نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۶ شماره ۲/ سال ۱۳۹۵

اثرکاربرد پس از برداشت متیل جاسمونات بر ویژگی های کیفی و ماندگاری توت‌فرنگی رقم کاماروسا

محمد صفا عین الدین[1*] و جعفر حاجیلو[2]

تاریخ دریافت: ۹٤/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/٤/۱۲

[1] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

[2] دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: Email: mohamadsafa66@yahoo.com

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تیمار پس از برداشت غوطه‌وری متیل جاسمونات بر خصوصیات کیفی و عمر انباری میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' انجام شد. در این آزمایش تیمار متیل جاسمونات در پنج سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار) به صورت غوطه‌وری بر میوه‌های توت‌فرنگی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی (فاکتو اول شامل غلضتهای مختلف متیل‌جاسمونات و فاکتور دوم نگه‌داری در سردخانه به مدت ۱۲ روز) در چهار تکرار انجام شد و ویژگی‌های کیفی مانند مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، ویتامین ث، کاهش وزن، فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که غلظت‌های به کار برده شده متیل‌جاسمونات تفاوت معنی‌داری در میزان مواد جامد محلول کل، اسیدیته، ویتامین ث ، pH ، فنل و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش وزن با شاهد داشتند، به طوری که در میوه‌های تیمار شده میزان کاهش وزن و pH کمتر از شاهد و میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون ،ویتامین ث، فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل بیشتر از شاهد بودند. همچنین بیشترین میزان فنل و فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در میوه‌های تیمار شده با متیل‌جاسمونات در غلظت ۱۰۰ میکرومولار بود و کمترین مقدار این صفات در طول دوره انبارمانی در شاهد ثبت گردید.

واژگان کلیدی: غوطه وری، فلاونوئید کل، فنل کل، مواد جامد محلول، ویتامین ث

مقدمه

بدلیل فسادپذیری و کاهش کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده از فناوری‌های نوین برای جلوگیری از ضایعات پس از برداشت این محصولات بسیار ضروری به نظر می‌رسد. توت‌فرنگی میوه نافرازگرایی است که بایستی در مرحله کاملا رسیده برداشت شود از سوی دیگر به خاطر حساسیت به بیماری‌های قارچی بسیار فاسد شدنی و دارای عمر پس از برداشت کوتاهی است(چریان و همکاران ۲۰۱٤). اسیدجاسمونیک و متیل‌استرهای آن که در حالت کلی به جاسموناتها معروف هستند به عنوان

تنظیم کننده رشد گیاهی طبیعی، گروهی از ترکیبات ویژه سیکلوپنتان هستند که از طریق مسیر بیوسنتزی اکتادکانوئید سنتز می‌شوند (راور و اروین ۲۰۰۸). جاسمونات‌ها در ابتدا به خاطر اثرات آنها در بازدارندگی رشد شناخته شدند، اما بعد به دلیل اثرات دیگر آنها خصوصا اثرات مثبت در نمو و پاسخ دفاعی به زخم‌های وارده به گیاه و همچنین به دلیل اثر آنها در افزایش بروز ژن‌ها مورد توجه قرار گرفتند (راور و اروین ۲۰۰۸). کاربرد متیل‌جاسمونات در مرحله قبل و پس از برداشت بر تغییرات فیزیکی مانند رنگ، وزن، سفتی ، محتوای فنل کل و آنتی‌اکسیدان موثر است (کنچا و همکاران ۲۰۱۳). تیمار با متیل جاسمونات در مرحله پس از برداشت باعث افزایش فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز در میوه‌های گواوا گردیده و از این طریق برخی از واکنش‌های دفاعی را القا می‌نماید (گنزالز آگویلار و همکاران ۲۰۰٤). کائو و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تیمار پس از برداشت میوه ازگیل ژاپنی با متیل جاسمونات باعث حفظ سطوح بالاتری از قندها و اسیدهای آلی در میوه شد. مقدار اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی محصول در ارتباط بوده و موجب طعم ترش در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردند با رسیدن میوه، میزان اسیدهای آلی کاهش می‌یابند (زکایی خسروشاهی و همکاران ۲۰۰۷). تیمار قبل از برداشت میوه‌های تمشک با متیل‌جاسمونات میزان آنتوسیانین، مواد فنلی، آنتی‌اکسیدان و طعم میوه‌ها را بهبود بخشید (وانگ و زنگ ۲۰۰۵). میوه های توت‌فرنگی تیمار شده با متیل‌جاسمونات در مرحله قبل از برداشت سطوح بالاتری از سفتی، آنتوسیانین و محتوای لیگنینی در طول دوره انبارمانی در مقایسه با شاهد نشان دادند (گابرییلا و همکاران ۲۰۱٦). چناچه برگهای توت‌فرنگی در شرایط استرس آبی قرار بگیرند میزان ویتامین‌ث کمتری از برگهای معمولی که در شرایط نرمال هستند، خواهند داشت. در این حالت در صورتی که گیاه توت-فرنگی قبل از استرس با ۱۰۰ میکرو مولار متیل جاسمونات تیمار شود سطح اسید آسکوربیک آن ثابت می‌ماند (وانگ ۱۹۹۹). سفتی میوه یکی از مهمترین پارامترهای کیفی می‌باشد. استفاده از متیل‌جاسمونات سبب حفظ سفتی میوه توت‌فرنگی می‌شود (پرز و همکاران ۲۰۰۵). آیالازاوالا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند، میوه‌های توت‌فرنگی رقم آلستار که بوسیله متیل-جاسمونات همراه با اتانول در غلظت ۲۲/٤ میلی گرم بر لیتر تیمار شده بودند و به مدت ۱۲ روز در دمای ۷/۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شده بودند کیفیت بالاتری داشتند و از فاسد شدن حفظ شده بودند. همچنین در همین تحقیق میوه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد میزان فنل‌کل بیشتری را نشان دادند. گزارش شده که تیمار پس از برداشت با متیل جاسمونات به طور موثری سطوح بالاتری از ترکیبات بیواکتیو را نگه‌داری کرده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در میوه‌های ریز از جمله در سیاه‌توت و تمشک در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد (وانگ و همکاران ۲۰۰۸). به دلیل نقش متیل‌جاسمونات در افزایش مقاومت محصولات باغی و حفظ کیفیت محصولات در زمان پس از برداشت استفاده از این ماده از اهمیت خاصی برخوردار است (راور و اروین ۲۰۰۸).

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تأثیر متیل جاسمونات در غلظت‌های مختلف بر بهبود عمر انباری و ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا در طی دوره انبارداری سرد می‌باشد.

مواد و روش

مواد گیاهی و طرح آزمایشی مورد استفاده

در این آزمایش میوه‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا[1] مورد استفاده قرار گرفتند. میوه ها در مرحله رسیدگی کامل در بهار سال ۱۳۹۲ از یک گلخانه تجاری واقع در شهر خسروشهر جمع‌آوری شده و در سبدهای مخصوص حمل و نقل توت‌فرنگی قرار داده شدند و به آزمایشگاه بیولوژی گلدهی و فیزیولوژی رشد و نمو میوه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل گردیدند و

1- Camarosa

سپس میوه‌های یکنواخت از نظر شکل، اندازه، رنگ و سالم بودن جهت بررسی اثر تیمار مورد آزمایش قرار گرفتند. میوه‌ها در شرایط انبارداری با دمای ۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۱۲ روز نگه‌داری شدند و طی هر ٤ روز نمونه برداری انجام و ویژگی‌های کیفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. این آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار انجام شد. متیل‌جاسمونات در پنج سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار) به صورت غوطه‌وری بر میوه‌های توت‌فرنگی اعمال شد.

صفات مورد ارزیابی

اسیدیته عصاره میوه(pH)، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون(TA) و مواد جامد محلول(TSS)

اسیدیته عصاره میوه با استفاده از pH متر دیجیتالی (HI 9811) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد. اندازه‌گیری مواد جامد محلول به وسیله دستگاه رفراکتومتر مدل PAL-1 ساخت شرکت آتاگو ژاپن انجام پذیرفت و به صورت درصد بریکس بیان شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸٤).

مقدار اسید آسکوربیک میوه

جهت اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک میوه‌ها از روش تیتراسیون عصاره میوه با ۲و ٦- دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد(آ او آ سی ۲۰۰۰).

محتوای فنل کل

برای اندازه‌گیری محتوای فنل کل از روش فولین سیکالتو استفاده شد. عصاره‌های میوه با واکنش گر فولین سیکالتو ترکیب شده و بعد از پنج دقیقه محلول بی‌کربنات سدیم اضافه شد، مخلوط حاصل به مدت دو ساعت در دمای اتاق رها شده و میزان جذب نوری آن در طول موج ۷۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (سینگلتون ۱۹٦۵).

محتوای فلاونوئید کل

محتوای فلاونوئید کل با روش رنگ‌سنجی مورد ارزیابی قرار گرفت و جذب محلول توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد (کیجوو و همکاران ۲۰۰٦).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش FRAP[1] استفاده شد و نتایج بر حسب میلی‌مول Fe2 بر لیتر بیان شد (پراب هاسانکار و همکاران ۲۰۰۹).

تعیین میزان درصد کاهش وزن

برای اندازه‌گیری تغییرات کاهش وزن از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد و تغییرات مزبور به صورت درصد کاهش وزن تر بیان گردید(مستوفی و نجفی، ۱۳۸٤):

تجزیه آماری

داده‌ها پس از نرمال شدن با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۹) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت. تمامی نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

مواد جامد محلول کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار متیل جاسمونات و زمان در سطح آماری ۱ درصد بر میزان مواد جامد محلول کل معنی‌دار بودند ولی اثر متقابل بین آنها معنی‌دار نشد (جدول ۱). تیمار متیل‌جاسمونات باعث کندتر شدن روند کاهشی مواد جامد محلول در توت-فرنگی کاماروسا در طول دوره انبارمانی گردید. افزایش غلظت به ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار باعث حفظ بهتر مواد جامد محلول در مقایسه با غلظتهای شاهد، ۲۵ و ۵۰ میکرومولار شد (شکل ۱). از آنجایی که قندها جزء لایه

1- Ferric Reduciting Ability of Plasma

اصلی تنفسی متابولیسم هستند، نگه‌داری سطح آنها بوسیله متیل جاسمونات از طریق کاهش تنفس میوه منجر به حفظ سطح بالاتر محتوای آنها می‌شود (شیفنگ و همکاران ۲۰۰۹). توت‌فرنگی رقم آلستار تیمار شده با متیل‌جاسمونات توام با اتانول سطوح بالاتری از TSS در مقایسه با شاهد نشان داد (آیالازاوالا و همکاران ۲۰۰۵). تیمار توت‌فرنگی با متیل جاسمونات رسیدن میوه را از طریق افزایش نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون سرعت بخشیدند (کنچا و همکاران ۲۰۱۳). میزان TSS درمرحله قبل از انبارمانی(بدون لحاظ شدن در آنالیز آماری) در شکل ۲ آورده شده است. همان طوریکه مشاهده می‌شود میزان مواد جامد محلول کل در طول دوره انبارمانی کاهش پیدا کرد (شکل ۲). همچنین پلاریو و همکاران (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیدند که در صورت نگه‌داری میوه توت‌فرنگی در سردخانه بمدت ۰، ۹، ۱۱ و ۱۳ روز میزان TSS آنها کاهش می یابد. علت اصلی کاهش TSS در طول انبارداری در میوه مربوط به میزان تنفس و فرآیند پیری در میوه می‌باشد.

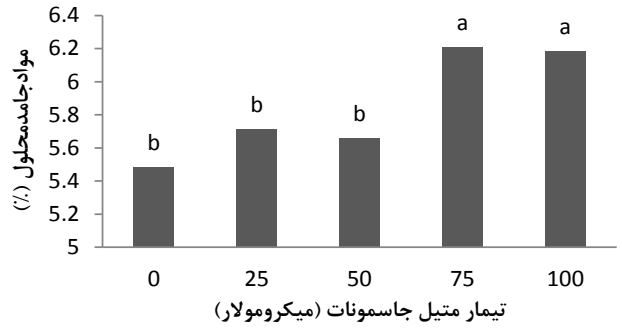
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		موادجامدمحلول	اسیدیته قابل تیتراسیون	pH	ویتامین ث
تیمار	٤	۱/۲۸۰**	۰/۰۰۷*	۰/۰٦٦**	۲۱۰/۳۵۱**
زمان	۲	۱/۲۲۱**	۰/۰۱۳**	۰/۱۱٥**	٥۳۳/٦۹٥**
تیمار ×زمان	۸	۰/۱٤۷^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۳۰/۳۱۱*
خطا	٤٥	۰/۲۲۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۱۳/۸۱۹
ضریب تغییرات	–	٥/٦۹	٦/۱٥	۳/۰٦	۹/٤٦

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فنل کل	فلاونوئید کل	فعالیت آنتی اکسیدانی	کاهش وزن
تیمار	٤	۰/۰۰۳**	۲/۹۱۷**	۰/۷٥۸**	۰/۰٦۸**
زمان	۲	۰/۰۱۰**	٥/۳٤۱**	۲/٥٥۳**	۳/۰۰۷**
تیمار × زمان	۸	۰/۰۰۰۳*	۰/۲٤٥*	۰/۰۸۹*	۰/۰۱۳^{ns}
خطا	٤٥	۰/۰۰۰۲	۰/۱۰۹	۰/۰۳۸	۰/۰۱۰
ضریب تغییرات	–	٥/۰٤	٦/٥۳	۳/۳٤	۲۰/۱۷

** ، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد ، معنی‌دار در سطح ٥ درصد و غیر معنی‌دار



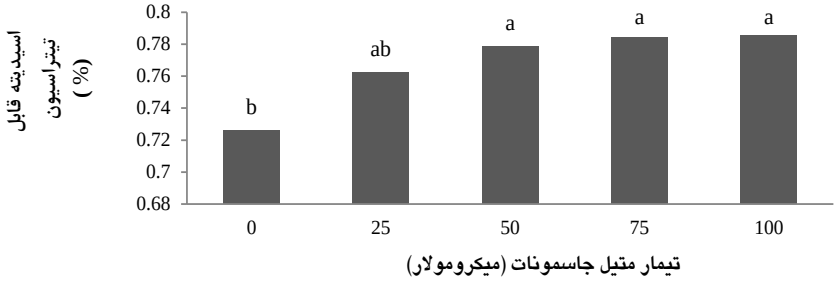
شکل ۱- اثر تیمارغلظتهای مختلف متیل جاسمونات بر میزان مواد جامد محلول کل

شکل ۲- اثر طول دوره انبارمانی روی مواد جامد محلول کل

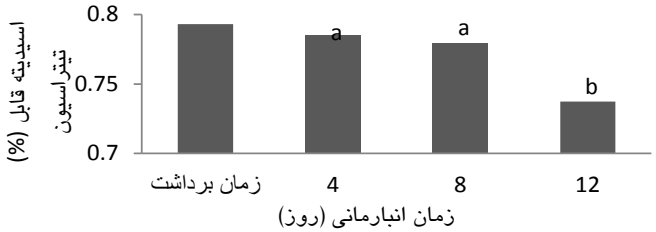
اسیدیته قابل تیتراسیون

جدول یک نشان داد که اثرات ساده متیل‌جاسمونات و زمان انبارمانی به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون معنی‌دار بوده است اما اثرات متقابل بین آنها معنی‌دار نشد. با توجه به روند کاهشی اسیدیته قابل تیتراسیون در طول دوره انبارداری، تیمار متیل‌جاسمونات باعث کندتر شدن روند کاهشی اسیدیته قابل تیتراسیون در توت‌فرنگی رقم کاماروسا گردید (شکل ۳و٤). مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون با رسیدن محصول در ارتباط بوده و سبب طعم ترش در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردد. آیالازاوالا و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی که روی توت‌فرنگی انجام دادند نشان دادند که میزان اسیدهای آلی در میوه‌هایی که با متیل‌جاسمونات توام با اتانول تیمار شده بودند بالا بود. البته باید یادآوری نمود که تا رسیدن میوه میزان اسیدهای آلی کاهش می‌یابد و به یک رنج ثابت می رسد اما بعد از رسیدن محصول در اثر تنفس میزان اسیدهای آلی به طور طبیعی کاهش می‌یابد که وظیفه متیل-جاسمونات جلوگیری از روند کاهش اسیدهای آلی پس از رسیدن محصول است. در مطالعه‌ای بر روی ازگیل ثابت شد که متیل‌جاسمونات به دلیل کاهش دادن میزان تنفس منجر به کاهش استفاده از اسیدهای آلی به عنوان

سوبسترای تنفسی می‌شود. در نتیجه متیل‌جاسمونات باعث حفظ اسیدهای آلی در سطح بالاتر در مقایسه با شاهد می‌گردد(شیفنگ و همکاران ۲۰۰۹).



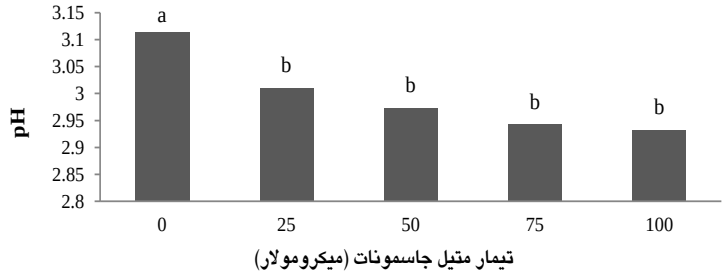
شکل ۳- اثر تیمارغلظتهای مختلف متیل‌جاسمونات بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون



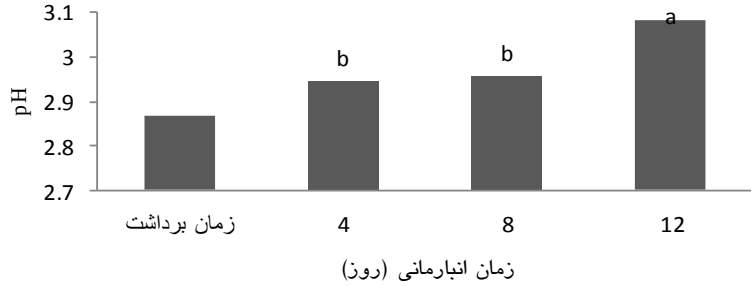
شکل ۴- اثر طول دوره انبارمانی بر اسیدیته قابل تیتراسیون

pH میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به pH عصاره میوه در توت‌فرنگی رقم کاماروسا نشان داد که اثرات ساده متیل‌جاسمونات و زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند ولی اثرات متقابل بین آنها معنی‌دار نبود (جدول ۱). افزایش غلظت متیل جاسمونات باعث کاهش مقدار pH شد ولی تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد بطوری که میوه های تیمار شده کمترین مقدار pH را داشتند که تیمار متیل‌جاسمونات باعث جلوگیری از افزایش pH در طول دوره انبارمانی گردید (شکل ۵). pH پائین میوه‌های تیمار شده با متیل-جاسمونات را شاید بتوان به تاثیر احتمالی آن در فرآیند تنفس و حفظ اسیدهای آلی ربط داد. نتایج مشابهی بوسیله تیمار قبل از برداشت متیل‌جاسمونات بر روی سیب رقم فوجی مشاهده گردید (بورهان و همکاران ۲۰۱۳). مقدار pH عصاره میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارمانی افزایش پیدا کرد که در ارتباط با کاهش در میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بود (شکل٦). 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 (پلایو و همکاران ۲۰۰۳).



شکل۵- اثر تیمار با متیل جاسمونات بر روی میزان pH



شکل۶- اثر طول دوره انبارمانی روی pH

اسید آسکوربیک

جدول یک نشان داد که اثرات ساده تیمار متیل-جاسمونات و زمان در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح پنج درصد در تغییرات مقدار ویتامین‌ث معنی‌دار بودند. تیمار متیل‌جاسمونات باعث کندتر شدن روند کاهشی اسید آسکوربیک و حفظ آن در طول دوره نگهداری میوه‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا شد. مقادیر اسید آسکوربیک در میوه‌های تیمار شده با متیل‌جاسمونات در طول دوره انبارمانی به مراتب بیشتر از شاهد بودند، به‌طوری که بیشترین مقدار اسید آسکوربیک در روز چهارم و کمترین مقدار آن در روز دوازدهم در شاهد و متیل جاسمونات ۲۵میکرومولار مشاهده گردید (جدول۲).

اسیدآسکوربیک ویتامینی محلول در آب است. این ویتامین می‌تواند نقش مهمی در ساختمان رگ‌های خونی داشته باشد و جالب توجه‌ترین اثر این ماده خاصیت آنتی اکسیدانی آن است. جاسمونات از جمله موادی است که چشم انداز روشنی در حفظ انواع ویتامین‌ها به خصوص ویتامین C، در علم پس از برداشت محصولات دارد بعنوان مثال در مطالعه بر روی هلو مشخص شد که متیل جاسمونات از سرعت کاهش این ویتامین در طول نگهداری محصول می‌کاهد(جین و همکاران ۲۰۰۶). همچنین گنزالز آکویلار و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که تیمار متیل جاسمونات در مرحله پس از برداشت روی میوه پاپایا باعث ثبات میزان ویتامین ث گردید.

فلاونوئید کل

تیمار با متیل‌جاسمونات باعث افزایش مقدار فلاونوئید کل در توت‌فرنگی گردید، به طوری که اختلاف معنی-داری بین میوه‌های تیمار شده با متیل‌جاسمونات و شاهد از نظر مقدار فلاونوئید کل مشاهده گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان فلاونوئید در این تحقیق نشان داد که اثرات ساده زمان و متیل-جاسمونات در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند

(جدول۱). میزان فلاونوئید در میوه‌های شاهد به طور مداوم در طول مدت انبارمانی کاهش پیدا کرد ولی این کاهش در میوه‌های تیمار شده با متیل جاسمونات به آهستگی اتفاق افتاد (جدول۲).

مقدار فلاونوئید در میوه‌های نارس به مراتب بیشتر از مقدار آن در میوه‌های کاملا رسیده است. علاوه بر آن اقلیم، نوع رقم و پایه بر مقدار فلاونوئیدها تاثیر دارد. متیل جاسمونات منجر به تحریک آنزیم فنیل‌آلانین آمونیا لیاز میشود (هیراتسوکا و همکاران ۲۰۰۱). این آنزیم به طور مستقیم در بیوسنتز ترکیبات فنلیکی شامل فنل‌ها، استیلبن‌ها و فلاونوئیدها شرکت می‌کند. میوه‌های تمشک قرمز و سیاه تیمار شده با متیل‌جاسمونات به طور معنی داری دارای فلاونوئید بالاتری در مقایسه با میوه‌های شاهد بودند (شیو و وی ۲۰۰۵ ، گما و ماریا ۲۰۱٤).

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات کیفی تأثیر غوطه‌وری متیل جاسمونات بر خصوصیات کیفی توت فرنگی رقم کاماروسا

زمان (روز)	غلظت متیل جاسمونات(µm)	ویتامین ث ($mg.100g^{-1}$)	فنل کل (mg GA/ml)	فلاونوئید کل (µMQ/100µl)	فعالیت آنتی اکسیدانی (mmol Fe^{2+}/litr)
٤	۰	٤۲/۲۷^{abcd}	۰/۲۷^{c}	٤/٤۱^{def}	٤/٤۰^{cde}
	۲۵	٤۱/۷۵^{abcde}	۰/۲۷٤^{bc}	٤/۸۹^{bcd}	٤/۲۸^{de}
	۵۰	٤۲/۵۵^{abcd}	۰/۲۷٤^{bc}	۵/۲۰^{bc}	٤/۵٤^{abc}
	۷۵	٤٦/۸۲^{ab}	۰/۲۸۱^{ab}	٤/۹۸^{bc}	٤/٦۱^{ab}
	۱۰۰	٤۷/٤۳^{a}	۰/۲۸۵^{a}	۵/۹۹^{a}	٤/۷۷^{ab}
۸	۰	۳۱/٦^{fg}	۰/۲۲^{de}	۳/۸۹^{g}	۳/۹٤^{f}
	۲۵	۳۷/۵^{de}	۰/۲۷۱^{bc}	٤/۳٦^{defg}	٤/۵۰^{bcde}
	۵۰	۳۸/٤۲^{de}	۰/۲۸^{ab}	٤/۷۲^{cdef}	٤/٦۲^{ab}
	۷۵	٤۱/۳۲^{bcde}	۰/۲۹^{a}	٤/۷٤^{cde}	٤/٦۵^{ab}
	۱۰۰	٤۵/۱۷^{abc}	۰/۲۹^{a}	۵/۲۷^{b}	٤/۸۳^{a}
۱۲	۰	۲٦/۳٤^{g}	۰/۲۰^{f}	۳/۳٤^{h}	۳/٤۲^{g}
	۲۵	۲۸/۷۷^{g}	۰/۲۳^{e}	۳/۸۵^{g}	۳/۹۷^{f}
	۵۰	۳۹/۲٦^{cde}	۰/۲۳^{e}	٤/٦۹^{cdef}	۳/۹٤^{f}
	۷۵	۳٦^{ef}	۰/۲۵^{de}	٤/۲۰^{fg}	۳/۹۳^{f}
	۱۰۰	۳۸/۸^{de}	۰/۲٦^{cd}	٤/۲۵^{efg}	٤/۲۱^{ef}

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد توسط آزمون دانکن می‌باشد.

فعالیت آنتی اکسیدانی

طی مدت زمان انبارمانی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های شاهد به طور پیوسته کاهش پیدا کرد و بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در توت‌فرنگی‌های تیمار شده با متیل جاسمونات در غلظت ۱۰۰ میکرومولار ثبت شد و با افزایش غلظت متیل جاسمونات میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت (جدول۲).

ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانت میوه می‌تواند بوسیله فاکتورهایی تحت تاثیر قرار بگیرد که از آن جمله می‌توان شرایط محیطی را نام برد. تیمار گیاهان توت‌فرنگی با

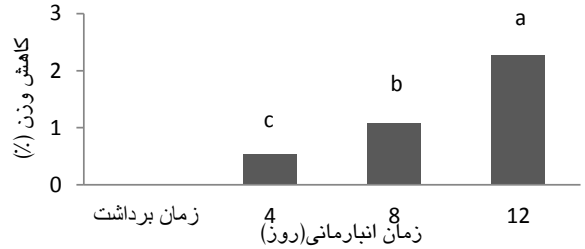
متیل جاسمونات به طور موثری از پراکسیداسیون لیپیدها کاسته است. جاسمونات با بالا نگه‌داشتن سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز مانع اثر رادیکالهای آزاد حاصل از تنش، بر غشاء گردیده است (وانگ ۱۹۹۹). متیل-جاسمونات ممکن است مقاومت بافت را بر علیه پوسیدگی از طریق افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی آنها افزایش دهد و منجر به مقابله با رادیکالهای آزاد شود. گزارش شده که متیل‌جاسمونات منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های بری از جمله تمشک‌ها، توت فرنگی‌ها و سیاه‌توت‌ها می‌شود (آیالازاوالا و همکاران ۲۰۰۵، وانگ و همکاران ۲۰۰۸).

کاهش وزن

در این مطالعه توت‌فرنگی‌های تیمار شده با متیل-جاسمونات کمترین میزان کاهش وزن را در مقایسه با میوه‌های شاهد نشان دادند با این حال هیچ نوع اختلاف معنی‌داری میان غلظتهای مختلف متیل‌جاسمونات مشاهده نشد (شکل ۷). کاهش وزن بیشتر به دلیل تنفس، تعرق و فعالیت‌های متابولیکی کنترل می‌شود. به نظر میرسد متیل‌جاسمونات از طریق کاهش تولید اتیلن و تنفس از کاهش بیشتر وزن میوه‌ها جلوگیری می‌کند.

نتایج مشابهی توسط فیروتیا و همکاران (۲۰۰۸) در مورد میوه‌های آناناس تیمار شده با متیل‌جاسمونات مشاهده شد به طوری که متیل‌جاسمونات در غلظتهای $^{-٤}$ ۱۰ و $^{-٥}$۱۰ مولار در مقایسه با شاهد باعث جلوگیری از کاهش وزن طی دوره انبارمانی شده بودند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری در تغییرات درصد کاهش وزن میوه‌ها در مدت زمان انبارمانی مشاهده گردید و با گذشت زمان از میزان وزن میوه‌ها کاسته شد (شکل۸).

شکل ۷- اثر تیمار با غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر روی میزان کاهش وزن



شکل۸- اثر طول دوره انبارمانی روی کاهش وزن در توت‌فرنگی رقم کاماروسا

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تیمار متیل جاسمونات می تواند منجر به حفظ ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی شود به طوری که در میوه‌های تیمار شده میزان کاهش وزن و pH کمتر از میوه‌های تیمار نشده و میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون ،ویتامین ث، فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر از میوه های تیمار نشده بودند. در این تحقیق متیل جاسمونات خصوصا در غلظت ۱۰۰ میکرومولار باعث افزایش ویژگی‌های کیفی و منجر به حفظ خصوصیات ظاهری و بازارپسندی محصول می‌شود.

منابع مورد استفاده

مستوفی ی و نجفی ف. (۱۳۸٤). روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳٦ ص.

AOAC, 2000. Vitamins and other nutrients (Chapter 45). In Official Methods of Analysis (17th ed.), Washington, D.C.

Ayala-Zavala F, Wang SY, Wang CY and Gonzalez-Aguilar GA, 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.

Burhan O, Ebubekir A, Kenan Y, Yakup O and Onur S, 2013. Effect of methyl jasmonate treatments on the bioactive compounds and physicochemical quality of '*Fuji*' apples. Ciencia e investigation agrarian. 40(1): 201-211.

Cao Sh, Zheng Y, Yang Z, Wang K and Rui H, 2009. Effect of methyl jasmonate on qualityand antioxidant activity of postharvest loquat fruit. Society of Chemical Industry. 89: 2064–2070.

Cherian S, Figueroa CR and Nair H. 2014. Movers and shakers in the regulation of fruit ripening: A cross-dissection of climacteric versus non-climacteric fruit. Journal of Experimental Botany, 65, 4705–4722.

Concha CM, Figueroa NE, Poblete LA, Qate FA, Schwab W and Figueroa CR. 2013. Methyl jasmonate treatment induces changes in fruit ripening by modifying the expression of several ripening genes in Fragaria chiloensis fruit. Plant Physiology and Biochemistry. 70: 433–444.

Cortes PH, Barrios P, Dorta F, Polanco V, Sanchez C, Sanchez E and Ramirez I, 2005. Involvement of jasmonic acid and derivatives in plant responses to pathogens and insects and in fruit ripening. Journal of Plant Growth Regulation. 23: 246-260.

Gabriela MS, Nicolas EF, Leticia AP, Sam CH and Carlos RF. 2016. Effects of preharvest applications of methyl jasmonate and chitosan on postharvest decay, quality and chemical attributes of *Fragaria chiloensis* fruit Food Chemistry. 190:448–453.

Gema F and Maria LR, 2014. Influence of preharvest and postharvest methyl jasmonate treatments on flavonoid content and metabolomic enzymes in red raspberry. Postharvest Biology and Technology. 97: 77–82.

Gonzalez-Aguilar G, Buta J and Wang CY, 2002. Methyl jasmonate reduces decay and maintains postharvest quality of papaya *'sunrise'*. Postharvest Biology and Technology. 28: 361-370.

Gonzalez-Aguilar G, Tiznado-Hernandez ME and Martinez-Tellez MA, 2004. Methyl jasmonat treatment reduce chilling injury and activate the defence of guava fruits. Biochemical and biophysical research communication.Vol.313. pp. 694-701.

Hiratsuka S, Onodera H, Kawai Y, Kubo T, Itoh H and Wada R, 2001. Enzyme activity changes during anthocyanin synthesis in '*Olympia*' grape berries. Scientia Horticulturae. 90: 255–264.

Jin P, Zheng YH, Cheng CM, Gao HY, Chen WX and Chen HJ, 2006. Effect of methyl jasmonate treatment on fruit decay and quality in peaches during storage at ambient temperature. Acta Horticulturae. 712: 711–716.

Kaijv M, Sheng L and Chao C, 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Science. 27: 110–115.

Kondo S and Fukuda K, 2001. Changes of jasmonate in grape berries and their possible roles in fruit development. Scientia Horticulturae. 91: 275–288.

Pelayo C, Ebeler SE and Kader AA, 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5C in air or air+20KPa co2. postharvest Biology and Technology. 27: 171-183.

Phrutiya N, Noodjarin P, Fonthip A and Pattharapong K, 2008. Effect of Exogenous Methyl Jasmonate on Chilling Injury and Quality of Pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. Silpakorn University Science and Technology Journal. 2 (2): 33-42.

Perez AG, Sanz C, Olias R and Olias M, 1997. Effect of methyl jasmonate on in vitro strawberry ripening. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45: 3733–3737.

Prabhasankar P, Ganesan P, Bhaskar N, Hirose N, Stephen A and Miyashita K, 2009. Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. Food Chemistry. 115: 501–508.

Rohwer CL and Erwin JE, 2008. Horticultural applications of Jasmonates.A Review.The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 83:283–304.

Singleton VL and Rossi JA, 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphor molybdicphosphotungestic acid reagents. Enology and Viticulture. 16: 144-158.

Shifeng C, Yonghua Z, Zhenfeng Y, Kaituo W and Huaijing R, 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.

Shiow YW and Wei Z, 2005. Preharvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. International Journal of Food Science and Technology. 40: 187–195.

Vick AB and Don CZ, 1984. Biosynthesis of Jasmonic acid by several plant species. Plant Physiology. 75: 458-461.

Wang CY, 1999. Methyl jasmonate reduces water stress in strawberry. Journal of Plant Growth Regulation. 18: 127–134.

Wang SY 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.

Wang SY, Bowman L and Ding M, 2008. Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries *(Rubus sp.)* and promotes antiproliferation of human cancer cells. Food Chemistry. 107: 1261–1269.

Zokaee Khosroshahi MR, Esna-Ashari M and Ershadi A, 2007. Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry fruit. Scientia Horticultureae. 114: 27-32.

Effect of post-harvest application of methyl jasmonat on qualitative traits and storage life of strawberry cv. ‘camarosa’

M Safa Eynalladin[1*] and J Hajilou[2]

Received: March 09, 2016 Accepted: July 02, 2016
[1]Former MSc Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: Email: mohamadsafa66@yahoo.com

Abstract: the aim of this study was to evaluate the effect of post-harvest dipping treatment of methyl jasmonate on quality and shelf life of fruit in "Camarosa" strawberry cultivar. In this experiment, the strawberry fruits were dipped thoroughly in methyl jasmonate in five levels (0, 25, 50, 75 and 100 µM) as a treatment. Factorial experiment in a completely randomize design (two factors: different concentrations of methyl jasmonat and storage in coldroom for 12 days) in four replications. Qualitative characteristics shuch as soluble solids, titratable acidity, total flavonoids and antioxidant capacity were measured. Results showed that all of the concentrations of methyl jasmonat caused significant differences in the amount of total soluble solids, titratable acidity, vitamin C, pH, total phenol and flavonoids, antioxidant activity and weight loss compared to the control. so that in the treated fruits the amount of weight loss and pH was less than control and the amount of total soluble solids, titratable acidity, vitamin C, total phenol, flavonoids, antioxidant activity was more than control. Also the highest levels of total phenols and flavonoids and antioxidant activity were observed in fruits treated with 100 µM methyl jasmonate and the lowest levels of this traits was recorded in control during storage.

Key words: Soaking, Total flavonoids, Total phenolic, Total soluble solids, Vitamin C