

## اثر ۱- متیل سیکلو پروپین (1-MCP) بر عمر انبارمانی و قفسه‌ای میوه توت‌فرنگی رقم "کاماروسا"

بهر فر مدرس\*، علی اکبر رامین و سیروس قبادی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۶)

### چکیده

۱- متیل سیکلو پروپین (1-Methylecyclopropene) (1-MCP) به عنوان یک ماده جدید ممانعت کننده از اثر اتیلن، در غلظت‌های خیلی کم مصرف شده و اثر منفی بر سلامت انسان و محیط زیست ندارد. لذا تأثیر غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میکرو لیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی بر عمر انبارمانی ( $1^{\circ}C$ ) و عمر قفسه‌ای ( $20^{\circ}C$ ) میوه توت‌فرنگی رقم "کاماروسا" در شرایط رطوبتی ۹۰٪ به ترتیب به مدت ۲۷ روز ۳ روز مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی عمر انبارمانی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب پایه کاملاً تصادفی و بررسی عمر قفسه‌ای در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی هر دو با ۳ تکرار انجام شد. نتایج پژوهش عمر انبارمانی نشان داد که بازارپسندی، سفتی میوه، اسیدهای آلی، ویتامین‌ث و شاخص طعم میوه در تیمار با ۱-ام‌سی‌پی به نحو مطلوبی حفظ شدند. پوسیدگی ظاهری کاهش معنی‌داری نشان داد و تغییرات آنتوسیانین،  $TSS$  و  $pH$  عصاره نیز به طور معنی‌داری کم شد. این نتایج بیانگر اثر مثبت ۱-ام‌سی‌پی بر کاهش سرعت تغییر خصوصیات فیزیکوشیمیایی بافت میوه توت‌فرنگی است. بیشترین شاخص‌های رنگ میوه شامل روشنایی رنگ ( $L$ )، نواحی رنگ ( $a^*$  و  $b^*$ )، خلوص رنگ ( $C$ ) و زاویه فام رنگ ( $H^{\circ}$ ) نیز در تیمار ۱ میکرو لیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی مشاهده شد که تأییدکننده تأثیر مطلوب تیمار بر نگهداری میوه در انبار سرد است. هم‌چنین نتایج اثر تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر عمر قفسه‌ای میوه در دمای  $20^{\circ}C$  نشان‌دهنده تأثیر مثبت نسبی تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر عمر قفسه‌ای میوه توت‌فرنگی است و به نظر می‌رسد که تیمار ۱-ام‌سی‌پی قادر است کیفیت میوه‌ها را به مدت طولانی‌تری در دمای معمولی نگهداری میوه حفظ کند.

واژه‌های کلیدی: ۱-ام‌سی‌پی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رنگ میوه، انبار سرد

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: behfar\_modares@of.iut.ac.ir

## مقدمه

توت‌فرنگی میوه گوشتی نافرازگرایی است که به سرعت نرم شده و عمر پس از برداشت کوتاهی دارد (۵ و ۴۲). قرار گرفتن میوه‌ها در معرض گاز اتیلن از دلایل افزایش پوسیدگی و فسادپذیری میوه در حین بازاریابی می‌باشد. در واقع اتیلن تسریع‌کننده فعالیت عوامل ایجاد پوسیدگی در میوه است (۱۸). اتیلن خصوصاً فعالیت عامل پوسیدگی خاکستری را تشدید می‌کند. با توجه به این که قارچ‌ها، خود اتیلن تولید می‌کنند، لذا پوسیدگی یک میوه می‌تواند باعث نرم شدن و پوسیدگی میوه‌های اطراف آن شود (۵). بنابراین مواد جاذب اتیلن یا ضد عمل اتیلن می‌توانند عمر نگهداری محصول توت‌فرنگی را افزایش دهند (۱۷ و ۱۸). ۱-ام‌سی‌پی گیرنده‌های اتیلن موجود در سیتوپلاسم سلول‌ها را به‌طور دائمی اشغال کرده در نتیجه اتیلن را غیرفعال کرده و از این طریق، کلیه فرآیندهای مرتبط با رسیدن میوه حتی تولید اتیلن را کاهش می‌دهد (۵).

میل ترکیبی ۱-ام‌سی‌پی برای اشغال این گیرنده‌ها تقریباً ده برابر بیشتر از اتیلن است (۳۴). ۱-ام‌سی‌پی هم‌چنین باعث کاهش تولید اتیلن از طریق کنترل سیستم بازسازی اتیلن و ساخت خود به‌خودی آن نیز می‌شود (۱۷ و ۳۸). ۱-ام‌سی‌پی از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با بیوسنتز اتیلن مانند ای‌سی‌سی‌اکسیداز (ACC oxidase) و ای‌سی‌سی‌سنتاز (ACC synthase) و تجمع ام‌آران‌ای (mRNA) مرتبط با آنها نیز جلوگیری به عمل می‌آورد (۲۵ و ۳۸). گزارش‌های متعددی در مورد آثار ۱-ام‌سی‌پی در محصولات مختلف ارائه شده است. برای مثال ۱-ام‌سی‌پی، تنفس و قهوه‌ای شدن بافت میوه و نیز کاهش کیفیت ظاهری، رنگ گوشت و ویتامین ث را در آناناس که میوه‌ای نافرازگرا است، تحت تأثیر قرار داده و اثر مثبت در نگهداری این میوه داشته است (۷). ۱-ام‌سی‌پی اثرات مختلفی روی نرم شدن بافت‌ها، تنفس، تولید اتیلن، تولید مواد فرار، کاهش کلروفیل، تغییرات رنگ، اسیدها، قندها، تغییرات پروتئین و غشاهای سلولی و اختلالات فیزیولوژیک می‌گذارد (۳۸). ۱-ام‌سی‌پی از تخریب کلروفیل و تغییرات رنگ نیز در طیف گسترده‌ای از

گونه‌های گیاهی جلوگیری کرده است. مثلاً سبزدایی را در مرکبات، آووکادو و موز به تأخیر انداخته است (۱۳ و ۱۸) و تأثیر مثبت آن بر حفظ میزان اسیدهای آلی و تأخیر در کاهش اسید اسکوربیک (ویتامین ث) در بیشتر محصولات باغبانی به تأیید رسیده است (۶). در خربزه درختی (پاپایا) و سیب مواد جامد محلول در اثر تیمار با ۱-ام‌سی‌پی بیشتر شده‌اند (۱۲). کاهش ضایعات بالای محصول توت‌فرنگی و افزایش عمر انبارداری به منظور حفظ و توسعه بازارهای بزرگ مصرف موجود در داخل و خارج کشور ارزش سرمایه‌گذاری فنی و حرفه‌ای در این بخش را دارد. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف ۱-ام‌سی‌پی بر عمر انبارمانی و قفسه‌ای توت‌فرنگی در دو دمای یک و بیست درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۶ در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا از واحد تولیدی گلخانه‌ای سبزینه شهرستان خوانسار واقع در شمال غرب استان اصفهان تهیه شد. میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری (زمانی که بیش از ۷۵٪ سطح آنها قرمز رنگ شده بودند) به روش دستی برداشت شدند. برای انجام پژوهش، نمونه‌های ۵ کیلوگرمی میوه در پنج دسیکاتور ۲۰ لیتری درب‌دار با شرایط مبادله هوا قرار داده شدند (۲ و ۴۳). سپس مقادیر لازم از پودر ۱-ام‌سی‌پی با درجه خلوص ۰/۰۱۴ محاسبه، توزین و به دسیکاتورها اضافه و بلافاصله درب آنها با نوار پارافیل، کاملاً مسدود گردید. میوه‌ها در دمای ۵°C به مدت هیجده ساعت در معرض تیمارهای مختلف ۱-ام‌سی‌پی شامل شاهد (صفر)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر قرار گرفتند. پس از آن به انکوباتورهای جداگانه با دو دمای ۱°C به مدت بیست و هفت روز جهت بررسی عمر انبارمانی و ۲۰°C به مدت سه روز جهت بررسی عمر قفسه‌ای منتقل شدند. ظروف آزمایشی به‌طور تصادفی در

### شاخص‌های رنگ میوه

اندازه‌گیری رنگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی - انتقالی مدل اسپکترا فلاش ۶۰۰ انجام شد. دستگاه، مقادیر L (شفافیت رنگ)، a\* (سبزی - قرمزی)، b\* (آبی - زردی)، C (خلوص رنگ) و H° (ته رنگ) را اندازه‌گیری و با استفاده از نرم‌افزار اسیریس (Osiris) محاسبه کرد (۲ و ۲۲). اندازه‌گیری رنگ میوه‌ها در ۶ تکرار انجام شد.

### سفتی بافت میوه

اندازه‌گیری سفتی بافت میوه توسط دستگاه سنجش سفتی سنج (مدل OSK-I-10576) صورت گرفت. نیروی لازم برای فشردن نوک استوانه‌ای شکل سفتی سنج با قطر ۴ و طول ۱۱ میلی‌متر به درون بافت میوه برحسب نیوتن محاسبه شد (۳۱ و ۳۲).

### اندازه‌گیری pH

برای تعیین pH عصاره میوه از دستگاه pH متر Elmtaron مدل CP-501 استفاده شد.

### مواد جامد محلول

تعیین مواد جامد محلول با دستگاه قندسنج دستی (مدل k-0032 ساخت ژاپن انجام شد. برای این کار یک قطره عصاره تهیه شده روی منشور قندسنج گذاشته و به سمت نور گرفته شد و میزان مواد جامد محلول قرائت گردید (۲۱).

### اسیدهای آلی

در تعیین میزان اسیدهای آلی قابل اندازه‌گیری پس از تهیه ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. سپس تیتراسیون با استفاده از سود ۲/۲ نرمال تا زمانی که pH عصاره به عدد ۸/۲ برسد انجام شد. میزان اسید آلی غالب عصاره (اسید سیتریک) برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محاسبه و گزارش شد (۳۱ و ۴۳).

قسمت‌های مختلف انکوباتورها قرار گرفتند و با توجه به نوع بسته‌بندی درون ظروف پلاستیکی، میوه‌ها در رطوبت نسبی نزدیک ۹۰٪ قرار داشتند. ارزیابی میوه‌ها برای بررسی تغییرات خصوصیات ظاهری، فیزیکی و شیمیایی هر سه روز یکبار (در دمای ۱°C) و پس از سه روز (در دمای ۲۰°C) انجام شد. در هر مرحله از نمونه برداری‌ها که به‌طور تصادفی انجام گرفت تمام شاخص‌ها اندازه‌گیری شدند. ارزیابی عمر انبارمانی به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد که در آن تیمار ۱-ام سی پی در پنج سطح به‌عنوان عامل اصلی و زمان (که در این نوع آزمایشات، عامل فرعی محسوب می‌شود) در نه سطح در نظر گرفته شدند. ارزیابی عمر قفسه‌ای نیز در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد.

### اندازه‌گیری شاخص‌های ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه

#### پوسیدگی ظاهری

پوسیدگی قارچی (کپک رنگ پریده) ناشی از علائم رشد ریشه‌های قارچ *Botrytis sinerarea* به‌طور چشمی و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ براساس رویت ذره‌بینی رشد ریشه‌های قارچ‌های عامل پوسیدگی روی بافت میوه‌ها انجام شد. مقیاس عددی به‌صورت: ۱= طبیعی (بدون پوسیدگی)، ۲= جزئی (کمتر از ۵٪)، ۳= کم (۵-۱۰٪)، ۴= متوسط (۱۰-۱۵٪) و ۵= زیاد (۱۵-۲۰٪) در نظر گرفته شد (۴ و ۴۳).

#### بازار پسندی

بازار پسندی با در نظر گرفتن وضعیت ظاهری و ظهور تغییرات نامطلوب قابل رؤیت (مانند آب انداختن، لهیدگی و پوسیدگی، تیرگی) بیان شد و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ انجام گرفت به طوری که: ۱= عالی (بدون تغییر)، ۲= خوب (کمتر از ۵٪)، ۳= قابل قبول (۵-۲۰٪)، ۴= بد (۲۰-۵۰٪) و ۵= غیرقابل قبول (بیش از ۵۰ درصد بروز تغییرات نامطلوب سطحی میوه) در نظر گرفته شد (۲ و ۴).

جدول ۱. تجزیه واریانس خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد (۱°C)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		پوسیدگی ظاهری	بازار پسندی	سفتی میوه	TSS	اسید آلی	ویتامین ث	pH عصاره	آنتوسیانین نسبی	TSS/TA
تیمار	۴	۳۰۸۱/۶۷**	۳۷۲۳/۳**	۲۴/۱۵**	۳/۹۱**	۰/۱۱۷**	۱۱۲۳/۸**	۰/۱۲۶**	۰/۴۷**	۷/۸۵**
خطا	۱۰	۹۸/۳۳	۵۱/۶۷	۰/۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۴۴	۰/۰۰۶۶	۰/۰۵	۰/۰۷
cv		۱۶/۲۵	۱۸/۴۳	۱۳/۳۹	۰/۵۷	۲/۷۷	۱/۳۳	۲/۰۹	۱۶/۵۷	۲/۳۶

\*\* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن منابع تغییرات در سطح احتمال ۱ درصد است.

### شاخص طعم میوه

برای بیان شاخص طعم میوه از رابطه TSS/TA استفاده شد. این رابطه، هم‌بستگی مثبتی با کیفیت خوراکی میوه دارد (۳۱).

### ویتامین ث

برای اندازه‌گیری ویتامین ث عصاره میوه از روش تیتراسیون با محلول ان-بروموسوکسینامید (N-bromosuccinamide (NBS)) استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر عصاره میوه، به همراه ۵ میلی‌لیتر محلول پایدارکننده TCA (Trichloroacetic acid) و ۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم ۰/۴٪ و ۰/۳ میلی‌لیتر اسید استیک ۱۰٪ و ۰/۴ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱٪ به‌وسیله محلول NBS (با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر) تا رسیدن به رنگ آبی تیترا شد و ویتامین ث عصاره برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد (۹).

### محتوای نسبی آنتوسیانین

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین موجود در عصاره میوه از روش پیتیرینی و ماساکی استفاده شد. ابتدا ۱ میلی‌لیتر عصاره میوه را به همراه ۳ میلی‌لیتر ترکیب استخراج (ان-پروپانول (N-propanol) یک نرمال، اسیدکلریدریک ۰/۳۲٪ و آب مقطر به نسبت ۱۸:۱:۱۸) به مدت ۵ دقیقه در حمام آب‌جوش قرار گرفت و در مدت ۳ ساعت خنک شد. سپس با کمک سانتریفوژ جداسازی و میزان جذب نور نمونه‌های جدا شده در طول

موج‌های ۵۳۵ و ۶۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu UV160A قرائت شد. میزان جذب نور نسبت به میزان جذب محلول خالی (Blank) از آنتوسیانین یا همان ترکیب استخراج در نظر گرفته شد و در نهایت محتوای نسبی آنتوسیانین به کمک رابطه  $A_{anth} = A_{535} - 2.2(A_{650})$  محاسبه و گزارش شد (۲۱ و ۲۶).

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار سیستم پردازش آماری SAS (نسخه ۸/۱) و برای محاسبات اثرات متقابل عوامل آزمایشی از نرم‌افزار MSTATC، و برای انجام محاسبات جبری، ورود داده‌ها به سیستم و رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۰۰۷) استفاده شد.

### نتایج و بحث

الف) اثر ۱-ام‌سی‌پی بر عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

نتایج جدول تجزیه واریانس خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی پس از بیست و هفت روز نگهداری در انبار سرد نشان داد که تیمارها اثرات مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر همه صفات تحت پژوهش داشته‌اند (جدول ۱ و ۲).

همان‌گونه که در جدول ۳ دیده می‌شود در میان صفات اندازه‌گیری شده، بالاترین مقادیر صفات بازارپسندی (۷/۸۵)،

جدول ۲. تجزیه واریانس شاخص‌های رنگ میوه توت فرنگی رقم "کاماروسا" تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد (۱°C)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		H°	C	b*	a*	L
تیمار	۴	۳۳۱/۹۸**	۳۳۶/۷۴**	۳۰۷/۹۲**	۹۲/۹۲**	۱۱۲/۶۲**
خطا	۲۵	۱۸/۳۱	۲۱/۵۵	۲۰/۳۶	۱۹/۵۹	۷/۳۹
cv		۱۴/۴۲	۱۳/۶۷	۲۵/۶۲	۱۵/۱۷	۷/۴۸

\*\* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن منابع تغییرات در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

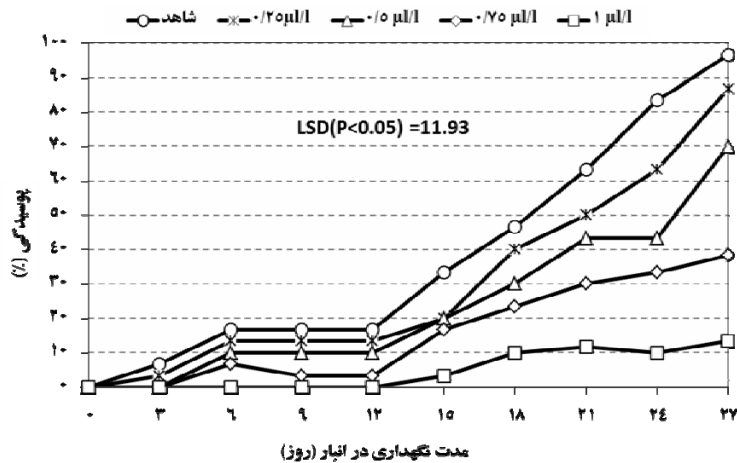
جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای ۱-ام‌سی‌پی بر خصوصیات ظاهری و فیزیکی میوه توت فرنگی رقم "کاماروسا" پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد (۱°C)

تیمار ۱-MCP (μL/L)	پوسیدگی ظاهری (%)	بازارپسندی (%)	سفتی میوه (N)	TSS (%)	اسید آلی (g/۱۰۰ml)	ویتامین ث (mg/۱۰۰ml)	pH عصاره	آنتوسیانین نسبی	TSS/TA
شاهد	۹۰/۰ <sup>a</sup>	۳/۳ <sup>d</sup>	۰/۳۳ <sup>c</sup>	۸/۰۷ <sup>d</sup>	۰/۶۲ <sup>c</sup>	۳۰/۷۷ <sup>c</sup>	۴/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۸۷ <sup>c</sup>	۱۲/۸۷ <sup>a</sup>
۰/۲۵	۸۶/۷ <sup>ab</sup>	۱۳/۳ <sup>d</sup>	۱/۱۴ <sup>d</sup>	۱۰/۱۶ <sup>c</sup>	۰/۷۹ <sup>d</sup>	۳۴/۲۶ <sup>d</sup>	۳/۹ <sup>b</sup>	۱/۲۶ <sup>bc</sup>	۱۲/۸۲ <sup>a</sup>
۰/۵	۷۰/۰ <sup>b</sup>	۲۶/۷ <sup>c</sup>	۲/۶ <sup>c</sup>	۱۰/۸۳ <sup>a</sup>	۰/۸۸ <sup>c</sup>	۴۴/۲۷ <sup>c</sup>	۳/۸۶ <sup>b</sup>	۱/۹۳ <sup>a</sup>	۱۲/۲۷ <sup>b</sup>
۰/۷۵	۴۵/۰ <sup>c</sup>	۶۶/۷ <sup>b</sup>	۵/۱۷ <sup>b</sup>	۱۰/۷۶ <sup>a</sup>	۱/۰۲ <sup>b</sup>	۶۲/۵۳ <sup>b</sup>	۳/۹۱ <sup>b</sup>	۱/۵۷ <sup>ab</sup>	۱۰/۵ <sup>c</sup>
۱	۱۳/۳ <sup>d</sup>	۸۵ <sup>a</sup>	۷/۱۳ <sup>a</sup>	۱۰/۴۳ <sup>b</sup>	۱/۱۳ <sup>a</sup>	۷۶/۳ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>c</sup>	۱/۵۱ <sup>ab</sup>	۹/۲ <sup>d</sup>
LSD(P<۰/۰۵)	۱۸/۰۴	۱۳/۰۷	۰/۷۹	۰/۱	۰/۰۴۵	۱/۲	۰/۱۵	۰/۴۳	۰/۴۹

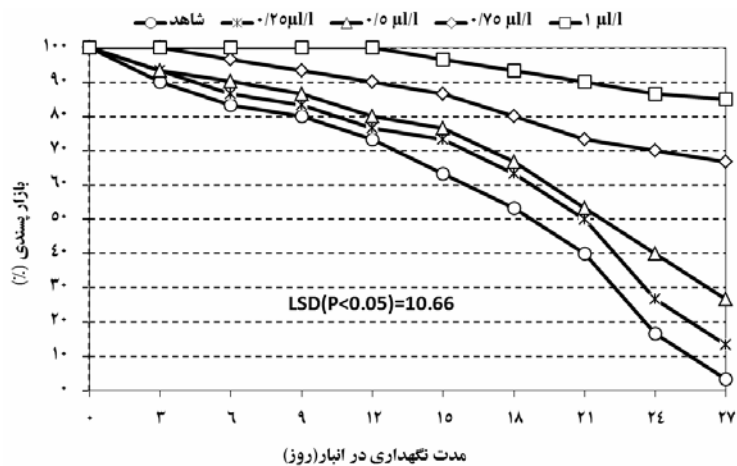
†: در هر ستون، اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

تیمارهای شاهد و ۰/۲۵ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی، تا روز بیست و هفتم نگهداری در انبار سرد به شدت افزایش یافته و به بالاتر از ۸۰ درصد رسید. ولی افزایش غلظت تیمار ۱-ام‌سی‌پی تا ۱ میکرولیتر بر لیتر، پوسیدگی ظاهری میوه را تا کمتر از ۱۰ درصد کاهش داد. پوسیدگی میوه به فعالیت عوامل قارچی تغذیه‌کننده از سطح بافت میوه مربوط می‌شود. بنابراین تیمار ۱-ام‌سی‌پی، احتمالاً بر کاهش جمعیت قارچی تأثیر داشته که پوسیدگی میوه را به تأخیر اندخته است. نتایج این پژوهش با نتایج آگوآیو و همکاران (۲) مطابقت دارد. راپاسینگ و همکاران (۳۰) هم نتایج مشابهی را در ارقام سیب کُریس‌پین و آمپایر در تیمار ۱-ام‌سی‌پی با غلظت ۱ میکرولیتر بر لیتر مشاهده کردند. بازارپسندی میوه طی مدت بیست و هفت روز

سفتی میوه (۷/۱۳N)، اسید آلی (۱/۱۳gr/۱۰۰ml) و ویتامین ث (۷۶/۳mg/۱۰۰ml) و نیز کمترین مقادیر صفات پوسیدگی ظاهری (۱۳/۳٪)، pH عصاره (۳/۵) و نسبت TSS/TA (۹/۲) در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی مشاهده شد که در مقایسه با شاهد، اختلافات معنی‌دار بود. ضمن این‌که بیشترین مقدار شاخص آنتوسیانین نسبی مربوط به تیمار ۰/۵ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر نداشت. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت ۱-ام‌سی‌پی بر خصوصیات ظاهری و فیزیکی میوه توت فرنگی رقم "کاماروسا"، کاهش سرعت تغییرات بیوشیمیایی و افزایش عمر انبارمانی و قفسه‌ای میوه است. شکل ۱ نشان می‌دهد که درصد پوسیدگی ظاهری میوه در



شکل ۱. تغییرات پوسیدگی ظاهری میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد

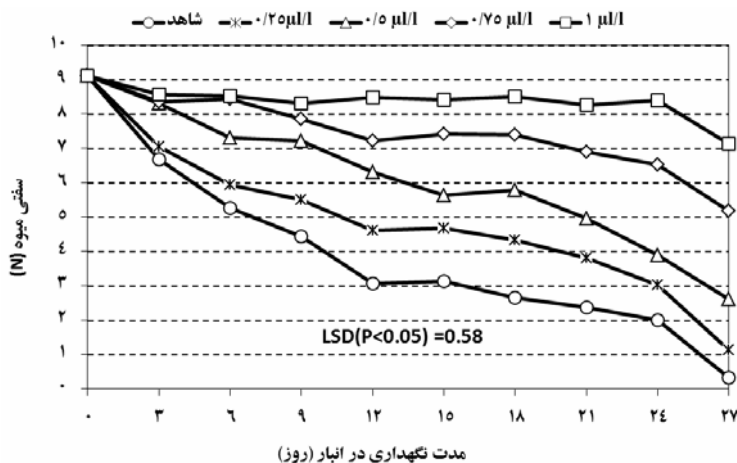


شکل ۲. تغییرات بازارپسندی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد

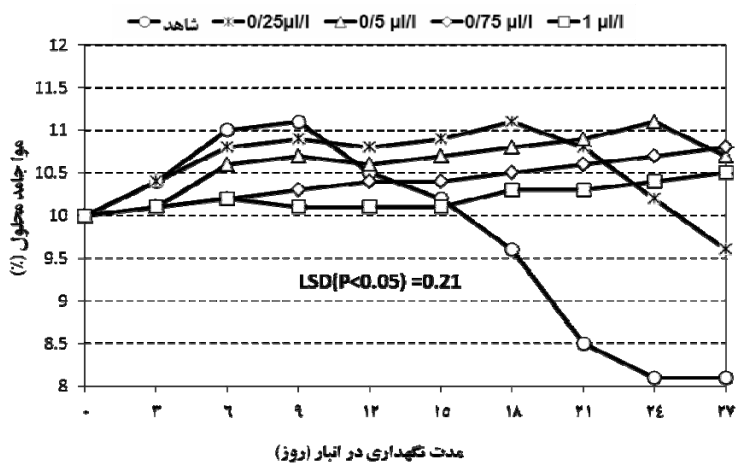
می‌تواند به حلالیت پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولوی بستگی داشته باشد (۲۴ و ۲۹). کاهش سفتی میوه پس از برداشت میوه توت‌فرنگی، به فساد میوه نیز مربوط است.

بنابراین جلوگیری از پوسیدگی میوه بر اثر تیمار ۱-ام‌سی‌پی، کاهش سفتی میوه را به تأخیر می‌اندازد. شکل ۴ نیز نشان می‌دهد که در تیمارهای شاهد و ۰/۲۵ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی، افزایش شدید مواد جامد محلول به ترتیب تا روزهای نهم و هیجدهم نگهداری در انبار سرد مشاهده شد. پس از آن کاهش ناگهانی در مواد جامد محلول دیده شد. در تیمار ۰/۵ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی، این کاهش در روز بیست و چهارم شروع شده است. اما در تیمارهای ۰/۷۵ و یک

نگهداری در انبار سرد، روند کاملاً متفاوت و معکوسی را با پوسیدگی ظاهری میوه نشان داد (شکل ۲). نتایج مشابهی در مورد حفظ بازارپسندی میوه در توت‌فرنگی توسط جیانگ و همکاران (۱۷) گزارش شده است. در سبزی‌ها نیز کیفیت سبزی و بنابراین بازارپسندی آنها، در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی بهتر بوده است (۱). نظر به این‌که تیمار ۱-ام‌سی‌پی باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های پکتولیتیک می‌شود (۳۸). تغییرات سفتی میوه طی بیست و هفت روز نگهداری در انبار سرد (شکل ۳)، نیز تقریباً مشابه تغییرات بازارپسندی بود. نتایج این مطالعه در مورد حفظ سفتی میوه مورد انتظار بوده و قابل تفسیر است. به نظر می‌رسد کاهش سفتی میوه در توت‌فرنگی،



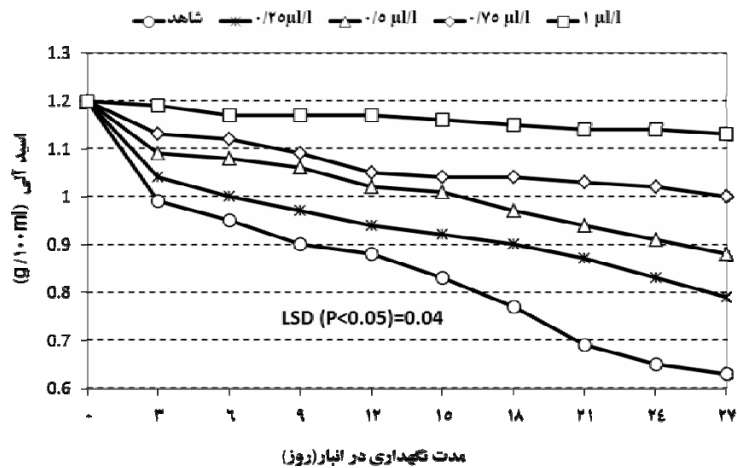
شکل ۳. تغییرات سفتی میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد



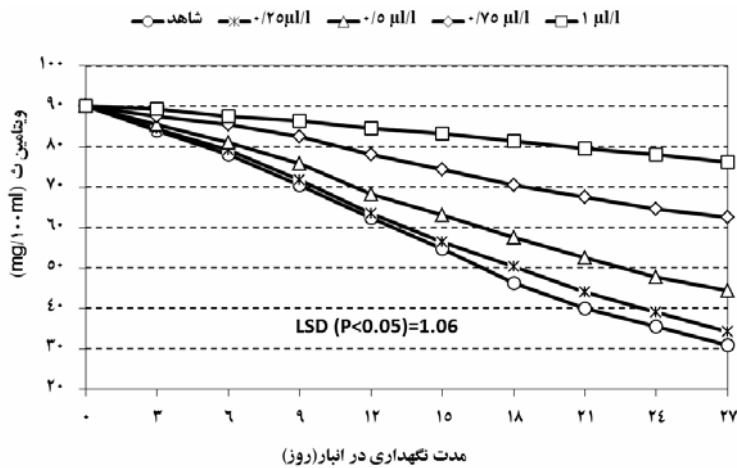
شکل ۴. تغییرات مواد جامد محلول (TSS) میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد

می‌یابند به طوری که کاهش اسیدهای آلی در تیمار شاهد بسیار شدید بود. ولی با افزایش غلظت تیمار ۱-ام‌سی‌پی، شیب منحنی کاهش اسیدهای آلی کمتر شد. تغییرات مقادیر ویتامین ث میوه‌های مورد پژوهش هم از روندی مشابه به روند تغییرات اسید آلی پیروی کرد (شکل ۶). به نظر می‌رسد تیمار میوه با غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی، با کند کردن سرعت فرآیندهای مرتبط با رسیدن میوه، باعث کاهش مناسب سرعت کم شدن اسیدهای آلی میوه (دراثر تبدیل شدن به قندها) شده باشد (۸ و ۳۸). گزارش‌های مشابهی در مورد جلوگیری از کاهش اسیدهای آلی در اثر تیمار با ۱-ام‌سی‌پی در سیب، آدوکادو، موز، گلابی، هلو و شلیل، آلو و گوجه‌فرنگی

میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی، منحنی‌های تغییرات مواد جامد محلول عصاره میوه به حداکثر مقدار خود نرسیدند. با توجه به این‌که شدت تنفس در محصولات تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی کاهش می‌یابد (۱۵ و ۱۶)، بنابراین کاهش مواد جامد محلول نیز به تأخیر افتاده است. به نظر می‌رسد با افزایش غلظت تیمار ۱-ام‌سی‌پی، از شدت تغییرات و تجمع مواد جامد محلول در عصاره میوه کاسته می‌شود. ممکن است دلیل این موضوع تأثیر غلظت بالاتر ۱-ام‌سی‌پی بر واکنش‌های شیمیایی درونی میوه باشد که با تغییر در آنها، غلظت مواد جامد محلول، کمتر افزایش یافته است (۳۸). تغییرات اسید آلی در شکل ۵ نشان داد که اسیدهای آلی طی مدت نگهداری میوه در انبار سرد کاهش



شکل ۵. تغییرات اسید آلی (سیتریک) میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد

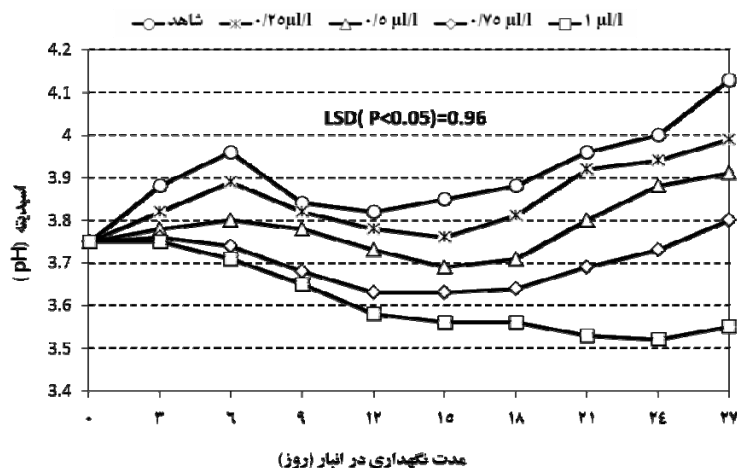


شکل ۶. تغییرات ویتامین ث میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد

شدید و در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی بسیار خفیف بوده است. ویلس (۳۹) معتقد است که تغییرات pH عصاره میوه در زمان رسیدن بیشتر ناشی از نشت اسیدهای آلی از واکوئل‌ها به سیتوپلاسم سلولی است که مقایسه دو شکل تغییرات pH و اسیدهای آلی نیز این مطلب را تأیید می‌کند. قابل ذکر است که در اثر رسیدن بیش از حد میوه، pH عصاره افزایش یافته و از اسیدی به قلیایی تبدیل می‌شود (۱۰) که این امر در میوه‌های تیمار شاهد به وضوح دیده شد و با افزایش غلظت تیمار ۱-ام‌سی‌پی، از شدت تغییرات کاسته شد. بنابراین تیمار میوه با ۱-ام‌سی‌پی با جلوگیری از تغییرات pH عصاره باعث حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی شده است.

وجود دارد (۳۸). هم‌چنین حفظ ویتامین ث در محصولات تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی می‌تواند بیان‌گر حفظ کیفیت و ارزش تغذیه‌ای میوه باشد (۱۹ و ۳۵). در عناب، هلو و آناناس هم گزارش شده است که تیمار ۱-ام‌سی‌پی منجر به جلوگیری از کاهش ویتامین ث می‌گردد (۳۸) که با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش هم‌مانگی دارد. تغییرات pH (شکل ۷) نشان داد که تقریباً در همه تیمارها، مقدار pH عصاره ابتدا زیاد و سپس کاهش یافته و در نهایت دست خوش افزایش شدید شده است ولی این تغییرات با افزایش غلظت ۱-ام‌سی‌پی کاهش یافته و در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی بسیار کم بوده است. روند تغییرات اسیدیته (pH) عصاره میوه می‌تواند ناشی از تغییرات بیوشیمیایی باشد که در تیمار شاهد بسیار

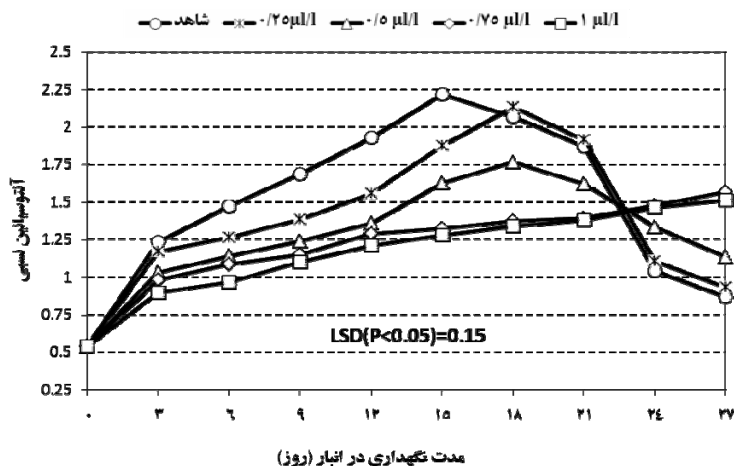




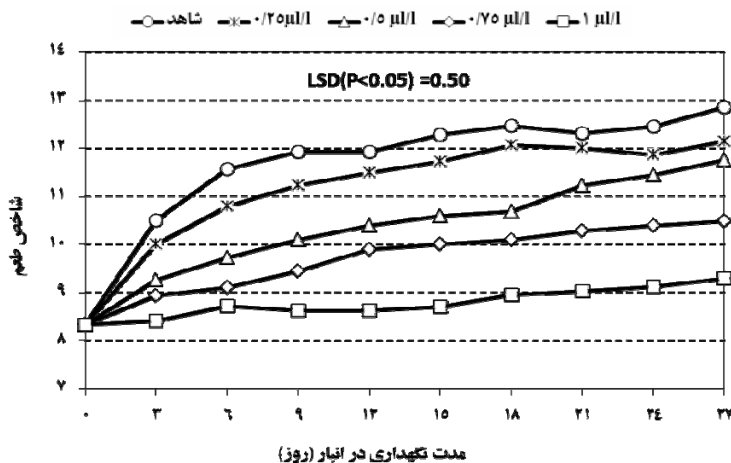
شکل ۷. تغییرات اسیدیته (PH) میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد

نمی‌شود (۳۸). ضمن این که گسترش تدریجی مقادیر رنگ ناشی از افزایش آنتوسیانین در میوه‌های تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی، سرانجام به اندازه میوه‌های تیمار نشده خواهد شد (۳۸). پس به نظر می‌رسد که بین رسیدن میوه و افزایش آنتوسیانین، نوعی ارتباط وجود داشته باشد که ۱-ام‌سی‌پی هر دو را به تأخیر انداخته است. از سوی دیگر کاهش شدید آنتوسیانین در تیمارهای شاهد و غلظت‌های پایین ۱-ام‌سی‌پی ممکن است به دلیل وقوع پوسیدگی ظاهری زیاد در میوه‌ها، و از بین رفتن آنتوسیانین در فرآیندهای شیمیائی مرتبط با فعالیت‌های قارچی نیز باشد. به هر حال اطلاعات بسیار کمی در رابطه با مکانیسم اثر ۱-ام‌سی‌پی بر رنگدانه‌ها در دسترس می‌باشد (۳۸). لیکن کاربرد موفق ۱-ام‌سی‌پی مستلزم ایجاد تأخیر و بدون ممانعت غیرقابل برگشت در فرآیندهای مرتبط با رنگدانه‌هاست که غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر در این آزمایش، توانسته‌اند این هدف را برآورده سازند. تغییرات نسبت TSS/TA یا شاخص طعم میوه توت‌فرنگی هم تحت تأثیر کاربرد تیمار ۱-ام‌سی‌پی طی بیست و هفت روز نگهداری در انبار سرد قرار گرفت (شکل ۹). این نسبت، در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی حداقل بوده و در تیمار شاهد حداکثر خود را نشان داد. این تغییرات را می‌توان به حفظ اسیدهای آلی و ویتامین ث نسبت داد. در تیمار شاهد، تغییرات زیاد شاخص طعم، نشان‌دهنده تغییر زیاد در طعم میوه و در واقع دور شدن از

مقادیر آنتوسیانین نسبی عصاره میوه طی مدت نگهداری در انبار سرد (بیست و هفت روز) بیشترین تغییرات از نوع اثرات متقابل را نسبت به سایر صفات نشان داد (شکل ۸). افزایش آنتوسیانین نسبی در تیمار شاهد، تا روز پانزدهم نگهداری در انبار سرد بسیار زیاد بود. افزایش غلظت تیمار ۱-ام‌سی‌پی، این روند افزایشی را کند کرد. براساس این نتایج می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از تیمار ۱-ام‌سی‌پی، اثر مثبت بر جلوگیری از تجمع آنتوسیانین نسبی در زمان رسیدن میوه دارد. در میوه توت‌فرنگی، آنتوسیانین‌ها فلاونوئید اصلی میوه‌اند که در زمان رسیدن تجمع می‌یابند (۳ و ۳۷) و نقش مهمی در تشخیص رنگ میوه‌های مرغوب توت‌فرنگی بازی می‌کند (۳۹). بنابراین تغییر در آنتوسیانین، می‌تواند کیفیت بازارپسندی میوه را نیز تحت تأثیر قرار دهد. پس می‌توان پیش‌بینی کرد که تأثیر غیرمستقیمی از تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر بازارپسندی میوه از طریق جلوگیری از تغییرات آنتوسیانین وجود دارد. اگرچه تغییرات آنتوسیانین جزء تغییرات غیروابسته به اتیلن شناخته شده است، اما گزارش شده که ۱-ام‌سی‌پی افزایش آنتوسیانین در توت‌فرنگی را به تعویق انداخته است (۱۷) که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. واتکینز معتقد است که کاربرد موفق ۱-ام‌سی‌پی، منجر به تأخیر انداختن در تغییر رنگ می‌شود ولی سبب بازدارندگی دائمی و غیرقابل برگشت و یا به عبارتی منجر به تغییرات از نوع پلاستیک در فرآیندهای مربوط به ساخت رنگدانه



شکل ۸. تغییرات آنتوسیانین نسبی میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد



شکل ۹. تغییرات شاخص طعم (TSS/TA) میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی طی مدت نگهداری در انبار سرد

جلوگیری نماید (۳۸). نتایج به دست آمده در این پژوهش نیز این مطلب را تأیید می‌کند.

در جدول ۴، نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای ۱-ام‌سی‌پی بر شاخص‌های رنگ میوه پس از مدت نگهداری در انبار سرد آورده شده است. بالاترین مقادیر شاخص‌های رنگ میوه در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی و کمترین مقادیر شاخص‌ها در تیمار شاهد مشاهده شد. در خصوص شاخص روشنایی رنگ (L)، افزایش غلظت تیمار ۱-ام‌سی‌پی تأثیر معنی‌داری در افزایش این شاخص نسبت به تیمار شاهد داشته است هر چند این اختلاف در تیمار ۰/۲۵ میکرولیتر بر لیتر معنی‌دار نبود. نواحی رنگ (a\* و b\*) نیز تحت تأثیر تیمار

طعم مطلوب اولیه میوه در ابتدای پژوهش می‌باشد. نسبت TSS/TA در آلو نیز در تیمار ۱-ام‌سی‌پی کمتر از میوه‌های تیمار نشده بوده است (۲۰ و ۳۶). در صورتی‌که میوه توت‌فرنگی در شرایط نامناسب نگهداری قرار گیرد، ظاهراً آنزیم‌های گلیکولیتیک و آنزیم‌های تخمیر الکی مانند الکل دهیدروژناز (ADH) و پیرووات دکربوکسیداز (PDC) فعال شده تا انرژی لازم برای تنفس سلولی را تأمین کنند (۲۳ و ۳۳) و در نتیجه این تغییرات آنزیمی، طعم توت‌فرنگی دچار دگرگونی می‌شود. با توجه به این‌که مشخص شده است ۱-ام‌سی‌پی باعث بازدارندگی فعالیت آنزیم‌های مذکور می‌شود بنابراین انتظار می‌رود تیمار ۱-ام‌سی‌پی از تغییرات شدید طعم میوه

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمار ۱- ام‌سی‌پی بر شاخص‌های رنگ میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد (۱°C)†

شاخص‌های رنگ					تیمار ۱-MCP (μL/L)
H°	C	b*	a*	L	
۲۱/۶۷ <sup>b</sup>	۲۳/۲۲ <sup>c</sup>	۸/۵۹ <sup>d</sup>	۲۳/۲ <sup>c</sup>	۳۱/۳۹ <sup>c</sup>	شاهد
۲۷/۷۴ <sup>b</sup>	۳۱/۷ <sup>b</sup>	۱۵/۴۷ <sup>c</sup>	۲۸/۳ <sup>bc</sup>	۳۳/۶۴ <sup>bc</sup>	۰/۲۵
۲۵/۹۳ <sup>b</sup>	۳۴/۷ <sup>b</sup>	۱۵/۲۶ <sup>c</sup>	۳۱/۱۶ <sup>ab</sup>	۳۵/۳۱ <sup>b</sup>	۰/۵
۳۵/۶۳ <sup>a</sup>	۳۶/۲ <sup>b</sup>	۲۰/۹۸ <sup>b</sup>	۲۹/۳۹ <sup>ab</sup>	۳۹/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۷۵
۳۹/۲۹ <sup>a</sup>	۴۳/۸۸ <sup>a</sup>	۲۷/۷۳ <sup>a</sup>	۳۳/۸۳ <sup>a</sup>	۴۲/۲۵ <sup>a</sup>	۱
۵/۰۸	۵/۵۲	۵/۳۷	۵/۲۶	۳/۲۳	LSD(P<۰/۰۵)

†: در هر ستون، اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

میوه توت‌فرنگی در انبار سرد باشد. رنگ میوه از مهم‌ترین شاخص‌های میوه از نظر پذیرش مصرف‌کننده است. رنگ مناسب میوه منجر به ایجاد ظاهر مطلوب میوه می‌شود و بنابراین، حفظ رنگ میوه در نگهداری آن اهمیت زیادی دارد. پورات و همکاران (۲۷) گزارش کردند که میزان تیرگی رنگ برش‌های پرتقال در میوه‌های شاهد، کم‌تر از میوه‌های تیمار شده با ۱- ام‌سی‌پی پس از هفت روز انبارداری بوده است. آگویو و همکاران (۲) هم نشان دادند که هر چند رنگ قرمز پوست و مغز میوه توت‌فرنگی با نگهداری میوه در ۵°C در تیمار ۱- ام‌سی‌پی، افزایش نشان داد ولی هم نسبت  $a^*/b^*$  کاهش یافت و هم شاخص روشنایی رنگ میوه (L) در برش‌های توت‌فرنگی در تیمار ۱- ام‌سی‌پی و اتمسفر کنترل شده پس از نه روز انبارداری کاهش نشان داد (۲) که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده در پژوهش انجام شده هم‌خوانی دارد. البته رایب و قادر (۴۱) گزارش کرده‌اند که سطوح برش یافته توت‌فرنگی انبار شده در شرایط انبار کنترل اتمسفر، روشن‌تر از تیمار شاهد بوده‌ند که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند (۴۱). با توجه به این‌که تیمار ۱- ام‌سی‌پی در کاهش شاخص (L) نسبت به تیمار کنترل اتمسفر کم هزینه‌تر است، بنابراین تغییرات ایجاد شده در رنگ میوه توسط ۱- ام‌سی‌پی مقرون به صرفه‌تر خواهد بود. بالا بودن مقدار شاخص  $H^\circ$  یا فام رنگ معمولاً با زیاد شدن میزان آنتوسیانین هم‌بستگی دارد (۱۴). در واقع بر اثر ساخت

۱- ام‌سی‌پی قرار گرفتند به‌طوری‌که بیشترین مقادیر شاخص‌های رنگ ( $a^*$  و  $b^*$ ) در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی دیده شد که در مقایسه با تیمار شاهد که کمترین مقادیر این شاخص‌ها را داشتند تفاوت‌های معنی‌داری را نشان دادند. افزایش شاخص ( $a^*$ ) بیان‌گر قرمزی بیشتر رنگ میوه در اثر کاربرد تیمار ۱- ام‌سی‌پی است. تیمارهای ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی اختلافات معنی‌داری را در افزایش شاخص ( $a^*$ ) نسبت به هم‌دیگر نشان ندادند اما تفاوت دو تیمار اخیر نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود. در خصوص شاخص خلوص رنگ (C) نیز تیمارهای ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی اگرچه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند اما اختلاف معنی‌داری را نسبت به هم نشان ندادند. زاویه فام رنگ ( $H^\circ$ ) هم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار ۱- ام‌سی‌پی قرار گرفت هر چند که افزایش این شاخص در تیمارهای ۰/۲۵ و ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود. با توجه به این‌که تغییرات رنگ میوه توت‌فرنگی در طی مدت رسیدن با کاهش روشنایی رنگ (L)، خلوص رنگ (C) و فام رنگ ( $H^\circ$ ) همراه می‌باشد (۴۲)، بنابراین افزایش غلظت در تیمار ۱- ام‌سی‌پی، دارای روند اثر مثبت بر میزان شاخص‌های رنگ میوه بوده است.

اثر مطلوب تیمار ۱- ام‌سی‌پی بر شاخص‌های رنگ میوه، می‌تواند مجدداً تأییدکننده تأثیر ۱- ام‌سی‌پی بر نگهداری مطلوب

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر تیمارهای ۱- ام‌سی‌پی بر خصوصیات ظاهری و فیزیکی‌شیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا پس از ۳ روز نگهداری در ۲۰°C

TSS/T A	آنتوسیانین نسبی	pH عصاره	ویتامین ث (mg/100ml)	اسید آلی (g/100ml)	TSS (%)	سفتی میوه (N)	بازار پسندی (%)	پوسیدگی ظاهری (%)	تیمار 1-MCP(μL/L)
۱۰/۵۳ <sup>a</sup>	۰/۸۲ <sup>e</sup>	۳/۸۱ <sup>a</sup>	۱۹/۳ <sup>d</sup>	۰/۷۵ <sup>e</sup>	۷/۹ <sup>e</sup>	۱/۸۶ <sup>d</sup>	۶/۷ <sup>d</sup>	۹۰ <sup>a</sup>	شاهد
۹/۴۸ <sup>b</sup>	۱/۶۲ <sup>a</sup>	۳/۷۰ <sup>ab</sup>	۲۵/۵ <sup>c</sup>	۰/۸۸ <sup>d</sup>	۸/۴ <sup>d</sup>	۲/۶۴ <sup>c</sup>	۱۶/۷ <sup>c</sup>	۸۳/۳ <sup>a</sup>	۰/۲۵
۹/۲۸ <sup>bc</sup>	۱/۵۰ <sup>b</sup>	۳/۶۹ <sup>ab</sup>	۲۷ <sup>c</sup>	۱/۰۱ <sup>c</sup>	۹/۴ <sup>c</sup>	۳/۴۰ <sup>b</sup>	۲۰/۰ <sup>c</sup>	۸۰ <sup>a</sup>	۰/۵
۹/۰۹ <sup>bc</sup>	۱/۲۸ <sup>c</sup>	۳/۶۶ <sup>b</sup>	۳۴ <sup>b</sup>	۱/۱۴ <sup>b</sup>	۱۰/۳ <sup>b</sup>	۴/۱۲ <sup>a</sup>	۳۳/۳ <sup>b</sup>	۶۳/۳ <sup>b</sup>	۰/۷۵
۹/۱۹ <sup>c</sup>	۱/۰۸ <sup>d</sup>	۳/۶۴ <sup>b</sup>	۴۶/۳ <sup>a</sup>	۱/۱۹ <sup>a</sup>	۱۰/۹ <sup>a</sup>	۴/۴۴ <sup>a</sup>	۴۶/۷ <sup>a</sup>	۵۳/۳ <sup>b</sup>	۱
۰/۲۹	۰/۰۹	۰/۱۳	۲/۵۰	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۴۲	۹/۳۹	۱۱/۵۰	LSD(P<۰/۰۵)

†: در هر ستون اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

مورد بازارپسندی هم بیشترین میزان بازارپسندی در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی دیده شد و با افزایش غلظت ۱- ام‌سی‌پی در همه تیمارها بازارپسندی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. نتایج به‌دست آمده در خصوص سفتی میوه، مواد جامد محلول، اسید آلی و ویتامین ث نیز حاکی از افزایش معنی‌دار این صفات در تیمار با غلظت‌های مختلف ۱- ام‌سی‌پی پس از پایان پژوهش بود. تنها سفتی میوه‌ها در تیمار ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی در مقایسه با تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر آن معنی‌دار نبود و در مورد ویتامین ث نیز اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای ۰/۲۵ و ۰/۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی وجود نداشت. pH عصاره میوه در اثر تیمار با غلظت‌های مختلف ۱- ام‌سی‌پی پس از پایان دوره نگهداری در دمای ۲۰°C کاهش یافت اما این کاهش فقط در تیمارهای ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی معنی‌دار بود. مقدار آنتوسیانین نسبی که به نظر می‌رسد روند متفاوتی نسبت به سایر صفات داشته است، در تیمار ۰/۲۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی حداکثر و در تیمار شاهد حداقل بود و اختلاف مقادیر آنتوسیانین نسبی در تمامی تیمارها نیز معنی‌دار بود. شاخص طعم میوه هم به‌صورت معنی‌داری در تیمار با غلظت‌های مختلف ۱- ام‌سی‌پی کاهش نشان داد. بیشترین مقدار کاهش در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر دیده شد هر چند که این

آنتوسیانین در میوه توت‌فرنگی در طی مدت انبارداری، مقدار این شاخص افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش در خصوص میزان آنتوسیانین نسبی در روز بیست و هفتم نگهداری در انبار سرد مطابقت دارد. ولی آنتوسیانین نسبی در تیمارهای شاهد، ۰/۲۵ و ۰/۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی در روز بیست و هفتم نگهداری در انبار سرد، کاهش نشان داد که دلیل آن احتمالاً فعالیت میکروبی و پوسیدگی میوه‌ها بوده است. به این جهت مقدار H<sup>+</sup> یا فام رنگ نیز در این تیمارها نسبت به تیمارهای ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی کمتر بود.

#### ب) نتایج پژوهش بر عمر قفسه‌ای میوه در دمای ۲۰°C

نتایج جدول تجزیه واریانس خصوصیات ظاهری و فیزیکی‌شیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا در تیمارهای مختلف ۱- ام‌سی‌پی، نگهداری شده در دمای ۲۰°C، نشان می‌دهد که تیمارهای مختلف ۱- ام‌سی‌پی تأثیر بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ بر صفات مختلف مورد مطالعه داشتند. براساس نتایج مقایسه میانگین خصوصیات مختلف مورد پژوهش که در جدول ۵ منعکس شده است، کمترین مقدار درصد پوسیدگی ظاهری، در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام‌سی‌پی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد و تیمارهای ۰/۲۵ و ۰/۵ میکرولیتر بر لیتر نشان داد. در

بعد از هفت روز اتفاق افتاد (۱۴). در آووکادو هم مشخص شده است که میوه‌های تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی در دمای  $20^{\circ}\text{C}$ ، سفت‌تر مانده و دیرتر رنگ می‌گیرند (۱۵ و ۴۰). همه این نتایج بیان‌گر تأثیر مطلوب ۱-ام‌سی‌پی در کند نمودن فرآیند رسیدن است. ۱-ام‌سی‌پی قادر است کیفیت میوه را در مدت طولانی‌تری در دمای بالای نگه‌داری میوه حفظ کند و تحمل میوه به شرایط بد حمل و نقل بیشتر شود (۲۸).

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت ۱-ام‌سی‌پی بر خصوصیات ظاهری و فیزیکیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی است. با توجه به این‌که توت‌فرنگی میوه‌ای نافرازگر است که رسیدن میوه، با تغییرات مختلف فیزیکیوشیمیایی همراه است و تیمار با ۱-ام‌سی‌پی نیز، تقریباً همه خصوصیات فیزیکیوشیمیایی مورد پژوهش را تحت تأثیر قرار داده است، پس باید بر جنبه‌های مختلف رسیدن میوه توت‌فرنگی مؤثر باشد. ۱-ام‌سی‌پی قادر است کیفیت، عمر انبارمانی و قفسه‌ای میوه را در مدت طولانی‌تری حفظ کند.

تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمارهای  $0/5^{\circ}$  و  $0/75^{\circ}$  میکرولیتر بر لیتر ۱-ام‌سی‌پی نداشت.

نتایج مقایسه میانگین صفات مورد پژوهش در این مطالعه، نشان‌دهنده تأثیر مثبت نسبی تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر عمر قفسه‌ای میوه توت‌فرنگی است. در خرما کاربرد ۱-ام‌سی‌پی باعث افزایش عمر قفسه‌ای میوه در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  شده است و خصوصیات فیزیکیوشیمیایی میوه پس از گذشت سسی روز از تیمار به نحو مطلوبی حفظ گردیده، پوسیدگی میوه تا هفتاد درصد کاهش یافته و روند تغییر رنگ میوه از نارنجی به قرمز نیز کند شده است (۱۳). هم‌چنین در آلو، عمر قفسه‌ای میوه در اثر تیمار با ۱-ام‌سی‌پی، بدون بروز هرگونه آثار منفی تا هفت روز افزایش یافته است (۳۸). نتایج مشابهی نیز توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است. برای مثال، هابر و همکاران (۱۴) نشان دادند که در اثر تیمار با ۱-ام‌سی‌پی، نرم شدن و توسعه رنگ میوه گوجه‌فرنگی در رقم فلوریدا ۴۷ در دمای  $20^{\circ}\text{C}$ ، با تأخیر نسبی انجام شد. به‌طوری‌که میوه‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی بعد از پانزده روز به رسیدگی کامل رسیدند ولی رسیدن کامل میوه در تیمار شاهد

### منابع مورد استفاده

1. Able, A. J., L. S. Wong, A. Prasad and T. J. O'Hare. 2003. The effect of 1-methylcyclopropene on the shelf life of minimally processed leafy Asian vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 27: 157-161.
2. Aguayo, E., R. Jansasithorn and A. A. Kader. 2006. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 40: 269-278.
3. Almeida, J. R. M., E. D'Amico, A. Preuss, F. Carbone, C. H. R. Vos, B. Deiml, F. Mourgues, G. Perrotta, T. C. Fischer, A. G. Bovy, S. Martens and Carlo Rosati. 2007. Characterization of major enzymes and genes involved in flavonoid and proanthocyanidin biosynthesis during fruit development in strawberry (*Fragaria ananassa*). *Archives of Biochemistry and Biophysics* 465: 61-71.
4. Babalar, M., M. Asghari, A. Talaei and A. Khosroshahi. 2007. Effect of pre and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of 'Selva' strawberry fruit. *Food Chemistry* 105: 449-453.
5. Balogh, A., T. Koncz, V. tisaza, A. Kiss and L. Heszky. 2005. The effect of 1-MCP on the expression of several ripening-related genes in strawberries. *HortScience* 40: 2088-2090.
6. Blankship, S. M. and E. G. Mitcham. 2003. Review: 1-methyl cyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
7. Budu, A. S. and D. C. Joyce. 2003. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of minimally processed pineapple fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43: 177-184.
8. Defilippi, B. G., A. M. Dandekar and A. A. Kader. 2004. Impact of suppression of ethylene action or biosynthesis on flavormetabolites in apple (*Malus domestica* Borkh) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 5694-5701.
9. Egan, H., R. S. Kirk and R. Sawyer. 1985. Pearson's Chemical Analysis of Foods. 8<sup>th</sup> ed., Churchill Livingstone Ltd., UK.

10. Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CAB. Pub., UK.
11. Harris, D. R., J. A. Seberry, R. B. H. Wills and L. J. Spohr. 2000. Effect of fruit maturity on efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening of banana. *Postharvest Biology and Technology* 20: 303-308.
12. Hofman, P. J., M. Jobin-Decor, G. F. Meiburg, A. J. Macnish and D. C. Joyce. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 567-572.
13. Hojati, M and A.A. Ramin. 2007. Increasing of shelf life of with 1-MCP. PP. 402-403. In: Proceeding of the 5<sup>th</sup> Iranian Horticultural Sciences, 3-6 Sept, Shiraz, Iran.
14. Huber, D., J. Jeong and M. Ritenour. 2003. Use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on tomato and avocado fruits: potential for enhanced shelf life and quality retention, Horticultural sciences department, University of Florida, Science document, no. HS-914.
15. Jeong, H., D. J. Huber and S. A. Sargent. 2003. Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biology and Technology* 28: 247-257.
16. Jeong, J., D. J. Huber and S. A. Sargent. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 25: 241-364.
17. Jiang, Y. M., D. C. Joyce and L. A. Terry. 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biology and Technology* 23: 227-232.
18. Kneen, M. 2002. Fruit Quality and Its Biological Basis. CRC Press, UK.
19. Loewus, F. A. 1999. Biosynthesis and metabolism of ascorbic acid in plants and of analogs of ascorbic acid in fungi. *Phytochemistry* 52: 193-210.
20. Martinez-Romero, D., E. Dupille, F. Guillen, J. M. Valverde, M. Serrano and D. Valero. 2003. 1-methylcyclopropene increases storability and shelf life in climacteric and nonclimacteric plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 4680-4686.
21. Mazumdar, B. C. and K. Majumder. 2003. Methodes on Physico-Chemical Analysis of Fruits. Daya Pub., House, Delhi.
22. McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurement. *Horticultural Science* 27: 1254-1255.
23. Minhas, D. and A. Grower. 1999. Transcript level of genes encoding various glycolytic and fermentation enzymes change in response to abiotic stresses. *Plant Science* 146: 41-51.
24. Neal, G. E. 1995. Changes occurring in the cell walls of strawberries during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 16: 604-611.
25. Owino, W. O., R. Nakano, Y. Kubo and A. Inaba. 2002. Differential regulation of genes encoding ethylene biosynthesis enzymes and ethylene response sensor ortholog during ripening and in response to wounding in avocado. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 520-527.
26. Pietrini, F. and A. Massacci. 1998. Leaf anthocyanin content changes in *Zea mays* L. grown at low temperature: significance for the relationship between the quantum yield of PSII and the apparent quantum yield of CO<sub>2</sub> assimilation. *Photosynthesis Research* 58: 213-219.
27. Porat, R., B. Weiss, L. Cohen, A. Daus, R. Goren and S. Droby. 1999. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamouti' oranges. *Postharvest Biology and Technology* 15: 155-163.
28. Ramin, A. A. 2006. Improving postharvest quality of glasshouse tomatoes treated with 1-MCP at ripening stage. *American Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 2: 146-155.
29. Rosli, H. G., P. M. Civello and G. A. Martinez. 2004. Changes in cell wall composition of three *Fragaria* × *ananassa* cultivars with different softening rate during ripening. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 823-831.
30. Rupasinghe, H. P. V., D. P. Murr, J. R. DeEll and J. Odumeru. 2005. Influence of 1-methylcyclopropene and Natureseal on the quality of fresh-cut 'Empire' and 'Crispin' apples. *Journal of Food Quality's* 28: 289-306.
31. Rutkowski, K. P., D. E. Kruczynska and E. Zurawicz. 2006. Quality and shelflife of strawberry cultivars in Poland. *Acta Horticulturae* 708: 329-332.
32. Sesmero, R., M. A. Quesada and J. A. Mercado. 2007. Antisense inhibition of pectate lyase gene expression in strawberry fruit: Characteristics of fruits processed into jam. *Journal of Food Engineering* 79: 194-199.
33. Shwab, W. 1998. Application of stable isotope ratio analysis explaining the bioformation of 2, 5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone in plants by biological maillard reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 2266-2269.
34. Sisler, E. C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physical Plant* 100: 82-577.
35. Smirnoff, N. 1996. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of Botany* 78: 661-669.

36. Valero, D., D. Martinez-Romero, J. M. Valverde, F. Guillen and M. Serrano. 2003. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 4: 339-348.
37. Wang, S. Y. and H. Jiao. 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 5677-5684.
38. Watkins, C. B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389-409.
39. Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. 4<sup>th</sup> ed., Hyde Park Press, Australia.
40. Woolf, A. B., C. Requejo-Tapia, K. A. Cox, R. C. Jackman, A. Gunson and M. L. Arpaia. 2005. 1-MCP reduces physiological storage disorders of 'Hass' avocados. *Postharvest Biology and Technology* 35: 43-60.
41. Wright, K. P. and A. A. Kader. 1997. Effect of slicing and controlled atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 10: 39-48.
42. Zhang, J. J. and C. B. Watkins. 2005. Fruit quality, fermentation products, and activities of associated enzymes during elevated CO<sub>2</sub> treatment of strawberry fruit at high and low temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130: 124-130.
43. Zheng, Y., S. Y. Wang, C. Y. Wang and W. Zheng. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT* 40: 49-57.