

## اثرات متیل جاسمونات و پرتوتابی UV-C بر کیفیت و عمر پس از برداشت میوه توت فرنگی رقم

سلوا

(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Selva)

رقیه طالبی حبشی<sup>۱\*</sup> - علیرضا عیوضی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۸۹/۴/۱۶

### چکیده

به منظور افزایش کیفیت و عمر انباری میوه های توت فرنگی رقم سلوا، پرتوتابی UV-C در دو زمان (۵ و ۱۵ دقیقه ای) و غوطه وری در متیل جاسمونات با سه غلظت (شاهد، ۱ و ۳ میکرومول برلیتر) بکارگرفته شد. پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل Dummy Plot در قالب طرح کاملاً تصادفی ۸ تکرار انجام شد. میوه های توت فرنگی پس از برداشت و بعد از انجام تیمارهای مورد نظر ۱۴ روز در سردخانه در دمای  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی ۹۵ درصد نگهداری شدند. بلافاصله بعد از تیمار و در پایان دوره انبارداری صفات کیفی از جمله: درصد مواد جامد محلول کل (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، ویتامین C، پوسیدگی و فنل کل مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثرات متقابل پرتوتابی پنج دقیقه ای و غوطه وری در متیل جاسمونات به غلظت یک میکرومول بر لیتر باعث کاهش پوسیدگی و افزایش فنل کل در طی ۱۴ روز انبارداری گردید. از طرفی تیمار پرتوتابی UV-C به همراه غوطه وری در متیل جاسمونات اثر معنی داری بر روی TA، TSS و ویتامین C نداشت.

واژه های کلیدی: توت فرنگی، پرتوتابی، UV-C، غوطه وری، متیل جاسمونات

### مقدمه

واجتناب آنها از مصرف محصولاتی که در نگهداری آن از مواد شیمیایی استفاده شده، و با توجه به قیمت بالای محصولات ارگانیک در بازارهای جهانی، روشهای جایگزین غیرسمی مناسبی به منظور افزایش کیفیت و عمر قفسه ای توت فرنگی نیاز است. کاربرد پس از برداشت اشعه UV-C در اغلب محصولات کشاورزی در عرض این چند دهه افزایش یافته است (۲۱).

اشعه UV-C به عنوان یک تنش غیر زنده برای گیاه مطرح است. هدف از استفاده ی این اشعه در علم پس از برداشت بهره جستن از عکس عملهایی است که گیاه در برابر این استرس از خود بروز می دهد. دامنه ی شدتهایی که در تحقیقات روی محصول توت فرنگی استفاده شده است بین ۰/۵ تا ۱۵ کیلو ژول بر متر مربع می باشد. اما بهترین و موثرترین شدت ۰/۵ کیلو ژول بر متر مربع است. اگر چه شدتهای بالا اثرات بیشتری بر روی پاتوژنهای مخرب دارند، اما باعث بسیاری از نابسامانی های فیزیولوژیکی مثل قهوه ای شدن و خشک شدن کالیکس (کاسبرگ روی میوه) می شوند که از نظر ظاهری و بازار پسندی یک عیب محسوب می گردد (۲۱).

تیمار اشعه به همراه آب گرم روی میوه توت فرنگی با شدتهای

میوه ی رسیده توت فرنگی (*Fragaria × Duch. cv. Selva*) شامل تقریباً ۹۰٪ آب و ۱۰٪ مواد جامد محلول بوده و محتوی ترکیبات غذایی بسیار با ارزشی است (۲). اما متاسفانه تقریباً ۴۰٪ از محصول در اثر فساد آسیب می بیند، از این رو جایجایی و انتقال پس از برداشت این میوه یک مرحله حساس به شمار می آید (۲۱). در بسیاری از موارد، توت فرنگی های تازه خوری از طریق حمل و نقل هوایی یا زمینی به مسافتهای بسیار دورتر انتقال داده می شوند، بنابراین طول عمر قفسه ای یک پارامتر بحرانی به حساب می آید. برای حفظ کیفیت میوه توت فرنگی در طول نگهداری از ترکیبات شیمیایی مختلفی استفاده می شود، اما از آنجایی که استفاده از تیمارهای شیمیایی به خاطر سرطان زاوی و خطرناک بودن در بیشتر کشورها محدود شده است، از طرفی افزایش آگاهی مصرف کنندگان

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم باغبانی و استادیار اصلاح نباتات مرکز تحقیقات و منابع طبیعی آذربایجان غربی - ارومیه  
\* - نویسنده مسئول: (Email: roghabashy@gmail.com)

قارچی *Botritis cinera* در توت فرنگی و *Penicillium digitatum* در انگور جلوگیری می کند (۱۲).

متیل جاسمونات باعث سنتز برخی از پروتئین های خاص می شود. تیمار گوجه فرنگی و فلفل با متیل جاسمونات باعث سنتز پروتئینهای HSP<sup>۱</sup> (پروتئین های مربوط به تنش دمایی بالا)، AOX<sup>۲</sup> (پروتئین های خنثی کننده عمل اکسیدازها)، PR- (proteins پروتئین های مربوط به پاتوزنها) می شود. این پروتئینها باعث افزایش مقاومت به پوسیدگی و آسیبهای سرمازدگی می شود (۲۷).

این آزمایش با هدف بررسی اثرات پرتوتابی UV-C و متیل جاسمونات به عنوان تیمارهای بی خطر و موثر بر کاهش درصد پوسیدگی، افزایش فاکتورهای کیفی در زمان پس از برداشت میوه توت فرنگی طراحی، و اثر هر کدام از تیمارها به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر بررسی گردید.

### مواد و روش ها

جهت بررسی اثرات تیمارهای مذکور میوه ها از گلخانه ای واقع در ۱۱ کیلومتری شهر ارومیه تهیه شد. بوته های توت فرنگی در مکانی سرپوشیده به روش گلدانی طبقاتی پرورش داده شده بودند، تغذیه با محلولهای هیدروپونیک با فرمولاسیون مشخص انجام می گرفت، میوه های برداشت شده اندازه های مختلفی داشتند و از تمام قسمتهای گلخانه برداشت گردیدند، برای یکنواخت شدن اندازه ها اقدام به عمل درجه بندی<sup>۳</sup> شد و میوه های درجه ۱ توسط جعبه های مخصوص حمل توت فرنگی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی - ارومیه انتقال یافت و در آنجا تیمارهای مورد نظر بر روی توت فرنگی ها انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل Dummy Plot در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۸ تکرار انجام شد. (فاکتوریل Dummy plot طرحی است که در آن یکی از فاکتورهای بکارگرفته شده فاقد شاهد حقیقی باشد؛ در این آزمایش پرتوتابی به مدت صفر دقیقه بی معنی است و فقط در قالب تئوری می گنجد و در عمل نمی توان زمان صفر را تعریف کرد). حدود ۲۴ کیلوگرم میوه توزین شد؛ و به دو گروه مساوی تقسیم شدند.

گروه اول: میوه ها به مدت ۵ و ۱۵ دقیقه تحت تاثیر پرتوتابی UV-C با لامپ مخصوص جرمیسیدال<sup>۴</sup> ۹۰ سانتیمتری، ۳۰ وات با

۰/۱ تا ۱/۵ ژول بر سانتی متر مربع باعث کاهش رشد *Botritis cinera* شد (۱۵). یکی دیگر از موادی که در تیمار UV-C روی گوجه فرنگی شناسایی شده ریشیتین می باشد تجمع ریشیتین بعد از تیمار باعث کاهش رشد میکروبی میوه می شود اما ماندگاری ریشیتین زیاد نیست و برای انبار داریهای طولانی مدت نمی تواند موثر باشد مطابق با این تحقیق می توان از آن برای حفظ محصول در طول حمل و نقل بهره جست (۷). پرتوتابی UV باعث افزایش فعالیت PAL می شود؛ این آنزیم یک آنزیم کلیدی در سنتز فنلها می باشد (۲۴). ارکان و همکاران در سال ۲۰۰۸ با مطالعه اثر پرتوتابی روی توت فرنگی، به این نتیجه رسیدند که اشعه UV-C باعث حفظ مواد آنتی اکسیدان، فنلها، کل در میوه می شود (۸). میوه های کنار (*Ziziphus mauritiana*) قرار گرفته در معرض پرتوتابی UV-C؛ TSS (مواد جامد محلول) و نسبت قند به اسید پایین و TA (اسیدیته قابل تیتراسیون) و ویتامین C بالاتری نسبت به میوه های شاهد داشتند (۱۸).

متیل جاسمونات به صورت گسترده در نهانداگان، بازداگان و جلبکها به صورت یک تنظیم کننده ی رشد گیاهی، بسیاری از عکس العمل ها را در گیاه باعث میشود (۲۰). به دلیل کاربرد این تنظیم کننده رشد گیاهی در افزایش مقاومت محصولات باغی در زمان پس از برداشت در چند سال اخیر توجه ویژه ای به آن شده است. ونگ و همکاران در سال ۲۰۰۵ ثابت کردند که متیل جاسمونات باعث افزایش نسخه برداری از برخی پروتئینهای استرسی در سلول می شود، که نهایتاً منجر به افزایش مقاومت به پوسیدگی در گوجه فرنگی می گردد. این تیمار روی پاپایا باعث ثبات ویتامین C گردید (۱۰). مقدار اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی محصول در ارتباط بوده و موجب طعم ترش در میوه ها و سبزیها می گردند با رسیدن میوه، میزان اسیدهای آلی (به استثناء لیمو) کاهش می یابند (۱). در تحقیقی که روی توت فرنگی رقم Allstar شده میزان اسیدهای آلی در توتهایی که با متیل جاسمونات تیمار شده بودند بالا بود، میزان بالای اسیدهای آلی برای طعم خوب توت فرنگی لازم است (۴). جاسمونات از جمله موادی است که چشم انداز روشنی در حفظ انواع ویتامینها بخصوص ویتامین C، در علم پس از برداشت محصولات دارد مثلاً در هلو از سرعت تنزل این ویتامین در طول نگهداری محصول می کاهد (۱۴). در برخی کشتهای سلولی متیل جاسمونات باعث سنتز ویتامین C می شود (۲۹). در تحقیقی که آیالا در سال ۲۰۰۵ بر روی توت فرنگی ها انجام داد بطور واضح اثر متیل جاسمونات را بر روی فنل کل میوه نشان داد در این تحقیق متیل جاسمونات باعث افزایش معنی داری در میزان فنل کل میوه شد (۴). کاربرد متیل جاسمونات در زمان پس از برداشت از پوسیدگی های

2 - Heat shock proteins  
3 - Alternative oxides  
4 - Sorting  
5 - Germicidal

1 - Phenylalanin Amonialyas

فاصله‌ای، از فرمول نمونه های زوج شده، جهت اثبات معنی دار بودن درصد ویتامین C دو نوع شاهد بهره گیری شد.

مطابق با شکل (۱) بالاترین میزان ویتامین C مربوط به میوه‌هایی است که روز اول میزان ویتامین آنها اندازه گیری شد؛ بعد از ۱۴ روز انبارمانی تیمار پرتوتابی ۵ دقیقه ای نسبت به شاهد A.S.C ویتامین C بالاتری داشت؛ در حالی که پرتوتابی ۱۵ دقیقه ای اثر مثبتی بر این روند نداشت.

در تحقیقی نتیجه گیری شده است که میکروب زدایی آب میوه‌ها با پرتوتابی UV-C نتیجه بخش بوده چرا که بدون اثر گذاری بر ویتامین‌ها به خصوص ویتامین C عمل پاستوریزاسیون انجام گرفت (۳). به طور کلی پرتوتابی UV-C ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه توت فرنگی را ثابت نگه می‌دارد. ویتامین C نیز جزئی از این آنتی اکسیدانهاست بنابراین می‌توان به سادگی نتیجه گرفت که این پرتو از تنزل ویتامین C در طول انبارمانی جلوگیری خواهد کرد (۸). پروهیت و همکاران در سال ۲۰۰۳ مشاهده کردند که میوه های کنار (*Ziziphus mauritiana*) قرار گرفته در معرض پرتو UV-C برای ۶ ساعت ویتامین C بالاترین نسبت به میوه های شاهد داشتند (۱۸).

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که پرتوتابی UV-C اثر معنی داری بر درصد مواد جامد محلول کل و اسیدیته قابل تیتراسیون ندارد. پرتوتابی ۰ تا ۴ کیلوژول بر مترمربع بر روی زغال اخته نیز اثر معنی داری بر روی TSS نداشت (۲۶). در تحقیقی مشابه ای که پن و همکاران در سال ۲۰۰۴ انجام دادند؛ پرتوتابی  $4/6 \text{ kJ/m}^2$  بر روی توت فرنگی اثر معنی داری بر روی TSS نداشت. پرتوتابی UV-C بر روی اسیدیته قابل تیتراسیون توت فرنگی (۱۶)، انگورهای تازه خوری (۶)، نیز اثر معنی دار نداشت.

شکل (۲) نشان می‌دهد تیمار پرتوتابی بر روی پوسیدگی میوه نسبت به شاهد اختلاف معنی دار دارد. بیشترین میزان پوسیدگی مربوط به شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار ۱۵ دقیقه پرتوتابی می‌باشد. تیمار پرتوتابی UV-C باعث مقاومت به پوسیدگی در میوه‌ها و سبزیها می‌شود (۷). در تحقیقی مشابه تیمارهای صفر، یک، پنج، ده دقیقه ای پرتوتابی بر میوه های توت فرنگی باعث کاهش پوسیدگی شد و بهترین کنترل پوسیدگی در ۱۰ دقیقه پرتوتابی گزارش شده است (۸). در سال ۲۰۰۰ گزارش شد که تیمارهای پنج، پانزده، سی دقیقه ای پرتوتابی UV-C باعث کاهش پوسیدگی در انگورهای تازه خوری، گردید و بهترین نتیجه با تیمار ۵ دقیقه پرتوتابی به دست آمد (۶).

دلایل متعددی برای توجیه مؤثر بودن پرتوتابی UV-C بر جلوگیری از رشد میکروبی وجود دارد. ماهیت این اشعه طوری است که اگر به DNA موجود زنده برخورد کند باعث ایجاد جهش در ژنها

طول موج ۲۵۴ نانومتر و شدت پرتوتابی؛  $1/435 \times 10^{-4} \text{ w.cm}^{-2}$ ؛ که در فاصله ۲۵ سانتیمتری از میوه‌ها تعبیه شده بود، قرار گرفتند. به منظور یکنواختی در پرتوتابی، میوه‌ها برگردانده می‌شدند تا اینکه هر دو سمت میوه به طور یکسان تحت تابش قرار گیرند. پس از پرتوتابی هر قسمت از میوه‌ها به سه گروه تقسیم شدند و در محلول متیل جاسمونات با سه غلظت صفر (شاهد)، ۱ و ۳ میکرومول برلیتر غوطه ور شدند.

گروه دوم: میوه‌هایی بودند که تیمار متیل جاسمونات در سه سطح را دریافت کردند (بدون تیمار پرتوتابی)، سپس میوه‌ها به مدت ۱ دقیقه در جریان هوای آزاد خشک و در ظرفهای یکبار مصرف نیم کیلویی قرار داده شدند. برای هر تیمار ۸ تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌ها در دمای  $2 \pm 2^\circ \text{C}$  و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۱۴ روز در این شرایط نگهداری شدند. نمونه برداری در دو زمان مشخص یعنی روز اول و روز چهاردهم صورت گرفت.

فاکتورهای کیفی از جمله مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون، میزان ویتامین C، میزان پوسیدگی، فنل کل بعد از ۱۴ روز انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه گیری مواد جامد قابل حل کل، از دستگاه رفاکتومتر مدل (Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan) استفاده گردید. جهت تعیین درصد اسید قابل تیتر، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد؛ برای این منظور عصاره میوه با آب مقطر به حجم رسانده شد، سپس توسط بورت اتوماتیک با سود ۰/۱ نرمال pH محلول روی عدد ۸/۲ ثابت و در نهایت حجم NaOH مصرفی معادل اسید داخل عصاره قرائت گردید. میزان اسید آسکوربیک به روش یدومتريک اندازه گیری شد (۱). ارزیابی درصد پوسیدگی به روش نمره دهی براساس تعداد میوه های آلوده نسبت به میوه های سالم انجام گرفت (۵). ترکیبات فنلی در عصار میوه با معرف Folin-ciocalteu مطابق با روش اسلینکار و سینگلتن با استاندارد اسید گالیک تعیین شد. نتایج مطابق با میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان شد (۲۲).

## نتایج و بحث

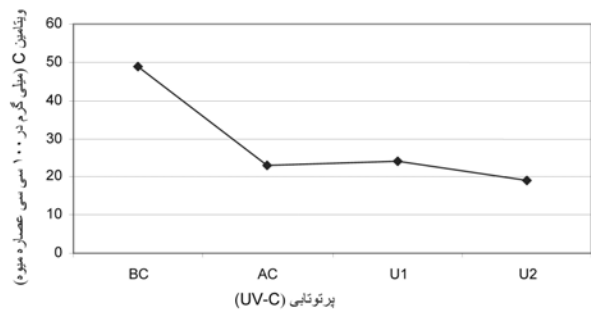
### پرتوتابی UV-C

نتایج نشان داد که تیمار پرتوتابی بر درصد ویتامین C در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است؛ همچنین اثر این تیمار بر درصد پوسیدگی و فنل کل در سطح احتمال ۱٪ بسیار معنی دار است (جدول ۱).

جهت اثبات مؤثر بودن زمان در روند زوال ویتامین C دو نوع شاهد در نظر گرفته شد: ۱- میوه های شاهد قبل از انبارمانی (Before Storage Control) و ۲- میوه های شاهد بعد از انبارمانی

می‌شود.

پرتوتابی در میوه های پرتقال افزایش یافت (۵). در گریپ فروت فعالیت PAL در ۲۴ ساعت بعد از تیمار افزایش یافت. در تحقیقی مشابه اثر سه سطح پرتوتابی ۱-۵-۱۰ دقیقه ای که بر روی میزان فنل کل میوه توت فرنگی انجام شد، بالاترین میزان فنل مربوط به پرتوتابی ۵ دقیقه و بعد از آن ۱۰ دقیقه بود (۸).



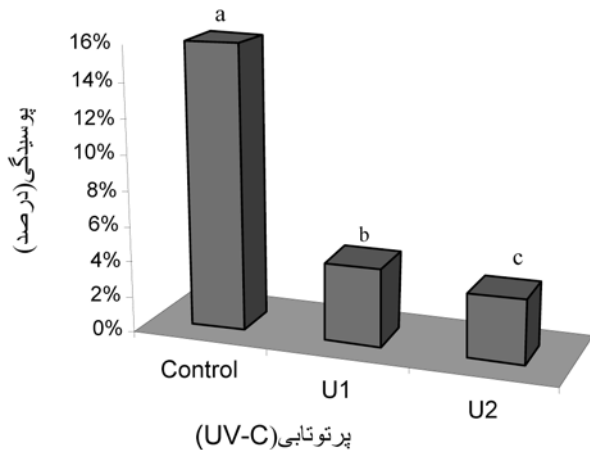
شکل ۱- اثر تیمار پرتوتابی UV-C بر میزان ویتامین C میوه ها قبل و بعد از انبارمانی

BC: Befor Storage Control (میوه های شاهد قبل از انبارمانی)

AC: After Storage Control (میوه های شاهد بعد از انبارمانی)

U1: پرتوتابی ۵ دقیقه ای

U2: پرتوتابی ۱۵ دقیقه ای



شکل ۲- اثر تیمار پرتوتابی UV-C بر پوسیدگی میوه

میانگین ها با حروف غیرمشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ بایکدیگر تفاوت معنی دار دارند.

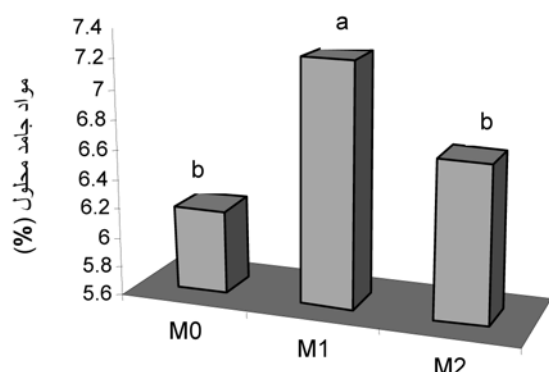
در سال ۲۰۰۷ نشان داده شد که اثر پرتوتابی بر روی زغال اخته بسته به رقم نتایج متفاوتی می‌دهد و در رقم Bluecrop باعث افزایش میزان فنل کل میوه می‌شود در حالی که بر رقم Collins اثر معنی داری نداشت (۲۶). در تحقیقی مشابه توسط گزنالز و همکاران میزان فنل کل با پرتوتابی ۵ و ۱۰ دقیقه بر روی میوه انبه، افزایش معنی داری پیدا کرد. افزایش غلظت فنل در نتیجه پرتوتابی بر روی انگورها نیز گزارش شده است (۶).

جهش در ژن باعث بروز بی نظمی پایدار در سلول موجود زنده می‌شود و در نهایت این بی نظمی منجر به مرگ سلول و موجود زنده خواهد شد (۲۳). پرتوتابی UV باعث تجمع یک سری از فیتوالکسینها در بافتهای موجود زنده می‌گردد، فیتوالکسینها موادی هستند که نقش موثری در مقاومت بافتها علیه حمله قارچها دارند (۲۱)؛ از طرف دیگر پرتوتابی UV-C آزمایشهای دخیل در نرم شدن دیواره ی سلولی گیاهان (آنزیمهایی چون پکتین متیل استرازها، پلی گالاکتورنازها و...) را غیرفعال می‌کند؛ مطابق باشکل (۳) تیمار پرتوتابی باعث افزایش فنل کل میوه می‌شود؛ یک نکته ی جالب توجه در مورد اشعه ی UV-C این است که این پرتو باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL (فنیل آلانین آمونالیاز) می‌شود؛ PAL یک آنزیم کلیدی در سنتز فنلها می‌باشد؛ یعنی UV باعث افزایش میزان فنل در بافتها میشود؛ فنلها از جمله مواد با ارزشی هستند که جزء متابولیتهای ثانویه گیاه محسوب شده و در هر محیطی (چه زنده و چه غیرزنده) باشند باعث کاهش رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها خواهند شد. در سال ۱۹۹۲ گزارش شده که میزان PAL با تیمار

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در میوه توت فرنگی بعد از ۱۴ روز نگهداری در سردخانه

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد محلول (%)	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	ویتامین C (mg/100c.c juice)	فنل کل (mgGAE/ 100g fresh mass)	پوسیدگی (%)
پرتوتابی UV-C	۱	۰/۱۳ <sup>n.s</sup>	۰/۰۱ <sup>n.s</sup>	۱۱۳/۳۰*	۸۵۱۰/۷۷**	۰/۷۳۷**
متیل جاسمونات	۲	۴/۵۸**	۰/۰۴۲**	۸/۲۹ <sup>n.s</sup>	۴۷۷۹/۰۳**	۰/۳۲**
پرتوتابی UV-C × متیل جاسمونات	۲	۰/۸۸ <sup>n.s</sup>	۰/۰۰۲ <sup>n.s</sup>	۸۱/۵۳ <sup>n.s</sup>	۲۳۵۷/۷**	۰/۳۴**
خطا	۴۲	۰/۵۴	۰/۰۰۱	۲۳/۷۵	۲۹۳/۳۶	۰/۰۳
ضریب تغییرات (%)		۱۱/۰۳	۴/۵	۲۲/۶	۷/۴۵	۱۳/۲۰

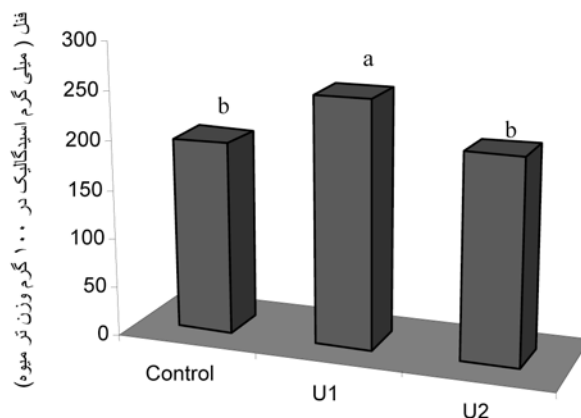
\*\*\*در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار است



متیل جاسمونات (میکرو مول بر لیتر)

شکل ۴- اثر تیمار متیل جاسمونات بر مواد جامد محلول میوه

میانگین ها با حروف غیرمتشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند.

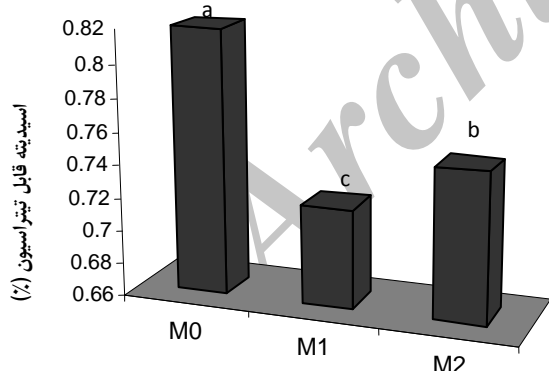


پرتوتابی (UV-C)

شکل ۳- اثر تیمار پرتوتابی بر فصل کل میوه

میانگین ها با حروف مشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

همان گونه که در شکل (۵) دیده می شود اثر متیل جاسمونات بر روی (TA) میوه معنی دار بود. نتیجه مشابه در تیمار MJ بر روی اسیدیته قابل تیتراسیون انار به دست آمده است؛ در این تحقیق MJ باعث کاهش TA میوه شد اما اثر آن معنی دار نبود (۳۱). با توجه به این مطلب که میزان TSS و TA خوش طعمی میوه را تعیین می کند؛ قضاوت درباره کمتر یا بیشتر بودن این دو فاکتور بستگی به ذائقه ی مصرف کننده دارد (۴). تیمار متیل جاسمونات بر درصد پوسیدگی میوه



متیل جاسمونات (میکرو مول بر لیتر)

شکل ۵- اثر تیمار متیل جاسمونات بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه

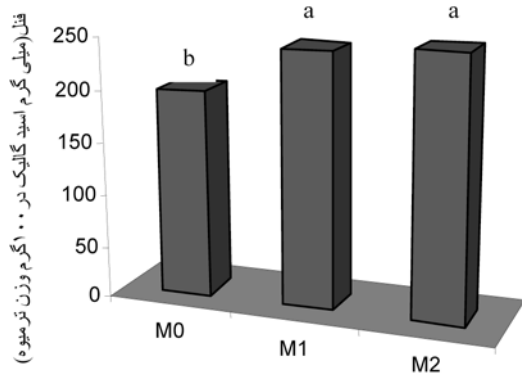
میانگین ها با حروف غیرمتشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند.

اثر معنی دار داشت (شکل ۶). بیشترین میزان پوسیدگی مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار ۱ میکرومول بر لیتر می باشد. یعنی اینکه متیل جاسمونات با غلظت کم در ممانعت از

### متیل جاسمونات

جدول (۱) نشان می دهد تیمار متیل جاسمونات بر درصد مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون و همچنین درصد پوسیدگی میوه، فصل کل اثر بسیار معنی داری دارد. تیمار MJ پرروند زوال ویتامین C معنی دار نبود. مطابق تحقیق پلایو و همکاران در سال ۲۰۰۳، اگر توت فرنگی هیچ بیماری دریافت نکرده باشد و به مدت ۹-۱۱-۱۳ روز در سردخانه نگهداری شود، میزان مواد جامد محلول به صورت طبیعی کاهش پیدا خواهد کرد (۱۷). علت کاهش میزان TSS در طول انبارداری مربوط به میزان بالای تنفس و فرآیند پیری در میوه می باشد؛ متیل جاسمونات باعث ثابت نگهداشتن میزان هیدراتهای کربن دریافت میوه می شود (۴).

مطابق با شکل (۴)، در این تحقیق متیل جاسمونات اثر معنی دار بر درصد TSS دارد. البته غلظت یک میکرومول متیل جاسمونات بیشترین میزان قند را نسبت به شاهد نشان داد. نتیجه مشابه روی سیب (۱۹) به دست آمده است. همچنین گنزالز و همکاران نتیجه مشابه را با غلظتهای  $10^{-4}$  و  $10^{-5}$  مول متیل جاسمونات روی میوه گواوا در سال ۲۰۰۴ گرفته بودند. غلظت ۳ میکرومول متیل جاسمونات نسبت به شاهد اثر معنی داری نشان نداد. موثر بودن متیل جاسمونات در افزایش TSS میوه توت فرنگی در غلظت ۲۲/۴ mg/lit در سال ۲۰۰۵ گزارش شده است (۴). قاسم نژاد و همکاران در سال ۲۰۰۸ اثر MJ به غلظتهای ۸-۱۶-۲۴ میکرولیتر بر لیتر بر روی TSS میوه تمشک بی اثر اعلام کردند؛ در عین حال در سال ۲۰۰۷ بی اثر بودن متیل جاسمونات با همین غلظتها بر روی مواد جامد محلول میوه انار گزارش شده است.



شکل ۷- اثر تیمار متیل جاسمونات بر فنل کل میوه

میانگین ها با حروف مشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ بایکدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

### برهمکنش پرتوتابی UV-C و متیل جاسمونات بر میوه:

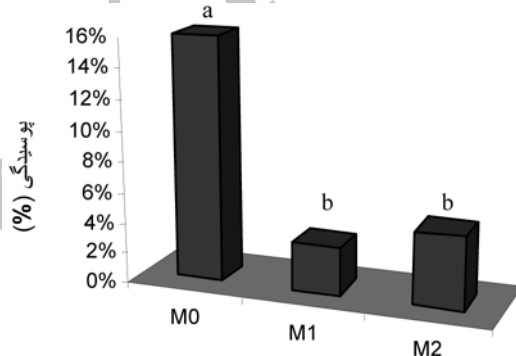
جدول (۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل پرتوتابی UV-C و متیل جاسمونات بر درصد پوسیدگی، فنل کل میوه بسیار معنی دار است؛ این دو تیمار اثرات همسویی در کاهش درصد پوسیدگی و افزایش میزان فنل میوه‌ها داشتند (شکل ۸ و ۹). تیمار UV-C نقش موثری در کاهش بار میکروبی سطحی میوه‌ها دارد (۲۳). از طرف دیگر متیل جاسمونات در غلظتهای بسیار کم باعث فعال شدن یکسری از ژنهای دفاعی گیاه علیه میکروارگانیسم‌ها می‌گردد (۲۷)؛ در واقع، بر اثر ترکیب این دو تیمار جلوی حمله و رشد میکروارگانیسم‌ها به نحو موثری گرفته می‌شود.

برهمکنش این دو تیمار بر میوه باعث افزایش میزان فنل کل میوه نسبت به شاهد شد؛ باید توجه داشت که هر دو تیمار یعنی UV-C و متیل جاسمونات به تنهایی باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL می‌شوند (۵ و ۳۰)؛ در نتیجه این دو عامل محرک باهم به نحو موثری فعالیت آنزیم PAL را افزایش می‌دهند؛ و در نهایت محصول این آنزیم یعنی فنل کل در میوه‌ها بیشتر می‌گردد و پوسیدگی به نحو مطلوب کنترل می‌شود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای مهندس مهدی طالبی حبشی که در اجرای این پژوهش نقش مؤثری داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

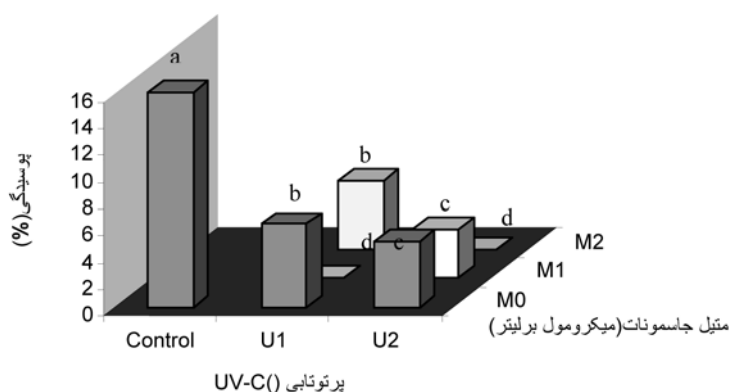
پوسیدگی کارآتر می‌باشد. نتیجه مشابه توسط بوت‌ها و همکارانش در سال ۱۹۹۸ در غوطه‌وری تکه‌های کرفس و فلفل در غلظتهای  $10^{-4}$  و  $10^{-5}$  مول متیل جاسمونات گزارش شد، غلظت  $10^{-5}$  موثرتر از غلظت  $10^{-4}$  بود. مطالعات جین و همکاران بر اثر تیمارهای متیل جاسمونات به غلظتهای ۱-۱۰-۱۰۰-۵۰۰ (میکرومول بر لیتر) بر روی هلوها نشان داد که بهترین و اقتصادی ترین غلظت برای از بین بردن رشد میکروبی ۱ میکرومول بر لیتر می‌باشد. متیل جاسمونات میتواند سیستم‌های دفاعی سلول را فعال کند در واقع سلول را در برابر پاتوژنها قویتر سازد (۹)؛ همچنین متیل جاسمونات در برخی مواقع باعث تجمع پروتئینهای دفاعی گیاه علیه پاتوژنها می‌شود (۲۷). دلیل آخر اینکه متیل جاسمونات باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایز در توت فرنگی میشود و در نتیجه سطح فنل کل میوه افزایش یافته؛ همانطور که قبلاً توضیح داده شده افزایش فنل در محیط باعث کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود؛ در نهایت پوسیدگی به نحو مطلوب کنترل می‌گردد (۳۰).



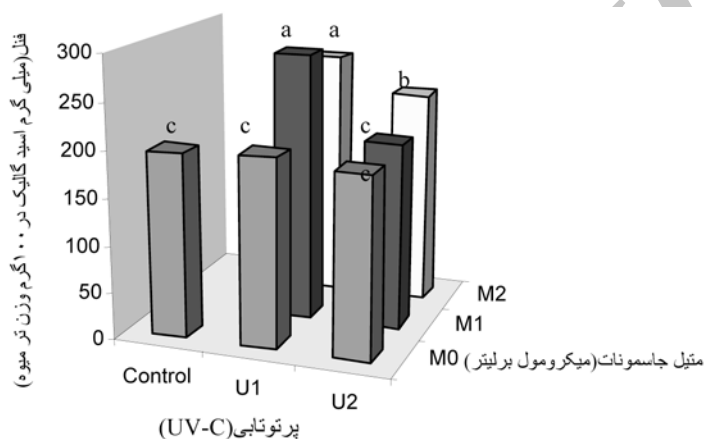
شکل ۸- اثر تیمار متیل جاسمونات بر پوسیدگی میوه

میانگین ها با حروف غیرمشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ بایکدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

اثر تیمار متیل جاسمونات بر میزان فنل میوه‌های توت فرنگی بسیار معنی دار بود (شکل ۷). با تیمار متیل جاسمونات تجمع مواد فنلی نیز در میوه‌ها افزایش یافت، متیل جاسمونات باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL می‌شود این آنزیم یک آنزیم موثر در ساخت فنلهاست؛ البته بین تیمارهای ۱ میکرومول و ۳ میکرومول تفاوت معنی داری دیده نمی‌شود. مطابق با این تحقیق افزایش معنی دار فنل کل میوه با اثر متیل جاسمونات به غلظت ۱ میکرومول در توت فرنگی گزارش شده است (۳۰). تیمار متیل جاسمونات به غلظت ۲۲/۴ میلی گرم در لیتر بر روی توت فرنگی باعث افزایش مواد فنلی میوه می‌شود (۴). متیل جاسمونات به غلظت های ۸-۱۶-۲۴ میکرولیتر بر لیتر باعث افزایش مواد فنلی در تمشک‌ها شد (۹). بر خلاف این نتایج گنزالز و همکاران در سال ۲۰۰۴ گزارش کردند متیل جاسمونات با غلظتهای  $10^{-4}$  و  $10^{-5}$  مول بر روی میوه گواوا اثر معنی داری بر روی فنل کل میوه نداشت (۱۳).



شکل ۸- اثر متقابل تیمارهای پرتوتابی UV-C و متیل جاسمونات بر پوسیدگی میوه میانگین ها با حروف غیرمتشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ بایکدیگر تفاوت معنی دار دارند.



شکل ۹- اثر متقابل تیمارهای پرتوتابی UV-C و متیل جاسمونات بر فنل کل میوه میانگین ها با حروف متشابه با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ بایکدیگر تفاوت معنی دار ندارند.

## منابع

- ۱- جلیلی مرندی ر. ۱۳۸۳. فیزیولوژی بعد از برداشت. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۲۷۶ صفحه.
- ۲- منبئی ح. ۱۳۸۵. توت فرنگی. تالیف: جیمزاف هانکوک. انتشارات دشت مشوش. ۲۵۷ صفحه.
- 3- Anon. 1999. UV light provides alternative to heatpasteurisation of juices. *Food Technology*, 53,90.
- 4- Ayala-Zavala J.F., Wang S.Y., Wang C.Y. and Gonzalez-Aguilar G.A. 2005. Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatments increased antioxidant capacity, aroma compounds and postharvest life of strawberry fruit. *European Food Research International*, 221(5):1438-1443.
- 5- Ben-Yehoshua S., Rodov V., Jin-Kim J., and Carmelis S. 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.
- 6- Cantos E., Garcia-Viguera C., Pascual-Teresa S., and Tomas-Barberan F.A. 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv Napoleon table graps. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48:4606-4612.
- 7- Charles T.M., Mercier J., Makhlouf J., and Arul J. 2007. Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinera* in tomato fruit I. Role of pre-and post-challenge accumulation of the phytoalexin-rishitin. *Postharvest Biology and Technology*, 47:27-40.
- 8- Erkan M., Wang Y.S., and Wang Y.C. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48:163-171.
- 9- Ghasemnezhad M., and Javaherdashti M. 2008. Effecte of Methyl jasmonate treatment on antioxidante capacity internal quality and Postharvest life of raspberry fruit. *Caspian Joral of Environmental Sciences*, 6(1):73-78.

- 10- Gonzalez-Aguilar G., Buta J., and Wang C.Y. 2002. Methyl jasmonate reduces decay and maintains postharvest quality of papaya 'sunrise'. *Postharvest Biology and Technology*, 28:361-370.
- 11- Gonzalez-Aguilar G.A., Zavaleta-Gatica R., and Tiznado-Hernandez M.E. 2007. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C Treatment, 45:108-116.
- 12- Gonzalez-Aguilar G., Tiznado-Hernandez M.E., and Wang C.Y. 2006. Physiological and biochemical responses of horticultural products to methyljasmonate. *Stewart postharvest review*.
- 13- Gonzalez-Aguilar G., Tiznado-Hernandez M.E., Zavaleta-Gaticar, and Martinez-Tellez M.A. 2004. Methyl jasmonat treatment reduce chilling injury and activate the defence of guava fruits. *Biochemical and biophysical research communication*, 313:694-701.
- 14- Jin P., Zheng H.Y., Cheng M.C., Gao Y.H., Chen X.W., and Chen J.H. Effect of Methyl jasmonate treatment on fruit decay and quality in peaches during storage at ambient temperature. *ISHS Acta Horticultur.* 712:711-716.
- 15- Marquenie D., Schenk A., Nicolai B., Michiels C., Soontjens C., and Van I.J. 2002. Use of UV-C and heat treatment to reduce storage rot of strawberry. *ISHS Acta Horticultur*, 567:779-782.
- 16- Pan Jeronimo, Vicente R.A., Martinez A.G., Chaves R.A., and Civello M.P., 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. 84:1831-1838.
- 17- Pelayo C., Ebeler S.E., and Kader A.A. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5C in air or air+20KPa co<sub>2</sub>. *postharvest Biology and Technology*, 27:171-183.
- 18- Purohit A.K., Rawat T.S. and Kumar A. 2003. Shelf life and quality of ber (*Ziziphus mauritiana lamk*) fruits cv. Umran in respos to postharvest application of ultraviolet radiation and paclobutrazol. *Plant Food For Wuman Nutrition*, 58:1-70.
- 19- Rudell D.R., Mattheis J.P., Fan X. and Fellman J.K. 2002. Methyljasmonate enhances anthocyanin accumulation and modifies production of phenolics and pigments in "fuji" Appples . *Journal of the American and Horticultural Science*, 3:435-441.
- 20- Schaller florian, Schaller Andreas, and Annick Stintzi. 2005. Biosynthesis and metabolism of jasmonates. *Journal of plant growth regulation*, 23:179-199.
- 21- Shama G., and Alderson P. 2005. UVhormesis in fruit: a concept ripe for commercialization. *Trends in Food Science & Technology*, 16:128-136.
- 22- Slinkkard K., and Singleton VL. 1997. Total Phenol Analysis: Automation and comparison with Manual Methods. *Am J Enol Viticult*, 28:49-55.
- 23- Sommer R., Haider T., Cabaj A., Heidenreich E. and Kundi M. 1996. Increased inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by protection of UV irradiation. *Appl. Environ. Microbiol*, 62:1977-1983.
- 24- Stevens C., Khan V.A., Lu J.Y., Wilson C.L., Pusey P.L. and Kabwe M.K. 1998. The germicidale and hermetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protection*, 17:75-84.
- 25- Tsao R., and Ting Zhou . 2000. Interaction of monoterpenoids, Methyljasmonate, and Ca in Controlling postharvest brown rot of Sweet cherry. *Hortscience*, 35(7):1304-1307.
- 26- Veazie P.P., Collins K.J., and Howard L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47:280-285.
- 27- Wang C.Y., Fung R., and Ding C. 2003. Reducing chilling injury and enhancing transcript levels of heat Shock proteins, pr-proteins and alternative oxidase by methyl jasmonate and methyl salcylate in tomatoes and peppers. *Meeting Abstract*, V.38.P.860.
- 28- Wang, C.Y. 2005. Quality of tomato slices freshly cut from fruit treated with methyl jasmonate. *Hortscience*, 39:817-825.
- 29- Wolucka B.A., Goossens A. and Inze D. 2005. Methyl jasmonate stimulates the de novo biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions. *Journal of experimental Botany*, 56:2527-2538.
- 30- Zhange F.S., Wang X.Q., Ma S.J., Cao N. Li, X.X., Wange Y.H., and Zheng. 2005. Effects of methyl jasmonate on postharvest decay in strawberry fruit and the possible mechanisms involved. *ISHS Acta Horticultur.* 712:693-698.
- 31- Zolfagharinasab R., and Hadian J. 2007. Influence of Methyl Jasmonate on Inducing Chilling Tolerance in Pomegranate Fruits (Malase Save). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(4):612-616.