد استفاده شد. مقدار H_2O_2 بر اساس روش Patterson *et al.*(1984) اندازه‌گیری شد و مقدار آن بر حسب میکرومول بر گرم وزن تازه میوه (µmol g^{-1} FW) بیان گردید. اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طبق روش Nakajma *et al.* (2004) انجام شد.

فعالیت آنزیم‌های PAL، PPO و کیفیت تغذیه‌ای آریل‌ها

عصاره‌گیری نمونه‌ها به منظور ارزیابی فعالیت آنزیم‌های PAL و PPO بر اساس روش Nguyen *et al.* (2003) انجام شد. فعالیت آنزیم PAL بر حسب میکرومول سینامات بر میلی‌گرم پروتئین در یک ساعت (µmol cinnamic acid mg^{-1} protein h^{-1}) بیان شد و فعالیت آنزیم PPO بر حسب میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین (µmol mg^{-1} protein) بیان گردید. مقدار فنل کل با استفاده معرف فولین سیو کالچو طبق ارزیابی شد. مقدار فنل کل برحسب میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان شد (Chen *et al.*, 2008). آنتوسیانین‌ها از روش تفاوت pH ارزیابی شد که توسط Chen *et al.* (2008) شرح داده شده است. مقدار آنتوسیانین‌ها برحسب میلی‌گرم سیانیدین-۳-گلوکوزید بر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان گردید. مقدار آسکوربیک اسید کل با روش عیارسنجی و با کمک یدور پتاسیم و معرف نشاسته صورت گرفت و بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان شد (Sayyari, 2009).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون Tukey در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار SigmaPlot استفاده شد.

نتایج و بحث

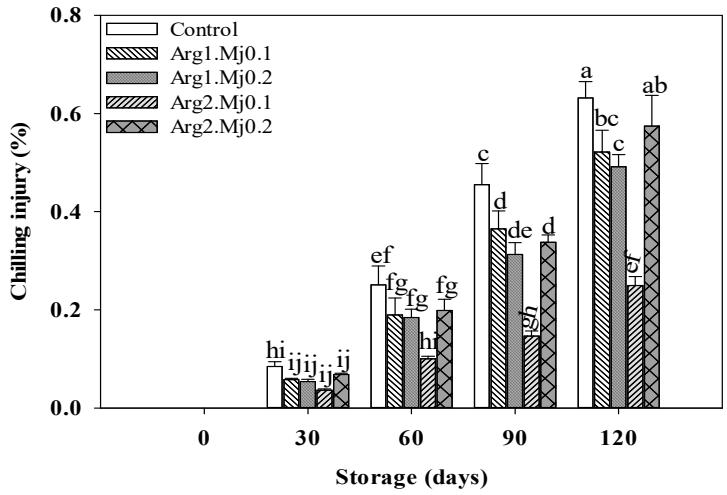
سرمازدگی

ترکیب تیماری آرژنین و متیل‌جاسمونات به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد سبب کاهش خسارت سرمازدگی به میزان ۳۷/۴۲ درصد در میوه‌های انار شد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

با گذشت مدت زمان انبارمانی، میزان خسارت‌های سرمازدگی در همه تیمارها افزایش یافت ولی میوه‌های تیمار شده با آرژنین و متیل‌جاسمونات در کلیه زمان‌های اندازه‌گیری میزان خسارت سرمازدگی کمتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند، به‌طوری که در هر دوره بیشترین میزان شاخص سرمازدگی مربوط به میوه‌های شاهد و کمترین میزان آن‌ها از تیمار آرژنین ۲ میلی‌مولار با متیل‌جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار به‌دست آمد. غلظت بهینه بر اساس شاخص سرمازدگی ترکیب تیماری آرژنین ۲ میلی‌مولار با متیل‌جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار بوده که به‌طور معنی‌داری میزان خسارت سرمازدگی کمتری در مقایسه با شاهد و دیگر تیمارها داشته است (شکل ۲). بنابراین بقیه صفات اندازه‌گیری بین شاهد و غلظت بهینه (ترکیب تیماری آرژنین ۲ میلی‌مولار با متیل‌جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار) مقایسه گردید.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر آرژنین (۱ و ۲ میلی‌مولار) و متیل جاسمونات (۰/۱ و ۰/۲ میلی‌مولار) بر میزان خسارت سرمازدگی میوه‌های انار طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۰/۵±۴ درجه سلیسیوس.

Figure 1. Mean comparison effect of intraction between arginine (2 mM) and methyl jasmonate (0.1 mM) on Chilling injury of pomegranate during storage at 4±0.5 °C for 120 days.

شکل ۲. تأثیر ترکیب تیماری آرژنین و متیل‌جاسمونات بر میزان حفظ شادابی و بازارپسندی میوه انار رقم ملس ساوه در میوه‌های شاهد و تیمار شده در دمای ۰/۵±۴ درجه سانتی‌گراد سردخانه در آخرین دوره انبارمانی.

(تصویر بالا مربوط به میوه‌های شاهد و تصاویر پایین مربوط به میوه‌های تیمار شده می‌باشد).

Figure 2. Effect of arginine and methyl jasmonate on the preservation and marketability of pomegranate cv Malase Saveh in control and treated fruit during storage at 4±0.5 °C in the last period of storage.
(The above image refers to the control fruits and the bottom images refers to the treated fruits).

Archive of SID.ir

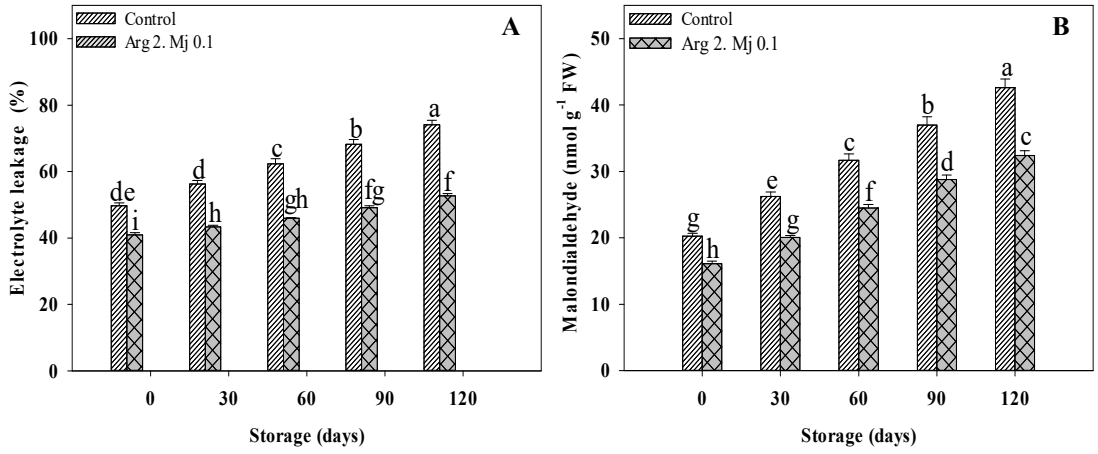
Archive of SID.ir

یکی از مهم‌ترین عوارض میوه انار طی نگهداری در سردخانه، خسارت سرمازدگی است که در اثر نگهداری میوه در دمای پایین‌تر از ۵ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد. مهم‌ترین علائم خسارت سرمازدگی در میوه انار شامل قهوه‌ای شدن پوست، فرورفتگی روی پوست و افزایش میزان نشت یونی می‌باشد. خسارت سرمازدگی سبب صدمه به دیواره سلولی و کاهش سیالیت غشای سیتوپلاسمی می‌شود. همچنین میزان نفوذپذیری سلولی که با اندازه‌گیری نشت یونی مشخص می‌شود را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Liu *et al*., 2016; Pareek *et al*., 2015). خسارت سرمازدگی منجر به تخریب غشای سیتوپلاسمی، جلوگیری از فعالیت میتوکندری‌ها و کلروپلاست‌ها شده و سبب آغاز واکنش‌های ثانوی نظیر تولید اتیلن، کاهش فتوسنتز و اختلال در تولید انرژی می‌شود و از این طریق سبب تولید ترکیبات سمی نظیر اتانول و استالدئید شده، که این مواد سبب تخریب غشای سیتوپلاسمی می‌شوند (Valero *et al*., 2015). تیمارهای آرژنین و متیل جاسمونات از طریق حفظ ساختار غشای سیتوپلاسمی و نفوذپذیری انتخابی آن، منجر به کاهش نشت یونی می‌شوند. بعلاوه این تیمارها سبب افزایش پلی‌آمین‌های درون‌زا (پوتریسین و اسپرمیدین) میوه شده و پلی‌آمین‌ها از طریق اتصال به غشای سیتوپلاسمی و همچنین به‌دلیل ویژگی آنتی‌اکسیدانی فراوانی که دارند سبب حفظ سیالیت غشای سیتوپلاسمی و کاهش پراکسید شدن لیپیدها می‌شوند و در نتیجه منجر به حفظ کیفیت میوه و کاهش خسارت‌های سرمازدگی می‌شوند (Valero *et al*., 2015). نتایج پژوهش حاضر با نتایج گزارش شده در میوه‌های انار (Babalar *et al*., 2018) و گوجه‌فرنگی (Zhang *et al*., 2014) تیمار شده با آرژنین و همچنین میوه‌های ازگیل ژاپنی (Cao *et al*., 2009)، هلو (Meng *et al*., 2009) و خیار (Liu *et al*., 2016) تیمار شده با متیل جاسمونات، همخوانی دارد.

نشت یونی و مالون‌دی‌آلدهید

همان‌طور که در شکل ۳-A نشان داده شده است با گذشت ۱۲۰ روز از انبارمانی میزان نشت یونی و مالون‌دی‌آلدهید در همه تیمارها افزایش یافت ولی در همه زمان‌های انبارداری میزان آن در میوه‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد کمتر از میوه های شاهد بود. به‌طوری که میانگین میزان نشت یونی در میوه‌های انار تیمار شده ۴۶/۴۴ و شاهد ۶۲/۱۱ بود و میانگین میزان مالون‌دی‌آلدهید در میوه‌های تیمار شده ۲۴/۳۷ و در میوه‌های شاهد ۳۱/۵۵ بود.

دمای پایین انبار به طور مستقیم از طریق تغییر حالت غشای سیتوپلاسمی از مایع کریستالی به حالت جامد ژل مانند، نفوذپذیری غشا را کاهش داده که با شاخص نشت یونی ارزیابی می‌شود.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری آرژنین (۲ میلی‌مولار) و متیل جاسمونات (۰/۱ میلی‌مولار) بر میزان نشت یونی (A) و مالون‌دی‌آلدهید (B) میوه‌های انار طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۴±۰/۵ درجه سلیسیوس.

Figure 3. Mean comparison effect of intraction between arginine (2 mM) and methyl jasmonate (0.1 mM) on Electrolyte leakage (A) and malondialdehyde content (B) of pomegranate during storage at 4±0.5 °C for 120 days.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

همچنین به‌طور غیرمستقیم سبب تجمع گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) شده که منجر به پراکسیده شدن اسیدهای چرب غشا می‌شود و از طریق اندازه‌گیری میزان تجمع مالون‌دی‌آلدهید ارزیابی می‌شود (Sevillano *et al.*, 2009). تیمارهای آرژنین و متیل جاسمونات از طریق کاهش نشت یونی و مالون‌دی‌آلدهید میزان قهوه‌ای شدن پوست میوه‌های انار را کاهش دادند. تیمارهای آرژنین و متیل جاسمونات نه تنها منجر به کاهش تغییر غشایی پوست میوه ازحالت مایع به جامد شدند، بلکه این تیمارها میزان تنش اکسیداتیو را کاهش داده و از پراکسیده شدن اسیدهای چرب غشای پوست میوه‌های انار توسط ROS و آنزیم لیپوکسیژناز جلوگیری کردند (Sheng *et al.*, 2016). Zhang *et al.* (2010) گزارش کردند میوه‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با آرژنین مقاومت بالاتری به خسارت سرمازدگی نسبت به میوه‌های شاهد از خود نشان دادند و میزان مالون‌دی‌آلدهید و نشت یونی کمتری در مقایسه با تیمار شاهد داشتند که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

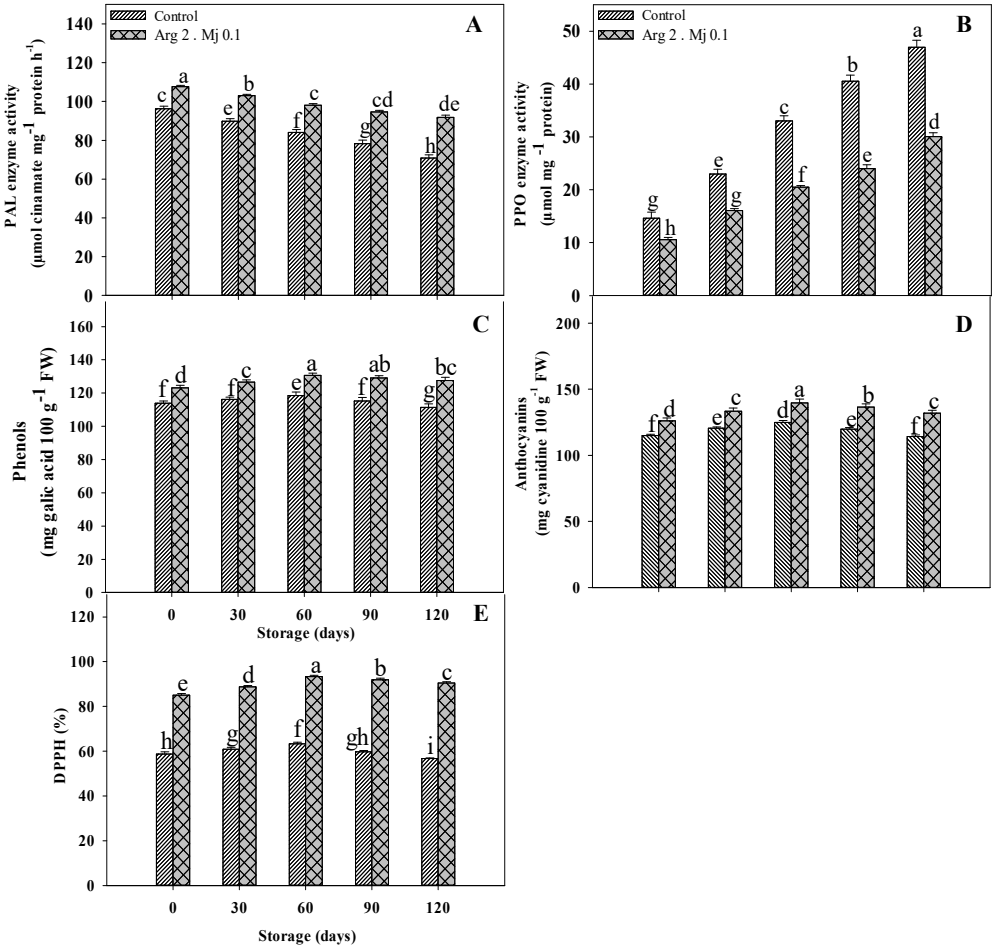
فعالیت‌آنزیم‌های PAL، PPO و کیفیت تغذیه‌ای آریل‌ها

فعالیت آنزیم PAL در میوه‌های انار تیمار شده با ترکیب تیماری آرژنین ۲ میلی‌مولار و متیل جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار طی زمان انبارمانی به طور معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بیشتر (۹۹/۰۳ میکرومول سینامات بر میلی‌گرم پروتئین در یک ساعت) از میوه‌های شاهد (۸۳/۸۵ میکرومول سینامات بر میلی‌گرم پروتئین در یک ساعت) بود (شکل A-۳). میزان فعالیت آنزیم PAL با گذشت زمان انبارمانی در همه تیمارها کاهش یافت. ولی این کاهش در میوه‌های به‌طور معنی‌داری کمتر از میوه‌های شاهد بود (شکل A-۴). همان‌طور که در شکل B-۴ نشان داده شده است، با گذشت ۱۲۰ روز از انبارمانی میزان فعالیت آنزیم PPO در میوه‌های انار تیمار شده و شاهد افزایش یافت ولی در همه زمان‌های اندازه‌گیری شده، کمترین میزان آن در سطح احتمال یک درصد مربوط به میوه‌های تیمارشده (۲۰/۲۴ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) و بیشترین میزان (۳۱/۶۰ میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین) آن مربوط به تیمار شاهد بود. همان‌طور که در شکل C, D, E-۴ نشان داده شده است به ترتیب مقادیر فنل کل، آنتوسیانین‌ها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در آریل‌های میوه انار تیمار شده طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۰/۵±۴ درجه سلسیوس سردخانه بیشتر (فنل کل در سطح احتمال یک درصد، آنتوسیانین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال یک درصد) از میوه‌های شاهد بوده است. ترکیب تیماری آرژنین ۲ میلی‌مولار و متیل جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار میزان فنل کل، آنتوسیانین‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را به ترتیب به میزان ۳۲/۴۲، ۳۰/۵۷ و ۳۸/۱۴ درصد نسبت به میوه‌های شاهد افزایش داد.

افزایش فعالیت آنزیم PAL و کاهش فعالیت آنزیم PPO منجر به تجمع فنل‌ها و آنتوسیانین‌ها می‌شود که نقش مهمی در کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها و سبزی‌ها داشته و با خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد نقش کمکی در سلامت انسان‌ها دارند (Babalar *et al.*, 2018). مشابه این نتایج، در هویج گزارش کردند تیمار متیل جاسمونات با افزایش بیان ژن AOX منجر به افزایش بیان ژن آنزیم PAL شد (Sircar *et al.*, 2012). افزایش بیان ژن و فعالیت آنزیم PAL منجر به افزایش مسیر فنیل پروپانوئید که تولیدکننده فنل‌ها، فلاوونوئیدها و لیگنین‌ها می‌باشد، شده است. فنل‌ها و آنتوسیانین‌های میوه انار ممکن است تحت شرایط دمای پایین انبار توسط آنزیم PPO و پراکسیدازها اکسید و منجر به ظهور رنگ قهوه‌ای در انار شود که بازارپسندی و ارزش اقتصادی آن‌را کاهش می‌دهد (Babalar *et al.*, 2018). در پژوهش حاضر همبستگی منفی و معنی‌داری بین فعالیت آنزیم PAL و PPO ($r=-۰/۹۶^{**}$) و بین فعالیت آنزیم PAL با سرمازدگی ($r=-۰/۹۱^{**}$) و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فعالیت آنزیم PPO با سرمازدگی ($r=۰/۹۷^{**}$) مشاهده شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد میزان بالای نسبت فعالیت آنزیم PAL به PPO در میوه‌های انار سبب افزایش مقاومت میوه‌ها در برابر خسارت سرمازدگی که با قهوه‌ای شدن پوست همراه است، می‌شود. بنابراین در این پژوهش تیمارهای آرژنین و متیل جاسمونات از طریق افزایش نسبت فعالیت آنزیم PAL به PPO سبب افزایش مقاومت میوه‌های انار به خسارت سرمازدگی و کاهش قهوه‌ای‌شدن پوست و آریل‌ها شدند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری آرژنین (۲ میلی‌مولار) و متیل جاسمونات (۰/۱ میلی‌مولار) بر میزان فعالیت آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمونیالایز (PAL) (A) پلی فنل اکسیداز (PPO) (B)، مقدار فنل کل (C)، آنتوسیانین‌ها (D)، ظرفیت جاروب‌کنندگی رادیکال‌های DPPH (E) میوه‌های انار طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۴±۰/۵ درجه سلسیوس.

Figure 4. Mean comparison effect of intraction between arginine (2 mM) and methyl jasmonate (0.1 mM) on PAL and PPO enzymes activity (A and B), total phenols (C), anthocyanins (D) and DPPH scavenging capacity (E) of pomegranate during storage at 4±0.5°C for 120 days.

تیمار قبل از برداشت آرژنین با غلظت ۱ میلی‌مولار سبب کاهش فعالیت آنزیم PPO قسمت آریل و پوست در میوه انار رقم ملس ترش ساوه شد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (Babalar *et al.*, 2018). Dokhanieh *et al.* (2016) گزارش کردند که آریل‌های میوه انار تیمارشده با سالیسیلیک اسید میزان فعالیت آنزیم PPO کمتر و PAL بیشتری در مقایسه با شاهد داشتند که سبب کاهش در میزان قهوه‌ای‌شدن و افزایش در میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. بنابراین در پژوهش حاضر یکی از دلایل افزایش مقاومت میوه‌های انار در برابر خسارت سرمازدگی و کاهش قهوه‌ای شدن پوست و آریل‌های آن را می‌توان به افزایش فعالیت آنزیم PAL و کاهش فعالیت آنزیم PPO توسط ترکیب تیماری آرژنین و متیل جاسمونات نسبت داد.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (APX، CAT، SOD)، میزان هیدروژن پراکسید و آسکوربیک اسید

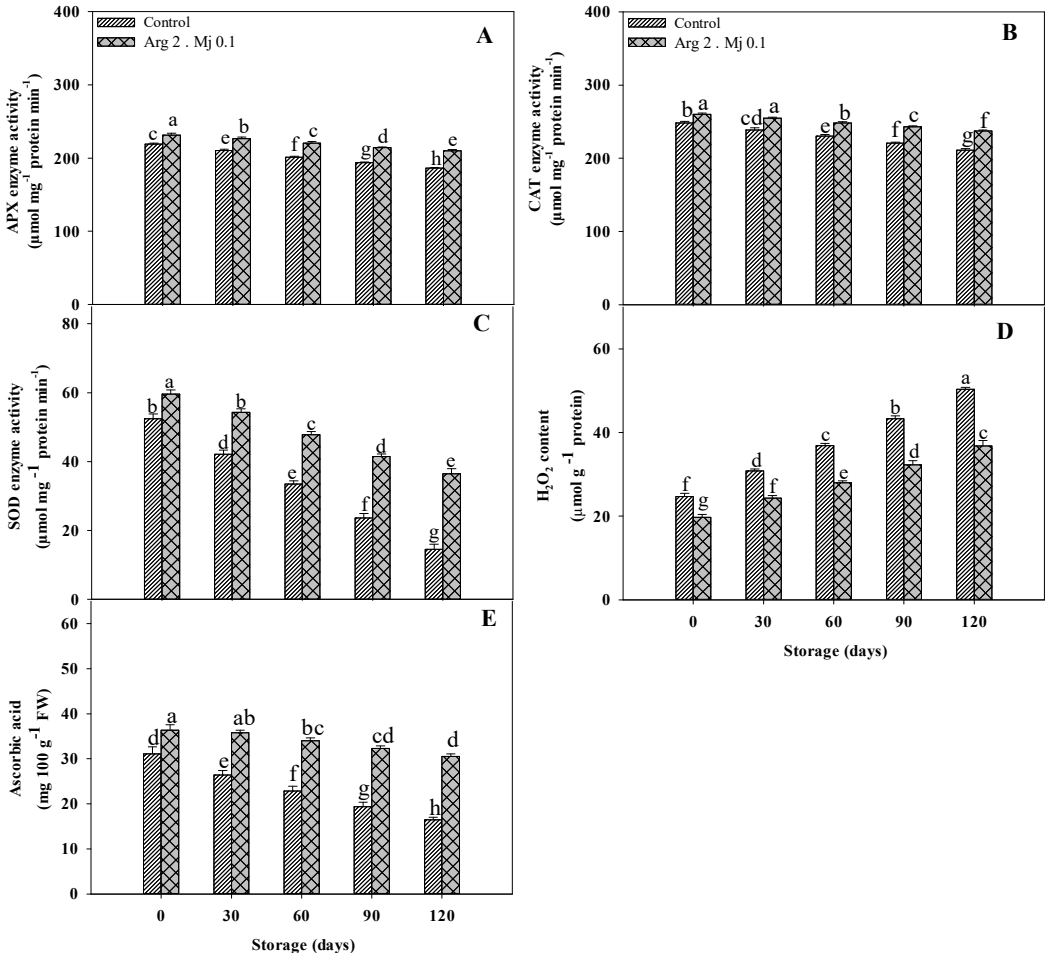
با گذشت زمان انبارمانی میزان فعالیت آنزیم‌های APX، CAT و SOD در همه تیمارها کاهش یافت ولی در همه زمان‌های انبارمانی ترکیب تیماری آرژنین ۲ میلی‌مولار با متیل‌جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار به طور معنی‌داری میزان فعالیت آنزیم‌های APX، CAT و SOD بیشتری (در سطح احتمال یک درصد برای هر سه آنزیم) در

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقایسه با شاهد داشتند (شکل A, B, C-۵). میانگین میزان فعالیت آنزیم APX در میوه‌های تیمارشده ۲۲۰/۶۶ و در میوه‌های شاهد ۲۰۲/۳۷ (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)، میزان فعالیت آنزیم CAT در میوه‌های تیمار شده ۲۴۸/۶۹ و در میوه‌های شاهد ۲۲۹/۸۷ (میکرو مول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)، میزان فعالیت آنزیم SOD در میوه‌های تیمارشده ۴۷/۹۲ و در میوه‌های شاهد ۳۳/۲۳ (میکرومول بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) بود.

در اثر تنش‌های زیستی و غیر زیستی در گیاهان، گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) ایجاد می‌شود. گیاهان به منظور غلبه بر تنش‌های اکسیداتیو از سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی برای از بین‌بردن ROSها استفاده می‌کنند. اولین مرحله سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی در از بین بردن ROS تبدیل O_2^- به H_2O_2 توسط آنزیم SOD می‌باشد. سپس H_2O_2 توسط آنزیم‌های APX و CAT تجزیه می‌شود. (Foyer & Noctor, 2005). آسکوربیک اسید هم نه تنها مسئول از بین بردن ROS می‌باشد، بلکه به عنوان دهنده الکترون به آنزیم APX برای تجزیه H_2O_2 از طریق چرخه AA/GSH است (Wang *et al.*, 2013). گزارش شده است نسبت بالای آنزیم SOD به آنزیم LOX سبب کاهش تجمع O_2^- شده و فعالیت بالای آنزیم‌های CAT، APX و SOD منجر به کاهش تجمع هیدروژن پراکسید شد (Foyer & Noctor, 2005).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری آرژنین (۲ میلی‌مولار) و متیل جاسمونات (۰/۱ میلی‌مولار) بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) (A)، کاتالاز (CAT) (B)، سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) (C)، مقدار هیدروژن پراکسید (H_2O_2) (D) و آسکوربیک اسید (E) میوه‌های انار طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۴±۰/۵ درجه سلیسیوس.

Figure 5. Mean comparison effect of intraction between arginine (2 mM) and methyl jasmonate (0.1 mM) on APX (A), CAT (B), SOD (C), H_2O_2 (D) and ascorbic acid content (E) of pomegranate during storage at 4±0.5 °C for 120 days.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در این پژوهش کاهش میزان هیدروژن پراکسید در میوه‌های انار تیمارشده با آرژنین و متیل جاسمونات را می‌توان به فعالیت بالای آنزیم‌های APX، CAT و SOD در این میوه‌ها نسبت داد. تیمار آرژنین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های APX، CAT و SOD و آسکوربیک اسید و کاهش میزان هیدروژن پراکسید در میوه‌های انار طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۴ درجه سلسیوس شد (Babalar *et al.*, 2018). محلول‌پاشی قبل از برداشت متیل جاسمونات (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) در ارقام بلک اسپلندر (Splender Black) و رویال روزا (Royal Rosa) میوه آلو نشان دادند که تیمار ۰/۵ میلی‌مولار به‌صورت معنی‌داری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های APX، CAT و پراکسیداز (POD) در زمان برداشت و طی ۵۰ روز انبارمانی شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (Zapata *et al.*, 2014). Dokhanieh *et al.* (2016) نشان دادند آریل‌های میوه انار تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان تجمع هیدروژن پراکسید کمتری نسبت به شاهد داشتند. این عمل به دلیل فعالیت بالای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی APX، CAT و SOD در طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۴ درجه سلسیوس بود که با افزایش سیالیت غشای سیتوپلاسمی همراه بود. اکسید شدن فنل‌ها و آنتوسیانین‌ها توسط آنزیم PPO با افزایش میزان تولید هیدروژن پراکسید همراه است که منجر به خسارت اکسیداتیو در محصولات مختلف باغبانی می‌شود (Gao *et al.*, 2016). بنابراین در این پژوهش کاهش تجمع هیدروژن پراکسید در میوه انار نه‌تنها از طریق فعالیت آنزیمی (SOD، CAT و APX) و غیر آنزیمی (تجمع فنل‌ها، آنتوسیانین‌ها و ویتامین ث) کنترل می‌شود بلکه ممکن است درنتیجه کاهش در میزان فعالیت آنزیم PPO نیز اتفاق بیافتد.

نتیجه‌گیری کلی

ترکیب تیماری قبل و پس از برداشت آرژنین ۲ میلی‌مولار و متیل جاسمونات ۰/۱ میلی‌مولار منجر به کاهش میزان خسارت سرمازدگی و همچنین قهوه‌ای شدن میوه انار طی ۱۲۰ روز انبارمانی در دمای ۰/۵±۴ درجه سلسیوس شده است. به نظر می‌رسد این عمل در نتیجه پایین‌بودن فعالیت آنزیم PPO، میزان نشت یونی، مالون‌دی‌آلدهید و بالا بودن فعالیت آنزیم PAL از طریق تیمار ترکیبی آرژنین و متیل جاسمونات بوده است که در نهایت منجر به افزایش فنل کل، آنتوسیانین‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های انار شده است. همچنین پایین بودن میزان تجمع هیدروژن پراکسید و بالابودن میزان آسکوربیک اسید در میوه‌های انار تیمارشده ممکن است در اثر بالا بودن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر APX، CAT و SOD باشد. در این پژوهش تیمار آرژنین و متیل جاسمونات به خوبی توانسته موجب حفظ کیفیت ظاهری و کاهش پوسیدگی میوه‌های انار شود که در بازارپسندی و صادرات آن‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند.

REFERENCES

1. Anonymous. (2016). Statistics on agriculture. Office of Statistics and Information Technology of Agriculture Ministry. Ministry of Agriculture Press, Tehran.
2. Babalar, M., Pirzad, F., Askari Sarcheshmeh, M. A., Talaei, A. & Lessani, H. (2018). Arginine treatment attenuates chilling injury of pomegranate fruit during cold storage by enhancing antioxidant system activity. *Postharvest Biology and Technology,* 137, 31-37.
3. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle-dye binding. *Analytical Biochemistry,* 72, 248-254.
4. Cao, S., Zheng, Y., Wang, K., Jin, P. & Rui, H. (2009). Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. *Food Chemistry*, 115, 1458-1463.
5. Chanjirakul, K., Wang, S. Y., Wang, C. H. & Siriphanich, J. (2007). Natural volatiletreatments increase free-radical scavenging capacity of strawberries and black-berries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1463-1472.
6. Chanjirakul, K., Wang, S. Y., Wang, C. Y. & Siriphanich, J. (2006). Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, 40, 106-115.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

7. Chen, J. Y., He, L. H., Jiang, Y. M., Wang, Y., Joyce, D. C., Ji, ZL. & Lu, W. J. (2008). Role of phenylalanine ammonia-lyase in heat pretreatmentinduced chilling tolerance in banana fruit. *Physiolgy Plant,* 132, 318-328.
8. Dokhanieh, A. Y., Aghdam, M. S. & Sarcheshmeh, M. A. A. (2016). Impact of postharvest hot salicylic acid treatment on aril browning and nutritional quality in fresh-cut pomegranate. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 57, 378-384.
9. Foyer, C. H. & Noctor, G. (2005). Oxidant and antioxidant signalling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant, Cell and Environment*, 28, 1056-1071.
10. Gao, H., Zhang, Z., L, X., Cheng, N., Peng, B. & Cao, W. (2016). Effect of 24-epibrassinolide on chilling injury of peach fruit in relation to phenolic and proline metabolisms. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 390-397.
11. Hodges, D. M., DeLong, J. M., Forney, C. F. & Prange, R. K. (1999) Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta,* 207, 604-611.
12. Kader, A. A. (2006). Postharvest biology and technology of pomegranates, in *Pomegranates: Ancient Roots to Modern Medicine*, ed. by Seeram NP, Schulman RN and Heber D. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 211-220.
13. Levin, G. M. (2006). *Pomegranate* (p. 130). R. Ashton (Ed.). CA: Third Millennium Publications.
14. Liu, Y., Yang, X., Zhu, S. & Wang, Y. (2016). Postharvest application of MeJA and NO reduced chilling injury in cucumber (*Cucumis sativus*) through inhibition of H_2O_2 accumulation. *Postharvest Biology and Technology*, 119, 77-83.
15. Martinez-Espla, A., Zapata, P. J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valero, D. & Serrano, M. (2014). Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 1. Improvement of fruit growth and quality attributes at harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 98, 98-105.
16. McCollum, T.G. & McDonald, R.E. (1991). Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *HortScience*, 26, 1191-1192.
17. Meng, X., Han, J., Wang, Q. & Tian, S. (2009). Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. *Food Chemistry*, 114, 1028-1035.
18. Mirdehghan, SH., Rahemi, M., Castillo, S., Martinez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. (2007). Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Postharvest Biology and Technology,* 44, 26-33.
19. Nakajima, J. I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M. & Saito, K. (2004). LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *BioMed Research International*, 5, 241-247.
20. Nguyen, T.B.T., Ketsa, S. & van Doorn, W.G. (2003). Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology,* 30, 187-193.
21. Nicker, W., Brügger, B. & Wieland, F. T. (1998). Protein and lipid sorting between the endoplasmic reticulum and the Golgi complex. *Seminars in cell and developmental biology*, 9, 493-501.
22. Opara, U. L., Atukuri, J. & Fawole, O. A. (2015). Application of physical and chemical postharvest treatments to enhance storage and shelf life of pomegranate fruit-A review. *Scientia Horticulturae*, *197*, 41-49.
23. Pareek, S., Valero, D. & Serrano, M. (2015). Postharvest biology and technology of pomegranate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*, 2360-2379.
24. Pirzad, F. (2017). *Effect of pre and postharvest treatments of arginine and methyl jasmonate on postharvest chilling injury and nutritional quality of pomegranate cv Malas Saveh*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Tehran University, Iran. (in Farsi)
25. Reyes-Diaz, M., Lobos, T., Cardemil, L., Nunes-Nesi, A., Retamales, J., Jaakola, L. & Ribera-Fonseca, A. (2016). Methyl jasmonate: an alternative for improving the quality and health properties of fresh fruits. *Molecules*, *21*, 567.
26. Sayyari, M. (2009). *Effects of Chemical and non-chemical on resistance to chilling injury and husk scald of pomegranate in storage*. Ph.D. Thesis. Faculty of Horticulturae. Faculty of Agriculture Tehran University, Iran. (in Farsi)
27. Sevillano, L., Sanchez-Ballesta, M. T., Romojaro, F. & Flores, F. B. (2009). Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 555-573.
28. Sheng, L., Zhou, X., Liu, Z. Y., Wang, J. W., Zhou, Q., Wang, L. & Ji, S. J. (2016). Changed activities of enzymes crucial to membrane lipid metabolism accompany pericarp browning in 'Nanguo'pears during refrigeration and subsequent shelf life at room temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 1-8.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

29. Sircar, D., Cardoso, H. G., Mukherjee, C., Mitra, A. & Arnholdt-Schmitt, B. (2012). Alternative oxidase (AOX) and phenolic metabolism in methyl jasmonate-treated hairy root cultures of *Daucus carota* L. *plant physiology*, 169, 657-663.
30. Valero, D., Mirdehghan, S. H., Sayyari, M. & Serrano, M. (2015). In: Processing and Impact on Active Components in Food (Ed), *Vapor treatments, chilling, storage, and antioxidants in pomegranates*. (189-196)Academic Press.
31. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S. & Archbold, D. D. (2006). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 244-251.
32. Wang, Y., Luo, Z., Du, R., Liu, Y., Ying, T. & Mao, L. (2013). Effect of nitric oxide on antioxidative response and proline metabolism in banana during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 8880-8887.
33. Zapata, P. J., Martínez-Esplá, A., Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Martínez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. (2014). Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 2. Improvement of fruit quality and antioxidant systems during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 98, 115-122.
34. Zhang, X., Ji, N., Zhen, F., Ren, P. & Li, F. (2014). Metabolism of endogenous arginine in tomato fruit harvested at different ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 179, 349-355.
35. Zhang, X., Shen, L., Li, F., Meng, D. & Sheng, J. (2013). Amelioration of chilling stress by arginine in tomato fruit: Changes in endogenous arginine catabolism. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 106-111.
36. Zhang, X., Shen, L., Li, F., Zhang, Y., Meng, D. & Sheng, J. (2010). Up-regulating arginase contributes to amelioration of chilling stress and the antioxidant system in cherry tomato fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 2195-2202.
37. Zhang, X., Sheng, J., Li, F., Meng, D. & Shen, L. (2012). Methyl jasmonate alters arginine catabolism and improves postharvest chilling tolerance in cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 64, 160-167.

Archive of SID.ir