

## کاربرد پس از برداشت متیل جاسمونات بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیلاس رقم تک‌دانه مشهد

علی بی‌ستی<sup>۱</sup> و حمید حسن‌پور<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه  
۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۶)

### چکیده

میوه گیلاس پس از برداشت، به‌سرعت دچار زوال شده و در برخی موارد به‌دلیل مدت زمان انتقال و بازاریابی، با کیفیت مناسب به‌دست مصرف‌کنندگان نمی‌رسد. بنابراین استفاده از ترکیبات طبیعی جهت افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت آن ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش از تیمار متیل جاسمونات در غلظت‌های صفر، ۷ و ۱۴ میکرومول در لیتر جهت افزایش عمر پس از برداشت و کیفیت میوه‌های گیلاس در طول دوره نگهداری در سردخانه‌ی با دمای  $1 \pm 0/1$  درجه‌سانتی‌گراد استفاده شد و صفات مورد نظر در دو زمان ۱۵ و ۳۰ روز بعد از انبارداری اندازه‌گیری شدند. شاخص‌های کیفی نظیر pH، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدهای قابل تیتر (TA)، آنتی‌اکسیدان کل، فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که متیل جاسمونات به‌طور معنی‌داری باعث حفظ pH، افزایش TA، افزایش میزان TSS/TA و همچنین موجب افزایش آنتی‌اکسیدان کل، فنل کل و فلاونوئید کل شده و از افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز جلوگیری کرده است ولی بر روی TSS، تأثیری نداشته است. نتایج این پژوهش نشان داد که متیل جاسمونات موجب افزایش عمر پس از برداشت محصول از طریق افزایش آنتی‌اکسیدان کل و کاهش میزان پیری شده است.

**کلمات کلیدی:** آنتوسیانین کل، ترکیبات طبیعی، گیلاس، ماندگاری

## مقدمه

گیاهان در برابر آسیب‌های اکسیداتیو از طریق تولید آنزیم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی پاسخ داده و از تخریب بیشتر سلول‌ها جلوگیری می‌کنند (جیل و توتجا<sup>۶</sup>، ۲۰۱۰).

جاسمونات‌ها گروهی از فیتوهورمون‌های گیاهی بوده که باعث تنظیم طیف گسترده‌ای از فرآیندهای رشد و نمو گیاه از جمله پاسخ‌های دفاعی آن در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شوند (بروز<sup>۷</sup>، ۲۰۰۹ و واسترنیک<sup>۸</sup>، ۲۰۱۴) و عمدتاً از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی منجر به کاهش اثرات مخرب تنش‌ها می‌شوند. سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی به دو گروه آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی و آنزیمی تقسیم می‌شوند. آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی شامل آسکوربات، گلوتاتیون، توکوفرول، فنل، آلکالوئیدها و کاروتنوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی عمدتاً شامل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و غیره می‌باشند (واورده<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). مشخص شده است که کاربرد متیل‌جاسمونات باعث کاهش میزان پوسیدگی از طریق افزایش هر دو سیستم آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد شده است (چانجیراکول<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهش‌های مشابه متیل‌جاسمونات باعث افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تمشک شده و بیشترین فعالیت

گیلاس از جمله میوه‌هایی است که در اوایل فصل تابستان برداشت شده و ارزش اقتصادی بالای دارد، از جمله شاخص‌های ارزشمند و بازاریابند این میوه رنگ پوست آن است که با رسیدن میوه و در اثر تجمع آنتوسیانین و افزایش نسبت TSS/TA در موقع رسیدن تشکیل می‌شود (مارتینز رومرو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵ و سرانو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). گیلاس در مرحله بعد از برداشت به سرعت فاسد شده و در برخی موارد بدون داشتن کیفیت ظاهری بدست مصرف کننده می‌رسد. دلایل اصلی ضایعات گیلاس عبارتند از: کاهش وزن، تغییرات رنگ و نرمی، فرورفتگی سطحی، قهوه‌ای شدن ساقه و کاهش اسیدیته. این در حالی است که تغییرات کمتری در مقدار جامد محلول رخ می‌دهد (برنالت<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

هنگامی که گیاهان در معرض تنش قرار می‌گیرند شروع به تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) از جمله رادیکال‌های هیدروکسیل (OH<sup>-</sup>)، رادیکال‌های سوپراکسید (O<sup>2-</sup>)، پراکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) می‌شوند که اینها نیز باعث آسیب اکسیداتیو می‌گردند (پاندا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۳a,b). افزایش گونه‌های فعال اکسیژن باعث اکسیداسیون لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (جیل و سینگلر<sup>۵</sup>، ۱۹۹۵).

6. Gille and Tuteja  
7. Browse  
8. Wasternack  
9. Valverde  
10. Chanjirakul

1. Martinez-Romero  
2. Serrano  
3. Bernalte  
4. Panda  
5. Gille and Singler

حفظ کیفیت میوه گیلاس رقم تک‌دانه مشهد استفاده گردید.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در یک باغ تجاری در ارومیه انجام شد. میوه‌های گیلاس در حالت بلوغ تجاری برداشت شده و به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه منتقل شدند و از لحاظ شکل، رنگ، اندازه، عاری بودن از آفات و بیماری‌ها و صدمات ظاهری بررسی شدند و پس از تیمار در ظروف پلاستیکی بسته‌بندی شدند. میوه‌های گیلاس پس از بسته‌بندی تا زمان اتمام آزمایشات لازم در سردخانه نگهداری شدند و با فاصله زمانی هر ۱۵ روز صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد.

### تیمار میوه‌ها با بخار متیل جاسمونات

برای تیمار میوه‌ها با بخار متیل جاسمونات در غلظت‌های ۷ و ۱۴ میکرومول در لیتر میوه‌ها به داخل جعبه‌هایی با حجم  $4 \text{ cm}^3 \times 1000 \times 1000$  منتقل شده و با کاغذهای صافی آغشته به بخار متیل جاسمونات (Sigma Aldrich) مورد تیمار قرار گرفتند و میوه‌ها در داخل جعبه و در دمای اتاق به مدت ۱۶ ساعت قرار داده شدند تا بطور کامل و یکنواخت با بخار متیل جاسمونات تیمار شوند. سپس میوه‌ها از جعبه بیرون آورده شد و بعد به داخل سردخانه با دمای  $1 \pm 0/1$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد منتقل گردیدند.

آن زمانی بود که میوه‌ها با غلظت ۲۴ میکرومول در لیتر متیل جاسمونات تیمار شده بودند (قاسم‌نژاد و جواهردشتی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز موجب تبدیل ترکیبات فنلی به کوینون شده و باعث قهوه‌ای شدن بافت می‌شود. همچنین مطالعات نشان داده است که قرار گرفتن میوه‌های پاپایا (گونزالیس آکویلا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۳) و گوجه فرنگی (دینگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۱) در معرض بخار متیل جاسمونات از وقوع سرمازدگی و پوسیدگی قارچی پس از برداشت جلوگیری کرده و بدین طریق باعث افزایش عمر انبارداری می‌گردد. در مطالعه دیگر آیالا زوالا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند که تیمار متیل جاسمونات در توت فرنگی باعث افزایش معنی‌دار در محتوی فنل کل میوه گردید.

امروزه به دلیل آگاهی مصرف‌کنندگان، تقاضا برای محصولات ارگانیک روز به روز در حال افزایش بوده و تمایل به استفاده از روش‌هایی که بتوانند جایگزین روش‌های شیمیایی شوند، بیشتر شده است. یکی از راهکارهایی که اخیراً نظر متخصصین را به خود جلب نموده، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد برای تحریک مقاومت طبیعی گیاه است. بنابراین در این پژوهش از تیمار متیل جاسمونات جهت افزایش عمر انبارداری و

1. Ghasemnezhad and Javaherdashti
2. Gonzalez-Aguilar
3. Ding
4. Ayala-Zavala

### شاخص‌های اندازه‌گیری شده

بررسی تغییرات کمی و کیفی میوه‌های گیلاس در طول مدت نگهداری در ۳ مرحله (زمان برداشت، ۱۵ و ۳۰ روز بعد از برداشت) در سردخانه انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل pH، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز بودند.

pH آب میوه با دستگاه pH متر دیجیتال مدل (pH-Meter CG 824) کالیبره شده، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول نیز چند قطره از عصاره میوه گیلاس در دمای اتاق روی رفاک‌تومتر دستی مدل ATAGO قرار گرفت و عدد مربوطه از روی ستون مدرج قرائت شد. همچنین جهت اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون از روش تیتراسیون استفاده شد.

### تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

برای تعیین میزان آنتی‌اکسیدان کل از روش فرپ (Ferric Reducing Antioxidant Power) استفاده شد (بنز و استرین<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶). معرف فرپ بطور تازه با مخلوط کردن ۱۰۰ میلی‌مول استات سدیم (pH=۳/۶)، ۱۰ میلی‌مول TPTZ (4,6-tripryridylstriaizine) در ۴۰ میلی‌مول اسید کلریدریک و ۲۰ میلی‌مول کلرید آهن در یک نسبت ۱۰:۱:۱ تهیه می‌گردد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر عصاره و ۴/۹ میلی‌لیتر معرف

فرپ به داخل ویال انتقال داده شدند و در ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه گردیده و بعد از ۱۰ دقیقه جذب نمونه‌ها در ۵۹۳ نانومتر خوانده می‌شوند. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل بصورت میلی‌مول سولفات آهن در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان می‌شود.

### محتوی فنل کل

تعیین میزان محتوی فنل کل از طریق فولین سیوکالتو انجام شد (واترهاوس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲) که ابتدا ۳۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده، به داخل ویال ریخته شد و بعد ۹۰ میکرولیتر آب مقطر، ۶۰۰ میکرولیتر فولین ۱۰ درصد اضافه گردید و بعد از گذشت ۶ دقیقه، ۴۸۰ میکرولیتر کربنات سدیم به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۱/۵ الی ۲ ساعت در محل تاریکی در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (pharmacia LKB. Novaspec II) قرائت گردیدند. مقدار فنل کل بصورت میلی‌گرم در لیتر وزن تر بر اساس اسید گالیگ بیان گردید.

### محتوی فلاونوئید کل

اندازه‌گیری فلاونوئید کل با استفاده از روش شین<sup>۳</sup> و همکاران با کمی تغییرات انجام گرفت. ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده را با ۱۵۰ میکرولیتر نیتريت سدیم ۵ درصد مخلوط کرده و بعد از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد به آن

2. Waterhouse  
3. Shin

1. Benzie and Strain

آنزیمی به ۳ میلی لیتر بافر سدیم فسفات ۵۰ میلی مول در لیتر (pH=۷) حاوی ۰/۲ میلی لیتر پراکسید هیدروژن بعنوان سوپسترا تعیین می گردد. میزان فعالیت آنزیم بر حسب یک واحد (میکرومول پراکسید هیدروژن مصرف شده در دقیقه) به ازای میلی گرم پروتئین بیان می گردد.

### فعالیت آنزیم پراکسیداز

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از روش اوپداهیا<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۵۸) انجام شد. بافت میوه (۴ گرم) در یک هاون با ۴ میلی لیتر بافر فسفات ۰/۱ مول در لیتر (pH=۷/۳) حاوی ۱ میلی مول در لیتر EDTA و ۲ میلی مول در لیتر DTT خرد شده و هموژنیزه می شود و بعد از سانتریفوژ در ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه در ۴ درجه سانتیگراد، روشنایر برای سنجش فعالیت آنزیم مورد استفاده قرار می گیرد. سپس ۱ میلی لیتر از عصاره آنزیم به ۰/۱ مول در لیتر بافر فسفات، ۴ میلی مول در لیتر گایاکول و ۳ میلی مول در لیتر پراکسید هیدروژن اضافه می شود که در نهایت حجم کل واکنش به ۳ میلی لیتر می رسد. میزان تغییر جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه گیری شده و فعالیت آنزیم بر حسب یک واحد (میکرومول گایاکول تولید شده در دقیقه) به ازای میلی گرم پروتئین بیان می گردد.

اضافه شد و بعد از طی ۵ دقیقه، ۱ میلی لیتر سود یک مولار اضافه گردید و در نهایت حجم محلول به ۵ میلی لیتر رسانده شد و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (pharmacia LKB. Novaspec II) در طول موج ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. مقدار فلاونوئید کل براساس میلی گرم بر گرم وزن تر معادل کاتچین (CAT) بیان شد.

### محتوی آنتوسیانین کل

محتوی آنتوسیانین کل با استفاده از روش اختلاف pH اندازه گیری شد (رولستاد<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲). جذب عصاره ها در طول موج های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل (pharmacia LKB. Novaspec II) بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی قرائت گردید. محتوی آنتوسیانین کل با استفاده از ضریب خاموشی سیانیدین<sup>۳</sup> گلوکوزاید محاسبه شد و نتایج براساس سیانیدین<sup>۳</sup> گلوکوزاید در میلی گرم در لیتر وزن تر بیان گردید.

### فعالیت آنزیم کاتالاز

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با اندازه گیری سرعت حذف پراکسید هیدروژن براساس روش بیرس و سیزر<sup>۲</sup> (۱۹۵۲) با کمی تغییرات صورت پذیرفت. بافت میوه (۱ گرم) با ۵ میلی لیتر بافر سدیم فسفات ۵۰ میلی مول در لیتر (pH=۷) هموژنیزه می گردد. فعالیت آنزیم کاتالاز با اضافه کردن ۰/۲ میلی لیتر عصاره

3. Updhayaya

1. Wrolstad  
2. Beers and Sizer

بی‌ستی و حسن‌پور: کاربرد پس از برداشت متیل‌جاسمونات بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیلاس ...

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در میوه گیلاس تیمار شده با متیل‌جاسمونات در طول انبارداری

میانگین مربعات صفات												
منابع تغییر	درجه آزادی	اسیدیته (pH)	مواد جامد محلول (TSS)	اسیدیته قابل تیتر (TA)	TSS/TA	آنتی‌اکسیدان کل	فنل کل	فلاونوئید کل	آنتوسیانین کل	کاتالاز	پراکسیداز	پلی فنل اکسیداز
متیل‌جاسمونات (M)	۲	۳/۴۲**	۱/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹*	۴/۸۱*	۴۸۷۱/۴۲*	۲۴۱۶/۱۸ <sup>ns</sup>	۷۹۸۹/۸۵*	۱۳۳۸۹/۸۵*	۵/۲۲*	۱/۸۳*	۰/۴۲*
زمان انبارداری (T)	۱	۰/۶۱ <sup>ns</sup>	۳/۹۲*	۰/۰۰۸*	۸/۹۴**	۹۹۵۴/۱۱**	۷۸۲۶۵/۳۱**	۹۴۶۲/۹۱*	۱۳۴۶۲/۹۱*	۱/۶۲ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>
M×T	۲	۲/۲۳*	۰/۷۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۷**	۹/۸۱**	۴۲۷۱/۴۳*	۷۹۶۲/۷۵*	۸۷۶۱/۷۴*	۱۲۷۶۱/۷۴*	۲/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۵۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>
خطا	۱۸	۰/۴۷	۰/۸۶	۰/۰۰۲	۱/۴۳	۱۰۶۵/۳۲	۱۶۴۴/۳۲	۲۳۱۳/۹۱	۲۴۰۹/۶۳	۱/۳۱	۰/۳۵	۰/۰۹
ضریب تغییرات (%)	-	۱۲/۳	۱۰/۱	۸/۹	۱۰/۱	۱۳/۶۴	۶/۸۷	۱۲/۷۶	۱۷/۵۲	۱۳/۴۱	۱۶/۳۱	۱۳/۴۱

ns غیر معنی‌دار، \* و \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

## فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

سنجش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز با روش پیژوکارو<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۳) و براساس اکسیداسیون کاتکول انجام شد. نیم میلی لیتر عصاره با ۱/۵ میلی لیتر بافر فسفات (pH=۶/۴) مخلوط گردیده و بعد از سانتریفوژ ۱۰۰ میکرولیتر از قسمت روشنای را برداشته و مجدداً ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات حاوی کاتکول ۵۰ میلی مول اضافه می‌گردد. سپس تغییرات جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه یادداشت می‌گردد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز بر اساس فرمول زیر صورت می‌گیرد. با توجه به فرمول مربوطه یک واحد فعالیت آنزیمی عبارت است از: میزان تغییرات پلی فنل اکسیداز به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در یک میلی لیتر از عصاره آنزیمی.

$$\text{فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز} = \Delta A \times 1000 / 0.001 \times 25$$

## تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و نرم‌افزارهای

### مورد استفاده

این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام گردید. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار 2010 Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### شاخص‌های کیفی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان انبارداری بر صفات pH، اسیدیته قابل تیتراژ و TSS/TA معنی‌دار و بر مواد جامد محلول غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج بدست آمده، متیل جاسمونات سبب حفظ میزان pH شده و از افزایش آن در طول دوره نگهداری جلوگیری کرده است. همچنین باعث افزایش میزان اسیدهای قابل تیتراژ شده است ولی بر روی میزان مواد جامد محلول تأثیری نداشته است. همچنین تیمار با متیل جاسمونات باعث افزایش میزان نسبت TSS/TA در میوه‌های گیلای شده است (جدول ۲). بطور کلی می‌توان گفت که در طول دوره نگهداری پیش ماده‌های تنفس یعنی قندها و اسیدها کاهش پیدا می‌کنند. این امر باعث تغییرات متفاوتی در pH در طول مدت نگهداری میوه‌ها می‌شود (زانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸).

تغییرات مشاهده شده در pH همانند کاهش در محتوای مواد جامد محلول و اسیدهای آلی در توت‌فرنگی احتمالاً به دلیل شکستن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه گلیکوکوساکاریدها به واحدهای کوچکتر (سازنده) در طی تنفس باشد (آیالا زاوالا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷).

2. Zhang  
3. Ayala-Zavala

1. Pizzocaro

جدول ۲- تاثیر تیمار متیل‌جاسمونات بر pH، مواد جامد محلول و اسیدهای قابل تیتر در میوه گیلاس

TSS/TA	اسیدهای قابل تیتر (%)	مواد جامد محلول (%)	pH	غلظت		تیمارها
				روز	میکرومول در لیتر	
۲۴/۱۹ <sup>b</sup>	۰/۷۱ <sup>a</sup>	۱۷/۲۵ <sup>a</sup>	۴/۰۳ <sup>a</sup>		۰	متیل‌جاسمونات
۲۶/۷۲ <sup>a</sup>	۰/۶۶ <sup>b</sup>	۱۷/۳۷ <sup>a</sup>	۳/۵۰ <sup>b</sup>		۷	
۲۳/۵۳ <sup>b</sup>	۰/۷۴ <sup>a</sup>	۱۷/۴۳ <sup>a</sup>	۳/۴۷ <sup>b</sup>		۱۴	
۲۳/۵۹ <sup>b</sup>	۰/۷۶ <sup>a</sup>	۱۸/۰۸ <sup>a</sup>	۳/۶۶ <sup>a</sup>	۱۵		زمان
۲۶/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۴ <sup>b</sup>	۱۶/۶۲ <sup>b</sup>	۳/۶۸ <sup>a</sup>	۳۰		
۲۲/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۷۹ <sup>a</sup>	۱۷/۷۵ <sup>b</sup>	۴/۰۶ <sup>a</sup>	۱۵	۰	
۲۶/۰۸ <sup>b</sup>	۰/۶۴ <sup>c</sup>	۱۶/۷۵ <sup>b</sup>	۴/۰۰ <sup>a</sup>	۳۰	۰	
۲۴/۶۱ <sup>bc</sup>	۰/۷۴ <sup>ab</sup>	۱۸/۲۵ <sup>b</sup>	۳/۴۸ <sup>b</sup>	۱۵	۷	
۲۸/۸۳ <sup>a</sup>	۰/۵۷ <sup>d</sup>	۱۶/۵۰ <sup>b</sup>	۳/۵۲ <sup>b</sup>	۳۰	۷	اثرات متقابل
۲۳/۸۷ <sup>bc</sup>	۰/۷۶ <sup>ab</sup>	۱۸/۲۵ <sup>b</sup>	۳/۴۳ <sup>b</sup>	۱۵	۱۴	
۲۳/۱۹ <sup>c</sup>	۰/۷۱ <sup>b</sup>	۱۶/۶۲ <sup>b</sup>	۳/۵۲ <sup>b</sup>	۳۰	۱۴	

میانگین‌هایی که در هرستون دارای حروف مشترک هستند، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی خود را فعال می‌کنند. همچنین گیاهان در برابر آسیب‌های اکسیداتیو از طریق تولید آنزیم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی پاسخ داده و از تخریب بیشتر سلول‌ها جلوگیری می‌کنند (جیل و توتجا، ۲۰۱۰). آنتی‌اکسیدان‌ها باعث جلوگیری از اکسیداسیون‌های مولکول‌های زیستی سلول‌ها مانند لیپیدها، پروتئین‌ها، DNA و کربوهیدرات‌ها می‌شوند (دار<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

در این پژوهش کاربرد تیمار متیل‌جاسمونات در غلظت‌های مختلف بطور معنی‌داری موجب افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل در طول دوره نگهداری شده است (شکل ۱ الف). بطوریکه غلظت ۷ میکرومول در لیتر متیل‌جاسمونات باعث افزایش

بنابراین می‌توان گفت که متیل‌جاسمونات از طریق کاهش میزان تنفس باعث حفظ میزان pH و اسیدهای قابل تیتر شده است. همچنین به دلیل اینکه میوه گیلاس نافرزاگرا بوده تغییرات کمی در میزان مواد جامد محلول مشاهده می‌شود. این روند در میوه‌های توت‌فرنگی تیمار شده توسط متیل‌جاسمونات نیز مشاهده شده است (اصغری و حسنلوئی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵b). پژوهش‌های مشابه دیگری در مورد شاخص‌های کیفی نیز بر این موضوع صحه می‌گذارند (کوچوکر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴ و لاتانزیو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

### فعالیت آنتی‌اکسیدان کل

1. Asghari and Hasanlooe  
2. Kucuker  
3. Lattanzio

4. Dar



برتلینگ<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). همچنین به عنوان متابولیت‌های ثانویه، ترکیبات فنلی از طریق کاهش سیالیت غشاء، واکنش‌های پراکسیداسیون را محدود کرده و بدین طریق انتشار رادیکال‌های آزاد را به تأخیر می‌اندازند (می‌شالاک<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶).

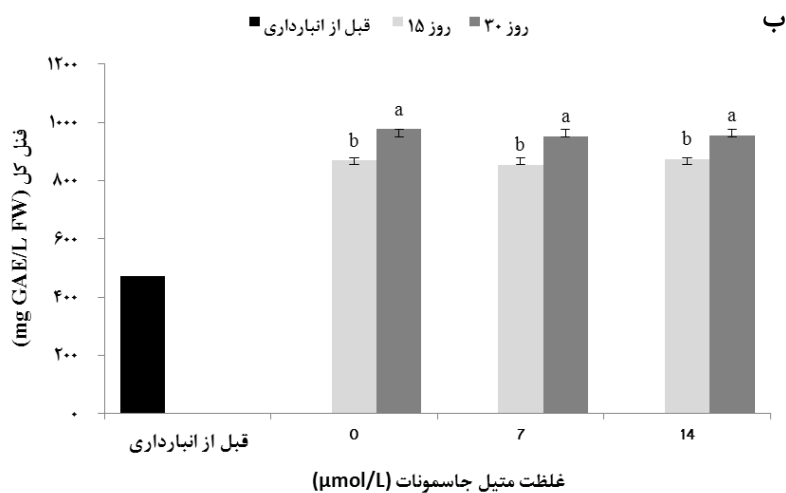
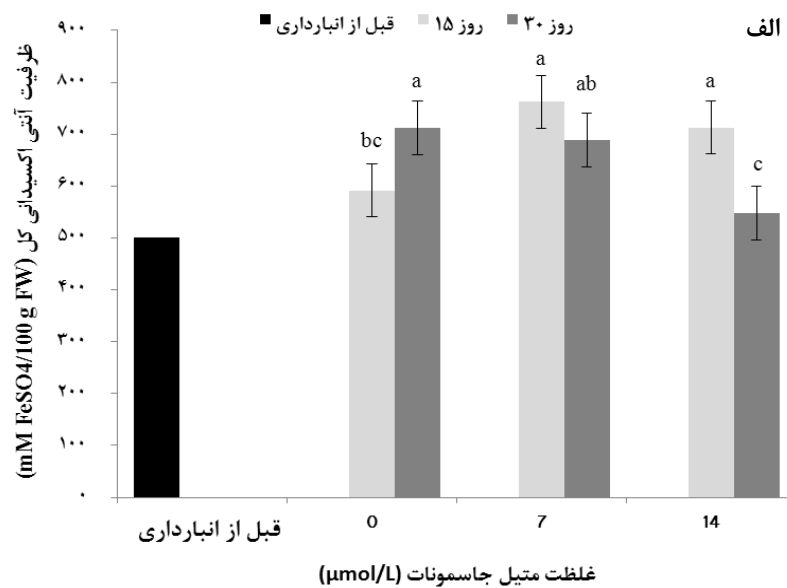
در این پژوهش اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان انبارداری روی محتوی فنل کل معنی‌دار بوده (جدول ۱) و در طول مدت نگهداری باعث افزایش محتوی فنل کل گردیده که در شکل ۱ ب نشان داده شده است. بنابراین با تیمار متیل جاسمونات تجمع ترکیبات فنلی در میوه‌ها افزایش یافت. متیل جاسمونات احتمالاً از طریق افزایش فعالیت آنزیم PAL (Phenylalanine ammonia-lyase) که یک آنزیم اصلی در سنتز ترکیبات فنلی است، باعث افزایش ترکیبات فنلی می‌گردد. همچنین در طول انبارداری محتوی فنل کل میوه‌های تیمار نشده (شاهد) نیز نسبت به قبل از انبارداری افزایش داشته است. البته بین غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مطابق با این پژوهش افزایش معنی‌دار در فنل کل میوه توت فرنگی تیمار شده با متیل جاسمونات گزارش شده است (زانگ و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵). همچنین در مطالعه‌ی دیگر تیمار متیل جاسمونات باعث افزایش ترکیبات فنلی در تمشک گردید (قاسم‌نژاد و جواهر دشتی، ۲۰۰۸).

بیشتر آنتی‌اکسیدان کل بعد از ۳۰ روز نگهداری در انبار شده است. در حالیکه در غلظت ۱۴ میکرومول در لیتر متیل جاسمونات، مقدار افزایش آنتی‌اکسیدان کل بعد از ۳۰ روز نگهداری نسبت به زمان برداشت خیلی کم بوده است. همچنین در این غلظت فعالیت آنتی‌اکسیدان کل از روز ۱۵ به بعد روند کاهشی داشته است. با توجه به نظر اکثر محققین افزایش این روند، کاهش میزان سرمازدگی و همچنین میزان پوسیدگی را در پی داشته و نهایتاً موجب حفظ کیفیت محصولات برای مدت زمان طولانی‌تری شده است که نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققین مطابقت دارد. در مطالعات قبلی کاربرد متیل جاسمونات در میوه توت فرنگی باعث افزایش آنتی‌اکسیدان کل شده و از این طریق افزایش مقاومت میوه در برابر سرمازدگی را در پی داشته است (اصغری و حسنلوئی، ۲۰۱۵a,b).

### محتوی فنل کل

ترکیبات فنلی یکی از متابولیت‌های مهم گیاهی بوده که از مسیر اسید شیکمیک سنتز می‌شوند و نقش مهمی را در خنثی‌سازی اثر رادیکال‌های آزاد بر عهده دارند. همچنین فنل‌ها نقش مهمی را بعنوان ترکیبات دفاعی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن در طی سرمازدگی ایفاء می‌کنند (لاتانزیو و همکاران، ۲۰۱۲) و به‌نظر می‌رسد از این طریق باعث افزایش تحمل به سرمازدگی در لیمو شده است (سیبوز و

1. Siboz and Bertling  
2. Michalak  
3. Zhang *et al.*



شکل ۱- تاثیر تیمار متیل‌جاسمونات روی فعالیت آنتی‌اکسیدان کل (الف) و فنل کل (ب) در طول دوره انبارداری. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

### محتوی فلاونوئید کل

میزان محتوی فلاونوئید کل متفاوت بوده، بطوریکه در این پژوهش میزان محتوی فلاونوئید کل در اثر تیمار با متیل‌جاسمونات تغییر چندانی نکرده است و میوه‌های که تیمار نشده بودند در ۳۰ روز بعد از انبارداری میزان فلاونوئید کل بالاتری را نسبت به

فلاونوئیدها جزء سیستم آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی بوده که نقش مهمی را در خنثی‌سازی اثرات رادیکال‌های آزاد بازی می‌کنند و در نتیجه باعث کاهش اثرات تنش اکسیداتیو می‌شوند (زاپاتا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). اثر تیمار متیل‌جاسمونات بر روی

1. Zapata

انبارداری مهم می‌باشد. در این پژوهش تیمار متیل جاسمونات بر روی محتوی آنتوسیانین کل معنی‌دار بوده و در طول مدت نگهداری باعث افزایش محتوی آنتوسیانین کل گردیده است (شکل ۲ ب).

در مطالعات قبلی نیز افزایش در محتوی آنتوسیانین کل در میوه‌های تمشک، توت‌فرنگی، بلوبری و کرن‌بری در طول انبارداری مشاهده شده است (کالت<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۹۹). مطابق با مطالعه حاضر مطالعات آیالا زوالا و همکاران (۲۰۰۵) روی توت‌فرنگی نشان داد که محتوی آنتوسیانین در میوه‌های تیمار شده با متیل‌جاسمونات در طول انبارداری افزایش می‌یابد. شاید دلیل افزایش محتوی آنتوسیانین کل در طول انبارداری در اثر تیمار با متیل‌جاسمونات، تبدیل آنتوسیانین‌ها به انواعی باشند که جذب بیشتری نسبت به انواع قبلی‌ها داشتند. همچنین افزایش محتوی آنتوسیانین کل را می‌توان به بالا بودن ترکیبات فنلی و تحریک بیان ژن آنزیم‌های درگیر در مسیر بیوستز آنتوسیانین از قبیل آنزیم PAL نسبت داد.

#### فعالیت آنزیم کاتالاز

افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی یکی از راه‌کارهای گیاهان در مقابله با انواع تنش‌ها همچون سرمازدگی است. از جمله این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز اشاره نمود که پراکسید هیدروژن را به آب تبدیل می‌کند و از این طریق از آسیب این رادیکال آزاد جلوگیری

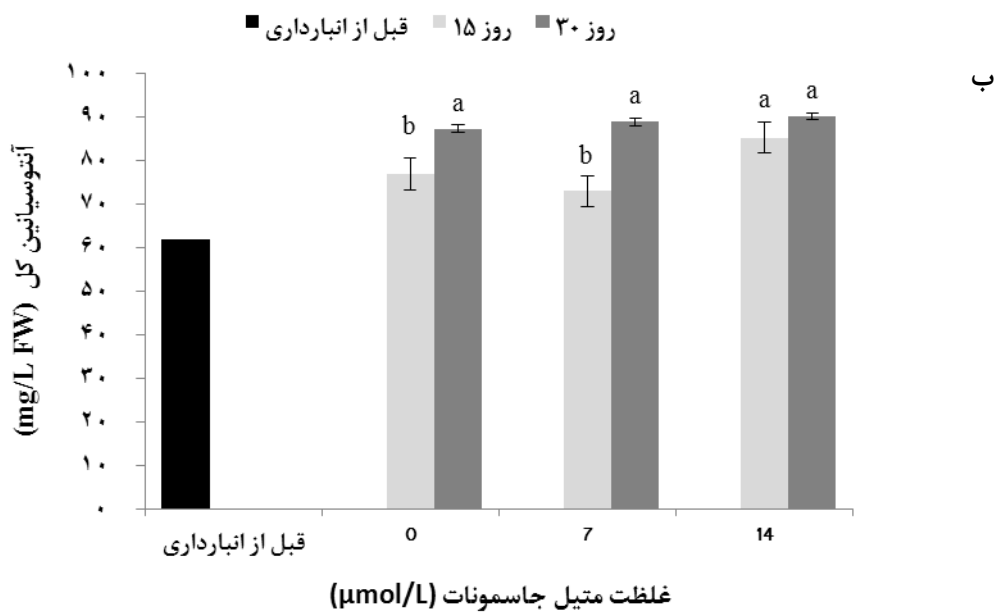
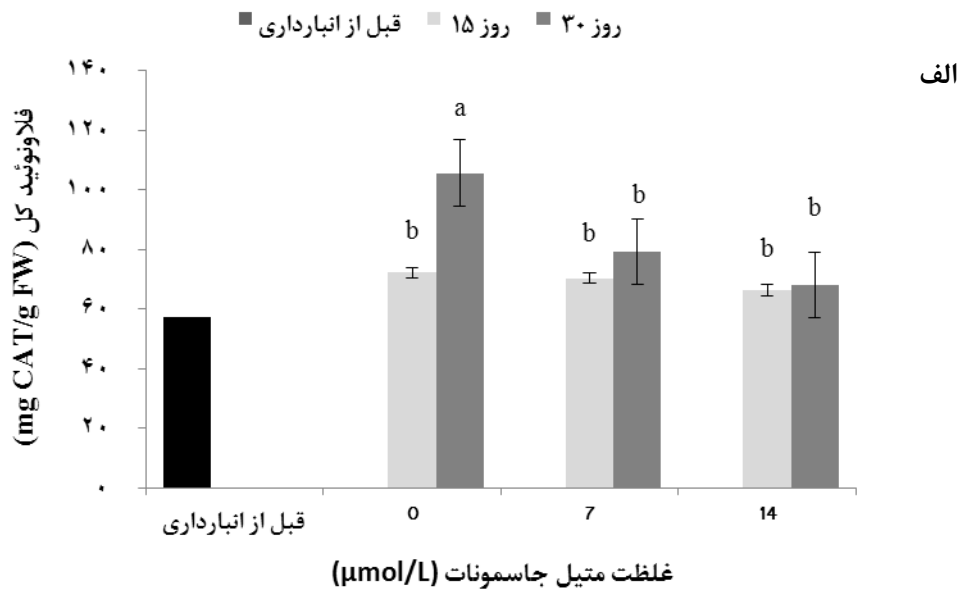
میوه‌های تیمار شده نشان دادند. در حالیکه بین غلظت‌های مختلف متیل‌جاسمونات در طول دوره انبارداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین در طول انبارداری محتوی فلاونوئید کل میوه‌های تیمار نشده (شاهد) نیز نسبت به قبل از انبارداری افزایش داشته است. (شکل ۲ الف). نتایج مطالعات قبلی حاکی از آن است که کاربرد متیل‌جاسمونات در زمان پس از برداشت تاثیری بر افزایش میزان فلاونوئید کل در توت‌فرنگی و تمشک نداشته است (دلا پنا مورینو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰ a,b). البته برخی از مطالعات قبلی هم نشان داده‌اند که کاربرد متیل‌جاسمونات در زمان قبل از برداشت و پس از آن باعث افزایش فلاونوئید کل در انواع محصولات می‌شود (سایاری<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱ و ونگ و زینگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵). شاید نوع محصول و غلظت متیل‌جاسمونات بکار رفته می‌تواند دلیل این نتایج متناقض اشاره شده در بالا باشد.

#### محتوی آنتوسیانین کل

آنتوسیانین‌ها گروهی از ترکیبات فنلی مسئول برای رنگ قرمز و آبی در تعداد زیادی از میوه‌ها و سبزیجات هستند که فواید زیادی برای سلامتی بشر دارند. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنتوسیانین‌ها ممکن است به خاطر خواص بیولوژیکی قابل توجه آنها باشد. بنابراین حفظ سطوح بالایی از این ترکیبات در طول

1. Dela Pena Moreno
2. Sayyari
3. Wang and Zheng

4. Kalt



شکل ۲- تاثیر تیمار متیل‌جاسمونات روی محتوی فلاونوئید کل (الف) و آنتوسیانین کل (ب) در طول دوره انبارداری. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

ترشحات آوند آبکش برای القاء مقاومت سیستمیک ضروری می‌باشد (دار و همکاران، ۲۰۱۵). افزایش فعالیت این آنزیم توسط تیمار متیل‌جاسمونات در این پژوهش نیز مشاهده شده است (شکل ۳ الف).

می‌کند. بنابراین سطوح بالای از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی را در مهار رادیکال‌های آزاد و کاهش خسارت اکسیداتیو ایفا می‌کنند. مشخص شده است که تجمع و انباشته شدن جاسمونیک اسید در

است (نجات عسکری<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳ و سیبوز<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). شاید متیل‌جاسمونات از طریق حفظ pH، با توجه به فعالیت بالای آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در pHهای قلیایی از افزایش فعالیت آن جلوگیری کرده و باعث حفظ ترکیبات فنلی در سطح بالاتری می‌گردد.

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به تأثیر متیل‌جاسمونات بر خصوصیات کیفی و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌توان گفت که این ترکیب تأثیر مثبتی بر ماندگاری و حفظ کیفیت محصول داشته و می‌تواند به عنوان یک هورمون گیاهی نقش موثری را در کاهش ضایعات پس از برداشت، افزایش طول انبارداری و حفظ کیفیت میوه گیلان و حتی سایر محصولات کشاورزی داشته باشد.

بطوریکه غلظت ۷ میکرومول در لیتر متیل‌جاسمونات باعث افزایش بیشتر فعالیت این آنزیم در مقایسه با ۱۴ میکرومول در لیتر گردیده است. مطالعات قبلی نیز نشان داده است که کاربرد متیل‌جاسمونات در زمان پس از برداشت باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه توت فرنگی شده است (اصغری و حسنلوئی، ۲۰۱۵). همچنین افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه‌های آلو تیمار شده با متیل‌جاسمونات نیز مشاهده شده است (زاپاتا و همکاران، ۲۰۱۴).

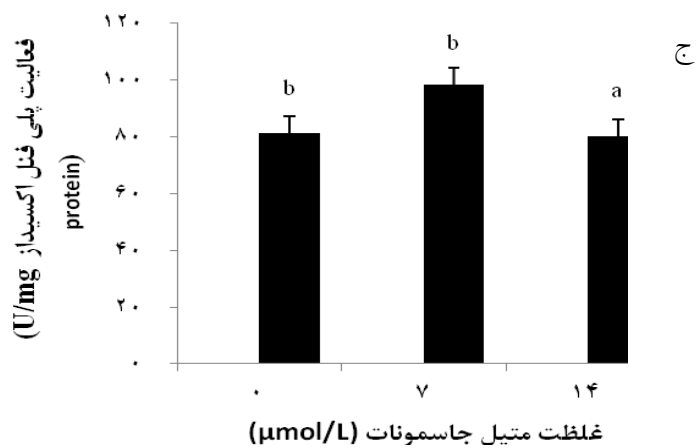
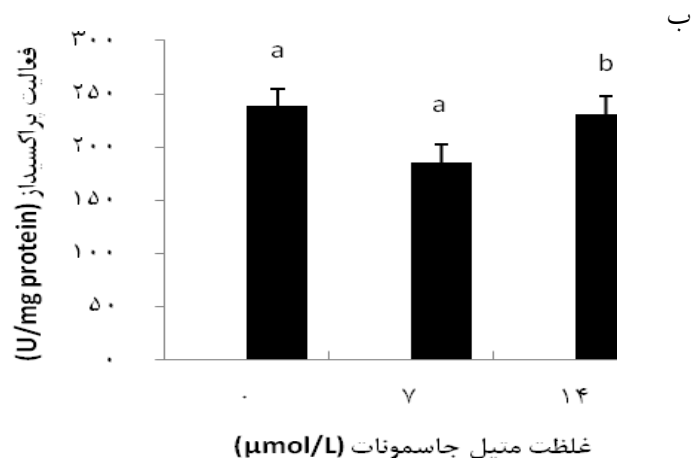
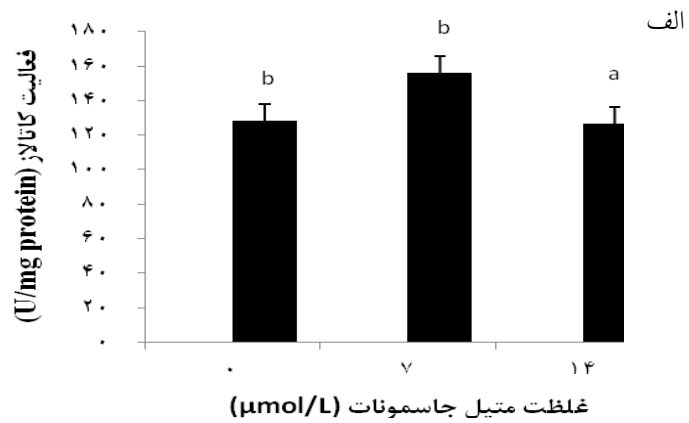
### فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز

پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز همانند آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز در مسیر فنیل پروپانوئید (مسیر تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهی) که در تولید انواع ترکیبات فنلی با ساختار دفاعی درگیر هستند (ریالز<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۶ و والاس و فری<sup>۲</sup>، ۱۹۹۹). البته افزایش فعالیت این دو آنزیم باعث افزایش ترکیبات چون کوینون شده و قهوه‌ای شدن بافت را در بر دارد و در نتیجه موجب کاهش میزان کیفیت محصول می‌شود. در این پژوهش نیز متیل‌جاسمونات باعث کاهش این دو آنزیم شده و در نتیجه کیفیت محصول برای مدت زمان بیشتری حفظ شده است (شکل ۳ ب و ج). همچنین نتایج پژوهش‌های قبلی نیز نشان می‌دهد که متیل‌جاسمونات باعث کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز شده

3. Nejjhad Askari  
4. Siboz

1. Ryalls  
2. Wallace and Fry

بی‌ستی و حسن‌پور: کاربرد پس از برداشت متیل‌جاسمونات بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیلاس ...



شکل ۳- تاثیر تیمار متیل‌جاسمونات روی فعالیت آنزیم کاتالاز (الف)، پراکسیداز (ب) و پلی فنل اکسیداز (ج) در طول دوره انبارداری. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

## منابع

- Asghari, M. and Hasanlooe, A.R. 2015a. Interaction effects of salicylic acid and methyl jasmonate on total antioxidant content, catalase and peroxidase enzymes activity in “Sabrosa” strawberry fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 197: 490–495.
- Asghari, M. and Hasanlooe, A.R. 2015b. Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and total antioxidant content in harvested “Sabrosa” strawberry fruit. *Food Science and Nutrition*, 1-6.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and Gonzalez-Aguilar, G.A. 2005. Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit. *European Food Research and Technology*, 221: 731-738.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and Gonzalez-Aguilar, G.A. 2007. Highoxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology*, 45: 166–173.
- Beers, J. and Sizer, I.W. 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *Journal of Biological Chemistry*, 95: 133-140.
- Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ‘antioxidant power’: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70-76.
- Bernalte, M.J., Sabio, E., Hern´andez, M. and Gervasini, C. 2003. Influence of storage delay on quality of ‘Van’ sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 303–312.
- Browse, J. 2009. Jasmonate passes muster: a receptor and targets for the defense hormone. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 60: 183-205.
- Chanjirakul, K., Wang, S.Y., Wang, C.H. and Siriphanich, J. 2006. Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, 40: 106–115.
- Dar, T.A., Uddin, M., Khan, M.M.A., Hakeem, K.R. and Jaleel, H. 2015. Jasmonates counter plant stress: A Review. *Environmental and Experimental Botany*, 115: 49–57.
- Dela Pena Moreno, F., Blanch, G.P. and Ruiz Del Castillo, M.L. 2010a. (+)-Methyl jasmonate-induced bioformation of myricetin, quercetin and kaempferol in red raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 11639–11644.
- Dela Pena Moreno, F., Blanch, G.P., Flores, G. and Ruiz Del Castillo, M.L. 2010b. Impact of postharvest methyl jasmonate treatment on the volatile composition and flavonol content of strawberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 989–994.
- Ding, C.K., Wang, C.Y., Gross, K.C. and Smith, D.L. 2001. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate. *Plant Science*, 161: 1153–1159.
- Ghasemnezhad, M. and Javaherdashti, M. 2008. Effect of methyl jasmonate treatment on antioxidant capacity, internal quality and postharvest life of raspberry fruit. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 6: 73–78.
- Gille, G. and Singler, K. 1995. Oxidative stress in living cells. *Folia Microbiologica*, 2: 131–152.
- Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48: 909-930.
- Gonzalez-Aguilar, A.B., Buta, J.G. and Wang, C.Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ‘Sunrise’. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 361-370.
- Kalt, W., Forney, C.F., Martin A. and Prior, R.L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 4638-4644.
- Kucuker, E., Ozturk, S.B. Celik, U.M. and Aksit, H. 2014. Pre-harvest spray application of methyl jasmonate plays an importantrole in fruit ripening, fruit quality and bioactive compounds of Japanese plums. *Scientia Horticulturae*, 176: 162–169.

- Lattanzio, V., Cardinali, A. and Linsalata, V. 2012. Plant phenolics: A biochemical and physiological perspective, In: Cheynier, V., Sarni-Manchado, P., Quideau, S. (Eds.), Recent advances in polyphenol research, 1 ed. John Wiley & Sons, Ltd, Wiley-Blackwell, 1–39.
- Martinez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J.M., Guillen, F., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M. 2005. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatments: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 93-100.
- Michalak, A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Journal of Environmental Studies*, 15: 523–530.
- Nejhad Askari, K., Moradi, P. and Farzami sepehr, M. 2013. Use of soluble methyl jasmonate on increase of lifetime after harvesting mushroom (*Agaricus bisporus*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 6 (4): 424-427.
- Panda, S.K., Chaudhury, I. and Khan, M.H. 2003a. Heavy metal induced lipid peroxidation and affects antioxidants in wheat leaves. *Science Signaling*, 46: 289–294.
- Panda, S.K., Sinha, L.B. and Khan, M.H. 2003b. Does aluminium phytotoxicity induces oxidative stress in green gram (*Vigna radiata*)? *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 29: 77–86.
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17: 21-30.
- Ryalls, J., Neuenschwander, U., Willits, M., Molina, A., Steiner, H.Y. and Hunt, M. 1996. Systemic acquired resistance. *The Plant Cell*, 8: 1809–1819.
- Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Díaz-Mula, H.M. and Serrano, M. 2011. Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 60: 136–142.
- Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S. and Valero, D. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2741–2745.
- Shin, S.W., Ghimeray, A.K. and Park, C.H. 2014. Investigation of total phenolic, total flavonoid, antioxidant and allyl isothiocyanate content in the different organs of *Wasabi japonica* grown in an organic system. *African Journal of Traditional Complementary Alternative Medicines*, 3(11): 38-45.
- Siboza, X.I. and Bertling, I. 2013. The effects of methyl jasmonate and salicylic acid on suppressing the production of reactive oxygen species and increasing chilling tolerance in 'Eureka' lemon (*Citrus limon* L). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88: 269–276.
- Siboza, X.I., Bertling, I. and Odindo, F.O. 2014. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). *Journal of Plant Physiology*, 171: 1722–1731.
- Updhyaya, A., Sankhla, D., Davis, T.D., Sankhla, N. and Smidh, B.N. 1985. Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. *Journal of plant Physiology*, 121: 453-461.
- Valverde, J.M., Giménez, M.J., Guillén, F., Valero, D., Martínez-Romero, D. and Serrano, M. 2015. Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees increase antioxidant systems in fruit at harvest and during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 109: 106-113.
- Wallace, G. and Fry, S.C. 1999. Action of diverse peroxidases and laccases on six cell wall-related phenolic compounds. *Phytochemistry*, 52: 769–773.
- Wang, S.Y. and Zheng, W. 2005. Preharvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. *International Journal of Food Science and Technology*, 40: 187–195.
- Waterhouse, A.L. 2002. Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 3: 18-19.
- Wasternack, C. 2014. Action of jasmonates in plant stress responses and development applied aspects. *Biotechnology Advances*, 32: 31-39.



- Wrolstad, R.E., Durst, R.W. and Lee, J. 2005. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science and Technology*, 16(9): 423–8.
- Zapata, P.J., Martínez-Esplá, A., Guillén, F., Díaz-Mula, H.M., Martínez-Romero, D., Serrano, M. and 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.
- Zhang, F.S., Wang, X.Q., Ma, S.J., Cao, N., Li, X.X., Wange, Y.H. and Zheng, X. 2005. Effects of methyl jasmonate on postharvest decay in strawberry fruit and the possible mechanisms involved. *Acta Horticulturae*, 712: 693-698.
- Zhang, H., Ma, L., Wang, L., Jiang, S., Dong, Y. and Zheng, X. 2008. Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. *Biological Control*, 47: 60-65.

## **Postharvest application of methyl jasmonate on antioxidant capacity and antioxidant enzymes of sweet cherry cv. Tak Daneye mashhad**

**Ali Bisti<sup>1</sup> and Hamid Hassanpour\*<sup>2</sup>**

1. M.Sc. Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: Dec. 26, 2016 - Accepted: Feb. 14, 2017)

### **Abstract**

Sweet cherry fruit deteriorate rapidly after harvest and in some cases do not reach to consumers at optimum quality. Therefore, the use of natural compounds to increase the shelf life and maintain the quality of fruits is necessary. In this research, the effect of methyl jasmonate (at 0, 7 and 14  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) on postharvest life and quality of sweet cherry fruits (Tak Danye mashhad cultivar) during storage at  $1 \pm 0.1$  °C with 85-90% RH was studied and traits were evaluated after 15 and 30 days of cold storage. Fruit quality attributes including pH, total soluble solids, titratable acidity, TSS/TA ratio, total antioxidant capacity, Total phenolics content, total flavonoids, total anthocyanins, catalase, peroxidase and polyphenol oxidase enzymes activity were evaluated. The results showed that methyl Jasmonate was effective in maintaining the pH, increasing titratable acidity and TSS/TA ratio and also increasing total antioxidant capacity, total phenolics and total flavonoids content. While the increase in activity of peroxidase and polyphenol oxidase enzymes activity was prevented by Methyl Jasmonate. The treatment had no significant effect on total soluble solids content. The results of this study indicated that Methyl Jasmonate enhances postharvest life of Sweet cherry fruit via increasing total antioxidant capacity and decreasing senescence rate.

**Keywords:** Longevity, Natural compounds, Sweet cherry, Total anthocyanin

---

\* Corresponding author:

Email: phhassanpour@gmail.com