Archive of SID

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دهم / شماره دوم / تابستان ۱۳۹۹

تأثیر متیل جاسمونات بر بیوسنتز اتیلن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ماندگاری میوه توت‌فرنگی طی دوره پس از برداشت

اکبر ساربانی[۱]، موسی ارشد[۲*] و محمدجواد نظری دلجو[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۳۰)

چکیده

توت‌فرنگی یکی از میوه‌های پرمصرف با سطح زیر کشت گسترده در جهان است. مهم‌ترین مشکل پس از برداشت این محصول ماندگاری کم و فسادپذیری زیاد میوه است؛ به‌طوری که بیش از پنجاه درصد میوه‌های برداشت شده در ایران از بین می‌رود. هدف از این تحقیق بررسی واکنش بیوشیمیایی و انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا با کاربرد غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات (۸ و ۱۲ میکرومولار) به‌همراه شاهد (آب مقطر) و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) در طول مدت نگهداری پس از برداشت بود. در طول پژوهش، میوه‌ها در سردخانه با شرایط دمایی ۰/۵±۲ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت ۹۵-۹۰ درصد و میزان گاز کربنیک ۱۵ درصد نگهداری شدند. نتایج نشان داد با طولانی‌تر شدن دوره انباری، تیمار متیل جاسمونات باعث کاهش افت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز میوه شد. بر همین اساس بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز در غلظت ۱۲ میکرومولار به‌دست آمد. بیوسنتز اتیلن در میوه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری طی زمان تحت تأثیر قرار گرفت. به‌طوری که متیل جاسمونات در غلظت ۱۲ میکرومولار موجب کاهش روند تولید اتیلن شد. همچنین استحکام میوه در تیمار متیل جاسمونات پنج میکرومولار با افزایش دوره انباری بهبود یافت. بر اساس نتایج این آزمایش متیل جاسمونات به‌دلیل افزایش بازارپسندی میوه توت‌فرنگی و همچنین عدم موارد منع مصرف و اثرات مضر، پتانسیل مناسبی برای کاهش تلفات پس از برداشت توت‌فرنگی را دارد.

واژه‌های کلیدی: رقم کاماروسا، کیفیت، ضایعات پس از برداشت، مواد محلول جامد کل

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mousa_arshad@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

میوه توت‌فرنگی به‌دلیل داشتن رطوبت زیاد و همچنین سرعت تنفس بالا بسیار فسادپذیر بوده و دارای تلفات پس از برداشت ۵ تا ۵۰ درصدی و در مواردی ۸۰ درصدی است. با توجه به قیمت بالای محصولات ارگانیک در بازارهای جهانی روش‌های غیرسمی مناسبی به‌منظور افزایش کیفیت و عمر قفسه‌ای توت‌فرنگی نیاز است (۷).

سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان و محصولات برداشت شده شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مثل کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ترکیبات غیرآنزیمی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی شامل اسید آسکوربیک، گلوتاتیون، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها، کارتنوئیدها و آلفا- توکوفرول هستند (۴). میوه توت‌فرنگی به‌دلیل دارا بودن منابع مهم و متنوعی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و فتوشیمیایی به‌خصوص آنتی‌اکسیدان‌ها، فلاونوییدها، اسیدهای فنولیک و ترکیبات معدنی یکی از محصولات تجاری باغبانی است (۱۴). به‌دلیل فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه طی دوره انبارداری کاهش یافته و ضمن تسریع پیری میوه، کیفیت آن نیز کاهش می‌یابد (۳). استفاده از تکنولوژی و تیماردهی مناسب پس از برداشت و استفاده از ترکیبات شیمیایی ایمن و سالم برای کند شدن روند پیری و افزایش عمر انبارمانی محصولات و حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی ضروری است.

متیل جاسمونات، متیل استر جاسمونیک اسید است که با اکسید شدن لیپواکسیژناز اسیدهای چرب اشباع نشده، در غشای کلروپلاستی تولید می‌شود (۹). جاسمونات و متیل جاسمونیک اسید هورمون‌های گیاهی هستند و به‌طور طبیعی در محدوده وسیعی از گیاهان عالی تولید می‌شوند و به‌عنوان عامل سیگنالی در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژی و بیوشیمیایی شامل تولید اتیلن، پاسخ‌های دفاعی در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده، سنتز آنتوسیانین‌ها و سایر ترکیبات فیتوشیمیایی، تنظیم پاسخ‌های تنشی، فتوسنتز، تنفس، هدایت روزنه‌ای، جذب و انتقال یون‌ها و عملکرد محصول دخالت دارند (۴). متیل جاسمونات نقش مهمی در رشد و توسعه گیاه و رسیدن میوه ایفا می‌کند. متیل جاسمونات از جمله موادی است که می‌تواند باعث تغییر در ظاهر فیزیکی (رنگ و حجم میوه)، خواص مکانیکی (استحکام) و ترکیبات بیواکتیو (مواد فنولیک و آنتی‌اکسیدان‌ها) در میوه شود (۳۳).

گزارش شده است که تیمار جاسمونات در غلظت‌های غیرسمی موجب کاهش تنش‌های اکسیداتیوی و سرمازدگی در محصولات باغبانی شد (۲۷ و ۳۲). همچنین تیمار متیل جاسمونات از طریق کاهش بیان ۱- آمینو سیکلوپروپان- ۱- کربوکسیلات سنتاز (ACC synthase) و ۱- آمینو سیکلوپروپان- ۱- کربوکسیلات اکسیداز (ACC oxidase) و پذیرنده‌های اتیلن از تولید اتیلن جلوگیری می‌کند (۲۴).

متیل جاسمونات موجب فعال شدن پروتئین‌های شوک حرارتی [HSPs (Heat Shock Proteins)] در گیاهان و محصولات برداشت شده می‌شود که این پروتئین‌ها عامل حفاظتی گیاه در برابر تنش‌های مختلف هستند. پروتئین‌های شوک حرارتی، حفاظت از غشای سلولی و تغییر ساختار آنزیم‌هایی که فعالیت تخریبی دارند را بر عهده دارند. درنتیجه موجب افزایش استحکام و کیفیت میوه‌ها می‌شوند. گونه‌های اکسیژن فعال طی رسیدن میوه‌ها تجمع می‌یابند که منجر به تغییر ثبات غشایی و اکسید شدن لیپیدهای غشا می‌شود. ژین و همکاران (۱۷) اثبات کردند که تیمار متیل جاسمونات موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز در میوه‌های هلو شد.

تیمار متیل جاسمونات به‌علت نگهداشتن سطوح انرژی در میوه‌های لوکوآت باعث افزایش مقاومت در برابر پوسیدگی آنتراکنوز شد. تخیله انرژی منجر به آسیب غشایی می‌شود که غشاها عامل مقاومت در برابر سرایت آلودگی‌ها هستند. بالا نگه‌داشتن سطوح انرژی باعث تولید ترکیبات طبیعی دفاعی در گیاه میزبان از قبیل فیتوالکسین‌ها و پروتئین‌های دفاعی در برابر پاتوژن‌ها می‌شود و پوسیدگی میوه را کاهش می‌دهد (۳۴).

با توجه به اینکه انتقال محصولات کشاورزی از محل تولید

www.SID.ir

Archive of SID

به محل‌های مصرف زمانبر است و از طرفی دیگر حفظ طراوت و شادابی آنها در بازارپسندی و مصرف آنها تأثیر بسیار مهمی دارد، لذا تحقیق حاضر در پی بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر افزایش استحکام و کاهش پوسیدگی و درنتیجه افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم کاموروسا انجام شد.

مواد و روش‌ها

تیمارها و مواد آزمایشی

در این پژوهش، میوه‌های توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' در سال ۱۳۹۵ از یک گلخانه هیدروپونیک واقع در شهرستان ارومیه برداشت و به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد منتقل شدند. سپس میوه‌های سالم، هم‌وزن و هم‌شکل انتخاب و پس از تیمار با غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات، برای انبارداری به سردخانه با شرایط دمایی ۰/۵±۲ درجه سانتی‌گراد، میزان رطوبت ۹۵- ۹۰ درصد و میزان گاز کربنیک ۱۵ درصد انتقال داده شدند. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۰۰ گرم بافت میوه به‌همراه میوه‌های شاهد که با آب دو بار تقطیر تیمار شدند اجرا شد. میوه‌های توت‌فرنگی با غلظت‌های ۶ و ۱۲ میکرومول بر لیتر متیل جاسمونات به‌صورت غوطه‌وری به‌مدت ۱۰ دقیقه تیماردهی شدند. پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها به ظروف استریل شده توسط اتانول ۷۰ درصد منتقل شدند و تا زمان خشک شدن در دمای اتاق به‌مدت دو ساعت در جریان هوای آزاد قرار گرفتند. بعد از اعمال تیمارهای مربوطه روی میوه‌های توت‌فرنگی، همه میوه‌ها به مدت ۲۱ روز در سردخانه نگهداری شدند. برای بررسی روند تغییرات آنزیمی و غیرآنزیمی، در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ نمونه‌برداری انجام شد و صفت‌های مختلف اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفت.

کیفیت ظاهری و بازارپسندی میوه

برای تعیین کیفیت ظاهری و بازارپسندی میوه‌ها برحسب میزان بازارپسندی نمره‌های یک تا شش به‌صورت چشمی درنظر گرفته شد (۱- خیلی بد، ۲- بد، ۳- متوسط، ۴- خوب، ۵- خیلی خوب، ۶- عالی).

سنجش سفتی بافت میوه

برای سنجش سفتی بافت میوه از آزمون نفوذ سنجی و دستگاه بافت‌سنج (مدل H5KS، ساخت انگلستان) استفاده شد و سفتی برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان شد.

سنجش میزان پوسیدگی میوه

میزان پوسیدگی میوه‌ها به‌صورت نمره‌دهی با استفاده از درجه‌بندی بعد از ۲۱ روز نگهداری در ۲ درجه سانتی‌گراد به‌صورت (۱- بدون پوسیدگی، ۲- کمتر از ۵ درصد پوسیدگی، ۳- ۵ تا ۲۰ درصد پوسیدگی، ۴- ۲۰ تا ۵۰ درصد پوسیدگی و ۵- بیشتر از ۵۰ درصد پوسیدگی) ارزیابی شد (۶).

$$\text{درصد کاهش وزن میوه} = \frac{(\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

کاهش وزن میوه

برای محاسبه درصد کاهش وزن، نمونه‌های مشخص شده از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و پس از توزین، میزان افت وزن آنها نسبت به وزن اولیه برحسب گرم بیان شد.

pH آب میوه

pH عصاره صاف شده، با استفاده از pH متر دیجیتالی با قرار دادن سنسور در داخل عصاره مورد نظر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرائت شد.

درصد اسیدیته قابل تیتراسیون

برای تعیین درصد اسید قابل تیتر، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد. به این منظور عصاره میوه با آب مقطر به حجم رسانده شد، سپس با سود ۰/۱ نرمال، pH محلول روی

www.SID.ir

Archive of SID

عدد ۸/۲ ثابت و درنهایت حجم NaOH مصرفی در تیتراسیون قرائت و به‌صورت درصد اسید سیتریک بیان شد (۱۲).

میزان ویتامین ث

میزان ویتامین ث با استفاده از روش تیتراسیون با یدور پتاسیم تعیین شد. برای تهیه محلول ید در یدور پتاسیم، ۱۰ میلی‌لیتر ید ۰/۰۱ نرمال را در بالن ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و ۱/۶ گرم یدور پتاسیم (KI) به آن اضافه و در بالن، با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. برای تیتراسیون، ۵ سی‌سی آبمیوه صاف شده را با ۲۰ سی‌سی نشاسته ۱ درصد مخلوط کرده و بعد از آن با محلول ید در یدور پتاسیم تهیه شده تیتر شد. ظهور رنگ آبی پایدار پایان دوره تیتراسیون بود. سپس مقدار ویتامین ث برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر بیان شد (۲).

مواد محلول جامد کل [TSS (Total Soluble Solids)]

برای محاسبه میزان مواد محلول جامد کل، چند قطره عصاره صاف شده میوه روی شیشه رفراکتومتر(Refractometer) دستی مدل (Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan) ریخته شد و غلظت مواد محلول جامد کل آن برحسب درصد بیان شد.

سنجش میزان اتیلن

برای اندازه‌گیری میزان اتیلن تولید شده، از هر واحد آزمایشی چهار عدد میوه با حجم یکسان انتخاب و در ظرف‌های یک لیتری قرار داده شدند که درون ظرف، پتاس یک مولار برای جذب دی‌اکسید کربن قرار داده شده بود تا میزان دی‌اکسید کربن تولید شده را در حد کمتر از ۰/۱ درصد نگه دارد. پس از گذشت ۱۶ ساعت از قرار دادن نمونه‌ها داخل شیشه‌ها، مقدار یک میلی‌لیتر از هوای داخل ظرف نمونه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان اتیلن نمونه‌ها با استفاده از دستگاه GC (model Trace GC/Trace MS Plus system) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. درنهایت میزان اتیلن تولید شده برحسب $nano\ L\ Kg^{-1}\ in\ hour$ بیان شد (۱۳).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

عصاره میوه ارقام مختلف از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد [DPPH (1,1- Diphenyl 1- 2- picrylhydrazyl)] تعیین شد و به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH در طول موج ۵۱۷ نانومتر محاسبه شد (۲۵).

میزان فنل کل

میزان فنل کل در عصاره میوه با معرف Folin- Ciocalteau و مطابق روش اسلینکارد و سینگلتن اندازه‌گیری شد و نتایج برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره میوه بیان شد (۲۹).

فعالیت آنزیم کاتالاز

برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، یک گرم بافت میوه فریز شده در ۷ میلی لیتر بافر ۵۰ میلی‌مولار فسفات پتاسیم (pH = ۷/۰) کوبیده و بعد از سانتریفیوژ کردن در ۴ درجه سانتی‌گراد، روشناور به‌دست آمده برای اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز استفاده شد. مخلوط واکنش اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز شامل سه میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۲۰ میکرولیتر از عصاره استخراج شده و ۱۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن است. بلافاصله پس از اضافه کردن هر یک از این اجزا در کوت اسپکتروفوتومتر، کاهش جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به‌مدت ۶۰ ثانیه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرائت شد. درنهایت میزان فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب جذب آب اکسیژنه در طول موج ۲۴۰ نانومتر ($۰/۰۳۶\ Mm^{-1}\ cm^{-1}$) و برحسب واحد در گرم میوه در دقیقه محاسبه شد (۱).

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات تأثیر معنی‌داری بر بازارپسندی، استحکام میوه، کاهش وزن، pH میوه، ویتامین ث، مقدار مواد محلول جامد

www.SID.ir

Archive of SID

کل، میزان اتیلن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل کل و فعالیت آنزیم کاتالاز داشت درحالی که اثر آن بر اسیدیته قابل تیتراسیون و پوسیدگی غیرمعنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که زمان انبارداری تأثیر معنی‌داری بر تمام صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد داشت و اثر متقابل غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات و زمان انبارداری تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن، pH آب میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، میزان اتیلن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل کل و فعالیت آنزیم کاتالاز داشت و اثر آن بر سایر صفات مورد مطالعه غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱).

کیفیت ظاهری، بازارپسندی و استحکام میوه

تیمار متیل جاسمونات منجر به افزایش کیفیت ظاهری و بازارپسندی میوه توت‌فرنگی شد. اگر چه بین تیمار شاهد و غلظت ۶ میکرومولار متیل جاسمونات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما تیمار ۱۲ میکرومولار موجب افزایش۳۲/۴۳ درصد بازارپسندی نسبت به میوه‌های شاهد شد (شکل ۱- الف). بیشترین استحکام میوه در تیمار ۶ میکرومولار متیل جاسمونات به‌دست آمد، اگرچه بین تیمار ۶ و ۱۲ میکرومولار متیل جاسمونات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار ۶ میکرومولار متیل جاسمونات منجر به افزایش ۳۵/۹۶ درصد استحکام نسبت به میوه‌های شاهد شد (شکل ۱- ب). تنش آبی بعد از برداشت منجر به اکسید شدن سلولی می‌شود و متیل جاسمونات قادر است سلول‌ها را از فرایندهای اکسیداتیوی با ممانعت از پراکسید شدن لیپیدها حفظ کند (۲۱). از دست دادن آب منجر به ایجاد فرایندهای اکسیداتیوی در میوه انگور شد. تیمار متیل جاسمونات قبل از دهیدراته شدن نسبی منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و افزایش کیفیت میوه‌های انگور شد (۲۱). تیمار متیل جاسمونات با ممانعت یا تأخیر در تولید اتیلن و کاهش سرعت تنفس و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی سبب افزایش استحکام میوه‌های آلو شد (۱۸). متیل جاسمونات در میوه هلو با افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز منجر به افزایش کیفیت میوه شد (۱۷).

میزان پوسیدگی و کاهش وزن

در مورد صفت پوسیدگی، تیمار متیل جاسمونات اثر معنی‌داری بر میوه‌ها نداشت (جدول ۱). همان‌گونه که انتظار می‌رفت در طول دوره انبارمانی پوسیدگی میوه‌ها افزایش پیدا کرد به‌طوری که با افزایش مدت زمان نگهداری در انبار، میزان پوسیدگی نسبت به شاهد ۷۲ درصد افزایش یافت (شکل ۲- الف). ونگ و ژنگ (۳۳) اثبات کردند که متیل جاسمونات باعث افزایش نسخه‌برداری از برخی پروتئین‌های استرسی در سلول می‌شود که درنهایت منجر به افزایش مقاومت به پوسیدگی در گوجه‌فرنگی شد که این نتیجه در پژوهش ما حاصل نشد.

نتایج مقایسه میانگین صفت کاهش وزن، نشان‌دهنده این بود که بین ۷ و ۱۴ روز پس از انبارداری، در غلظت‌های شاهد، ۶ و ۱۲ میکرومول بر لیتر متیل جاسمونات هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما با افزایش طول دوره به ۲۱ روز در تمامی غلظت‌ها افزایش معنی‌دار مشاهده شد به‌گونه‌ای که بیشترین کاهش وزن در تیمار شاهد (بدون هورمون) و کمترین آن نیز در حالت کاربرد ۶ میکرومول بر لیتر متیل جاسمونات در دوره گفته شده بود (شکل ۲- ب). به‌کار بردن متیل جاسمونات فرایند باز شدن روزنه را در گیاهان تغییر می‌دهد و درنتیجه کنترل بهتری در فرایند تنفس و تولید اتیلن رخ می‌دهد و مقاومت به تنش آبی و حفظ وزن میوه افزایش پیدا می‌کند (۱۵). کاربرد خارجی متیل جاسمونات در آناناس، باعث افزایش کیفیت میوه طی انبارمانی شده و میوه‌های تیمار شده کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد نشان دادند (۳۲). مطابق نتایج جدول ۲ بین صفات استحکام و پوسیدگی، همبستگی منفی در سطح یک درصد وجود دارد و با افزایش پوسیدگی، استحکام میوه‌ها کاهش یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID

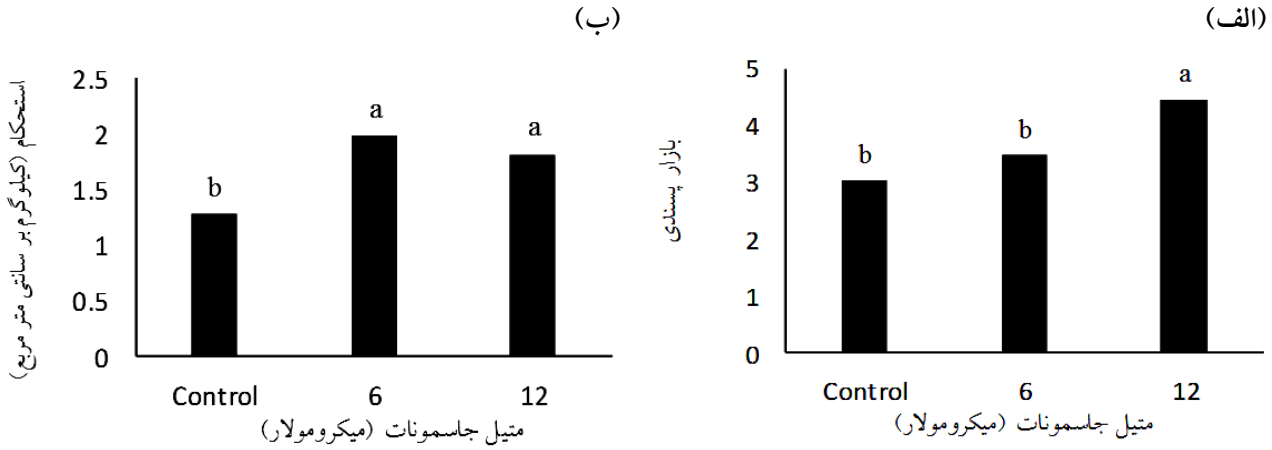
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر متیل جاسمونات و زمان بر خصوصیات انبارداری میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		بازارپسندی	استحکام	پوسیدگی	کاهش وزن	pH آب‌میوه	اسیدیته قابل تیتراسیون	میزان ویتامین ث	مواد محلول جامد کل	میزان اتیلن	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	میزان فنل کل	فعالیت آنزیم کاتالاز
متیل جاسمونات	۲	۴/۹۳*	۱/۲۴*	۱/۳۳ns	۰/۴۵**	۰/۰۲*	۰/۰۲ns	۴۹/۲۳**	۰/۸*	۳۳۳۸/۴۸**	۷۰۶/۲۵**	۱۶۰/۲۲**	۸/۱۶**
خطای اول	۶	۰/۵۱۸	۰/۱۲	۰/۴۴	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۲/۸۶	۰/۱۶	۶۸/۸۱	۴/۰۷۴	۱/۸۶	۰/۶۶
زمان	۲	۲۰/۴۸**	۳/۲**	۲۳/۴**	۴/۷۴**	۰/۵۴**	۰/۱۲**	۷۹۰/۱۵**	۵/۲۲**	۳۴۲۵۵/۱۴**	۱۳۵۶/۷**	۸۴۵/۳**	۱۱۶/۷۵**
متیل جاسمونات × زمان	۴	۰/۰۳۷ns	۰/۱۴۳ns	۰/۲۸ns	۰/۴۱**	۰/۰۳۷*	۰/۰۲۵**	۲۴/۴۴**	۰/۳۲ns	۱۴۴/۳۱**	۴۶/۷۶*	۷۴/۲۱**	۲/۴۱**
خطای دوم	۱۲	۰/۶۸	۰/۰۶	۰/۲۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۲/۸۶	۰/۱۱	۲۴/۲۶	۹/۶۸	۱/۴۷	۰/۲۱
ضریب تغییرات (٪)		۲۲/۸	۱۴/۶	۱۸/۲	۱۷/۷۵	۲/۴	۴/۶	۵/۱	۴/۵	۴/۹	۵/۴۳	۴/۱	۴/۱۷

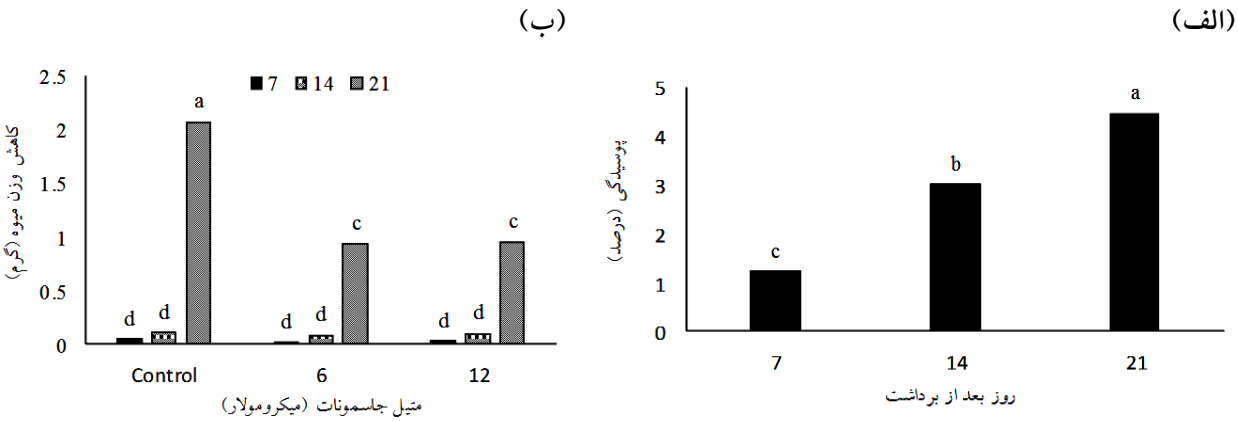
ns ،* ،** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. الف) اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر کیفیت ظاهری و بازارپسندی میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'، ب) اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر استحکام میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).



شکل ۲. الف) میزان پوسیدگی میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' در طول دوره انبارداری و ب) اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر کاهش وزن میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).

جدول ۲. همبستگی بین صفات اتیلن و پوسیدگی با استحکام، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'

	استحکام	پوسیدگی	ویتامین ث	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	فعالیت آنزیم کاتالاز	اتیلن
استحکام	۱					
پوسیدگی	-۰/۸۰۵**	۱				
ویتامین ث	۰/۸۴۳**	-۰/۸۸۷**	۱			
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	۰/۷۷**	-۰/۸۷۱**	۰/۸۸۸**	۱		
فعالیت آنزیم کاتالاز	۰/۸۴۵**	-۰/۸۷۳**	۰/۹۰۹**	۰/۸۰۶**	۱	
اتیلن	-۰/۷۹۲**	۰/۸۶۸**	-۰/۸۸۴**	-۰/۸۷۹**	-۰/۸۲۳**	۱

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است

www.SID.ir

Archive of SID

pH میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون

میزان pH عصاره میوه، در طول ۲۱ روز دوره انبارمانی کاهش یافت. اثر متیل جاسمونات در روزهای هفتم و چهاردهم پس از برداشت معنی‌دار نبود، درحالی که در ۲۱ روز بعد از برداشت، بالاترین میزان pH در تیمار ۶ و ۱۲ میکرومولار متیل جاسمونات و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۳). تغییرات pH عصاره میوه در زمان رسیدن بیشتر ناشی از نشت اسیدهای آلی از واکوئل‌ها به سیتوپلاسم سلولی است. همچنین در اثر رسیدن بیش از حد میوه، pH عصاره افزایش یافته و از اسیدی به قلیایی تبدیل می‌شود (۲۳). عین‌الدین و حاجیلو (۱۱) گزارش کردند که pH پایین میوه‌های توت‌فرنگی تیمار شده با متیل جاسمونات را می‌توان به تأثیر احتمالی متیل جاسمونات در فرایند تنفس و حفظ اسیدهای آلی ربط داد.

تیمار متیل جاسمونات در هر دو غلظت ۶ و ۱۲ میکرومولار موجب حفظ اسید قابل تیتراسیون میوه‌ها در روز ۲۱ نسبت به شاهد شد (شکل ۴). مقدار اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی محصول در ارتباط بوده و موجب طعم ترش در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود (۱۶). تیمار پس از برداشت میوه ازگیل ژاپنی با متیل جاسمونات باعث حفظ سطوح بالاتری از قندها و اسیدهای آلی در میوه شد. تا رسیدن میوه میزان اسیدهای آلی کاهش می‌یابد و به یک مقدار ثابت می‌رسد اما بعد از رسیدن محصول و طیفرایندهای رسیدن و تولید اتیلن، میزان اسیدهای آلی به‌طور طبیعی کاهش می‌یابد. وظیفه متیل جاسمونات جلوگیری از روند کاهش اسیدهای آلی با ایجاد تأخیر در تولید اتیلن و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پس از رسیدن محصول است (۲۶).

ویتامین ث

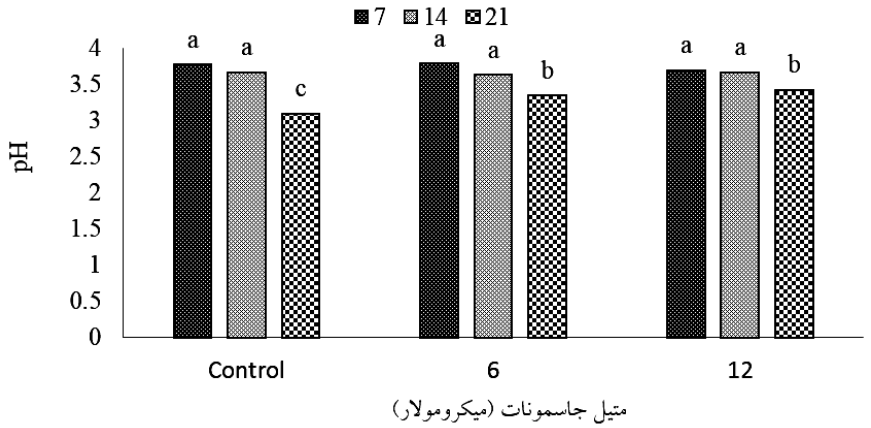
با افزایش دوره انباری میزان ویتامین ث کاهش یافت و در روز ۲۱، کمترین آن در شاهد (میانگین ۱۸/۵ میلی‌گرم اسید آسکوربیک در صد گرم وزن تر) و بیشترین آن در تیمار ۶ و ۱۲ میکرومولار متیل جاسمونات به‌ترتیب (میانگین ۲۷/۵۶ و ۲۷/۳۶ میلی‌گرم اسید آسکوربیک در صد گرم وزن تر) مشاهده شد اگر چه بین تیمارهای ۶ و ۱۲ میکرومولار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵). تیمار متیل جاسمونات در میوه هلو از کاهش ویتامین ث جلوگیری کرد (۱۷). اسید آسکوربیک یک آنتی‌اکسیدانت قابل حل در آب است و در سمیت‌زدایی گونه‌های اکسیژن فعال به‌ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد. همچنین به‌طور مستقیم در خنثی کردن رادیکال‌های اکسیژن منفرد یا سوپر اکسید و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در بازتولید آلفاتوکوفرول و دیگر آنتی‌آکسیدان‌های چربی‌دوست نقش ایفا می‌کند و مانع از پراکسید شدن لیپیدهای غشا می‌شود. کاهش در میزان اسید آسکوربیک موجب قهوه‌ای شدن بافت و درنهایت کاهش کیفیت میوه‌ها می‌شود (۸). مطابق نتایج جدول ۲ همبستگی منفی در سطح یک درصد بین صفات ویتامین ث و اتیلن وجود دارد. با افزایش تولید اتیلن، میزان ویتامین ث میوه‌ها کاهش می‌یابد.

مقدار مواد محلول جامد کل

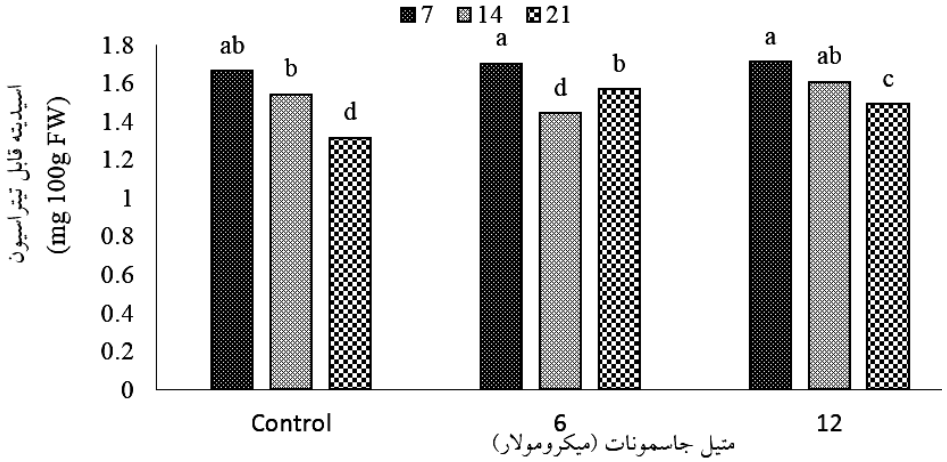
مقدار مواد جامد تحت تیمار متیل جاسمونات طی دوره انبار تحت تأثیر قرار گرفت. بیشترین مقدار مواد محلول جامد کل در تیمار ۱۲ میکرومولار (میانگین ۷/۵۴ درصد) و کمترین آن در تیمار شاهد (میانگین ۷/۰۱ درصد) مشاهده شد (شکل ۶). مواد محلول جامد کل به‌طور مستقیم به عطر و طعم میوه مربوط می‌شود. هرچه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون کمتر و میزان مواد محلول جامد کل بیشتر باشد، میوه طعم بهتر و مقبولیت بیشتریخواهد داشت. تیمار قبل از برداشت متیل جاسمونات بر میوه‌های آلو رقم Fortune در حفظ مواد محلول جامد کل و افزایش ماندگاری اثر داشت (۱۹). کاربرد متیل جاسمونات در دوره‌های قبل و بعد از برداشت در تعدادی از محصولات باغبانی از جمله کیوی، تربچه، کدوی تابستانه گزارش شده است که باعث حفظ سطوح بالاتری از قندها و اسیدهای آلی شد (۳۳). در خیار، متیل جاسمونات در ترکیب با کود نیترات پتاسیم سبب افزایش مواد محلول جامد کل، کیفیت میوه و عملکرد شد (۲۰).

www.SID.ir

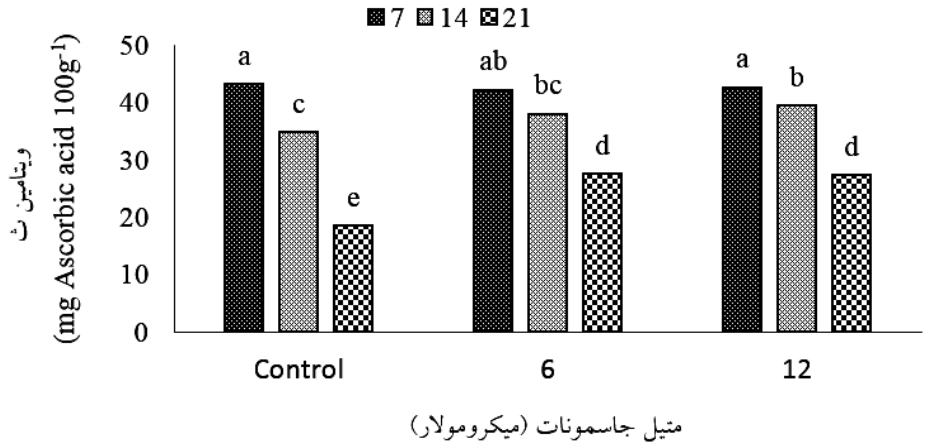
Archive of SID



شکل ۳. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر میزان pH میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).



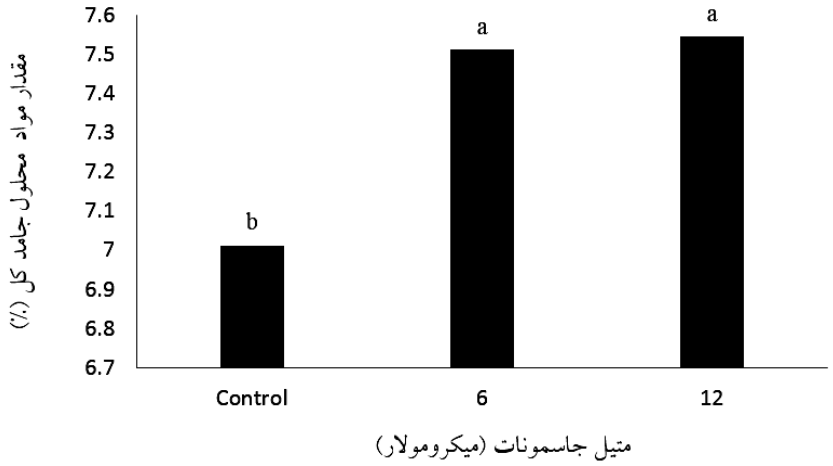
شکل ۴. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).



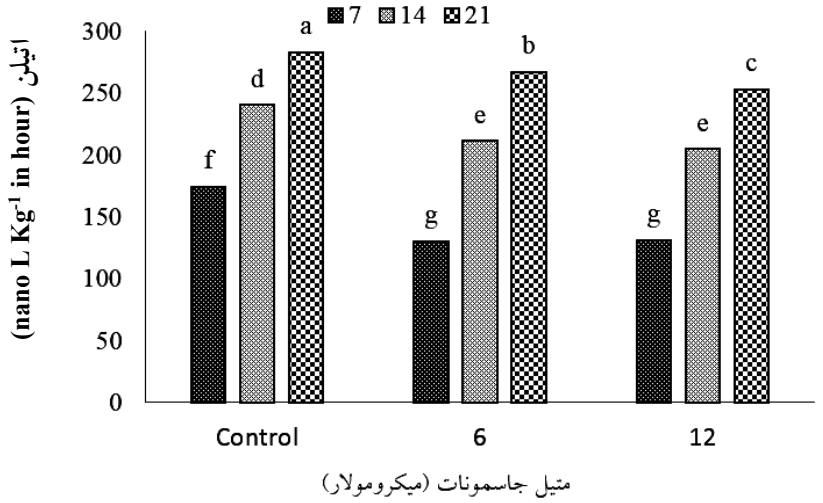
شکل ۵. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر میزان ویتامین ث میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر مقدار مواد محلول جامد کل میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'
(حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).



شکل ۷. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر میزان اتیلن میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی
(حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).

میزان اتیلن

نتایج همچنین نشان داد که با گذشت زمان میزان اتیلن کاهش یافت و تیمارهای متیل جاسمونات باعث کاهش روند تولیدی میزان اتیلن شدند. در روز ۲۱ ام بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد (میانگین ۲۸۳ نانولیتردر کیلوگرم ساعت) و کمترین میزان اتیلن تولید شده در تیمار ۱۲ میکرومولار (میانگین ۲۵۳ نانولیتر در کیلوگرم ساعت) مشاهده شد (شکل ۷). اتیلن به‌عنوان هورمون رسیدن شناخته شده است و نرم شدن، سرعت تنفس و توسعه رنگ را در میوه‌ها طی رسیدن افزایش می‌دهد (۲۸). تیمار خارجی متیل جاسمونات مانع تولید اتیلن از طریق کاهش بیان ACS (ACC synthase)، ACO (ACC oxidase) و پذیرنده‌های اتیلن می‌شود. طی آزمایشی اثبات شده است که متیل جاسمونات منجر به کاهش ژن‌های ETR2 شده است که این ژن‌ها به‌طور قابل توجهی قبل از رسیدن میوه افزایش می‌یابند (۳۵). درنتیجه فرایندهای رسیدن و تولید اتیلن کاهش می‌یابد. گزارش شده است که تیمار متیل جاسمونات تولید اتیلن را طی مرحله

www.SID.ir

Archive of SID

رسیدگی میوه آلو کاهش داد (۲۲). طبق نتایج جدول ۲، رابطه همبستگی منفی در سطح یک درصد بین صفات اتیلن و استحکام، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز میوه‌ها وجود دارد. با افزایش اتیلن استحکام، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز میوه‌ها کاهش یافته است. بین صفات اتیلن و پوسیدگی رابطه مثبت در سطح یک درصد وجود دارد و با افزایش پوسیدگی تولید اتیلن افزایش یافته است.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز

با طولانی شدن دوره انبارداری در تمامی غلظت‌های آزمایشی میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافته است به‌طوری که بیشترین درصد کاهش در تیمار ۱۲ میکرومولار متیل جاسمونات (میانگین ۴۰/۲ درصد) و کمترین آن (میانگین ۲۶ درصد) به‌ترتیب با تغییر دوره نگهداری از ۷ به ۲۱ روز مشاهده شد (شکل ۸- الف).

نتایج مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز نشان‌دهنده این است که هرچند در تمامی غلظت‌های مورد آزمایش، با افزایش دوره نگهداری میوه در سردخانه، میزان فعالیت این آنزیم کاهش یافت اما از نظر درصد کاهش بین تیمارها اختلاف وجود داشت به‌طوری که بیشترین درصد کاهش آنزیم در حالت شاهد (عدم کاربرد متیل جاسمونات) و کمترین آن نیز در تیمار کاربرد ۱۲ میکرومول بر لیتر متیل جاسمونات به‌ترتیب به‌میزان ۶۲ و ۳۸ درصد در شرایط ۲۱ روز انبارداری مشاهده شد. تیمارهای متیل جاسمونات منجر به کاهش روند نزولی فعالیت آنزیم کاتالاز شدند (شکل ۸- ب).

افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه‌های آلو، هلو، لوکوآت تیمار شده با متیل جاسمونات دیده شد که موجب افزایش مقاومت به آسیب سرمایی، پوسیدگی و تأخیر در فرایندهای رسیدگی و پیری میوه‌ها شد (۱۷ و ۱۸). تنش‌های اکسیداتیوی شامل تجمع گونه‌های اکسیژن فعال طی رسیدن میوه‌ها است که منجر به تغییر ثبات غشایی و اکسید شدن لیپیدهای غشا می‌شود.

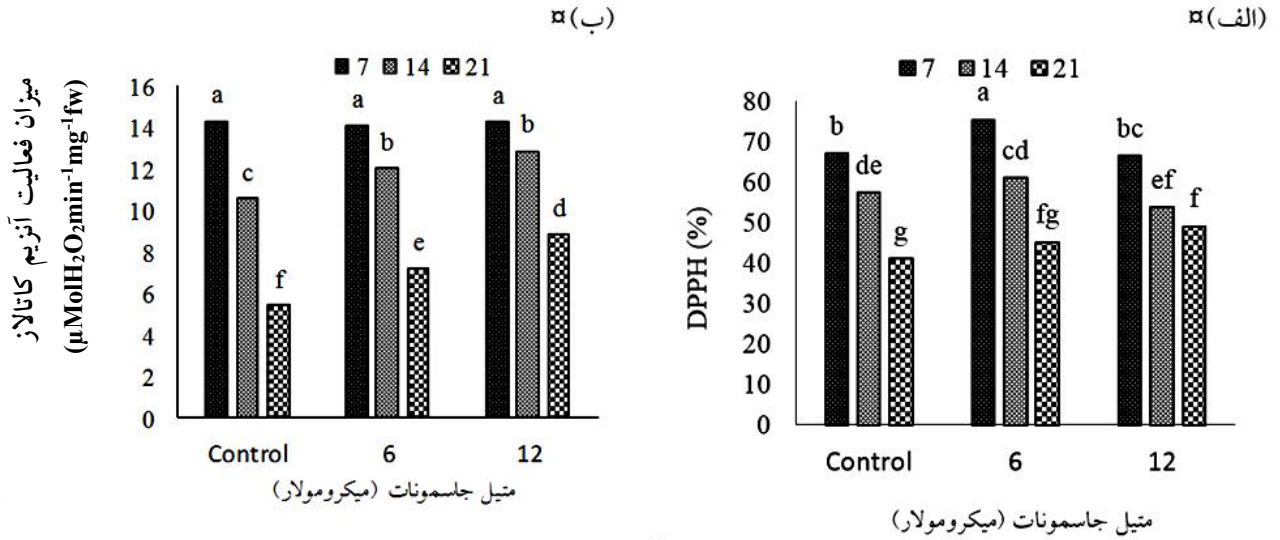
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شاخص خوبی برای نشان دادن موقعیت و وضعیت سلول‌های داخلی است. که در این آزمایش به‌صورت درصد بازدارندگی ۲و۲- دی فنیل- ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) بیان شد. میوه‌هایی با محتوای آنتی‌اکسیدانی بالا، در شرایط خوبی از نظر سلامتی و بازارپسندی هستند. گونه‌های اکسیژن فعال در طی متابولیسم‌های طبیعی سلول و همچنین در پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده تولید می‌شوند و آنتی‌اکسیدان‌ها، فعالیت چاپرونی در برابر گونه‌های اکسیژن فعال دارند. با پیشرفت پیری و افزایش فعالیت‌های متابولیکی تولید رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد و منجر به ایجاد آسیب‌های سلولی و افزایش ضایعات پس از برداشت می‌شود (۳). بنابراین عامل کاهش دهنده فعالیت‌های متابولیکی و سیستم‌های پاسخی در برابر تنش‌های مختلف، سرعت تولید رادیکال‌های آزاد و پیشرفت پیری را کاهش خواهد داد. متیل جاسمونات موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز در میوه‌های هلو (۱۷) شد. طبق نتایج جدول ۲، رابطه همبستگی مثبتی در سطح یک درصد بین صفات ویتامین ث، فعالیت آنزیم کاتالاز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و استحکام میوه‌ها وجود دارد، با افزایش ویتامین ث و فعالیت آنزیم کاتالاز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی افزایش و با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، استحکام میوه‌ها افزایش و پوسیدگی کاهش یافته است.

میزان فنل کل

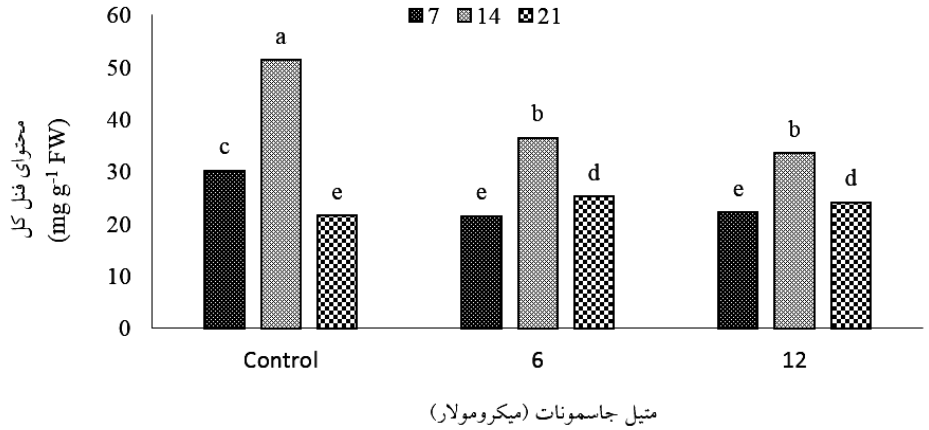
میزان فنل کل در میوه‌های شاهد طی دوره انبارمانی کاهش معنی‌داری داشت. تیمارهای متیل جاسمونات در طی دوره انبارمانی فنل بیشتری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. میزان فنل کل از روز هفتم تا چهاردهم سیر صعودی داشت و سپس در روز ۲۱ ام کاهش یافته بود. تأثیر متیل جاسمونات بیشتر در روز ۲۱ ام بارز بود. بیشترین میزان آن در روز هفتم و در تیمار شاهد (میانگین ۵۱/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین آن در روز ۲۱ ام در تیمار شاهد (میانگین ۲۲/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۹).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸ الف) اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر درصد بازدارندگی DPPH میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی و ب) اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).



شکل ۹. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر محتوای فنل کل میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف انبارمانی (حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است).

محتوای ترکیبات فنل کل، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها در میوه تمشک با تیمار متیل جاسمونات افزایش یافت (۳۳). محتوای فلاونوئید میوه توت سیاه تحت تیمار متیل جاسمونات افزایش پیدا کرد (۵). افزایش در محتوای فنل‌ها و آنتوسیانین در نتیجه تیمار متیل جاسمونات احتمالاً به این علت است که این ماده به‌عنوان هورمون عمل کرده و اثر مستقیمی بر سنتز متابولیت‌های ثانویه به‌خصوص فعال‌سازی آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (Phenylalanine ammonia- lyse) دارد. آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز منجر به سنتز ترکیبات فنولیکی شامل فنل‌ها و فلاونوئیدها می‌شود (۱۰). متیل جاسمونات‌ها به‌عنوان پیام‌رسان کلیدی در فرایند القا که منجر به تجمع متابولیت‌های ثانویه می‌شود معرفی شده‌اند. فنیل‌آلانین آمونیالیاز آنزیم اصلی مسیر فنیل پروپانوئید است که با واکنش دآمیناسیون، تبدیل فنیل‌آلانین را به ترانس سینامیک اسید کاتالیز می‌کند. سینامیک اسید اولین

www.SID.ir

Archive of SID

حد واسط برای سنتز ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها، فلانوئیدها است. سنتز این ترکیبات با آنزیم فنیل آلانین آمونیالیز آغاز شده و بعد از چند مرحله آنزیمی، به تولید چالکون توسط چالکون سنتاز [CHS (Chalcone Synthase)] منتهی می‌شود که سنتز فلاونوئیدها از آن صورت می‌گیرد. چالکون سنتاز که پیش‌ساز فلانوئیدها را تولید می‌کند، توسط متیل جاسمونات القا می‌شود (۳۱). ترکیبات فنلی خاصیت آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌میکروبی و ضدالتهابی دارند. ترکیبات فنلی با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی رادیکال می‌توانند نقش مهمی در نگهداری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفا کنند (۳۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه بیانگر تأثیر معنی‌دار متیل جاسمونات بر صفت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده بود، به‌طوری که با افزایش غلظت متیل جاسمونات، استحکام میوه افزایش یافت. همچنین نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار متیل جاسمونات بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (فنل کل، ویتامین ث، فعالیت آنزیم کاتالاز) بود. به‌طوری که با طولانی‌تر شدن دوره انبارداری و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، تیمار متیل جاسمونات باعث بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شده و کمترین درصد کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۲۶ درصد) در میوه توت‌فرنگی مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود، متیل جاسمونات به‌عنوان ترکیب شیمیایی ایمن و سالم برای کاهش پوسیدگی و افزایش عمر انباری میوه توت‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. *Methods Enzymology* 105: 121-126.
2. Anon. 1999. UV light provides alternative to heat pasteurisation of juices. *Food Technology* 53-90.
3. Asghari, M. and A. R. Hasanlooe. 2015. 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.
4. Asghari, M. and M. S. Soleimani Aghdam. 2010. Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticulture crop. *Trends Food Science and Technolog* 21: 502-509.
5. Ayala-Zavala, J. F., S. Y. Wang, C. Y. Wang and G. A. Gonzalez-Aguilar. 2005. Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatments increased antioxidant capacity, aroma compounds and postharvest life of strawberry fruit. *European Journal of Food Research* 221(5): 1438-1443.
6. Ben-Yehoshua, S., V. Rodov, J. Jin-Kim and S. Carmelis. 1992. Performed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatment. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 40: 1217-1221.
7. Behnamian, M. and S. Masiha. 2006. Strawberry. Sotedeh Tabriz. Press. (In Farsi).
8. Burdurla, H. S., K. Nuray and K. Feryal. 2006. Degradation of vitamin C in citrus joice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering* 74: 211-216.
9. Cao, Sh., Y. Zheng, Z. Yang, K. Wang and H. Rui. 2009. Effect of methyl jasmonate on quality and antioxidant activity of postharvest loquat fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2064-2070.
10. Concha, C. M., N. E. Figueroa, L. A. Poblete, W. Schwab and C. R. Figueroa. 2013. Methyl jasmonate treatment induces changes in fruit ripening by modi-fying the expression of several ripening genes in *Fragaria chiloensis* fruit. *Plant Physiology and Biochemistry* 70: 433-444.
11. Eynalladin, M. and J. Hajiloo. 2006. Effect of methyl jasmonate on qualitative traits and vase life of strawberry cv. "Camarosa". *Journal of Food Research* 26(2): 277- 288. (In Farsi).
12. Ayala-Zavala, J., S. Y. Wang, C. Y. Wang and G. A. Gonzalez-Aguilar. 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.
13. Guillén, F., H. M. Díaz-Mula, P. J. Zapata, D. Valero, M. Serrano, S. Castillo and D. Martínez-Romero. 2013. Aloe arborescens and Aloe vera gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology* 83: 54-57.

www.SID.ir

14. Heinonen, I. M., A. S. Meyer and E. N. Frankel. 1998. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 46: 4107-4112.
15. Horton. R. 1991. Methyl jasmonate and Transpiration in Barley. *Plant Physiology* 96: 1376-1378.
16. Jalili. Marandi, R. 2005. Postharvest Physiology. Urmia University. 276 p. (In Farsi).
17. Jin, P., H. Y. Zheng, M. C. Cheng, Y. H. Gao, X. W. Chen and J. H. Chen. 2006. Effect of Methyl jasmonate treatment on fruit decay and quality in peaches during storage at ambient temperature. *Acta Horticulturae* 712: 711-716.
18. Zapata, P., A. Martinez- Espia, F. Gullen, H. Diazmula, D. Marinez- Romero, M. Serrano and D. Valero. 2014. Improvement of fruit quality and antioxidant systems during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 98: 115-122.
19. Karaman, S., B. Ozturk, N. Genc and S. M. Celik. 2012. Effect of preharvest application of methyl jasmonate on fruit quality of plum (*Prunus salicina* cv. Fortune) at harvest and during cold storage. *Food Processing and Preservation* 37: 1745-4549.
20. Kazemi, M. 2013. Effect of foliar application with potassium nitrate and methyl Jasmonate on growth and fruit quality of cucumber. *Bulletin of Environment Pharmacology and Life Sciences* 2(11): 7-10.
21. Modesti, M., P. Milena, R. Forniti, L. Zampella, M. Scortichini and F. Mencarelli. 2018. Methyl jasmonate and ozone affect the antioxidant system and the quality of wine grape during postharvest partial dehydration. *Food Research International* 112: 369-377.
22. Ozturk, B., K. Yildiz and E. Kucuker. 2014. Effect of pre-harvest methyl jasmonate treatments on ethylene production, water soluble phenolic compounds and fruit quality of Japanese plums. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95: 583- 591.
23. Pelayo, C., S. E. Ebeler and A. A. Kader. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5C in air or air+20 KPa CO_2. *Postharvest Biology and Technology* 27: 171-183.
24. Ruiz, K. B., L. Trainotti, C. Bonghi, V. Ziosi, G. Costa and P. Torrigiani. 2013. Early methyl jasmonate application to peach delays fruit/seed development by altering the expression of multiple hormone-related genes. *Journal of Plant Growth Regulation* 32: 852-864.
25. Serrano, M., F. Guillen, D. Martinez-Romero, S. Castillo and D. Valero. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of Sweet Cherry at different ripening stages. *Agriculture and Food Chemistry* 53(7): 2741-2745.
26. Shifeng, C., Z. Yonghua, Y. Zhenfeng, W. Kaituo and R. Huaijing. 2009. Effect of methyl jasmonate on quality and antioxidant activity of postharvest loquat fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2064-2070.
27. Siboza, I. X., I. Bertling and A. O. Odindo. 2014. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold–stored lemon fruit (*Citrus limon*). *Plant Physiology* 171: 1722-1731.
28. Singh, Z. and A. S. Khan. 2010. Physiology of plum fruit ripening. *Stewart Postharvest Review* 6(2): 751-753.
29. Slinkkard, K. and V. L. Singleton. 1997. Total phenol analysis, automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49-55.
30. Shifeng, C., Z. Younghua, Y. Zhenfeng, W. Kaituo and R. Huaijing. 2009. Effect of methyl jasmonate on quality and antioxidant activity of postharvest loquat fruit. *Journal of Agricultural Science* 89: 2064-2070.
31. Tassoni, A., L. Durante and M. Ferri. 2012. Combined elicitation of methyl jasmonate and red light on stilbene and anthocyanin and red light on stilbene and anthocyanin biosynthesis. *Journal of Plant Physiology* 169: 775- 781.
32. Valero, D., A. D. Perez-Vicente, S. Martinez-Romero, S. Castillo, F. Guillen and M. Serrano. 2002. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatment: Role of polyamines. *Journal of Food Science* 67: 2571-2575.
33. Wang, S. Y. and W. Zheng. 2005. Pre-harvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 187-195.
34. Yi, C., H. X. Qu, Y. M. Jiang, J. Shi, X. W. Duan and D. C. Joyce. 2008. ATP-induced changes in energy status and membrane integrity of harvested litchi fruit and its relation to pathogen resistance. *Journal of Phytopathology* 156: 365-371.
35. Ziosi, V., C. Bonghi, A. M. Bregoli, L. Trainotti, S. Biondi and S. Sutthiwal. 2008. Jasmonate-induced transcriptional changes suggest a negative interference with the ripening syndrome in peach fruit. *Journal of Experimental Botany* 59: 563-573.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 10, No. 2, Summer 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Postharvest Methyl Jasmonate Treatment on Ethylene Biosynthesis, Antioxidant Capacity and Shelf Life of Strawberry

A. Sarebani[1], M. Arshad[2*] and M. J. Nazari Delju[3]

(Received: April 06-2019; Accepted: September 21-2019)

Abstract

Strawberry is one of the highly consumed fruits which are cultivated in wide areas of the world. The most important problem of the strawberry is low storability and high postharvest losses; hence, more than 50% of harvested fruit is lost in Iran. The purpose of this research was to investigate biochemical and shelf life reaction of Camarosa cultivar to different concentrations of methyl jasmonate. The investigation was performed in split plot experiments in a completely randomized design with three replications. The main factor included different concentrations of methyl jasmonate (8 and 12 µM /L), along with control (distilled water) and the sub-factor included different storage times (7, 14 and 21 days). The fruits were transferred to a cold storage with a temperature of 2 ± 0.5 °C, relative humidity of 90-95% and carbon dioxide content of 15% over the course of the research. Methyl jasmonate treatment improved antioxidant capacity and catalase enzyme activity of the treated fruits. The highest antioxidant capacity and catalase enzyme activity were observed at 12 µM/L. Ethylene biosynthesis was significantly affected by the storage time of the treated fruits; so that methyl jasmonate at 12 µM/L reduced the ethylene production. Also, fruit firmness was improved at 5 µM/L methyl jasmonate concentration. Based on the results, methyl jasmonate is potent to increase the strawberry marketability with minimal side effects and, hence, may be chosen for decreasing the postharvest losses of strawberry fruit.

Keywords: Camarosa, Quality, Postharvest losses, Total soluble solids

1, 2 and 3. Former M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Horticulture Science, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
*: Corresponding Author, Email: mousa_arshad@yahoo.com

www.SID.ir