

اثر تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین در تولید آلفا-فارنزن، اکسیداسیون آن و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز پوست میوه سیب رقم گرانی اسمیت طی دوره انبارمانی

رحیم نقشی‌بند حسنی^{۱*}، یونس مستوفی^۲ و ذبیح الله زمانی^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۲۷

^۱ استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

^۲ دانشیار گروه علوم باغبانی و فضای سبز دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

*مسئول مکاتبه: Email: Naghshiband@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش اثر تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین در میزان بروز سوختگی سطحی، سنتز آلفا-فارنزن و محصولات اکسیداسیون آن و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در طول دوره انبارمانی میوه سیب مطالعه گردید. میوه سیب رقم گرانی اسمیت پس از تیمار با ترکیب ۱- متیل سایکلو پروپین در دو سطح (شاهد و ۱ میکرولیتر در لیتر) در سردخانه در دمای ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی $85 \pm 5\%$ به مدت ۲۴ هفته نگهداری شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. شدت سوختگی، غلظت آلفا-فارنزن و ترکیب حاصل از اکسیداسیون آن و نیز میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در زمان برداشت میوه، ۶ هفته، ۱۲ هفته و ۲۴ هفته طی دوره انبارمانی اندازه‌گیری شدند. توسعه علایم سوختگی سطحی در پوست میوه‌های شاهد همزمان با طولانی شدن زمان نگهداری میوه افزایش یافت ولی میوه‌های تیمار شده تا انتهای دوره انبارمانی فاقد علایم سوختگی بودند. غلظت آلفا-فارنزن و ترکیب حاصل از اکسیداسیون آن در طول دوره انبارمانی در میوه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری با میوه‌های تیمار شده داشت. به طوری که مقادیر هر دو ترکیب در میوه‌های تیمار شده تا انتهای دوره انبارمانی در کمترین میزان باقی ماند. میوه‌های تیمار شده دارای مقادیر بیشتری از فعالیت آنزیم کاتالاز و فعالیت کمتر آنزیم پراکسیداز طی دوره انبارمانی بودند. اثر تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین در کنترل سوختگی بیشتر ناشی از کاهش میزان سنتز آلفا-فارنزن و ترکیب حاصل از اکسیداسیون آن بوده تا این که موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بافت پوست میوه گردد.

واژه‌های کلیدی: میوه سیب، سوختگی سطحی، ۱- متیل سایکلو پروپین، آلفا-فارنزن، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

Effect of 1-methylcyclopropene treatment in α -farnesene production, its oxidation and antioxidant activity in Granny Smith apple fruit skin during storage

R Naghshi Band Hassani^{1*}, Y Mostofi² and Z Zamani²

Received: July 13, 2011 Accepted: July 17, 2012

¹Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

² Associate Professor, Department of Horticultural Engineering, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

*Corresponding author: E-mail: Naghshiband@tabrizu.ac.ir

Abstract

This study was conducted to assess the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on superficial scald development, α -farnesene and its oxidation products synthesis and catalase and peroxidase enzyme activities in apple fruit during storage time. For this purpose, apple fruit 'Granny Smith' were treated with 1-MCP at $1\mu\text{L.L}^{-1}$ (control and treated) before storage, and stored in $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $85\pm 5\%$ RH for 24 weeks. The experiment was performed as factorial arrangement based on completely randomized design with three replication. Factors including scald severity, α -farnesene and its oxidation products concentrations and catalase and peroxidase enzyme activities were evaluated in harvest time, 6, 12 and 24 weeks during storage period. Scald development increased in control fruit during storage but treated fruits were free from scald symptoms. The amount of α -farnesene and its oxidation products in control fruit had significant difference with those in treated fruit. As in treated fruits their amounts remained lowest. Higher values of catalase and lower values of peroxidase enzyme activities were observed in treated fruits compared to control fruit during storage time. The effect of 1-MCP on scald control was more related to reduction of α -farnesene and its oxidation products concentrations than its relation to the increase in antioxidative potential of apple fruit skin.

Keywords: Apple fruit, Scald, 1-Methylcyclopropene, α -farnesene, Antioxidative enzymes

مقدمه

تئوری کلی پذیرفته شده در این زمینه این است که ماده آلفا-فارنزن^۲ که یک ترکیب معطر سزکویی تریپنی است و بشکل طبیعی در پوست میوه سیب تولید می‌شود در حضور اکسیژن محیط به یکسری از ترکیبات بنام تری انول‌های الحاقی^۳ اکسیده می‌شود (رووان و همکاران ۱۹۹۵). تجمع این ترکیبات در خارجی‌ترین لایه‌های سلولی پوست میوه سبب آسیب دیدن غشاهای سلولی گردیده که نهایتاً موجب مرگ سلول و توسعه علائم

سوختگی سطحی^۱ یکی از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی رایج میوه سیب و گلابی بوده که طی دوره پس از برداشت بشکل لکه‌های پراکنده به رنگ برنزه روشن تا قهوه‌ای تیره در پوست میوه طی دوره نگهداری طولانی مدت میوه در سردخانه معمولی قابل ظهور می‌باشد (آنت ۱۹۷۲). وقوع این عارضه کیفیت ظاهری و ارزش بازاری پسندی میوه را کاهش داده به طوریکه میوه‌هایی که به شدت دچار سوختگی سطحی شده باشند فقط برای مصارف فرآوریه قابل استفاده هستند (کیدر ۲۰۰۵).

2. α - Farnesene

3. Conjugated trienols (CTols)

1. Superficial scald

و همکاران ۱۹۹۸). در مقایسه بین میوه ارقام مقاوم و حساس به سوختگی، گروه اول دارای غلظت کمتر پراکسید هیدروژن همراه با آسیب پروتئینی و غشاءسلولی کمتر و نیز دارای فعالیت زیاد آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در زمان برداشت و پس از ۱۶ هفته انبارداری بودند(رائو و همکاران ۱۹۹۸).

در این پژوهش، رقم حساس به سوختگی میوه سیب (گرانی اسمیت^۱) در ارتباط با اثر تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از اجرای این آزمایش مطالعه اثرتیمار ۱- متیل سایکلو پروپین در توسعه سوختگی از طریق بررسی اثر آن در میزان سنتز آلفا-فارنزن و محصولات اکسیداسیون آن و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در طول دوره انبارمانی میوه بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با برداشت میوه سیب رقم گرانی اسمیتاز یک باغ تجاری واقع در محمد شهر کرج در دوم مهر ماه سال ۱۳۸۸ طی زمان برداشت مرسوم منطقه بر اساس شاخص رسیدگی میوه از نظر تست نشاسته انجام شد. در هنگام برداشت، میوه‌های سالم و عاری از هرگونه لکه‌های سطحی و علائم آفت و بیماری و دارای شرایط یکسان از نظر رسیدگی و اندازه، از کلیه قسمت‌های تاج درخت بصورت تصادفی برداشت شده و سریعا به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی منتقل شدند. میوه‌ها در دو سطح شاهد و تیمار با ۱- متیل سایکلو پروپین در غلظت ۱ میکرو لیتر در لیتر تیمار شدند. تعدادی از میوه‌های شاهد و تیمار شده برای انجام آزمایش‌های مربوطه قبل از انبارمانی(زمان برداشت) و بقیه آنها، سریعا به سردخانه گروه علوم باغبانی با دمای ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵±٪ انتقال یافتند.

سوختگی در میوه می‌شوند، اگرچه وجود مقادیر بالای آلفا- فارنزن همبستگی چندانی با وقوع سوختگی ندارد(ویتاگر و همکاران ۱۹۹۷). اتیلین بعنوان عامل تسریع کننده پیری در میوه سیب شناخته شده است. بنابراین افزایش طول دوره نگهداری میوه سیب ارتباط نزدیکی با کاهش مقادیر اتیلین دارد(سیزلر و سرک ۱۹۹۷). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد تولید اتیلین و آلفا- فارنزن همراه با هم افزایش می‌یابند که ممکن است ناشی از افزایش سرعت روند فرآیندهای متابولیکی طی روند پیری میوه باشد. بنابراین خواه این تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم باشد، اتیلین شاید نقش مهمی در توسعه سوختگی بازی می‌کند(دو و برملیچ ۱۹۹۴). الفین- های حلقوی سنتزی مانند ۱- متیل سایکلو پروپین^۱ گیرنده‌های اتیلین در غشا سلول را مسدود نموده و از این طریق مانع از عمل اتیلین در سلول می‌شوند(سیزلر و سرک ۱۹۹۷). بروز سوختگی سطحی و شدت آن بستگی به رقم، بلوغ میوه، آب و هوای منطقه پرورش محصول، مقدار مواد معدنی، نورگیری، شرایط انبار و مقدار اتیلین در انبار دارد (واتکینز و همکاران ۱۹۹۵). تحقیقات انجام شده نشان دهنده اثر قابل توجه تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین در کنترل توسعه سوختگی در ارقام مختلف میوه سیب بوده است. بطوری که تیمار میوه سیب با این ماده موجب کنترل بروز سوختگی طی دوره انبارمانی در دو رقم دلیشز^۲ و مکینتاش^۳ شده است (روپاسینگ و همکاران ۲۰۰۰).

وقوع و توسعه سوختگی سطحی، ناشی از آسیب سرمازدگی بوده بطوریکه طی دوره انبارمانی طولانی مدت میوه در دمای پایین سبب ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود(واتکینز و همکاران ۱۹۹۵). بررسی‌های اولیه نشان دادند که حساسیت یا مقاومت به سوختگی در ارقام مختلف میوه سیب، حداقل تا حدی مربوط به کارایی سیستم‌هایی دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنها دارد(رائو

1. 1-Methylcyclopropane (1-MCP)

2. Delicious

3. McIntosh

4. Granny Smith

انتقال یافته و برای تجزیه آماری داده‌ها به روش ANOVA، از نرم افزار SAS استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز بر مبنای تست چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل تیمار با ۱- متیل سایکلو پروپین و زمان انبارمانی روی شدت بروز علائم سوختگی سطحی نشان داد که تفاوت کاملاً معنی‌داری ($P < 0.001$) بین میوه‌های شاهد و تیمار شده وجود داشت. به طوری که در زمان برداشت میوه پس از نگهداری طی ۷ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی-گراد علائم سوختگی سطحی در میوه‌های شاهد و تیمار شده مشاهده نگردید (جدول ۱). ظهور علائم مشخص سوختگی با شدت ضعیفی (۰/۶۵) در هفته ششم انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده گردید ولی میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سایکلو پروپین فاقد علائم مذکور بودند. همزمان با افزایش طول دوره انبارمانی علائم سوختگی سطحی با شدت بیشتری در هفته دوازدهم (۲/۰۶) و هفته بیست و چهارم (۲/۸۷) در میوه‌های شاهد مشاهده شد. با وجود این تا انتهای دوره نگهداری (هفته بیست و چهارم) در میوه‌های تیمار شده هیچ گونه توسعه علائم سوختگی مشاهده نشد (جدول ۱). تجزیه واریانس داده‌های اثرات ساده و متقابل تیمار و زمان انبارمانی روی غلظت ترکیب آلفا-فارنزن و تری انول الحاقی موجود در پوست میوه نشان داد که اختلاف کاملاً معنی‌داری ($P < 0.001$) بین میوه‌های شاهد و تیمار شده وجود داشت. الگوی تغییرات غلظت آلفا-فارنزن طی دوره انبارمانی، از زمان برداشت تا هفته دوازدهم نشان دهنده روند افزایشی غلظت این ترکیب و سپس کاهش قابل توجه در پوست میوه بود، به طوری که تفاوت کاملاً معنی‌داری بین زمان‌های انبارمانی در روند تغییرات این ترکیب وجود داشت (شکل ۱).

تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقادیر غلظت‌های بدست آمده برای آلفا-فارنزن و تری انول الحاقی بر اساس میکروگرم در هر گرم وزن تر بیان گردید.

استخراج عصاره پروتئینی نمونه‌ها

برای استخراج عصاره پروتئینی نمونه‌های پوست میوه سیب از روش رائو و همکاران (۱۹۹۸) استفاده گردید. پروتئین‌های محلول کل به روش بردفورد^۱ با استفاده از معرف رنگی بایورد^۲ و پروتئین آلبومین سرم گاوی^۳ به عنوان استاندارد اندازه‌گیری شدند (بردفورد ۱۹۷۶).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

فعالیت آنزیم کاتالاز در نمونه‌ها بر اساس مصرف پراکسید هیدروژن (ضریب خاموشی ۳۹/۴ میلی‌مولار در هر سانتی‌متر) در طول موج ۲۴۰ نانومتر به روش رائو و همکاران (۱۹۹۶) انجام گرفت. میزان فعالیت ویژه آنزیم کاتالاز بر اساس تغییرات در میزان جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر در هر گرم وزن تر نمونه پوست میوه بیان گردید.

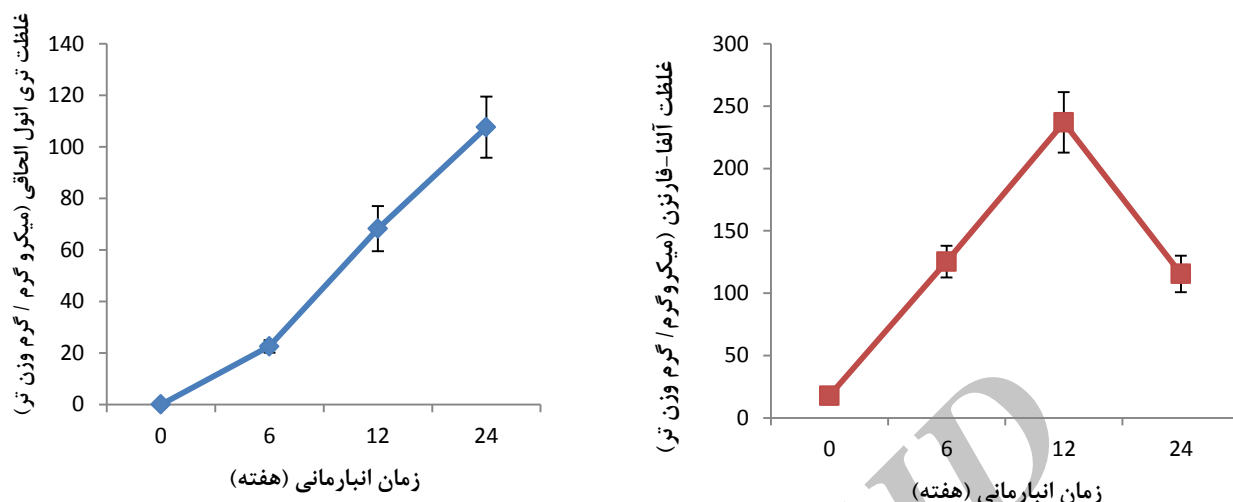
اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

فعالیت آنزیم پراکسیداز در نمونه‌ها بر اساس شدت اکسیداسیون ماده گایاکول (ضریب خاموشی ۲۶/۶ میلی‌مولار در هر سانتی‌متر) در حضور پراکسید-هیدروژن در طول موج ۴۷۰ نانومتر طبق روش رائو و همکاران (۱۹۹۸) انجام شد. میزان فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز بر اساس تغییرات در میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر در هر گرم وزن تر نمونه پوست میوه بیان گردید.

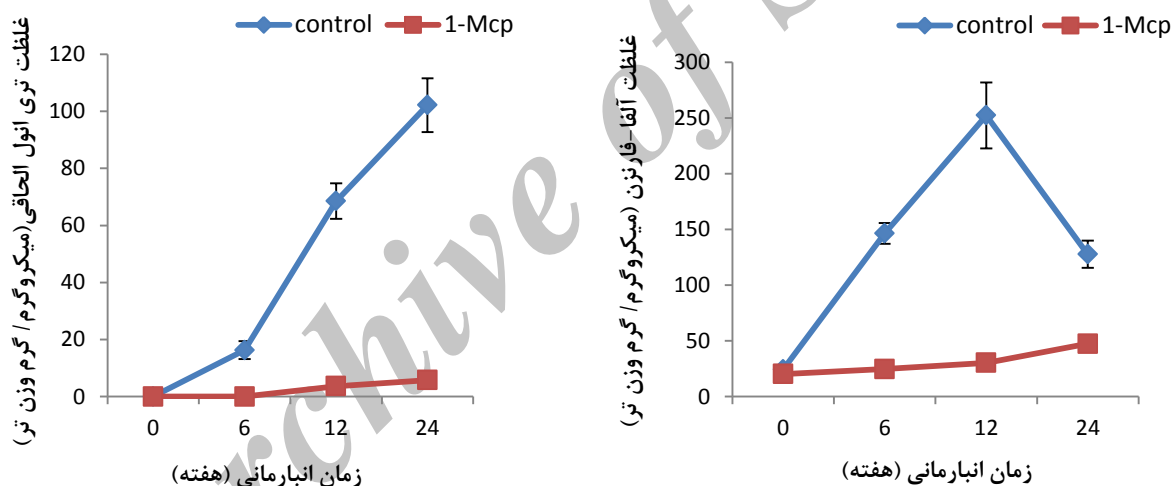
آنالیز آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ترکیب تیماری شامل: تیمار × طول دوره انبارمانی (۲ × ۴) برای هر یک از صفات مورد ارزیابی بود. نتایج حاصله به نرم افزار اکسل

1. Bradford
2. BioRad
3. Bovine serum albumin



شکل ۱- اثر طول دوره انبارمانی در غلظت آلفا-فارنزن و تری انول الحاقی موجود در پوست میوه سیب رقم گرانی اسمیت



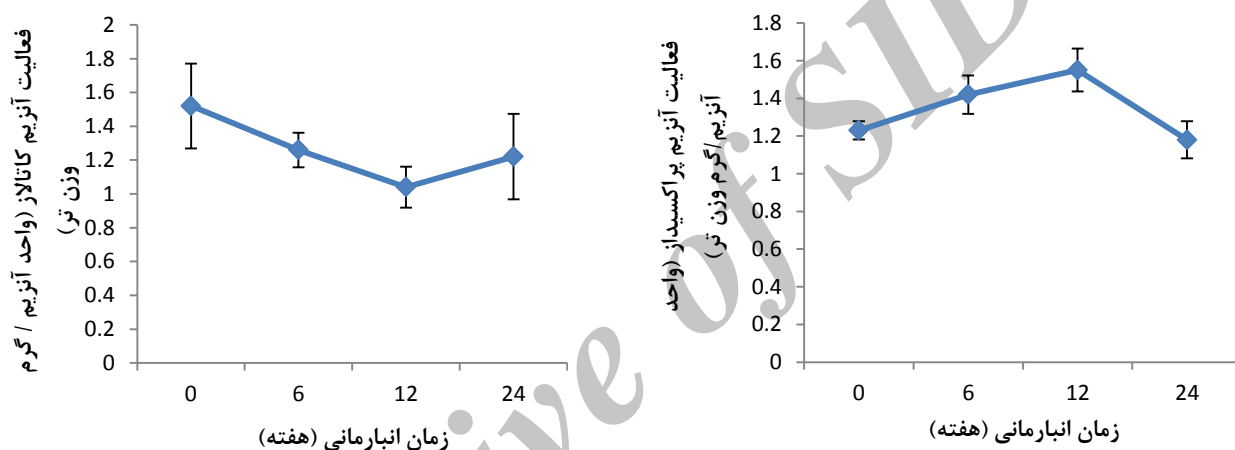
شکل ۲- اثر متقابل طول دوره انبارمانی \times تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین در غلظت آلفا-فارنزن و تری انول الحاقی موجود در پوست میوه سیب رقم گرانی اسمیت. اعداد نشان داده شده در شکل شامل میانگین \pm اشتباه استاندارد مربوطه هستند.

از هفته دوازدهم تا انتهای انبارمانی روند افزایشی بود ولی میزان آن در انتهای انبارمانی نسبت به زمان برداشت نیز تفاوت معنی‌داری داشت. فعالیت آنزیم پراکسیداز در طول دوره انبارمانی افزایش یافت به طوری که الگوی تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز بر خلاف آنزیم کاتالاز بود (شکل ۳). فعالیت این آنزیم از یک روند افزایشی یکنواخت و معنی‌داری تا هفته دوازدهم انبارمانی تبعیت می‌نمود. در هفته دوازدهم انبارمانی

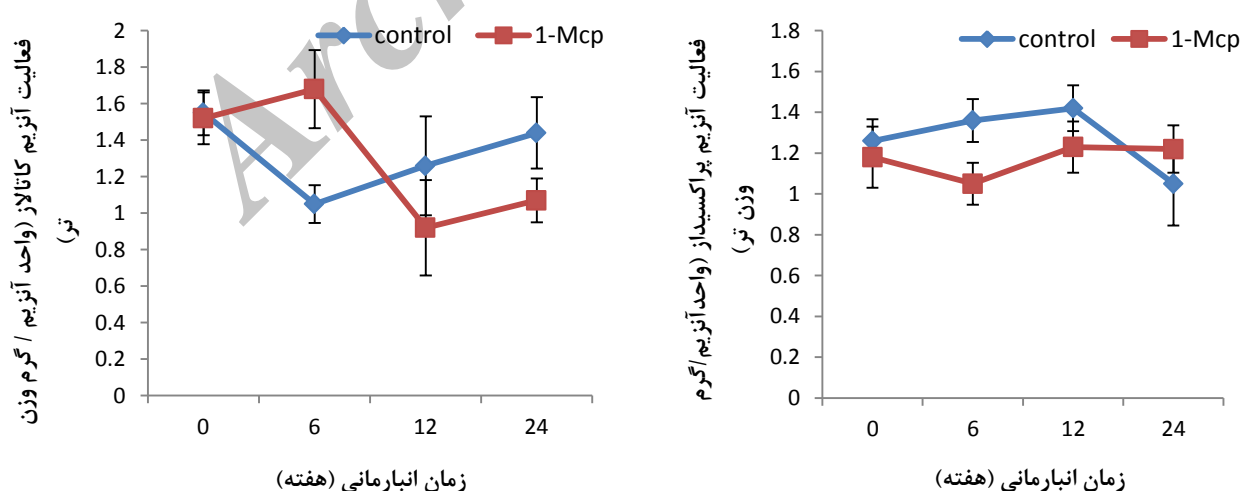
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نشان داد که تفاوت کاملاً معنی‌داری ($P < 0.001$) از نظر زمان انبارمانی و اثر متقابل آن با تیمار بین میوه‌های شاهد و تیمار شده وجود داشت. اثر تیمار با ۱- متیل سایکلو پروپین در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در سطح ۵٪ ($P < 0.05$) معنی‌دار بود. فعالیت آنزیم کاتالاز تا انتهای انبارمانی به شکل معنی‌داری کاهش یافت اگر چه

یافت (شکل ۴). اگرچه، میوه‌های تیمار شده در مقایسه با میوه‌های شاهد بالاترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هفته ششم انبارمانی را نشان دادند ولی از فعالیت این آنزیم تا انتهای انبارمانی به طور معنی‌داری کاسته شد. در میوه‌های شاهد تا هفته ششم پس از ۳۷٪ کاهش در فعالیت آنزیم کاتالاز، دوباره شروع به افزایش نمود ولی تفاوت معنی‌داری بین زمان برداشت و انتهای انبارمانی در فعالیت این آنزیم وجود داشت (شکل ۴).

نسبت به هفته ششم زمانی که علایم سوختگی به شکل قابل توجهی در پوست میوه قابل مشاهده بودند، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به بیشترین میزان خود افزایش یافت (شکل ۳). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل زمان انبارمانی و تیمار ۱- متیل سایکلوپروپین نیز نشان داد که از زمان برداشت تا هفت‌هوازدهم انبارمانی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه‌های شاهد حدود ۱۳٪ و در میوه‌های تیمار شده حدود ۴۰٪ کاهش



شکل ۳- اثر طول دوره انبارمانی در فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز موجود در پوست میوه سیب رقم گرانی



شکل ۴- اثر متقابل طول دوره انبارمانی × تیمار ۱- متیل سایکلوپروپین در فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز موجود در پوست میوه سیب رقم گرانی اسمیت. اعداد نشان داده شده در شکل شامل میانگین ± اشتباه استاندارد مربوطه هستند.

تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین موجب مهار نمودن افزایش میزان غلظت آلفا- فارنزن گردید (شکل ۲). وجود مقادیر اندک آلفا- فارنزن در میوه‌های تیمار شده موجب کاهش قابل توجه اکسیداسیون این ترکیب در مقایسه با میوه‌های شاهد شد. به طوری که غلظت تری انول الحاقی حاصل از اکسیداسیون آلفا- فارنزن در میوه‌های شاهد پس از شش هفته انبارمانی افزایش یافت و تا انتهای دوره غلظت این ترکیب در پوست میوه شاهد به بیشترین مقدار خود رسید (شکل ۱ و ۲). روند تولید و تجمع آلفا- فارنزن و ترکیب حاصل از اکسیداسیون آن در میوه رقم گرانی اسمیت با سایر ارقام بررسی شده توسط روپاسینگ و همکاران (۲۰۰۰) و ویتاکر و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت داشت. به طوری که طی آن بیشترین میزان غلظت آلفا- فارنزن در اواسط دوره انبارمانی و بالاترین میزان تجمع ترکیب حاصل از اکسیداسیون آن در انتهای دوره انبارداری مشاهده گردید (ویتاکر و همکاران ۱۹۹۷). به طور کلی، تجمع تری انول الحاقی ارتباط نزدیکی با وقوع سوختگی سطحی داشته ولی همبستگی ضعیفی بین میزان آلفا- فارنزن و توسعه سوختگی سطحی گزارش گردیده است (آنت ۱۹۷۲). به نظر می‌رسد که تیمار ۱- متیل سایکلو پروپین موجب مهار نمودن تولید آلفا- فارنزن گردیده و از این طریق موجب محدود نمودن ماده لازم جهت اکسیداسیون و تولید تری انول الحاقی می‌شود (دیپیل و همکاران ۲۰۰۲؛ گپر و همکاران ۲۰۰۶). اثر مهار کنندگی ۱- متیل سایکلو پروپین در میزان تولید آلفا- فارنزن ممکن است نیاز بافت به فعال نمودن هر گونه فعالیت آنتی‌اکسیدانی را کاهش دهد (گپر و همکاران ۲۰۰۶).

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز معمولا در ارقام مقاوم به سوختگی سطحی بیشتر از ارقام حساس می‌باشد به طوری که فعالیت آنزیم پراکسیداز در رقم لو رم^۱ (حساس) خیلی کمتر از رقم ایدارد^۲ (مقاوم)

تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز در طول دوره انبارمانی در میوه‌های شاهد بیشتر از میوه‌های تیمار شده بود. به طوری که تفاوت کاملا معنی‌داری بین زمان‌های مختلف انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده گردید در حالی که در میوه‌های تیمار شده، تنها به شکل کاهش معنی‌دار در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز بین زمان برداشت و هفته ششم انبارمانی مشاهده گردید و تفاوتی بین هفته دوازدهم و انتهای دوره انبارمانی در فعالیت این آنزیم در میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سایکلو پروپین وجود نداشت (شکل ۴).

بحث

مطالعات اولیه انجام شده نشان دادند که تیمار میوه سیب با ۱- متیل سایکلو پروپین، سبب جلوگیری یا کاهش بروز نابسامانی فیزیولوژیکی سوختگی در طول دوره نگهداری میوه در سردخانه می‌گردد (دیپیل و همکاران ۲۰۰۲؛ فن و همکاران ۱۹۹۹). با این وجود، کنترل سوختگی توسط این ترکیب در بعضی از ارقام میوه سیب ممکن است در اثر تولید گیرنده‌های جدید جهت اتصال اتیلن در بعضی از ارقام میوه سیب در طول دوره انبارمانی، چندان قابل توجه نباشد (آرکویزا و همکاران ۲۰۰۵). در این پژوهش وقوع سوختگی سطحی در میوه‌های شاهد از هفته ششم انبارمانی شروع شد (جدول ۱). در حالی که در میوه‌های تیمار شده علائم سوختگی تا انتهای دوره نگهداری مشاهده نگردید. نتایج حاصله با نتایج بررسی‌های انجام شده در سایر ارقام میوه سیب که مستعد بروز این نابسامانی هستند، یکسان بود (دیپیل و همکاران ۲۰۰۲؛ فن و همکاران ۱۹۹۹). از آنجایی که ۱- متیل سایکلو پروپین بعنوان یک مهارکننده قوی تولید و عمل اتیلن در میوه است و از طرف دیگر تولید آلفا- فارنزن در ارتباط با تولید اتیلن می‌باشد بنابراین عدم وجود علائم سوختگی در میوه‌های تیمار شده ناشی از کنترل سنتز آلفا- فارنزن در میوه بوده است (فن و همکاران ۱۹۹۹).

1. Law Rome

2. Idared

نشان می‌دهد که وقوع سوختگی سطحی نمی‌تواند در ارتباط مستقیم با از بین رفتن مقادیر زیادی از قابلیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان جهت خنثی نمودن اثر گونه‌های فعال اکسیژن باشد (آرکویزا و همکاران ۲۰۰۵). در نتیجه اثر تیمار ۱- متیل سایکلوپروپین در کنترل روند توسعه سوختگی سطحی ممکن است بیشتر ناشی از کاهش قابل توجه در میزان سنتز آلفا-فارنزن و ترکیب حاصل از اکسیداسیون آن باشد تا این که موجب افزایش قابلیت آنتی‌اکسیدانی از نظر فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدان مانند کاتالاز و پراکسیداز در بافت پوست میوه سیب بوده باشد.

بود (فرناندز و همکاران ۲۰۰۳؛ راثو و همکاران ۱۹۹۸). نتایج این بررسی نشان داد که، تفاوت در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بین میوه‌های تیمار شده و شاهد قابل توجه بود (شکل ۴). میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سایکلوپروپین دارای فعالیت کمتر آنزیم پراکسیداز و فعالیت بیشتر آنزیم کاتالاز در مقایسه با میوه‌های شاهد در هفته ششم انبارمانی بودند (شکل ۴). با این وجود میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه‌های شاهد و تیمار شده تا انتهای دوره انبارمانی کاهش یافت در حالی که فعالیت آنزیم پراکسیداز در طول این مدت در میوه‌های مذکور روند افزایشی داشت (شکل ۴). حفظ فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانی در طول دوره انبارمانی

منابع مورد استفاده

- Anet EFLJ, 1972. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. VIII. Volatile products from the autooxidation of α -farnesene. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 23: 605-608.
- Anet EFLJ, 1969. Autoxidation of α -farnesene. *Australian Journal of Chemistry* 22: 2403-2410.
- Arquiza A, Hay AG, Nock JF, Watkins CB, 2005. 1-Methylcyclopropene interactions with diphenylamine on diphenylamine degradation, α -farnesene and conjugated trienol concentrations, and polyphenol oxidase and peroxidase activities in apple fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7565-7570.
- Bradford MM, 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantity of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- DeEll JR, Murr DP, Porteous MD, Rupasinghe HPV, 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. *Postharvest Biology and Technology* 24: 349-353.
- Du Z and Bramlage WJ, 1994. Roles of ethylene in the development of superficial scald in 'Cortland' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 516-523.
- Fernández-Trujillo JP, Nock JF, Kupferman EM, Brown SK and Watkins CB, 2003. Peroxidase activity and superficial scald development in apple fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 7182-7186.
- Fan X, Mattheis JP and Blankenship S, 1999. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush and greasiness is reduced by MCP. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 3063-3068.
- Gapper NE, Bai J and Whitaker BD, 2006. Inhibition of ethylene-induced α -farnesene synthase gene PcAFS1 expression in 'd'Anjou' pears with 1-MCP reduces synthesis and oxidation of α -farnesene and delays development of superficial scald. *Postharvest Biology and Technology* 41: 225-233.
- Kader AA, 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. *Acta Horticulturae* 682: 2169-2175.
- Rao MV, Watkins CB, Brown SK and Weeden NF, 1998. Active oxygen species in 'White Angel' x 'Rome Beauty' apple selections resistant and susceptible to superficial scald. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123: 299-304.
- Rao MV, Paliyath G and Ormord DP, 1996. UV-B and ozone induced biochemical changes in antioxidant enzymes of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 110: 125-136.

- Rowan DD, Allen JM, Fiedler S, Spicer JA and Brimble MA, 1995. Identification of conjugated triene oxidation products of α -farnesene in apple skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43: 2040-2045.
- Rupasinghe HPV, Murr DP, Paliyath G and Skog L, 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75: 271-276.
- Sisler EC and Serek M, 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Plant Physiology* 100: 577-582.
- Whitaker BD, Solomos T and Harrison DJ, 1997. Quantification of α -farnesene and its conjugated triene oxidation products from apple peel by C18-HPLC with UV detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 760-765.
- Watkins CB, Bramlage WJ and Cregoe BA, 1995. Superficial scald of 'Granny Smith' apples is expressed as a typical chilling injury. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 88-94.
- Zanella A, 2003. Control of apple superficial scald and ripening— A comparison between 1-Methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra-low oxygen storage. *Postharvest Biology and Technology* 27: 69-78.

Archive of SID