

تأثیر متیل جاسمونات بر کاهش خسارت سرمازدگی و حفظ کیفیت میوه شلیل رقم رد گلد

Effect of Methyl Jasmonate on Reducing Chilling Injury and Maintaining the Quality of Nectarine (*Prunus persica* cv. Red Gold) Fruitsمحمد رضا اصغری^۱ و نسرين اژدر^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۰۸

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۳۰

چکیده

آسیب سرمازدگی، عمر پس از برداشت میوه‌ی شلیل را در دمای پایین کاهش می‌دهد. بنابراین افزایش مقاومت به سرمازدگی امکان نگهداری طولانی مدت میوه‌ی شلیل را در دمای پایین فراهم می‌کند. در این پژوهش، تأثیر سطوح مختلف متیل جاسمونات (۰، ۸ و ۱۶ میکرولیتر در لیتر) بر کاهش میزان سرمازدگی و حفظ کیفیت میوه‌ی شلیل در طول ۴۲ روز نگهداری در دمای 0 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل شاخص سرمازدگی، درصد نشت یونی، ویتامین ث، درصد کاهش وزن، فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، میزان مواد جامد محلول و pH بودند. نتایج نشان داد که متیل جاسمونات باعث کاهش سرمازدگی، کاهش نشت یونی، حفظ ویتامین ث و جلوگیری از آب از دست‌دهی میوه‌ها شد. متیل جاسمونات فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز را کاهش داد. بیشترین شاخص سرمازدگی و نشت یونی و فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در میوه‌های شاهد و کمترین آن در میوه‌های تیمار شده با ۱۶ میکرولیتر در لیتر متیل جاسمونات ثبت شد. اختلاف معنی‌داری بین میوه‌های شاهد و تیمار شده از نظر میزان مواد جامد محلول و pH دیده نشد. نتایج این آزمایش بیانگر تأثیر مثبت متیل جاسمونات در کاهش سرمازدگی و حفظ کیفیت میوه شلیل رقم رد گلد در دمای پایین انبار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پس از برداشت، پلی‌فنل‌اکسیداز، ماندگاری، نشت یونی

۱ و ۲. به ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

Email: n_azhdar@yahoo.com

*: نویسنده مسئول

مقدمه

میوه شلیل فرازگرا بوده و هنگام رسیدن اتیلن بیشتری تولید می‌کند (لایل^۱ و همکاران، ۱۹۸۹). شلیل‌ها در دمای محیط سریعاً رسیده و فاسد می‌شوند. به‌منظور کاهش سرعت رسیدن و توسعه پوسیدگی از انبار سرد استفاده می‌شود. با این حال، آسیب سرمازدگی ماندگاری شلیل‌ها را در دمای پایین محدود می‌کند (لوری و کریستو^۲، ۲۰۰۵). علل اصلی ضایعات میوه شلیل در مرحله پس از برداشت، شامل کاهش وزن و اسیدیته میوه، نرم‌شدگی، آسیب سرمایی و فرورفتگی سطحی می‌باشند (پترسون^۳ و همکاران، ۱۹۹۹). علایم آسیب سرمازدگی به‌صورت آردی شدن، پشمی شدن، چرمی شدن، قهوه‌ای شدن حفره هسته یا گوشت و خونی شدن می‌باشد (لوری و کریستو، ۲۰۰۵). خسارت سرمازدگی تحت تأثیر ژنتیک، دمای نگهداری و مدت نگهداری است (میچل^۴، ۱۹۸۷؛ کریستو^۵ و همکاران، ۱۹۹۹a). ظهور علایم خسارت سرمازدگی (قهوه‌ای شدن داخلی در گوشت میوه یا قهوه‌ای شدن گوشت) در دماهای ۵-۲ درجه سانتی‌گراد زودتر از دمای صفر درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد (سرتا^۶ و همکاران، ۲۰۰۰). این علایم عمدتاً در طول رسیدن میوه بعد از نگهداری در انبار سرد توسعه می‌یابند (برهن^۷ و همکاران، ۱۹۹۱؛ کریستو و همکاران، ۱۹۹۵). سرمازدگی یکی از شایع‌ترین اختلالاتی است که در میوه‌های هسته‌دار اتفاق می‌افتد. این آسیب فیزیولوژیکی به غشای سلولی میوه ممکن است در هر زمان با توجه به شرایط نامساعد محیطی، در طول فصل رشد، حمل‌ونقل، توزیع، نگهداری و یا حتی در یخچال خانه رخ دهد. آسیب غشاء و فرآیندهای غشایی اغلب در نتیجه مجموعه‌ای از تأثیرات ثانویه مانند تولید اتیلن، افزایش تنفس، کاهش فتوسنتز و تغییر ساختار سلولی به‌وجود می‌آید و باعث حساسیت بیشتر میوه‌ها به بیماری‌ها می‌شود (واتکینز و جکی‌ناک^۸، ۲۰۰۴). علی‌رغم این محدودیت، استفاده از تکنولوژی سردخانه به‌عنوان ابزاری در جهت افزایش عمر نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها دارای اهمیت است. بدین منظور تکنیک‌های مختلفی شکل گرفته تا میزان سرمازدگی را کاهش دهند (آرتز^۹، ۱۹۹۵). گزارش شده است

که متیل جاسمونات، به‌عنوان یک ترکیب تنظیم‌کننده گیاهی طبیعی، در کاهش خسارت سرمازدگی و بیماری‌های پس از برداشت در بسیاری از محصولات باغبانی، از جمله انبه، گوجه فرنگی، فلفل شیرین و هلو مؤثر است (گونزالز-آیولار^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۰؛ دینگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۲؛ فانگ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۴؛ منگ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۹). جاسمونات‌ها با دخالت در بیان ژن‌های مختلف، گیاهان را در مقابل تنش‌های مختلف محیطی محافظت نموده و از این طریق نیز می‌توانند عمر نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها را افزایش دهند (صابهات^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۸). شواهدی وجود دارد که متیل جاسمونات می‌تواند مقاومت میزبان را در برابر پاتوژن‌ها به وسیله القای متابولیت‌های ثانویه افزایش دهد و در نتیجه سبب افزایش بیان مجموعه‌ای از ژن‌های دفاعی می‌شود (کوزلوسکی^{۱۵} و همکاران، ۱۹۹۹؛ دینگ و همکاران، ۲۰۰۲). تولید پروتئین‌های مرتبط با پاتوژن‌ها (PR- proteins) توسط متیل جاسمونات در گیلان و توت‌فرنگی گزارش شده است (یائو و تیان^{۱۶}، ۲۰۰۵؛ ژانگ^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۶). تحقیقات نشان داده که متیل جاسمونات به طور معنی‌داری پوسیدگی کپک قهوه‌ای را در گیلان کنترل می‌کند (یائو و تیان، ۲۰۰۵). در تمشک اثبات شده که متیل جاسمونات تحمل بافت را در برابر پوسیدگی به وسیله افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌دهد (قاسم‌نژاد و جواهر دشتی^{۱۸}، ۲۰۰۸). استفاده از بخار متیل جاسمونات بدون داشتن اثرات نامطلوب بر کیفیت خوراکی و کیفیت داخلی میوه انار، سبب افزایش مقاومت به آسیب‌های ناشی از دمای پایین و حفظ کیفیت ظاهری و بازاری پسنندی آن گردید (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵).

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر متیل جاسمونات به‌عنوان یک ترکیب بی‌خطر و جایگزینی سالم برای مواد شیمیایی در کاهش خسارت سرمازدگی و حفظ کیفیت میوه شلیل در دمای پایین نگهداری بود.

10. Gonz´alez-Aguilar

11. Ding

12. Fung

13. Meng

14. Sabeht

15. Kozlowski

16. Yao and Tian

17. Zhang

18. Ghasemzhad and Javaherdashti

1. Lill

2. Lurie and Crisosto

3. Peterson

4. Mitchell

5. Crisosto

6. Ceretta

7. Bruhn

8. Watkins and Jackie Nock

9. Arte´s

فناوری تولیدات گیاهی / جلد پانزدهم / شماره دوم / پاییز و زمستان ۹۴

در این فرمول CI شاخص سرمازدگی، ni تعداد میوه‌هایی است که علائم سرمازدگی i (۱-۴) را از خود نشان دادند و N تعداد کل میوه‌ها می‌باشد.

$$CI = \frac{\sum(n_i \times i)}{N}$$

نشت یونی

برای اندازه‌گیری نشت یونی از روش ژانگ و تیان^۱ (2009) با کمی تغییرات استفاده شد. نشت الکترولیتی در ۸ دیسک (۴mm × ۸mm) از بافت پوست و گوشت ۴ میوه هر تکرار اندازه‌گیری شد. دیسک‌ها در ۴۰ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۴ میلی‌مولار قرار گرفتند و پس از ۳ ساعت به هم زدن با شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، هدایت الکتریکی اولیه محلول با دستگاه هدایت‌سنج (ساخت شرکت Schott Germany) اندازه‌گیری شد. سپس محلول حاوی نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۹۵°C قرار داده شد و پس از قرار گرفتن در دمای محیط به مدت نیم ساعت و سرد شدن هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$100 \times (\text{هدایت الکتریکی کل} / \text{هدایت الکتریکی اولیه}) = \text{درصد نشت یونی}$$

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO)

سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز با روش پیزوکارو^۲ و همکاران (1993) با کمی تغییرات بر اساس اکسیداسیون کاتکول انجام شد. در ابتدا پس از گرفتن آب میوه و صاف کردن آن، حدود ۱ میلی‌لیتر از آب میوه با ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات مخلوط گردید، سپس مخلوط مورد نظر در دستگاه سانتریفیوژ قابل تنظیم در ۴ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و قسمت رویی آن به‌عنوان عصاره آنزیمی برداشته شد. ۲/۵ میلی‌لیتر ماده بافری شامل (بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار، pH=۶/۴ و ۵۰ میلی‌مولار کاتکول) به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی اضافه شده و پس از قرار گرفتن در بن‌ماری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه منحنی تغییرات جذب در دستگاه اسپکتروفتومتر (pharmacia LKB. Novaspec II) ساخت شرکت pharnacia/lkb با طول موج ۴۲۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی عبارت از میزان تغییر فعالیت PPO به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیم بود.

مواد و روش‌ها

میوه‌های شلیل رقم رد گلد در اوایل شهریور سال ۱۳۹۲ در مرحله بلوغ تجاری هنگامی که ۵۰ تا ۸۰ درصد رنگ گرفته بودند، از یکی از باغات شهرستان ارومیه برداشت شدند و سپس به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه انتقال داده شدند. میوه‌های دارای شکل غیرطبیعی و آسیب‌های مکانیکی حذف شده و میوه‌های سالم و یکنواخت به‌منظور اعمال تیمار انتخاب گردیدند. اندازه‌گیری‌های اولیه در مورد صفات مورد نظر انجام شد.

تیمار میوه‌ها

برای تیمار با بخار متیل جاسمونات، میوه‌ها در داخل ظرف‌های ۲۰ لیتری به‌همراه کاغذ صافی آغشته به متیل جاسمونات با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۸ میکرولیتر در لیتر و ۱۶ میکرولیتر در لیتر قرار داده شدند (تکرارهای یک تیمار در یک ظرف جداگانه که حاوی ۲۴ عدد میوه بودند، قرار داده شدند). بدین طریق که غلظت‌های موردنظر به ۲-۳ عدد کاغذ صافی آغشته شد و کاغذهای صافی در داخل ظرف‌های حاوی میوه طوری قرار گرفتند که با میوه‌ها تماس نداشتند. پس از بستن کامل درب ظرف‌ها، طوری که هوا نفوذ نکند، در جای تاریک با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت نگهداری شدند و بخار به‌طور یکنواخت سراسر ظرف پراکنده شد. آن‌گاه درب ظرف‌ها را به‌منظور تهویه میوه‌ها باز کرده و سپس میوه‌ها درون ظروف پلاستیکی درب‌دار قرار گرفته (۶ تکرار که هر تکرار شامل یک ظرف با ۴ عدد میوه بود) و به سردخانه با دمای ۰/۵± درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد منتقل و به مدت ۴۲ روز نگهداری شدند. ارزیابی صفات موردنظر در ۳ مرحله انجام گرفت: ۱- پس از برداشت میوه‌ها و قبل از اعمال تیمار ۲- بعد از ۲۱ روز انبارمانی ۳- بعد از ۴۲ روز انبارمانی.

خسارت سرمازدگی

برای اندازه‌گیری میزان خسارت سرمازدگی از روش نمره‌دهی استفاده شد. قهوه‌ای شدن داخلی گوشت، آردی شدن و خونی شدن داخل گوشت به‌عنوان علائم سرمازدگی در نظر گرفته شدند. شدت سرمازدگی میوه‌ها براساس ارزیابی ظاهری در ۴ گروه جداگانه به‌صورت زیر طبقه‌بندی گردید:

- ۱- بدون علائم سرمازدگی، ۲- بین ۱ تا ۲۵ درصد خسارت، ۳- بین ۲۶ تا ۵۰ درصد خسارت، ۴- با بیش از ۵۰ درصد علائم سرمازدگی. شاخص سرمازدگی میوه‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵).

1. Zhang and Tian
2. Pizzocaro

ویتامین ث (اسید آسکوربیک)

برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش تیتراسیون استفاده شد. به این صورت که ۲cc نشاسته ۱٪ در داخل بشر حاوی ۱۰cc عصاره میوه ریخته شد و توسط یدید پتاسیم (KI) ۰/۰۱ نرمال تا ته‌نشین شدن ذرات نشاسته تیتراگریدید و مقدار اسید آسکوربیک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (سیوروی^۱، ۲۰۰۷).

$$A.A = (S \times N \times F \times 88.1 / C) \times 100$$

A.A = میزان اسید آسکوربیک بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر

S = مقدار KI مصرفی

N = نرمالیت ۰/۰۱ KI

F = فاکتور ۰/۷۴۳ KI

C = مقدار عصاره مصرفی ۱۰ = CC

اندازه‌گیری میزان کاهش وزن

کاهش وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل CANDGL300 انجام شد. برای این منظور تفاوت وزن میوه‌ها در موقع اندازه‌گیری با روز اول محاسبه شد (منگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). درصد کاهش وزن به صورت زیر محاسبه گردید:

درصد کاهش وزن = (وزن اولیه - وزن ثانویه) × ۱۰۰ / وزن اولیه

مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل Atago، ساخت شرکت آتاگوی ژاپن) در دمای اتاق بر حسب درجه بریکس قرائت گردید.

اسیدیته (pH) آب میوه

برای اندازه‌گیری pH آب میوه از pH متر دیجیتالی مدل (pH-Meter CG 824، ساخت شرکت Schott Germany) استفاده شد (جلیلی‌مردی، ۱۳۸۳).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ سطح تیمار متیل جاسمونات و ۶ تکرار در دو زمان ۲۱ و ۴۲ روز انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS انجام شد و برای رسم نمودارها از

نرم‌افزار EXCEL استفاده شد و مقایسات میانگین داده‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث**میزان سرمازدگی**

برطبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثرات ساده متیل جاسمونات و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان خسارت سرمازدگی معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری معنی‌دار نبود. میزان خسارت سرمازدگی در طول مدت نگهداری افزایش یافت اما این افزایش در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های تیمار شده بیشتر بود و تیمار متیل جاسمونات به‌طور معنی‌داری آسیب سرمازدگی را کاهش داد، اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارها دیده نشد (شکل ۱). نتایج مشابهی در میوه‌های انار گزارش شده است که با افزایش غلظت متیل جاسمونات میزان سرمازدگی کاهش یافت و کمترین میزان سرمازدگی به ترتیب مربوط به غلظت‌های ۲۴ و ۱۶ میکرولیتر در لیتر بود (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین نتایج مطالعه بررسی ما مشابه گزارش گونزالز-آیولار و همکاران (۲۰۰۰) می‌باشد که گزارش کردند تیمار متیل جاسمونات سرمازدگی را در میوه انبه کاهش داده است. اسید جاسمونیک یکی از هورمون‌های کلیدی فعال‌کننده مقاومت به تنش‌ها در گیاهان و محصولات برداشت شده می‌باشد که در نتیجه فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز در شرایط تنش و حمله بیماری‌ها و آفات از شکستن چربی‌های غشای سلولی خصوصاً اسید لینولئیک تولید می‌شود. در شرایط تنش خصوصاً تنش سرمای سلول‌ها برای حفاظت از خودشان اقدام به تولید اسید جاسمونیک می‌نمایند تا برخی مسیرهای مقاومت به سرما و آفات و بیماری‌ها را فعال نمایند و از آنجایی که برای تولید اسید جاسمونیک اسیدهای چرب غشای سلول باید شکسته شوند تا به اسید جاسمونیک تبدیل شوند لذا عملاً سلول‌ها اقدام به تخریب غشای خود برای این منظور می‌نمایند.

1. Cioroi
2. Meng

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر متیل جاسمونات و زمان نگهداری بر صفات اندازه‌گیری شده در میوه شلیل رقم رد گلد

Table 1: Analysis of variance of the effect of methyl jasmonate and storage time on the measured characteristics in nectarine (*Prunus persica* cv. Red gold) fruits

میانگین مربعات Mean of Squares								
مواد جامد محلول (TSS)	اسیدیته PH	کاهش وزن Weight loss	ویتامین ث Vitamin C	نشت یونی Ion leakage	آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز PPO	شاخص سرمازدگی Chilling index	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variations
0.0001 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.14 ^{**}	3.45 ^{**}	613.39 ^{**}	60228577.8 ^{**}	6.32 ^{**}	2	متیل جاسمونات Methyl jasmonate
0.00001 ^{ns}	3.77 ^{**}	2.07 ^{**}	4.99 ^{**}	1470.33 ^{**}	204871511.1 ^{**}	6.25 ^{**}	1	زمان Time
0.0001 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.04 ^{**}	0.63 [*]	1.11 ^{ns}	55486977.8 ^{**}	0.04 ^{ns}	2	متیل جاسمونات × زمان Methyl jasmonate × Time
0.0002	0.009	0.005	0.16	7.03	1157751.1	0.04	30	اشتباه آزمایشی Experimental Error
5.58	1.96	18.64	9.56	5.23	6.77	9.44	-	ضریب تغییرات (/) (CV) (%)

ns, ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد
ns, ** and *, Non-significant and Significant at 1% and 5% level, respectively

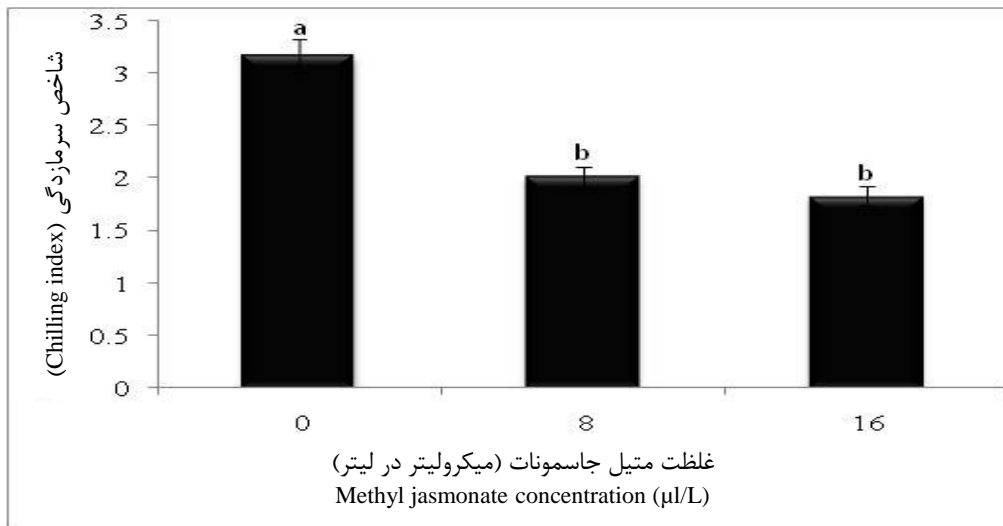
یافت و خسارت سرمازدگی در میوه‌های تیمار شده کاهش یافت (کائو و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج مطالعه ما با نتایج گزارش شده توسط این محققان مشابه می‌باشد. گزارش شده که تیمار متیل جاسمونات سنتز پروتئین‌های شوک گرمایی، مسیر جایگزین در تنفس و پروتئین‌های مربوط به پاتوژن‌ها را افزایش می‌دهد. تجمع این ژن‌های دفاعی همراه با کاهش خسارت سرمازدگی در گوجه‌فرنگی و فلفل شیرین گزارش شده است (دینگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ فانگ و همکاران، ۲۰۰۴). بیان این ژن‌ها نیز ممکن است یکی از دلایل کاهش خسارت سرمازدگی در بررسی ما نیز باشد. قهوه‌ای شدن گوشت که یکی از علایم عمده خسارت سرمازدگی و اکسیداسیون ترکیبات فنلی توسط پلی-فنل‌اکسیداز می‌باشد، تصور می‌شود یک دلیل مهم تغییر رنگ در بیشتر میوه‌ها باشد (جیانگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۴؛ لوری و کریستو، ۲۰۰۵؛ نگوین^۴، ۲۰۰۳). تیمار متیل جاسمونات قهوه‌ای شدن داخلی و آردی شدن گوشت را در هلو کاهش داد (جین^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین گزارش شده است که تیمار میوه‌های آناناس با ۱/۰ میلی‌مولار متیل جاسمونات منجر به کاهش علایم قهوه‌ای شدن داخلی در گوشت آناناس می‌شود که نتیجه کاهش آسیب سرمازدگی بود (نیل پراپراک و ید مینخ وان^۶، ۲۰۰۹).

با توجه به این‌که تیمار گیاهان و میوه‌های برداشت شده با متیل جاسمونات بیرونی باعث جلوگیری از تولید داخلی اسید تیمار شده با متیل جاسمونات بدون تخریب غشاهای خود سیستم‌های مقاومت مربوط به اسید جاسمونیک را فعال می‌کنند و با کاربرد بیرونی متیل جاسمونات یا اسید جاسمونیک عملاً غشای سلول‌ها سالم باقی می‌ماند (کائو^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). فعالیت بالای سیستم آنتی‌اکسیدان آنزیمی منجر به کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شود، بنابراین بهبود یکپارچگی غشاء و در نهایت القای مقاومت نسبت به تنش‌های غیرزنده مانند خسارت سرمازدگی می‌شود (میتلر^۲، ۲۰۰۲). گزارش شده که تیمار متیل جاسمونات ۱۰ μM به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰°C به‌طور موثری خسارت سرمازدگی را در میوه لوکوآت کاهش داد. کاهش خسارت سرمازدگی با کاهش قهوه‌ای شدن داخلی و حفظ استحکام میوه همراه بود. در میوه لوکوآت تیمار شده با متیل جاسمونات فعالیت سوپراکسید دیسموتاز افزایش یافت که منجر به کاهش رادیکال سوپراکسید شد. این تیمار همچنین فعالیت کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را القاء کرد که به نوبه خود منجر به کاهش پراکسید هیدروژن تولید شده توسط عمل سوپراکسید دیسموتاز شد (زمانی که سوپراکسید دیسموتاز، رادیکال سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند). همچنین فعالیت لیپوکسیژنار کاهش

3. Jiang
4. Nguyen
5. Jin
6. Nilprapruck and Yodmingkhan

1. Cao
2. Mittler



شکل ۱: اثر متیل جاسمونات بر میزان شاخص سرمازدگی میوه شلیل رقم رد گلد. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ در بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند

Fig. 1: Effect of methyl jasmonate on chilling index of nectarine (*Prunus persica* cv. Red Gold) fruits. Non similar letters indicate significant differences between the means at the 1% level using Duncan's Multiple Range Test

سالیسیلات در میوه انار خسارت سرمازدگی و نشت یونی را کاهش داده است (سیاری^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). تیمار متیل جاسمونات می‌تواند غشای سلول را با کاهش پراکسیداسیون غشای چربی و حفظ فعالیت بالای سوپراکسید دیسموتاز در توت‌فرنگی تحت تنش آبی حفظ کند و نشت یونی را کاهش دهد (ونگ^۳، ۱۹۹۹؛ گونزالز-آگویلا، ۲۰۰۰). نشت الکترولیتی پایین‌تر غشای سلول در میوه‌های هلو تیمار شده با ۰/۱ میلی‌مول در لیتر بخار متیل جاسمونات گزارش شد که نشان‌دهنده اختلال کمتر در غشای پلاسمایی تحت تنش سرما می‌باشد (منگ و همکاران، ۲۰۰۹).

میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO)

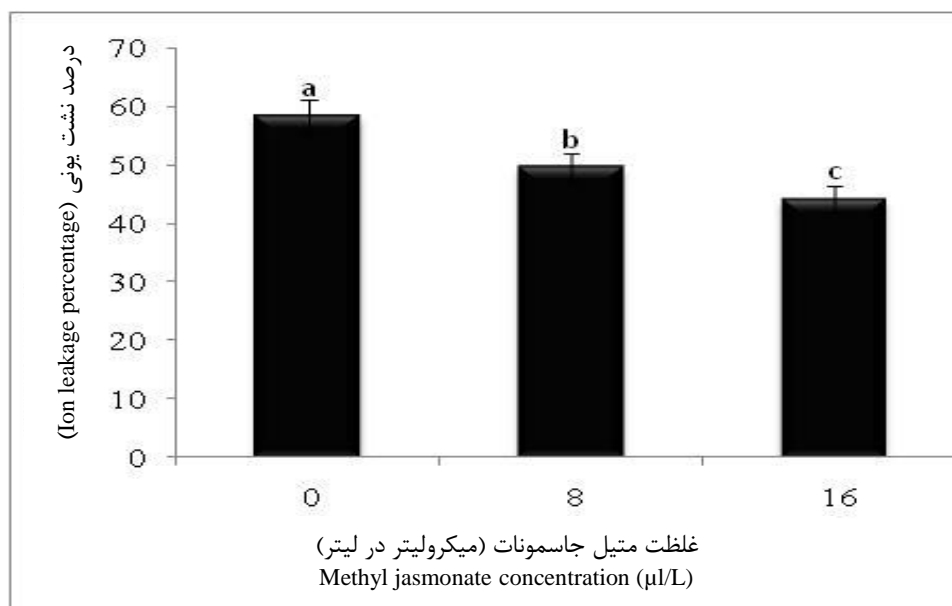
برطبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثرات ساده متیل جاسمونات و زمان نگهداری و همچنین اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز معنی‌دار بود. فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در طول مدت نگهداری افزایش یافت ولی در میوه‌های تیمار شده فعالیت این آنزیم نسبت به شاهد کمتر بود. تیمار متیل جاسمونات ۱۶ میکرولیتر در لیتر در پایان نگهداری بیشترین تأثیر را در کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز نشان داد (شکل ۳).

نشت یونی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثرات ساده متیل جاسمونات و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ بر درصد نشت یونی معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری معنی‌دار نبود. نشت یونی نیز در طول نگهداری افزایش یافت اما در میوه‌های تیمار شده کمتر از میوه‌های شاهد بود. کمترین میزان نشت یونی مربوط به تیمار ۱۶ میکرولیتر در لیتر بود (شکل ۲). اولین آسیب تنش سرمایی اختلال در عملکرد غشای سلولی و نفوذناپذیری انتخابی آن می‌باشد که به دنبال آن نشت یون‌ها به خارج از سلول اتفاق می‌افتد بدین ترتیب که در شرایط تنش تولید رادیکال‌های آزاد بیش از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد این رادیکال‌های آزاد با اسیدهای چرب موجود در غشای سلولی واکنش داده و باعث پراکسیده شدن لیپیدهای غشا می‌شوند که به دنبال آن نفوذپذیری انتخابی از بین رفته و یون‌ها به سمت بیرون از سلول نشت می‌کنند (کانگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۳). انبه‌های تیمار شده با بخار متیل جاسمونات در غلظت ۱۰^{-۴} مول در لیتر به مدت ۲۴ ساعت در ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشت یونی و خسارت سرمازدگی کمتری در طول ۲۱ روز نگهداری در ۷ درجه سانتی‌گراد نشان دادند و نشت یونی آن‌ها به‌طور مثبت مرتبط با شدت سرمازدگی بود (گونزالز-آیولار، ۲۰۰۰) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. گزارش شده است که کاربرد متیل جاسمونات ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌مولار همراه با متیل

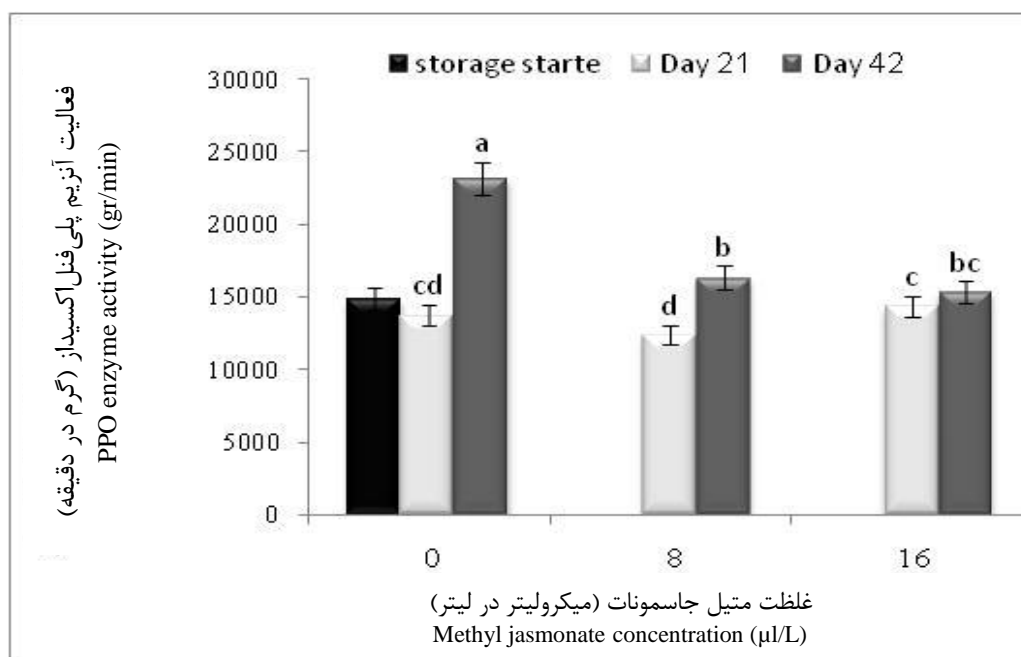
2. Sayyari
3. wang

1. Kang



شکل ۲: اثر متیل جاسمونات بر میزان نشت یونی میوه شلیل رقم رد گلد. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ در بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند

Fig. 2: Effect of methyl jasmonate on ion leakage of nectarine (*Prunus persica* cv. Red Gold) fruits. Non similar letters indicate significant differences between the means at the 1% level using Duncan's Multiple Range Test



شکل ۳: اثر متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری بر میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز میوه شلیل رقم رد گلد. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ در بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند

Fig. 3: Effect of methyl jasmonate and storage time on PPO enzyme activity of nectarine (*Prunus persica* cv. Red Gold) fruits. Non similar letters indicate significant differences between the means at the 1% level using Duncan's Multiple Range Test

کاتالیز می‌کند و موجب قهوه‌ای شدن بافت در میوه‌ها و سبزیجات می‌شود (ماچیکس^۲ و همکاران، ۱۹۹۰). پلی فنل اکسیداز به صورت نهفته در بیشتر گونه‌های گیاهی وجود دارد و

پلی فنل اکسیداز یک آنزیم کلیدی در قهوه‌ای شدن آنزیمی در بیشتر میوه‌هاست (مایر^۱، ۱۹۸۷). آنزیم پلی فنل اکسیداز به طور گسترده در گیاهان وجود دارد که اکسیداسیون فنل‌ها را

2. Macheix

1. Mayer

کاهش وزن

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثرات ساده متیل جاسمونات و زمان نگهداری و همچنین اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ بر درصد کاهش وزن معنی‌دار بود. بعد از ۲۱ روز نگهداری اختلاف معنی‌داری در میزان کاهش وزن میوه‌ها، بین میوه‌های شاهد و تیمارها وجود نداشت اما در انتهای نگهداری (۴۲ روز) کمترین میزان کاهش وزن در تیمارها و بیشترین میزان در شاهد دیده شد (شکل ۵). کاهش وزن میوه‌ها در طول دوره نگهداری در نتیجه تبخیر آب از سطح میوه‌ها، تنفس و فعالیت‌های متابولیکی اتفاق می‌افتد (مارتینز-رومرو^۲ و همکاران، ۲۰۰۲ و سرنو^۳ و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج مطالعه ما مشابه گزارش قاسم نژاد و همکاران (۱۳۸۵) بود که گزارش کردند بالاترین میزان کاهش وزن میوه انار مربوط به شاهد و کمترین میزان مربوط به میوه‌های تیمار شده با ۸، ۱۶ و ۲۴ میکرولیتر در لیتر بود که البته بین تیمارها اختلاف، معنی‌دار نبود.

TSS و pH

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثرات ساده متیل جاسمونات و زمان نگهداری و همچنین اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری بر میزان مواد جامد محلول و اثر ساده متیل جاسمونات و اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری بر میزان pH معنی‌دار نبود ولی اثر ساده زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان pH معنی‌دار بود. تغییرات جزئی در میزان مواد جامد محلول و میزان pH میوه‌ها مشاهده گردید اما هیچ گونه اختلاف معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد وجود نداشت. نتایج این بررسی مطابق با یافته‌های قاسم‌نژاد و همکاران (۲۰۰۸) بود که گزارش کردند تیمار متیل جاسمونات (۸، ۱۶ و ۲۴ میکرولیتر) بر میزان مواد جامد محلول و pH میوه‌ی تمشک اثر معنی‌داری نداشت. همچنین در سال ۱۳۸۵ گزارش کردند که این تیمارها بر میزان مواد جامد محلول میوه انار اثر معنی‌داری نداشتند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش، متیل جاسمونات با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و حفظ ویتامین ث، میزان سرمازدگی و نشت یونی را کاهش داده و کیفیت میوه شلیل را

به‌شدت با غشای کلروپلاست باند شده است. شکل پنهان پلی‌فنل‌اکسیداز اغلب در طول رسیدن، پیری یا شرایط استرس فعال می‌شود و وقتی غشا آسیب می‌بیند منجر به افزایش فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز می‌شود (مایر، ۱۹۸۷). گزارش شده است که میوه‌های آناناس تیمار شده با متیل جاسمونات فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز کمتری داشتند که منجر به کاهش علایم قهوه‌ای شدن داخلی شد (نیل پراپرک و ید مینخ وان، ۲۰۰۹). در میوه هلو تیمار شده با ۱ میکرومول در لیتر بخار متیل جاسمونات فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز کاهش یافت که مرتبط با کاهش قهوه‌ای شدن داخلی بود (جین و همکاران، ۲۰۰۹). احتمالاً متیل جاسمونات با جلوگیری از خسارت سرمازدگی و حفظ غشای سلول مانع از تماس اکسیژن و واکنش پلی‌فنل‌اکسیداز با ترکیبات فنلی می‌شود چون وقتی غشاء آسیب می‌بیند فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز افزایش می‌یابد.

ویتامین ث

برطبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثرات ساده متیل جاسمونات و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ و اثرات متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری در سطح احتمال ۵٪ بر میزان ویتامین ث معنی‌دار بود. پس از انبارمانی کمترین میزان ویتامین ث در شاهد و بیشترین آن در میوه‌های تیمار شده با متیل جاسمونات ۱۶ میکرولیتر در لیتر دیده شد (شکل ۴). نتایج مطالعه ما مشابه گزارش قاسم‌نژاد و همکاران (۱۳۸۵) بود که نشان دادند در میوه‌های انار تیمار شده با ۸، ۱۶ و ۲۴ میکرولیتر در لیتر متیل جاسمونات میزان ویتامین ث نسبت به شاهد به طور معنی‌داری حفظ شد اما بین تیمارها (۸، ۱۶ و ۲۴ میکرولیتر در لیتر متیل جاسمونات) اختلاف معنی‌دار نبود. در طی دوره نگهداری میزان ویتامین ث که یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم می‌باشد، کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین به عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد. عواملی که باعث کاهش سرعت پیری و حفظ ساختار سلول می‌شوند باعث حفظ ویتامین ث می‌گردند (سمیم آف^۱، ۱۹۹۵). به نظر می‌رسد متیل جاسمونات با حفظ غشای سلول از اکسید شدن ویتامین ث جلوگیری کرده باشد. نشان داده شده که متیل جاسمونات در میوه هلو از کاهش ویتامین ث در طول نگهداری در سردخانه جلوگیری کرده است (جین و همکاران، ۲۰۰۹).

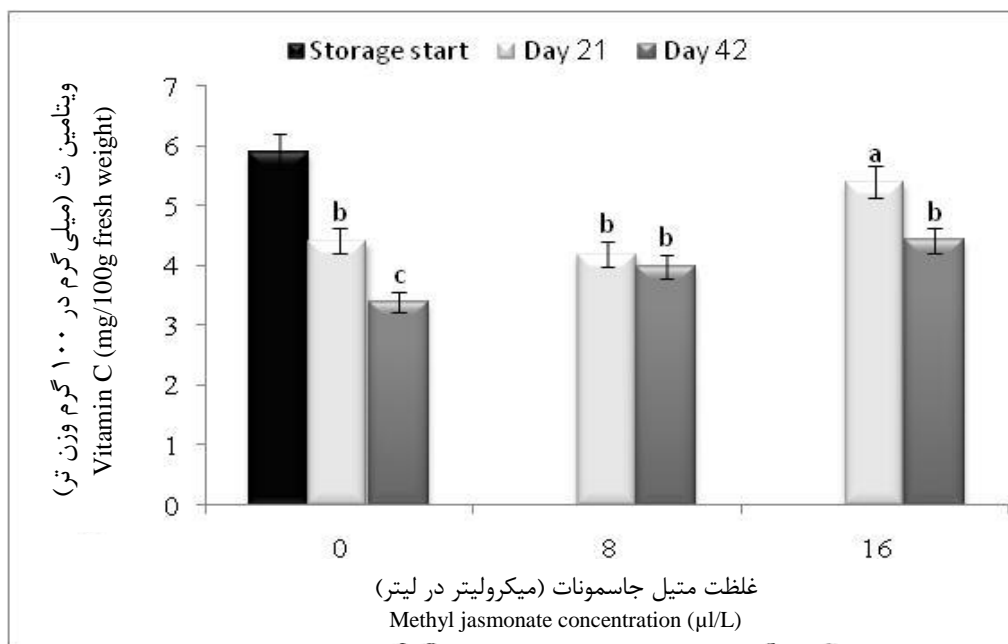
2. Martinez-Romero
3. Serrano

1. Smimoff

سیاسگزاری

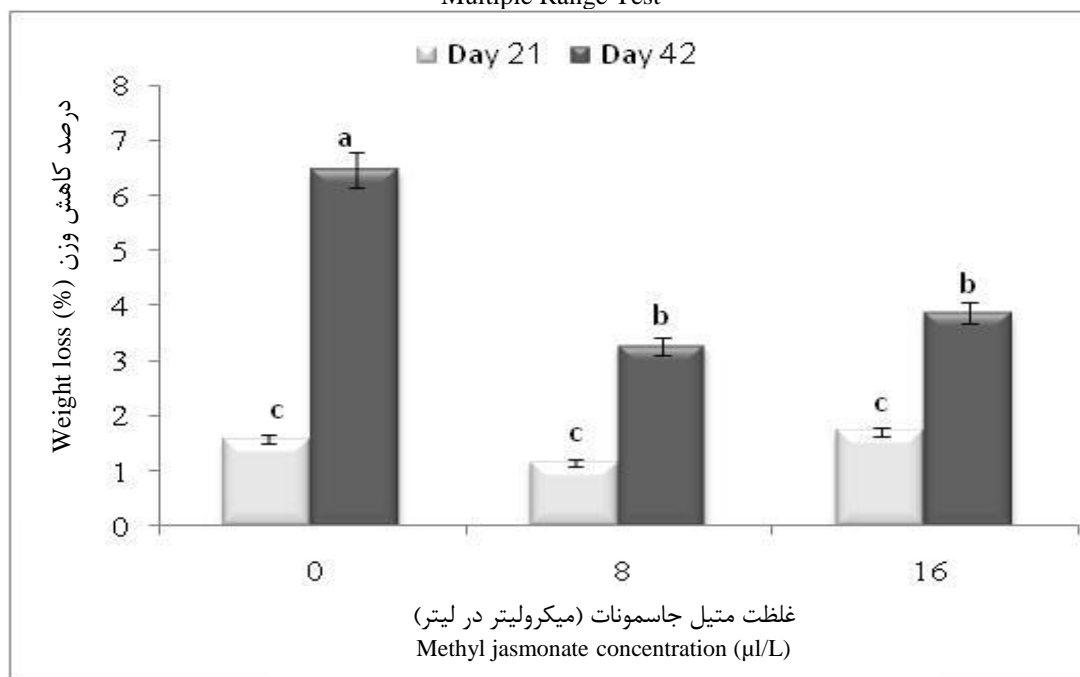
بدین وسیله از جناب آقای دکتر علیرضا فرخزاد که در اجرای این پژوهش ما را یاری کردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

به هنگام انبارمانی بیشتر را حفظ کرد. متیل جاسمونات ۱۶ میکرولیتر در لیتر بهترین تأثیر را در کاهش میزان سرمازدگی و نشت یونی و افزایش ماندگاری میوه شلیل داشت.



شکل ۴: اثر متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری بر میزان ویتامین ث میوه شلیل رقم رد گلد. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند

Fig. 4: Effect of methyl jasmonate and storage time on Vitamin C concentration in nectarine (*Prunus persica* cv. Red Gold) fruits. Non similar letters indicate significant differences between the means at the 5% level using Duncan's Multiple Range Test



شکل ۵: اثر متقابل متیل جاسمونات و زمان نگهداری بر میزان کاهش وزن میوه شلیل رقم رد گلد. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ در بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند

Fig. 5: Effect of methyl jasmonate and storage time on weight loss of nectarine (*Prunus persica* cv. Red Gold) fruits. Non similar letters indicate significant differences between the means at the 1% level using Duncan's Multiple Range Test

منابع

- جلیلی مرندی، ر. ۱۳۸۳. فیزیولوژی بعد از برداشت (جابه‌جایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. صفحه ۱۰۶
- قاسم‌نژاد، م.، رنجیر، ح.، ذولفقاری نسب، ر. و سرخوش، ع. ۱۳۸۵. تأثیر متیل جاسمونات در القاء مقاومت به سرمازدگی در میوه انار ملس ترش ساوه. مجله پژوهش و سازندگی در باغبانی و زراعت، ۷۵: ۴۹-۴۳.
- Arte's, F. 1995. Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad hortofrutícola en la postrecolección. I. Pretratamientos térmicos. Revista española de ciencia y tecnología de alimentos, 35: 45-64.
- Bruhn, C. M., Feldman, N., Garlitz, C., Hardwood, J., Ivan, E., Marshall, M., Riley, A., Thurber, D. and Williamson, E. 1991. Consumer perceptions of quality: apricots, cantaloupes, peaches, pears, strawberries, and tomatoes. Journal of Food Quality, 14: 187-195.
- Cao, S., Zheng, Y., Wang, K., Jin, P. and Rui, H. 2009. Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. Food Chemistry, 115: 1458-1463.
- Ceretta, M., Antunes, P. L., Brackmann, A. and Nakasu, B. H. 2000. Controlled atmosphere storage of the peach cultivar Eldorado. Ciencia Rural, 30: 73-79 (Portuguese, English abstract).
- Cioroi M. 2007. Study on L-Ascorbic acid contents from exotic fruits. Cercetari Agronomice in Moldova, Anul XXXX, 1: 23-27.
- Crisosto, C. H., Mitchell, F. G. and Johnson, R. S. 1995. Factors in fresh market stone fruit quality. Postharvest News and Information, 5: 17N-21N.
- Crisosto, C. H., Mitchell, F. G. and Ju, Z. 1999a. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. Horticultural Science, 34: 1116-1118.
- Ding, C. K., Wang, C. Y., Gross, K. C. and Smith, D. L. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. Planta, 214: 895-901.
- Fung, R., Wang, C., Smith, D., Gross, K. and Tian, M. 2004. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). Plant Science, 166: 711-719.
- Ghasemnezhad, M. and Javaherdashti, M. 2008. Effect of Methyl Jasmonate treatment on antioxidant capacity, internal quality and postharvest life of raspberry fruit. Caspian Journal of Environmental Sciences, 6 (1): 73-78.
- González-Aguilar, G. A., Fortiz, J., Cruz, R., Baez, R. and Wang, C. Y. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 515-519.
- Jiang, Y. M., Duan, X. W., Joyce, D., Zhang, Z. Q. and Li, J. R. 2004. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. Food Chemistry, 88: 443-446.
- Jin, P., Zheng, Y., Tang, S., Rui, H. and Wang, C. Y. 2009. A combination of hot air and methyl jasmonate vapor treatment alleviates chilling injury of peach fruit. Postharvest Biology and Technology, 52: 24-29.
- Kang, G. Z., Wang, Z. X. and Sun, G. C. 2003. Participation of H₂O₂ in enhancement of cold chilling by salicylic acid in banana seedlings. Acta Botanica Sinica, 45: 567-573.
- Kozłowski, G., Buchala, A. and Metraux, J. P. 1999. Methyl jasmonate protects Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] seedlings against *Pythium ultimum* Trow. Physiological and Molecular Plant Pathology, 55: 53-58.
- Lill, R. E., Donoghue, E. M. O. and King, G. A. 1989. Postharvest physiology of peaches and nectarines. Horticultural Reviews, 11: 413-452.
- Lurie, S. and Crisosto, C. H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. Postharvest Biology and Technology, 37: 195-208
- Macheix, J. J., Fleuriet, A. and Billot, J. 1990. Fruit Phenolics. CRC Press, Boca Raton, pp 378.
- Martinez-Romero, D., Serrano, M., Garbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. and Valero, D. 2002. Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damaging apricot. Food Science, 67: 1706-1711.
- Mayer, A. M. 1987. Polyphenol oxidase and peroxidase in plants recent progress. Phytochemistry, 26: 11-20.
- Meng, X., Han, J., Wang, Q. and Tian, S. P. 2009. Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. Food Chemistry, 114: 1028-1035.
- Meng, X., Li, J. and Tian, S. 2007. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. Food Chemistry, 106: 501-510.
- Mitchell, F. G. 1987. Influence of cooling and temperature maintenance on the quality of California grown stone fruit. International Journal of Refrigeration, 10: 77-81.
- Mittler, R. 2002. Oxidative stress antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7: 405-410.
- Nguyen, T. B. T., Ketsa, S. and Doorn, W. G. 2003. Relationship between browning and the activities of polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. Postharvest Biology and Technology, 30: 187-193.
- Nilprapruck, P. and Yodmingkwan, P. 2009. Effect of exogenous methyl jasmonate on the internal browning of Pineapple Fruit (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. KKU Research Journal, 14 (6): 489-498.

- Peterson, K., Nielsen, P. V., Lawther, M., Olsen, M. B., Nilsson, N. H. and Mortensen, G. 1999. Potential of bio based materials for food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 52-68.
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17: 21-30.
- Sabehat, A., Susan, L. and Weiss, D. 1998. Expression of small heat-shock proteins at low temperatures: a possible role in protecting against chilling injuries. *Plant Physiology*, 117: 651-658.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martinez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M. and Valero, D. 2011. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry*, 124: 964-970.
- Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F. and Valero, D. 2003. Effect of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars postharvest. *Postharvest Biology and Technology*, 30: 259-271.
- Smimoff, N. 1995. Antioxidant system and plant response to the environment. In: Smimoff, N. (Ed.), *Environment and Plant Metabolism*. Bios Scientific Publisher, Oxford, United Kingdom, 217-243.
- Wang, S. Y. 1999. Methyl jasmonate reduces water stress in strawberry. *Journal of Plant Growth Regulation*, 18: 127-134.
- Wang, S. Y., 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: 1261-269.
- Wang, S. Y. and Lin, H. S. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2): 140-146.
- Watkins, C. and Jackie Nock, J. 2004. SmartFresh™ (1-MCP)- the good and bad as we head into the 2004 season. *New York Fruit Quarterly*, 12 (3): 1-26.
- Yao, H. J. and Tian, S. P. 2005. Effects of a biocontrol agent and methyl jasmonate on postharvest diseases of peach fruit and the possible. *Journal of Applied Microbiology*, 98: 941-950.
- Zhang, C. and Tian, S. H. 2009. Crucial contribution of membrane lipids unsaturation to acquisition of chilling-tolerance in peach fruit stored at 0°C. *Food Chemistry*, 115: 405-411.
- Zhang, F. S., Wang, X. Q., Ma, S. J., Cao, S. F., Li, N. and Wang, X. X. 2006. Effects of methyl jasmonate on postharvest decay in strawberry fruit and the Possible mechanisms involved. *Acta Horticulturae*, 712: 693-698.

Effect of Methyl Jasmonate on Reducing Chilling Injury and Maintaining the Quality of Nectarine (*Prunus persica* cv. Red Gold) Fruits

Asghari¹, M. R. and Azhdar^{2*}, N.

Abstract

Chilling injury decreases the storage life of nectarines at low temperatures. Then enhancement of nectarin fruit resistance to chilling injury will increase the possibility of its storage at low temperatures. In this research, the effect of methyl jasmonate at 0, 8 and 16 $\mu\text{l L}^{-1}$ on chilling injury and fruit quality of nectarin during storage at $0\pm 0.5^\circ\text{C}$ with 90-95% relative humidity for 42 days was studied. Fruit quality attributes including chilling injury index, ion leakage, vitamin C content, weight loss, polyphenol oxidase activity, total soluble solids content and pH were evaluated during and at the end of storage period. The results showed that methyl jasmonate treatment significantly decreased the chilling injury, ion leakage, polyphenol oxidase activity and weight loss and retained fruit vitamin C. The highest rate of chilling injury, ion leakage and polyphenol oxidase activity was recorded in control fruits and the lowest rate of these indices was recorded in fruits treated with 16 $\mu\text{l L}^{-1}$ methyl jasmonate. There was no significant differences between control and methyl jasmonate treated fruits in total soluble solids (TSS) content and pH. The results of this study indicated the positive effects of methyl jasmonate in reducing 'Red Gold' nectarine fruit chilling injury and maintaining fruit quality in low-temperature storage.

Keywords: Ion leakage, Polyphenol oxidase, Postharvest, Storeability

1 and 2. Associate Professor and M.Sc. Student, Department of Horticulture Sciences, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran

*: Corresponding author

Email: n_azhdar@yahoo.com