مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۴ صفحه‌های ۳۷۷ تا ۳۸۸ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

اثر کاربرد پس از برداشت گاما آمینو بوتیریک اسید، متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات بر سرمازدگی، ویژگی‌های پوست و کیفیت آب میوه پرتقال خونی رقم مورو در دوره انبارمانی سرد[1]

Effect of Postharvest Application of γ-Aminobutyric Acid, Methyl Jasmonate, and Methyl Salicylate on Chilling Injury, Peel Attributes and Fruit Juice Quality of 'Moro' Blood Orange During Cold Storage

فریبرز حبیبی، اصغر رمضانیان*، مجید راحمی، سعید عشقی[2]

چکیده

در این پژوهش، اثر تیمارهای پس از برداشت گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA)، متیل‌جاسمونات (MeJA) و متیل‌سالیسیلات (MeSA) بر سرمازدگی، ویژگی‌های پوست و کیفیت آب‌میوه پرتقال خونی رقم مورو در دمای ۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰٪ به‌مدت ۱۵۰ روز بررسی شد. تیمار GABA در غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار با استفاده از خلاء با فشار ۳۰ کیلو پاسکال به‌مدت ۸ دقیقه و بخار MeJA و MeSA در غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار به‌طور جداگانه به‌مدت ۱۸ ساعت انجام شد. نمونه‌برداری در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ انبارمانی انجام گرفت. تیمارها باعث کاهش سرمازدگی و نشت یونی میوه‌ها شد و میوه‌های شاهد در پایان دوره انبارمانی بیشترین شاخص سرمازدگی و نشت یونی را داشتند. کمترین میزان رطوبت پوست و آب‌میوه و بیشترین میزان ماده‌های جامد محلول کل (TSS) و pH در تیمار شاهد به‌دست آمد. میوه‌های تیمار شده با MeSA کمترین میزان a^* و بیشترین زاویه فام (Hue°) را داشتند. کمترین میزان روشنایی (L^*)، b^*، زاویه فام و کروما در تیمار شاهد به‌دست آمد. در کل غلظت ۱۰۰ میکرومولار MeSA موثرترین تیمار برای کاهش سرمازدگی و حفظ ویژگی‌های پوست و آب میوه پرتقال خونی رقم مورو در دوره انبارمانی بود.

واژه‌های کلیدی: رطوبت پوست، زاویه فام، کروما، ماده‌های جامد محلول کل، نشت یونی.

مقدمه

پرتقال‌های خونی (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) از مهم‌ترین رقم‌های مرکبات بوده و دارای ارزش غذایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیب‌های زیست‌فعال به‌ویژه آنتوسیانین، اسید آسکوربیک، فلاونوئید و اسید هیدروسینامیک می‌باشند (۶).

سرمازدگی محدودکننده انبارمانی میوه‌های پرتقال خونی و سبب افزایش فساد پس از برداشت است. تخریب یاخته‌ای در بافت فلاودو، در اثر قرار گرفتن در دمای پایین انبار (بسته به نوع گونه مرکبات) اتفاق می‌افتد. این نابسامانی فیزیولوژیکی به‌عنوان آسیب سرمازدگی شناخته شده است (۱۰).

سیستم‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدانی، لیپیدهای غشا و نفوذپذیری غشا در تحمل به سرمازدگی درگیر هستند. وقوع خسارت سرمازدگی به نوع میوه، دمای نگهداری و دوره انبارمانی بستگی دارد. اولین مرحله ایجاد آسیب سرمایی تخریب غشای یاخته‌ای است که سبب گسترش نشانه‌های سرمازدگی می‌شود (۲۲). بسیاری از نشانه‌های سرمازدگی مانند پوست‌مردگی سطحی، آب‌گز شدن، کاهش وزن بیشتر و افزایش نشت یون بیانگر عدم توانایی غشا در حفظ ساختار یاخته‌ای است. افزایش تراوایی غشا و افزایش نشت‌یونی از نشانه‌های بافت‌های حساس به سرما است که به‌طور معمول قبل از ظهور نشانه‌های

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۵

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادان بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (ramezanian@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

سرمازدگی صورت می‌پذیرد. نشانه‌های سرمازدگی در مرکبات شامل لکه‌های قهوه‌ای فرو رفته، نکروز و فروپاشی فلاودو است که بازارپسندی میوه را بسیار کاهش می‌دهد (۲).

امروزه افزایش ماندگاری محصول‌های باغی توسط تیمارهای ارگانیک توجه زیادی را در دنیا به خود جلب کرده است. استفاده از ترکیب‌های طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در نگهداری این محصول‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

گاما آمینو بوتیریک اسید[۱] (GABA) یک ترکیب آمینواسیدی چهار کربنه غیرپروتئینی با یک گروه آمینی روی کربن γ می‌باشد و به‌طور گسترده‌ای در باکتری‌ها، گیاهان و جانوران وجود دارد (۲۰). تنش‌های غیرزیستی مانند سرما، گرما، خشکی، پرتو فرابنفش و اکسیژن کم باعث انباشت GABA در گیاهان می‌شود (۳). گاما آمینو بوتیریک اسید در کاهش سرمازدگی پس از برداشت محصول‌های باغبانی نقش دارد و تیمار برون‌زاد آن تحمل به سرمازدگی پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها را افزایش می‌دهد (۲۱). به‌عنوان مثال تیمار پس از برداشت GABA باعث کاهش سرمازدگی در میوه‌های هلو (۱۸، ۲۱) و موز (۲۰) گردید.

متیل‌سالیسیلات[۲] (MeSA) یک ترکیب فرار گیاهی است که از سالیسیلیک‌اسید ساخته می‌شود و در سیستم دفاعی گیاه نقش دارد. کاربرد سالیسیلیک‌اسید، گیاهان را در مقابل عوامل بیماری‌زا محافظت می‌کند و مقاومت اکتسابی، ساخت متابولیت‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در گونه‌های مختلف گیاهی فعال می‌نماید (۷). در دمای پایین تیمار سالیسیلات‌ها آسیب‌های سرمازدگی را به‌وسیله جلوگیری از تولید گونه‌های فعال اکسیژن[۳] (ROS) در تعادل با سطح‌های آنتی‌اکسیدان‌ها و سیستم آنزیمی جاروب‌کنندگی گونه‌های فعال اکسیژن کاهش می‌دهد. جاسمونیک‌اسید و متیل استر آن (متیل‌جاسمونات[۴] (MeJA) که در حالت کلی به جاسمونات‌ها معروف هستند به‌عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی طبیعی جنبه‌های مختلف واکنش گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی را زیر تاثیر قرار می‌دهند (۱۹). جاسمونات‌ها با دخالت در بیان ژن‌های مختلف، گیاهان را در مقابل تنش‌های مختلف محیطی محافظت نموده و از این راه نیز می‌توانند عمر نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها را افزایش دهند (۵). تیمار با بخار متیل‌سالیسیلات و متیل‌جاسمونات باعث کاهش سرمازدگی در میوه انار شده است (۱۷).

دمای پایین به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش‌ها در حفظ کیفیت میوه پرتقال‌های خونی می‌باشد. پرتقال‌های خونی حساسیت بالایی به سرمازدگی دارند و هنگامی که در دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس نگهداری شوند دستخوش تغییرهای متابولیکی مضر و پوسیدگی می‌شوند (۶). از سویی اگر میوه‌ها در سردخانه نگهداری نشوند به سرعت فاسد شده و عمر انبارمانی آن‌ها کاهش می‌یابد. نگهداری میوه در دمای بالا مشکل‌هایی مانند کاهش وزن، چروکیدگی، خشک شدن پوست و پوسیدگی‌های قارچی را به دنبال دارد که برای جلوگیری از آن‌ها، نگهداری میوه پرتقال خونی در دماهای پایین انبار برای افزایش ترکیب‌های زیست‌فعال پیشنهاد شده است، ولی میوه‌ها در این دماها دچار آسیب سرمایی می‌شود (۱۶). بنابراین دستیابی به روش‌هایی که بتواند سرمازدگی را در این گونه محصول‌ها کاهش دهد، می‌تواند باعث افزایش عمرانباری آن‌ها شود. با توجه به این‌که انبارمانی یکی از مهم‌ترین مراحل پس از برداشت است و هر ساله بخش زیادی از میوه‌های پرتقال خونی پس از تولید در شرایط نامناسب انبار شده و از بین می‌رود، بررسی راه‌های مناسب برای جلوگیری از آسیب‌های پس از برداشت در دوره انبارمانی ضروری است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر تیمارهای گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA)، بخار متیل‌جاسمونات (MeJA) و متیل‌سالیسیلات (MeSA) به‌منظور تعدیل سرمازدگی، ویژگی‌های پوست و آب میوه پرتقال خونی رقم مورو در دمای ۳ درجه سلسیوس به مدت ۱۵۰ روز در رطوبت نسبی ۹۰٪ بوده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، میوه‌های پرتقال خونی رقم مورو (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Moro) در مرحله بلوغ تجاری بر اساس شاخص طعم (TSS/TA≥۱۰)، از شهر جهرم استان فارس تهیه و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز منتقل شدند. سپس میوه‌ها با هیپوکلریت سدیم ۲ درصد گندزدایی و با آب مقطر شسته شدند.

تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) (۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار) و بخار متیل‌جاسمونات (MeJA) (۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و متیل‌سالیسیلات (MeSA) (۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و تیمار شاهد (بدون

۱- γ-aminobutyric acid ۲- Methyl salicylate ۳- Reactive oxygen species ۴- Methyl jasmonate

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

تیمار) بودند. تیمار گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) با استفاده از خلا با فشار ۳۰ کیلو پاسکال به‌مدت ۸ دقیقه انجام شد. بخاردهی میوه‌ها در ظرف‌های ۲۰ لیتری پلاستیکی با ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات به‌طور جداگانه انجام شد. برای این منظور ابتدا حجم خالی ظرف با توجه به حجم میوه‌ها محاسبه شد و با توجه به میزان حجم فضای خالی ظرف، به‌مقدار مناسب متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات به چند عدد کاغذ صافی برای رسیدن به غلظت مورد نظر در فضای خالی آغشته شده (به‌دلیل فرار بودن متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات) و به‌مدت ۱۸ ساعت در بین ردیف‌های میوه قرار گرفتند. سپس درب ظرف‌ها باز شده و به‌منظور تبادل هوا دو ساعت در مجاورت هوای آزاد قرار گرفتند. روی میوه‌های شاهد هیچ گونه تیماری انجام نشد. میوه‌ها پس از اعمال تیمار در کیسه‌های پلی اتیلنی با ۱۶ سوراخ به‌منظور تبادل هوا قرار گرفتند.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار (۵ میوه به‌عنوان مشاهده) (در مجموع ۶۳۰ میوه پرتقال خونی) به‌مدت ۱۵۰ روز به‌منظور بررسی اثر تیمارها بر انبارمانی طولانی مدت در دمای بحرانی ۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد انجام گردید. نمونه‌برداری در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ انجام گرفت. برای شبیه‌سازی شرایط عمر قفسه‌ای قبل از اندازه‌گیری فراسنجه‌ها، میوه‌ها به‌مدت دو روز در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند.

شاخص سرمازدگی میوه‌ها در هر یک از زمان‌های نمونه‌برداری مورد بررسی قرار گرفت. میوه‌های دارای لکه‌های پوستی و اختلال‌های ظاهری ناشی از سرمازدگی شمارش شدند. نمره آسیب سرمازدگی به صورت صفر (بدون صدمه)، ۱ (ملایم، با تعداد لکه پوستی کم)، ۲ (متوسط) و ۳ (شدید) گروه‌بندی شد. اندازه‌گیری آسیب سرمازدگی از تقسیم مجموع کل میوه‌هایی که آسیب سرمازدگی ظاهری نشان داده‌اند (لکه‌پوستی) بر کل میوه در هر تیمار به‌دست آمد و میزان شاخص سرمازدگی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۱۳).

$$\text{شاخص سرمازدگی} = \frac{\sum(\text{تعداد میوه‌های هر گروه} \times \text{نمره سرمازدگی گروه})}{\text{کل میوه‌های بررسی شده}}$$

برای اندازه‌گیری نشت‌یونی از قسمت استوایی پوست میوه ۸ تا ۱۰ دیسک به قطر ۱۰ میلی‌متر (به وزن ۱ گرم) با چوب پنبه سوراخ کن برداشته شد. تکه‌های پوست به‌مدت ۱ دقیقه در ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه شسته و سپس در داخل ۱۰ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۳ مولار قرار گرفتند. پس از ۳ ساعت قرار گرفتن روی شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) محلول توسط دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. سپس محلول حاوی نمونه‌ها در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۵ دقیقه قرار گرفت. پس از قرار گرفتن در دمای محیط و هم دما شدن با محیط با اندازه‌گیری مجدد هدایت‌الکتریکی ثانویه (EC_2) میزان درصد نشت‌یونی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲۰).

$$EC\ (\%) = \frac{\text{هدایت الکتریکی اولیه } (EC_1)}{\text{هدایت الکتریکی ثانویه } (EC_2)} \times ۱۰۰$$

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت پوست، سه قسمت مساوی از پوست ۳ عدد میوه در هر تکرار جدا و وزن شده و در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۶ ساعت خشک شدند. سپس پوست‌های خشک دوباره وزن شده و درصد رطوبت پوست با فرمول زیر محاسبه شد (۲).

$$\text{درصد رطوبت پوست} = \frac{(\text{وزن خشک پوست} - \text{وزن تر پوست})}{\text{وزن تر پوست}} \times ۱۰۰$$

شاخص رنگ میوه‌ها با دستگاه رنگ‌سنج (مدل CR400/4P، ساخت ژاپن) به‌صورت L^* (درخشندگی یا روشنی)، a^* (قرمزی- سبزی) و b^* (زردی-آبی) اندازه‌گیری شد و زاویه فام (Hue^o) و میزان خلوص رنگ (کروما) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (۵).

$$Chroma = \sqrt{a^{*2}+b^{*2}} \qquad Hue^o = Arctan\frac{b^*}{a^*}$$

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

برای اندازه‌گیری ماده‌های جامد محلول کل (TSS) میوه از دستگاه رفرکتومتر دستی[1](TI-RBX0032A, Singapore) استفاده شد و بر حسب درصد بیان شد. پی‌اچ و هدایت الکتریکی (EC) عصاره میوه پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه پی‌اچ‌سنج و دستگاه EC سنج اندازه‌گیری شدند (۶). برای اندازه‌گیری درصد عصاره ابتدا میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی وزن شدند. عصاره‌گیری با آب‌میوه‌گیری دستی از میوه‌های پوست گرفته شده انجام شد. درصد عصاره بعد از اندازه‌گیری وزن عصاره با فرمول زیر محاسبه شد (۱۱).

$$\text{درصد عصاره} = \frac{\text{وزن عصاره (میلی‌گرم)}}{\text{وزن میوه (میلی‌گرم)}} \times ۱۰۰$$

واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد شاخص سرمازدگی در دوره انبارمانی افزایش یافت و میوه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری نشانه‌های سرمازدگی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار شده نشان دادند (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری در شاخص سرمازدگی بین میوه‌های تیمارشده و شاهد در روزهای ۳۰ تا ۱۵۰ انبارمانی مشاهده شد. اولین نشانه‌های سرمازدگی در میوه‌های پرتقال خونی پس از ۳۰ روز نگهداری در دمای ۳ درجه سلسیوس ظاهر شد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، شاخص سرمازدگی میوه‌های شاهد در مرحله آخر انبارمانی به شدت افزایش یافت. تیمارهای ۱۰۰ میکرومولار متیل‌سالیسیلات و ۵۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات به طور معنی‌داری سرمازدگی را کاهش دادند. در پایان دوره انبارمانی، تیمار ۲۰ و ۴۰ میلی مولار GABA، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات به‌طور معنی‌داری شاخص سرمازدگی را نسبت به تیمار شاهد، به‌ترتیب به میزان ۳۰/۲۳٪، ۳۷/۲٪، ۴۸/۸۳٪، ۴۶/۵۱٪، ۴۴/۱۸٪ و ۵۵/۸۱٪ کاهش دادند. به طور کلی، تأثیر متیل‌سالیسیلات ۱۰۰ میکرومولار بر کاهش نشانه‌های سرمازدگی بیشتر از دیگر تیمارها بود (شکل ۱).

غشای یاخته‌ای به‌عنوان محل اصلی بروز آسیب سرمازدگی در پوست میوه محسوب می‌شود (۸). در این پژوهش، تیمار بخار MeSA و MeJA اثر بیشتری نسبت به تیمار GABA با خلاء بر افزایش تحمل به سرمازدگی میوه‌های پرتقال خونی داشت. این تفاوت می‌تواند ناشی از عملکردهای مختلف این ترکیب‌ها در بافت‌های گیاهی باشد. در واقع MeSA و MeJA تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند و طبیعت شیمیایی آن‌ها باGABA که یک اسید آمینه غیر پروتئینی است، متفاوت می‌باشد. متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات نقش کلیدی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی برای افزایش تحمل میوه‌ها به دمای پایین بازی می‌کنند (۱۷، ۲۰). در این پژوهش اثر تیمار متیل‌سالیسیلات بر کاهش نشانه‌های سرمازدگی بیشتر از دیگر تیمارها بود. در این رابطه گزارش شده است، تیمار متیل‌سالیسیلات با حفظ سلامت غشای یاخته‌ای، کاهش نشت‌یونی و افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز[2] (PAL) و با بالابردن فعالیت چرخه آسکوربات-گلوتاتیون سبب کاهش آسیب سرمایی می‌شود (۱۷). هم‌چنین، متیل‌سالیسیلات پروتئین‌های شوک حرارتی را تولید می‌کند و در نتیجه سبب مقاومت به آسیب سرمازدگی می‌شود (۴). به‌عنوان مثال، تیمار بخار متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات با غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۱ میلی‌مولار سرمازدگی، نشت یونی و قهوه‌ای شدن درونی میوه انار را در دوره انبارمانی کاهش داد (۱۷). افزون بر این، دمای پایین با تحریک مسیر فنیل‌پروپانوئید فعالیت آنزیم PAL را افزایش می‌دهد. آنزیم PAL آنزیم کلیدی در متابولیسم فنیل‌پروپانوئید بوده و تشکیل اسید ترانس‌سینامیک را از طریق دی‌آمینه کردن اسیدآمینه معطر فنیل‌آلانین کاتالیز می‌کند. با افزایش فعالیت این آنزیم ساخت و انباشت ترکیب‌های فنولی افزایش یافته و در نهایت ترکیب‌های فنولی با ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، مقاومت بافت به تنش‌های زیوا و غیرزیوا را افزایش می‌دهند. افزایش فعالیت این آنزیم به‌عنوان یکی از سازوکارهای مقاومت به سرما در میوه‌ها شناخته شده است. آنزیم PAL با تولید ترکیب‌های فنولی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا نقش مهمی در سازوکار حفاظتی گیاه در برابر آسیب سرمازدگی دارد (۱۲). یکی از سازوکارهای پیشنهادی که GABA خارجی میزان سرمازدگی را کاهش می‌دهد ممکن است از طریق حفظ وضعیت انرژی با تأمین NADH، ATP، و با انباشت

۱- Refractometer
۲- Phenylalanine ammonia-lyase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

GABA درونی در دوره انبارمانی باشد (۲۰). به‌عنوان مثال در پژوهشی تیمار پس از برداشت GABA با غلظت ۵ میلی‌مولار باعث کاهش سرمازدگی و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز در میوه‌های هلو گردید (۲۱). تیمار پس از برداشت میوه‌های هلو با غلظت‌های مختلف GABA باعث افزایش GABA درونی، پرولین و کاهش سرمازدگی میوه‌ها گردید (۱۸). تیمار پس از برداشت میوه موز با GABA باعث کاهش سرمازدگی، نشت یونی، میزان مالون‌دی‌آلدهید (MDA) و افزایش میزان پرولین و فنول‌ها در پوست میوه و باعث حفظ کیفیت موز در دمای بحرانی ۷ درجه سلسیوس گردید (۲۰).

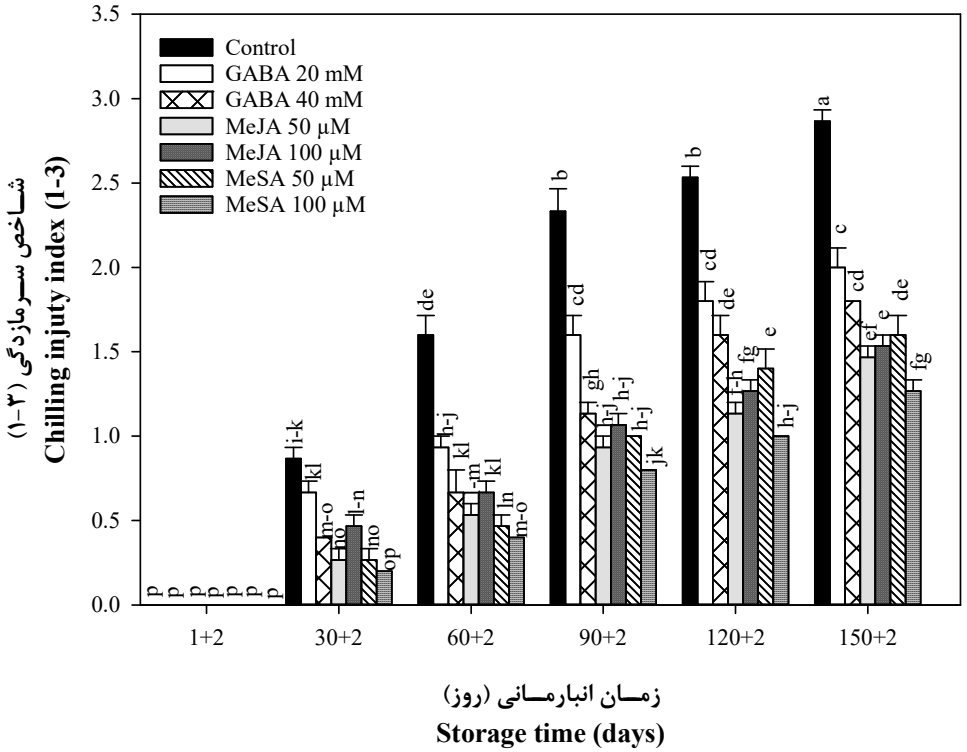


Fig. 1. Chilling injury (CI) index of 'Moro' blood orange fruit treated with GABA, MeJA and MeSA during cold storage. Vertical bars on columns represent standard errors (SE) of means. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۱- شاخص سرمازدگی میوه پرتقال خونی رقم مورو تیمارشده با GABA، MeJA و MeSA در دوره انبارمانی. خط‌های عمودی در هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (SE) میانگین است. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

نشت یونی در دوره انبارمانی افزایش یافت و میوه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری نشت یونی بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار شده داشتند (شکل ۲). همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، نشت یونی میوه‌های شاهد در مرحله آخر انبارمانی به شدت افزایش یافت. تیمارهای ۱۰۰ میکرومولار متیل‌سالیسیلات و ۵۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات به‌طور معنی‌داری نشت یونی را کاهش دادند. تیمار ۲۰ و ۴۰ میلی مولار GABA، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات و متیل‌سالیسیلات نشت یونی را نسبت به تیمار شاهد، به‌ترتیب به میزان ۱۲/۰۶٪، ۱۳/۶۵٪، ۱۶/۰۷٪، ۱۲/۴۸٪، ۱۴/۷٪ و ۲۵/۹۳٪ به‌طور معنی‌داری در پایان دوره انبارمانی، کاهش دادند (شکل ۲). نشت یونی یک شاخص اصلی برای ارزیابی نفوذپذیری و یکپارچگی غشای یاخته‌ای است و به‌طور کلی، به‌عنوان نشانگر مهم برای میزان سرمازدگی میوه انبارشده در دمای پایین استفاده می‌شود (۲۰). افزون بر این، تنش سرما می‌تواند پراکسیداسیون لیپید را افزایش دهد و ساختار غشا را تغییر دهد. بنابراین میزان افزایش نفوذپذیری غشا و افزایش نشت‌یونی از نشانه‌های بافت‌های حساس به آسیب سرمایی است که به‌طور معمول پیش از پیدایش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

نشانه‌های سرمازدگی صورت می‌پذیرد (۸). در این پژوهش، میوه‌های تیمارشده سرمازدگی و به‌همراه آن نشت یونی کمتری داشتند (شکل ۱ و ۲).

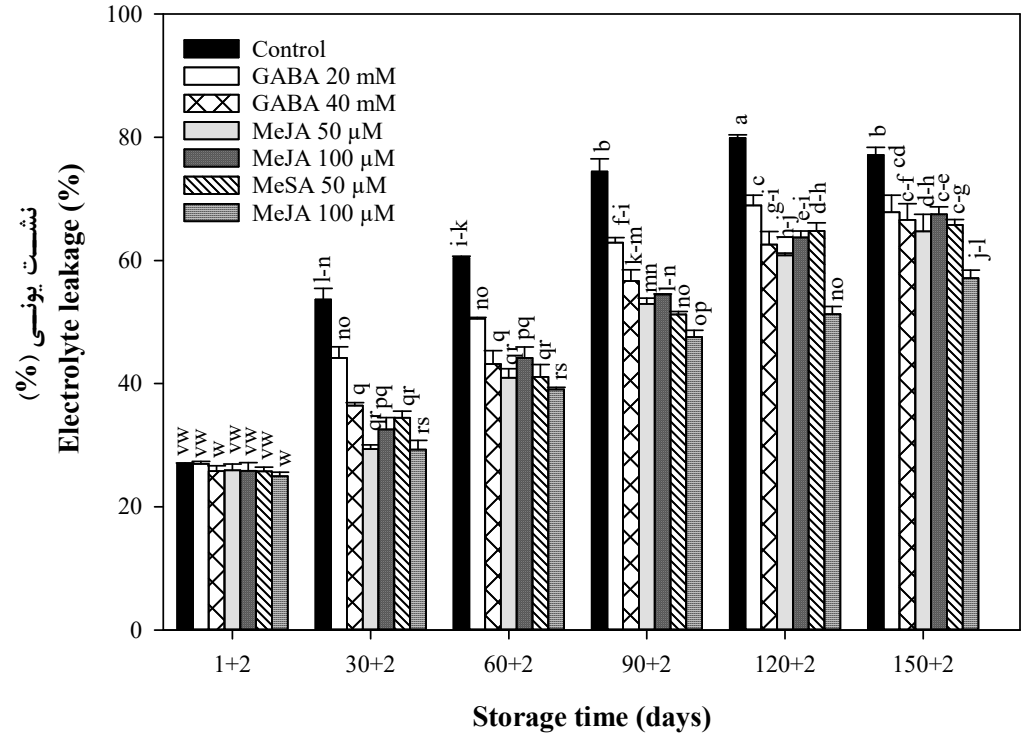


Fig. 2. Electrolyte leakage of 'Moro' blood orange fruit treated with GABA, MeJA and MeSA during cold storage. Vertical bars on columns represent standard errors (SE) of means. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۲- نشت یونی میوه پرتقال خونی رقم مورو تیمارشده با GABA، MeJA و MeSA در دوره انبارمانی. خط‌های عمودی در هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (SE) میانگین است. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده، تیمارها بر درصد رطوبت پوست میوه پرتقال خونی رقم مورو اثر معنی‌داری داشتند (شکل ۳). با افزایش زمان انبارمانی میزان رطوبت پوست در تمامی تیمارها کاهش یافت. هر چند تفاوت معنی‌داری در روز ۳۰ انبارمانی بین تیمارها مشاهده نشد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، در پایان مرحله انبارمانی، کمترین میزان رطوبت پوست در میوه‌های شاهد مشاهده شد. در حالی‌که میوه‌های تیمار شده با غلظت ۱۰۰ میکرومولار متیل‌سالیسیلات و غلظت ۵۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات به‌طور معنی‌داری رطوبت پوست بیشتری داشتند.

آب جز اصلی تشکیل دهنده پوست میوه است و کاهش یا کنترل سرعت از دست‌دهی رطوبت در حفظ میزان آن در مدت انبارمانی موثر است. از دست‌دهی رطوبت به‌طور عمده با تنفس و تبخیر رطوبت از راه پوست همراه است و تیمارها می‌توانند با محدود کردن انتقال آب و حفاظت از پوست میوه در برابر آسیب‌های سرمازدگی مانع خروج رطوبت شوند. آسیب سرمازدگی به دلیل از هم پاشیدگی بافت فلاودو و تماس بین پوست و اتمسفر بیرونی سبب خروج بخار آب می‌شود. استفاده از برخی تیمارها سرمازدگی را کاهش می‌هد و با حفظ ساختار روپوست مانع خروج بخار آب از بافت می‌شود (۱۷). در این پژوهش تیمار متیل‌سالیسیلات به‌طور موثری سبب کاهش از دست‌دهی رطوبت پوست شد که می‌تواند به‌دلیل کاهش سرمازدگی میوه‌ها باشد. افزون بر این گزارش شده است که تیمار متیل‌سالیسیلات از دست‌دهی آب را با بستن روزنه‌های پوست میوه در نارنگی رقم پونکن کاهش می‌دهد (۲۳).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

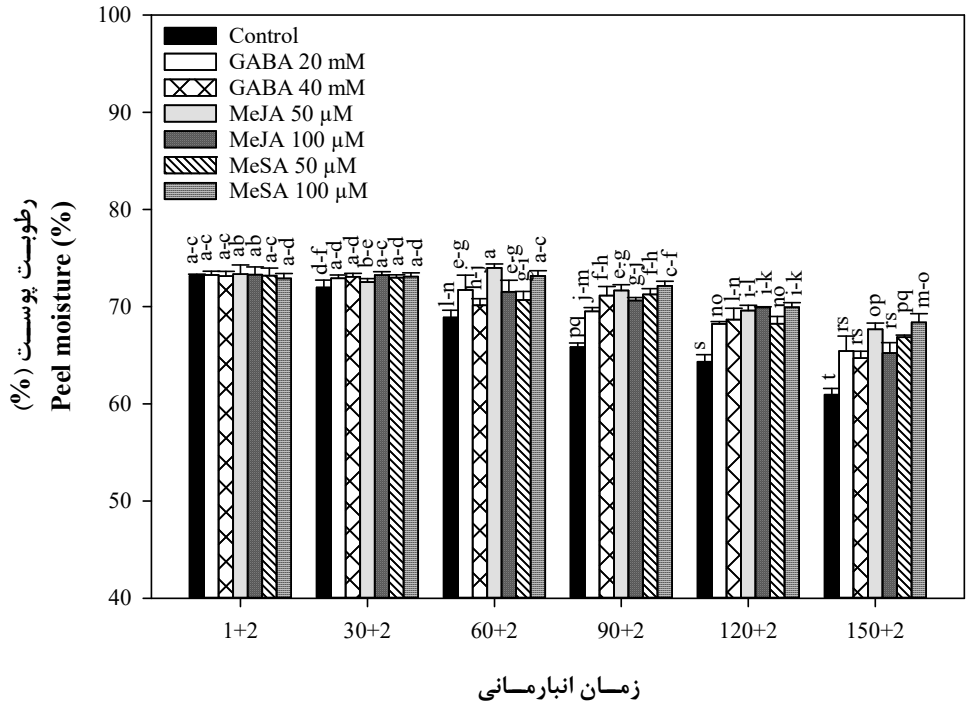


Fig. 3. Peel moisture of 'Moro' blood orange fruit treated with GABA, MeJA and MeSA during cold storage. Vertical bars on columns represent standard errors (SE) of means. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۳- رطوبت پوست میوه پرتقال خونی رقم مورو تیمارشده با GABA، MeJA و MeSA در دوره انبارمانی. خط‌های عمودی در هر ستون نشان دهنده خطاهای استاندارد (SE) میانگین است. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ارزیابی عمر پس از برداشت و کیفیت میوه‌ها است. شاخص L^* به‌عنوان شاخص روشنایی، a^* به‌عنوان شاخص تمایل رنگ بین سبز و قرمز و b^* به‌عنوان شاخص تمایل رنگ بین آبی و زرد هستند و به‌عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی تفاوت رنگ کل میوه محسوب می‌گردند. شاخص کروما به‌عنوان مقدار اشباع شدگی و شدت رنگ و مقدار زاویه فام (Hue°) به‌عنوان شاخصه‌ای از رنگ محسوب می‌گردد که مقدارهای آن از زاویه صفر یا ۳۶۰ درجه نشان‌دهنده رنگ قرمز و زاویه‌های ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ به‌ترتیب بیانگر رنگ‌های زرد، سبز و آبی می‌باشد (۵). نتیجه‌های به‌دست آمده نشان دادند، تیمارها بر رنگ پوست میوه پرتقال خونی رقم مورو اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). در این پژوهش، شاخص روشنایی (L^*)، b^*، زاویه فام و کروما با افزایش دوره انبارمانی کاهش یافت. میوه‌های تیمار شده با بخار متیل‌سالیسیلات و متیل‌جاسمونات شاخص L^* بالاتری داشتند. در دوره انبارمانی شاخص a^* افزایش یافت. افزایش مقدار a^* نشان‌دهنده قرمزی بیشتر می‌باشد. تیمار متیل‌سالیسیلات (۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) کمترین میزان a^* و بیشترین زاویه فام را داشتند. در حالی‌که کمترین میزان L^*، b^*، زاویه فام و کروما در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۱). دلیل کاهش L^*، b^*، زاویه فام، کروما و افزایش a^* در میوه‌های شاهد می‌تواند به دلیل سرمازدگی باشد که از روشنایی میوه‌ها کاسته و با تیره‌تر شدن رنگ پوست زاویه فام و کروما کاهش و a^* افزایش یافت (۵). اگرچه میوه‌های مرکبات نافرازگرا هستند و در دوره رسیدن و بلوغ سرعت تنفس و سطح تولید اتیلن کمی دارد، اما پوست میوه از این فرایند پیروی نمی‌کند و تغییرهای رسیدن پس از برداشت همچنان در پوست میوه رخ می‌دهد (۱۴). در مرکبات پوست با گذشت زمان سبزینه خود را از دست می‌دهد و رنگ‌های کاروتنوئیدی که زیر پوست قرار دارند ظاهر می‌شوند (۱۴). در این پژوهش کاربرد تیمارها به‌ویژه تیمار متیل‌سالیسیلات با کاهش میزان سرمازدگی، کاهش تغییرهای مرتبط با رسیدن پس از برداشت و جلوگیری از پیری باعث حفظ ویژگی‌های رنگ

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

پوست میوه در دوره انبارمانی شد. تیمار پیش از برداشت سالسیلیک‌اسید باعث حفظ ویژگی‌های رنگ پوست میوه پرتقال رقم واشنگتن ناول در دوره انبارمانی در دمای ۵ درجه سلسیوس شد (۱۴). افزون بر این، تیمار پس از برداشت متیل‌سالیسیلات باعث حفظ زاویه فام در میوه گیلاس در دوره انبارمانی گردید (۵).

جدول ۱- اثر تیمارهای GABA، MeJA و MeSA بر رنگ پوست میوه پرتقال خونی رقم مورو در دوره انبارمانی.

Table 1. Effect of GABA, MeJA and MeSA treatments on peel color of 'Moro' blood orange fruit during cold storage.

تیمار Treatment	زمان انبارمانی Storage time	روشنایی L^*	a^*	b^*	زاویه فام Hue angle (°)	کروما Chroma
Control		57.07±0.05 ab	21.5±0.84 k-n	60.04±0.37 b	70.3±0.82 ab	63.78±0.07 b
GABA 20 mM		59.46±1.46 a	24.1±1.53 e-j	64.08±0.69 a	69.4±1.00 a-c	68.48±1.19 a
GABA 40 mM		57±4.56 a-c	21.11±0.14 k-m	63.69±2.67 a	71.64±0.83 a	67.11±2.49 a
MeJA 50 µM	1+2	55.83±1.74 a-c	23.21±2.68 f-k	54.9±0.71 c	67.09±2.64 c-f	59.65±0.39 c
MeJA 100 µM		55.55±0.06 a-c	21.24±1.3 k-n	56.03±2.23 c	69.25±0.41 b-d	59.93±2.55 c
MeSA 50 µM		55.14±4.12 a-e	22.03±0.45 j-l	55.73±1.505 c	68.42±0.93 b-f	59.94±1.23 c
MeSA 100 µM		56.61±2.13 a-c	22.36±0.21 i-l	55.66±0.66 c	68.11±0.05 b-f	59.98±0.69 c
Control		41.32±1.41 o-t	21.59±0.24 k-m	40.99±0.35 hi	62.22±0.06 g-i	46.34±0.43 ij
GABA 20 mM		52.03±0.74 b-g	20.375±0.28 l-o	50.69±0.56 ef	68.1±0.5 b-f	54.64±0.42 d
GABA 40 mM		46.41±2.49 i-n	18.015±0.81 pq	46.08±1.95 g	68.65±0.05 b-e	49.48±2.12 gh
MeJA 50 µM	30+2	48.01±3.41 i-m	19.45±1.14 n-p	45.82±0.26 g	67.01±1.09 d-f	49.78±0.68 fg
MeJA 100 µM		48.13±0.88 f-l	19.56±1.03 m-p	44.9±0.33 g	66.46±1.26 ef	48.99±0.10 gh
MeSA 50 µM		46.08±3.5 i-o	18.15±0.18 pq	45.08±0.1 g	68.06±0.2 b-f	48.60±0.07 g-i
MeSA 100 µM		53.12±0.04 b-f	18.74±1.34 o-q	52.005±1.05 de	70.19±0.94 ab	55.29±1.45 d
Control		45.09±1.33 j-p	21.73±0.09 kl	41.67±1.25 h	62.45±0.61 gh	47.00±1.15 hi
GABA 20 mM		43.34±3.16 l-r	21.11±0.89 k-m	32.15±0.24 l	56.72±1.3 kl	38.47±0.29 n-p
GABA 40 mM		50.18±1.27 e-i	21.67±2.84 k-m	49.06±1.02 g	66.23±2.34 f	53.66±2.08 de
MeJA 50 µM	60+2	55.05±1 a-c	20.4±0.1 l-o	54.31±1.75 cd	69.4±0.61 a-c	58.02±1.64 c
MeJA 100 µM		56.27±2.45 a-d	26.53±1.47 a-c	52.58±0.92 de	63.24±0.88 g	58.90±1.49 c
MeSA 50 µM		46.8±1.74 i-n	17.5±0.35 pq	40.71±2.32 hi	66.71±0.77 ef	44.32±2.28 jk
MeSA 100 µM		51.98±3.05 c-g	24.16±0.83 e-i	46.11±0.08 g	62.35±0.85 g-i	52.06±0.32 ef
Control		34.7±3.3 u	25.2±1.99 c-f	23.17±2.22 qr	42.57±0.49 q-s	34.24±2.97 qr
GABA 20 mM		38.97±4.1 q-u	22.7±0.52 h-k	25.96±0.4 o	48.84±0.21 n	34.49±0.64 qr
GABA 40 mM		42.85±0.49 n-s	23.18±0.87 f-k	34.96±2.62 jk	56.37±2.97 l	41.98±1.7 k-m
MeJA 50 µM	90+2	42.18±0.81 n-s	25.58±0.8 b-e	34.62±1.71 jk	53.51±2.21 m	43.07±0.9 kl
MeJA 100 µM		38.6±1.29 r-u	21.47±0.08 k-n	22.12±1.95 r	45.78±2.42 op	30.84±1.45 s
MeSA 50 µM		40.99±4.08 p-t	22.01±1.2 j-l	36.62±2.85 j	58.97±0.6 jk	42.73±3.07 k-m
MeSA 100 µM		34.57±4.99 u	15.24±0.39 r	26.58±0.46 no	60.17±1.06 h-j	30.64±0.21 s
Control		43.06±2.66 l-r	22.08±2.92 i-l	28.46±0.81 mn	52.32±2.89 m	36.05±2.43 pq
GABA 20 mM		42.95±2.55 m-r	25.19±0.24 c-f	29.29±1.91 m	49.25±2.12 n	38.65±1.29 no
GABA 40 mM		34.71±2.05 u	27.92±1.15 a	23.47±0.6 p-r	40.07±0.44 t	36.48±1.27 o-q
MeJA 50 µM	120+2	40.3±0.59 p-t	21.18±1.27 k-n	27.48±1.6 m-o	52.38±0.05 m	34.70±2.04 qr
MeJA 100 µM		41.78±0.51 n-t	27.12±1.82 ab	22.95±0.7 r	40.27±1.04 st	35.54±1.85 q
MeSA 50 µM		43.96±1.48 k-q	22.92±1.82 g-k	21.67±0.77 r	43.45±1.25 p-r	31.55±1.85 s
MeSA 100 µM		34.88±0.42 u	24.76±0.92 e-h	21.63±1.22 r	41.12±0.55 st	32.89±1.50 rs
Control		37.78±1.46 s-u	21.32±0.71 k-n	23.03±0.77 qr	47.2±0.00 no	31.39±1.05 s
GABA 20 mM		36.835±2.55 tu	23.01±0.7 g-k	25.3±2.57 o-q	47.62±2.04 no	34.22±2.38 qr
GABA 40 mM		51.365±6.99 e-h	25.01±1.06 c-g	33.27±1.73 kl	53.06±0.27 m	41.63±2.02 lm
MeJA 50 µM	150+2	37.805±1.42 s-u	26.22±2.43 a-d	25.57±1.06 op	44.35±3.84 pq	36.68±1.00 o-q
MeJA 100 µM		49.845±0.73 e-i	24.02±2.77 e-j	41.67±0.75 h	60.11±2.42 ij	48.13±2.03 g-i
MeSA 50 µM		49.005±6.29 f-k	20.47±0.02 l-o	34.74±0.005 jk	59.49±0.03 j	40.33±0.01 mn
MeSA 100 µM		43.61±1.28 l-r	16.64±0.43 qr	39.14±1.73 i	66.96±0.38 d-f	42.54±1.76 k-m

Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test. The results are represented by standard deviation (SD) of means.

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. نتایج با انحراف معیار (SD) میانگین نشان داده شده‌اند.

میزان آب میوه در دوره انبارمانی روند کاهشی داشت (شکل ۴-الف). بیشترین میزان آب میوه در مرحله اول نمونه برداری بود. در مرحله چهارم، پنجم و ششم نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. در مرحله آخر نمونه‌برداری

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

بیشترین میزان آب میوه در تیمار ۱۰۰ میکرومولار متیل‌سالیسیلات اندازه‌گیری شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای متیل‌جاسمونات نداشت. کمترین میزان آب میوه در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد (شکل ۴-الف). آب عنصر اصلی در وزن میوه است. افزایش اختلاف فشار بخار بین بافت و هوای اطراف سبب افزایش تعرق و آب ازدست‌دهی میوه در اثر کاهش رطوبت می‌شود. در این پژوهش، روند کاهش میزان آب میوه در تیمار متیل‌سالیسیلات کندتر بود که به‌احتمال به‌دلیل خنثی نمودن رادیکال‌های آزاد و حفظ سلامت غشای یاخته‌ای، از آسیب به غشا با کاهش آسیب سرمایی مانع از خشک شدن کسیه‌های آب می‌شود (۱۷).

ماده‌های جامد محلول کل (TSS) در تمام تیمارها از روز ۱ تا ۹۰ انبارمانی افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۴-ب). بیشترین میزان TSS در میوه شاهد مشاهده شد. در پایان مرحله انبارمانی، تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده با GABA، MeJA و MeSA وجود نداشت (شکل ۴-ب). بیش از ۸۵٪ مقدار TSS در میوه‌های مرکبات قندها هستند. بنابراین مقدار TSS یک شاخص عالی برای سنجش مقدار قند میوه مرکبات است. شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری به‌خصوص قندهای موجود در دیواره یاخته‌ای موجب افزایش میزان TSS میوه می‌شود. در میوه‌های فرازگرا افزایش TSS بیشتر به‌دلیل تبدیل نشاسته به قندهای محلول رخ می‌دهد. تجزیه نشاسته پیش از بلوغ میوه، منبع عمده قندهای میوه (ساکارز، گلوکز، فروکتوز) می‌باشد که سبب شیرین شدن میوه می‌شود. میوه مرکبات فرازگرا نیست و افزایش TSS در مرکبات نمی‌تواند به‌دلیل تبدیل نشاسته باشد (۱). در این پژوهش، TSS در دوره انبارمانی افزایش یافت که این افزایش به‌احتمال به‌دلیل افزایش غلظت ماده خشک ناشی از کاهش در مقدار آب میوه در دوره انبارمانی باشد. هم‌چنین افزایش TSS در دوره نگهداری در انبار می‌تواند در نتیجه کاهش آب میوه به واسطه فرآیند تعرق و تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده و تغلیظ آب میوه به‌خاطر از دست دادن رطوبت باشد. افزایش TSS در میوه ممکن است به علت فعالیت آنزیم‌هایی مثل اینورتاز که ساکارز را تجزیه می‌کند، باشد (۶). در این پژوهش، TSS کمی بعد از ۹۰ روز روند کاهشی داشت که به‌احتمال به‌دلیل مصرف قندها در واکنش‌های تنفسی همراه با اسیدهای آلی برای تولید ATP در دوره انبارمانی طولانی مدت باشد (۷).

در این پژوهش pH آب میوه تا روز ۹۰ انبارمانی افزایش یافت و سپس تا مرحله پایان انبارمانی کاهش یافت (شکل ۴-ج). میوه‌های شاهد میزان pH بالاتری نسبت به میوه‌های تیمار شده داشتند. افزایش pH به علت فعالیت‌های زیست‌شیمیایی داخل میوه است که سبب می‌شود اسید آلی موجود در میوه به فرآورده‌های قندی تبدیل شوند (۱). اسید سیتریک در بین اسیدهای آلی ماده اصلی تنفس و اسید غالب مرکبات است که به‌همراه قندها به‌ویژه گلوکز با مصرف تدریجی در فرایند تنفسی از میزان آن کاسته شده و سبب افزایش pH عصاره میوه می‌شود (۱۵). بنابراین بالا رفتن pH میوه می‌تواند بیانگر مصرف اسیدهای آلی در دوره انبارمانی باشد. گزارش شده است که فعالیت آنزیم V-ATPase[۲] و H^+-Ppase یا V-PPase[۳] باعث تخلیه پروتون از واکوئل در مدت رسیدگی و پیری میوه می‌شود و یک ارتباط نزدیک بین بالا بودن میزان فعالیت این آنزیم و افزایش pH وجود دارد. بنابراین، سرمازدگی بیان ژن‌های V-ATPase و H^+-PPase یا V-PPas را کمی افزایش می‌هد که می‌تواند با میزان pH در ارتباط باشد که با طولانی شدن دوره انبارمانی در دمای پایین با افزایش میزان سرمازدگی، pH افزایش یابد (۹). افزایش pH در دوره انبارمانی نشان دهنده آسیب سرمازدگی است. در این پژوهش سرمازدگی در میوه‌های شاهد بیشتر از میوه‌های تیمار شده بود که می‌تواند دلیل بالاتر بودن pH باشد. افزون بر این، کاهش TA بیانگر مصرف اسیدهای آلی در اثر افزایش شدت تنفس در اثر آسیب سرمایی است بنابراین، کاهش TA با افزایش pH همراه است (۲۲). در این پژوهش میوه‌های تیمارشده با متیل‌سالیسیلات دارای pH پایین‌تری نسبت به تیمار شاهد بود که می‌تواند به‌دلیل کاهش آسیب سرمازدگی و کاهش تنفس یاخته‌ای و در نتیجه کاهش مصرف اسیدهای آلی باشد (۱۷).

هدایت الکتریکی (EC) آب میوه زیر تاثیر تیمارها قرار نگرفت و هیچ تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۴-د). میزان EC آب میوه زیر تاثیر زمان انبارمانی قرار گرفت و تا روز ۹۰ انبارمانی افزایش و تا پایان مرحله انبارمانی کاهش یافت. به‌احتمال افزایش EC عصاره میوه در دوره انبارمانی نشان‌دهنده نشت کاتیون‌ها از غشای سیتوپلاسمی سلول‌های بافت میوه به‌دلیل فرایند پیری باشد (۲).

۲- Vacuolar ATPase ۲- Proton-pumping pyrophosphatase ۳- Vacuolar-type inorganic pyrophosphatase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

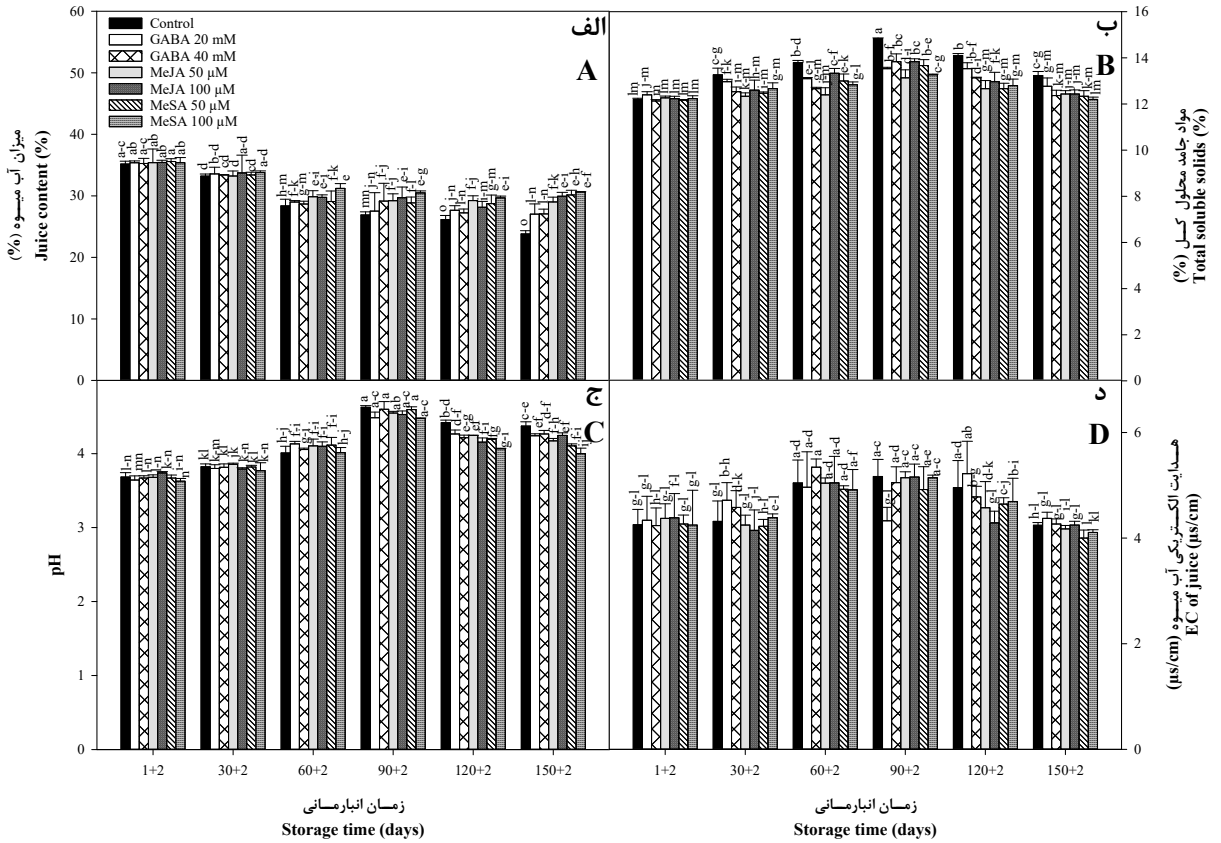


Fig. 4. Effect of treatments on juice content (A), TSS (B), pH (C) and EC (D) of 'Moro' blood orange fruit during cold storage. Vertical bars on columns represent standard errors (SE) of means. Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۴- اثر تیمارها بر میزان آب میوه (الف)، ماده‌های جامد محلول کل (TSS) (ب)، pH (ج) و EC آب میوه (د) میوه پرتقال خونی رقم مورو در دوره انبارمانی. خط‌های عمودی در هر ستون نشان دهنده خطاهای استاندارد (SE) میانگین است. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف‌های مشابه هستند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که تیمارهای پس از برداشت به‌کار رفته باعث کاهش نشانه‌های سرمازدگی و حفظ ویژگی‌های کیفی پوست و آب میوه شدند. در بین تیمارها، غلظت ۱۰۰ میکرومولار متیل‌سالیسیلات مؤثرترین تیمار در دوره انبارمانی بود. بنابراین تیمار متیل‌سالیسیلات می‌تواند به‌عنوان راهکاری کاربردی برای کاهش سرمازدگی و حفظ ویژگی‌های پوست و آب میوه پرتقال خونی رقم مورو در دوره انبارمانی طولانی مدت مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

References

۱. حبیبی، ف و ا، رمضانیان. ۱۳۹۶. تغییرهای فیزیکوشیمیایی و ترکیب‌های زیست‌فعال میوه پرتقال خونی رقم سانگین در دوره رسیدن. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۱۸ (۴): ۳۷۶-۳۶۵.

2. Alferez, F., M. Agusti and L. Zacarias. 2003. Postharvest rind staining in Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential. Postharvest Biol. Technol. 28 (1):143-152.

3. Deewatthanawong, R., J.F. Nock and C.B. Watkins. 2010. γ-Aminobutyric acid (GABA) accumulation in four strawberry cultivars in response to elevated CO_2 storage. Postharvest Biol. Technol. 57 (2): 92-96.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

4. Ding, C.K., C. Wang, K.C. Gross and D.L. Smith. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. Planta, 214 (6): 895-901.
5. Giménez, M.J., J.M. Valverde, D. Valero, P.J. Zapata, S. Castillo and M. Serrano. 2016. Postharvest methyl salicylate treatments delay ripening and maintain quality attributes and antioxidant compounds of 'Early Lory' sweet cherry. Postharvest Biol. Technol. 117: 102-109.
6. Habibi, F. and A. Ramezanian. 2017. Vacuum infiltration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage. Food Chem. 227: 1-8.
7. Huang, X., J. Li, H. Shang and X. Meng. 2015. Effect of methyl jasmonate on the anthocyanin content and antioxidant activity of blueberries during cold storage. J. Sci. Food Agr. 95 (2): 337-343.
8. Lado, J., M.J. Rodrigo, M. López-Climent, A. Gómez-Cadenas and L. Zacarías. 2016. Implication of the antioxidant system in chilling injury tolerance in the red peel of grapefruit. Postharvest Biol. Technol. 111: 214-223.
9. Marsh, K., S. Attanayake, S. Walker, A. Gunson, H. Boldingh and E. MacRae. 2004. Acidity and taste in kiwifruit. Postharvest Biol. Technol. 32: 159-168.
10. Molinu, M.G., A. Dore, A. Palma, S. D'Aquino, E. Azara, V. Rodov and G. D'hallewin. 2016. Effect of superatmospheric oxygen storage on the content of phytonutrients in 'Sanguinello Comune' blood orange. Postharvest Biol. Technol. 112: 24-30.
11. Moscoso-Ramírez, P.A. and L. Palou. 2014. Effect of ethylene degreening on the development of postharvest *Penicillium* molds and fruit quality of early season citrus fruit. Postharvest Biol. Technol. 91: 1-8.
12. Nguyen, T.B.T., S. Ketsa, and W.G. van Doorn. 2003. Relationship between browning and the activities of polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. Postharvest Biol. Technol. 30 (2):187-193.
13. Palma, A., S. D'Aquino, S. Vanadia, A. Angioni and M. Schirra. 2013. Cold quarantine responses of 'Tarocco'oranges to short hot water and thiabendazole postharvest dip treatments. Postharvest Biol. Technol. 78: 24-33.
14. Ramezanian, A., R. Dadgar and F. Habibi. 2018. Postharvest attributes of 'Washington Navel' orange as affected by preharvest foliar application of calcium chloride, potassium chloride, and salicylic acid. Int. J. Fruit Sci. 18(1): 68-84.
15. Rapisarda, P., M.L. Bianco, P. Pannuzzo and N. Timpanaro. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. Postharvest Biol. Technol. 49 (3): 348-354.
16. Rapisarda, P., S.E. Bellomo and S. Intelisano. 2001. Storage temperature effects on blood orange fruit quality. J. Agr. Food Chem. 49 (7): 3230-3235.
17. Sayyari, M., M. Babalar, S. Kalantari, D. Martínez-Romero, F. Guillén, M. Serrano and D. Valero. 2011. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. Food Chem. 124 (3): 964-970.
18. Shang, H., S. Cao, Z. Yang, Y. Cai and Y. Zheng. 2011. Effect of exogenous γ-aminobutyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. J. Agr. Food Chem. 59(4): 1264-1268.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

19. Wang, S.Y., L. Bowman, and M. Ding. 2008. Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. Food Chem.107(3): 1261-1269.
20. Wang, Y., Z. Luo, X. Huang, K. Yang, S. Gao and R. Du. 2014. Effect of exogenous γ-aminobutyric acid (GABA) treatment on chilling injury and antioxidant capacity in banana peel. Sci. Hort. 168: 132-137.
21. Yang, A., S. Cao, Z. Yang, Y. Cai and Y. Zheng. 2011. γ-Aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defence response of peach fruit. Food Chem. 129 (4): 1619-1622.
22. Zhang, C. and S. Tian. 2009. Crucial contribution of membrane lipids unsaturation to acquisition of chilling-tolerance in peach fruit stored at 0° C. Food Chem. 115 (2): 405-411.
23. Zheng, Y. and Q. Zhang. 2004. Effects of polyamines and salicylic acid postharvest storage of 'Ponkan' mandarin. Acta Hort. 632: 317-320.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (4): 377-388 (2019)
Research article

Effect of Postharvest Application of γ-Aminobutyric Acid, Methyl Jasmonate and Methyl Salicylate on Chilling Injury, Peel Attributes and Fruit Juice Quality of 'Moro' Blood Orange During Cold Storage

F. Habibi, A. Ramezanian*, M. Rahemi, S. Eshghi[1]

In this study, the effects of postharvest application of γ-aminobutyric acid (GABA), methyl jasmonate (MeJA) and methyl salicylate (MeSA) on chilling injury, peel attributes and fruit juice quality of 'Moro' blood orange during cold storage at 3 °C and 90% RH for 150 days was investigated. GABA treatment at concentrations of 20 and 40 mM using vacuum at 30 kPa for 8 minutes and MeJA and MeSA vapor treatments at 50 and 100 µM separately for 18 hours were used. Sampling was carried out on 1, 30, 60, 90, 120 and 150 days of storage. Treatments reduced the chilling injury and electrolyte leakage. Control fruit had the highest index of chilling injury and electrolyte leakage at the end of the storage period. The lowest peel moisture and fruit juice and the highest total soluble solids (TSS) and pH were obtained in control fruit. MeSA treatments had the lowest *a** and the highest Hue° while the lowest lightness (*L**), *b**, Hue° and chroma were obtained in control fruit. Overall, 100 µM MeSA was the most effective treatment for reducing chilling injury and maintaining the peel and fruit juice attributes of 'Moro' blood orange during cold storage.

Keywords: Chroma, Electrolyte leakage, Hue angle, Peel moisture, Total soluble solids.

1. Ph.D. Student, Associate Professor and Professors of Horticultural Science, Department of Horticulture, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
* Corresponding author, Email: (ramezanian@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.4.10.3]