اثر پوترسین و ۱- متیل سیکلوپروپان بر خواص کیفی و عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم "سلوا" (*Fragaria ananassa* Cv. Selva)

مهرداد جعفرپور[۱]، دریاناز امینی[۲]، فروغ مرتضایی‌نژاد[۱]،
احمدرضا گل‌پرور[۳] و داوود خوشبخت[۴*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۱۳)

چکیده

تماس میوه با اتیلن یکی از دلایل مهم افزایش سرعت پیری و ضایعات پس از برداشت میوه می‌باشد. بنابراین مواد ضد اتیلنی می‌توانند عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی را افزایش دهند. لذا تأثیر کاربرد غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپان (۱- امسی‌پی) و هم‌چنین پوترسین با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار بر عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت بیست و یک روز بررسی شده است. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که بالاترین درصد بازار پسندی، سفتی بافت میوه، اسیدهای آلی قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و ویتامین ث و کمترین مقادیر صفات پوسیدگی ظاهری، pH و شاخص مزه (TSS/TA) در تیمار ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی و نیز ۱ و ۱/۵ پوترسین دیده شد. نتایج نشان دهندهٔ تأثیر مثبت تیمارها بر عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی بود. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از ۱- امسی‌پی و پوترسین می‌تواند به‌عنوان راهبرد مؤثری در تکنولوژی پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: اتیلن، پوترسین، توت‌فرنگی، عمر پس از برداشت، ۱- امسی‌پی

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیاران و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)
۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: davod.khoshbakht@gmail.com

مقدمه

توت‌فرنگی میوه گوشتی نافرازگرایی است که به‌سرعت نرم شده و عمر پس از برداشت کوتاهی دارد (۵ و ۳۰). تماس میوه با اتیلن یکی از دلایل افزایش پوسیدگی و فسادپذیری میوه در حین بازاررسانی است (۱۴). در واقع اتیلن تسریع کنندهٔ فعالیت عوامل ایجاد پوسیدگی در میوه است. اتیلن خصوصاً فعالیت عامل پوسیدگی خاکستری را تشدید می‌کند (۵). با توجه به اینکه قارچ‌ها، خود اتیلن تولید می‌کنند، لذا پوسیدگی یک میوه می‌تواند باعث نرم شدن و پوسیدگی میوه‌های اطراف آن شود (۵ و ۱۴). بنابراین مواد جاذب اتیلن یا ضد عمل اتیلن می‌توانند عمر نگهداری محصول توت‌فرنگی را افزایش دهند (۱۳و ۱۴). پلی‌آمین‌ها کاتیون‌های مهمی هستند که در مراحل مختلف فیزیولوژیک و نموی گیاهان نقش دارند و در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله القای تقسیم سلولی، جنین‌زائی، ریخت‌زائی، نمو گل، میوه و دانه و ممانعت از پیری نقش ایفا می‌کنند (۶). استفاده از پلی‌آمین‌ها پس از برداشت میوه تکنیکی جهت به تأخیر انداختن رسیدن در بسیاری از محصولات می‌باشد (۳۱). اتیلن و پلی‌آمین‌ها اثرات متضادی در رسیدن و پیری دارند. ارتباط متضاد بین تولید اتیلن و پلی‌آمین‌ها به‌سبب مکانیسم رقابتی بیوسنتز این دو ماده می‌باشد که دارای پیش ماده مشترک S – آدونوزیل متیونین (SAM) می‌باشند. بعد از برداشت میزان پلی‌آمین‌ها کاهش می‌یابند. با کاربرد پلی‌آمین‌ها پس از برداشت میزان اتیلن کاهش می‌یابد که این تأثیر برای میوه‌های فرازگرا و نافرازگرا صدق می‌کند (۲۴). پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از نسخه‌برداری، تولید و فعالیت آنزیم ۱- آمینوسیکلوپروپان، ۱- کربوسیلیک اسید سینتاز (ACC synthase) تولید اتیلن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. توانایی پلی‌آمین‌ها در متوقف نمودن فعالیت آنزیم ۱- آمینوسیکلوپروپان، ۱- کربوسیلیک اسید اکسیداز (ACC oxides) با از بین بردن رادیکال‌های آزاد سوپر اکسید که برای تبدیل ACC به اتیلن ضروری هستند، منجر به کاهش تولید اتیلن می‌گردد (۹، ۲۴ و ۲۵). کاهش نرم شدن میوه با کاربرد پلی‌آمین‌ها به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی باشد. افزایش سفتی میوه در تیمار با پلی‌آمین‌ها به ارتباط پلی‌آمین‌ها با مواد پکتیکی موجود در دیواره سلولی نسبت داده می‌شود. در کاربرد پلی‌آمین‌ها، این مواد با بارهای منفی فسفولیپیدی یا مکان‌های آنیونیک روی غشاءها به‌صورت کووالانس باند می‌شوند و در نتیجه پایداری و استحکام این غشاءها را تغییر می‌دهند (۲۴). هم‌چنین پلی‌آمین‌ها به ملکول‌های آنیونی از جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و پلی‌ساکاریدهای پکتینی و هم‌چنین به انواع مختلفی از آنزیم‌ها، متصل شده و فعالیت آنها را تنظیم می‌کنند (۶). نشان داده شده است که گوجه‌فرنگی‌هایی که طول عمر انباری آنها بیشتر از سایر ارقام می‌باشد، پوترسین بیشتری نیز تولید می‌کنند و پیری آنها بیشتر به تأخیر افتاده است (۹).

۱- امسی‌پی (1-MCP) گیرنده‌های اتیلن موجود در سیتوپلاسم سلول‌ها را به‌طور دائمی اشغال کرده در نتیجه اتیلن را غیر فعال کرده و از این طریق، کلیه فرایندهای 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 (۲۲). ۱- امسی‌پی هم‌چنین باعث کاهش تولید اتیلن از طریق کنترل سیستم بازسازی اتیلن و ساخت خودبه‌خودی آن نیز می‌شود (۱۳ و ۲۸). این ترکیب از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با بیوسنتز اتیلن مانند ای‌سی‌سی‌اکسیداز (ACC oxides) و ای‌سی‌سی‌سنتاز (ACC synthase) و تجمع ام‌آرانای مرتبط با آنها نیز جلوگیری به‌عمل می‌آورد (۱۷ و ۲۷). ۱- امسی‌پی از تخریب کلروفیل و تغییرات رنگ نیز در طیف گسترده‌ای از گونه‌های گیاهی جلوگیری کرده است. مثلاً سبززدایی را در مرکبات، آووکادو و موز به تأخیر انداخته است (۱۲) و تأثیر مثبت آن بر حفظ میزان اسیدهای آلی و تأخیر در کاهش آسکوربیک اسید در بیشتر محصولات باغبانی به تأیید رسیده است (۲۸). لذا هدف از این پژوهش، بررسی غلظت‌های مختلف ۱- ام سی پی و پوترسین بر عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان) انجام شد. میوه توت‌فرنگی رقم سلوا در مرحله رسیدگی تجاری یعنی زمانی که بیش از ۷۵ درصد سطح میوه‌ها قرمز رنگ بودند، با دست برداشت شدند. سپس با دقت و در زمان کوتاه به آزمایشگاه انتقال یافت و تا زمان تیمار کردن در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تیمار با ۱- امسی‌پی و پوتریسین

نمونه‌های میوه در چهار دسیکاتور شیشه‌ای درب‌دار قرار داده شد. پس از استقرار نمونه‌ها مقادیر لازم از پودر ۱- امسی‌پی با درجه خلوص ۰/۰۱۴ (ساخت شرکتEssoka International, Canada) درون پتری‌دیش حاوی ۲ عدد کاغذ واتمن که قبلاً روی نمونه‌ها قرار داده شده بود، ریخته و بلافاصله درب ظرف بسته و با نوار پارافیلم، کاملاً ایزوله شد. میوه‌ها در دمای ۵°C به‌مدت هیجده ساعت در معرض ۱- امسی‌پی تبخیر شونده از سطح پتری‌دیش‌ها قرار گرفتند. پس از اعمال تیمار ۱- امسی‌پی درب دسیکاتورها، باز شدند و سپس با چهار غلظت پوترسین شامل صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار از طریق غوطه‌وری به‌مدت ۵ دقیقه در محلول‌های از پیش تهیه شده به‌صورت جداگانه صورت گرفت. سپس سطح میوه‌ها در هوای معمولی اتاق خشک شده و در دسته‌های ۱۰ عددی در ظروف درب دار پلاستیکی ۳۰۰ میلی‌لیتری گذاشته و به سردخانه با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا۹۰ درصد منتقل شدند. میوه‌ها به‌مدت بیست و یک روز در این دما نگهداری شدند و سپس مورد آزمایش قرار گرفتند.

پوسیدگی ظاهری

پوسیدگی قارچی به‌طور چشمی و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ براساس رؤیت رشد ریسه‌های قارچ‌های عامل پوسیدگی بر روی سطح میوه‌ها انجام شد (۱= طبیعی، ۲= جزئی، ۳= کم، ۴= متوسط و ۵= زیاد) (۴ و ۳۰).

بازارپسندی

بازارپسندی با در نظر گرفتن وضعیت ظاهری و ظهور تغییرات نامطلوب قابل رؤیت (مانند آب انداختن، لهیدگی و پوسیدگی) بیان شد و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ انجام گرفت (۲ و ۴).

سفتی بافت میوه

اندازه‌گیری سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (مدلOSK-I–10576) با قطر نوک ۵ میلی‌متری بر حسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد. نیروی لازم برای فشردن نوک سفتی‌سنج درون بافت میوه بر حسب نیوتن محاسبه شد (۱۸ و ۱۹).

$$N = m \times g \qquad (1)$$

که در آن m معادل کیلوگرم جرم ماده (عدد دستگاه) و g معادل ۹/۸ (ثابت نیوتن) و N بر حسب نیوتن، نیروی لازم برای فشردن صفحه به درون بافت میوه می‌باشد که بیانگر سفتی بافت است.

pH

برای تعیین pH عصاره میوه از دستگاه pH متر Elmteron مدل CP– 501 استفاده گردید.

مواد جامد محلول

اندازه‌گیری مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه قندسنج دستی (مدل k– 0032 ساخت ژاپن) انجام گرفت (۱۶).

اسیدهای آلی قابل تیتراسیون

برای 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 ۰/۲ نرمال تا زمانی که pH عصاره به عدد ۸/۲ برسد انجام شد. میزان اسید آلی غالب عصاره (اسید سیتریک) بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه محاسبه شد (۱۹ و ۳۰).

ویتامین ث

برای اندازه‌گیری ویتامین ث عصاره میوه از روش تیتراسیون با محلول ان- بروموسوکسینامید (NBS) استفاده شد (۱۰). ۵ میلی‌لیتر عصاره میوه، به‌همراه ۵ میلی لیتر تری‌کلرو استیک اسید (TCA) و ۶ میلی‌لیتر مقطر و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم ۴٪ و ۰/۳ میلی‌لیتر اسید استیک ۱۰٪ و ۰/۴ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱٪ به‌وسیلهٔ محلول NBS (با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر) تا رسیدن به رنگ آبی تیتر شد و ویتامین ث عصاره بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب گزارش شد.

$$Vit\ C = Vs/Vc \times 20 \qquad (۲)$$

ویتامین ث عصاره بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب، Vs حجم محلول NBS (میلی‌لیتر) مورد نیاز تیتراسیون عصاره، Vc حجم محلول NBS (میلی‌لیتر) مورد نیاز برای تیتراسیون محلول استاندارد می‌باشد.

شاخص طعم میوه

برای بیان شاخص طعم میوه از رابطهٔ(TSS/TA = شاخص طعم) استفاده شد. این رابطه، همبستگی مثبتی با کیفیت خوراکی میوه دارد (۱۹).

تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیستم پردازش آماری SAS (نسخه۸/۱) و برای محاسبات اثرات متقابل عوامل آزمایشی از نرم‌افزار MSTATC، استفاده شد.

نتایج

پوسیدگی ظاهری و بازارپسندی

نتایج جدول تجزیه واریانس خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا تیمار شده با ۱- امسی‌پی و پوترسین پس از بیست و یک روز نگه‌داری در انبار سرد نشان داد که اثر ساده تیمار پوترسین و ا- امسی‌پی بر درصد پوسیدگی ظاهری و درصد بازارپسندی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است ولی اثر متقابل این دو بر درصد پوسیدگی ظاهری و درصد بازارپسندی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثر هر کدام از تیمارهای ۱- امسی‌پی و پوترسین به‌صورت جداگانه بر پوسیدگی ظاهری میوه و بازارپسندی به‌ترتیب در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. کاربرد هرکدام از تیمارهای ۱- امسی‌پی و یا پوترسین باعث کاهش معنی‌دار پوسیدگی ظاهری نسبت به تیمار شاهد شد. صفت بازارپسندی روند کاملاً متفاوت و معکوسی را با میزان پوسیدگی ظاهری میوه نشان داد. نتایج مقایسه میانگین اثر هرکدام از تیمارهای مختلف ۱- امسی‌پی و یا پوترسین بر بازارپسندی میوه (جدول ۲ و ۳) نشان داد که با افزایش غلظت هرکدام از تیمارهای ۱- امسی‌پی و یا پوترسین، درصد بازارپسندی نیز به‌طور معنی‌داری حفظ می‌گردد.

ویتامین ث و pH عصاره میوه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین بر ویتامین ث و pH عصاره میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین بر ویتامین ث و pH عصاره میوه معنی‌دار نبود (جدول ۱). همان‌طورکه در جدول ۲ و ۳ دیده می‌شود تیمارهای ۱- امسی‌پی و یا پوترسین به‌صورت جداگانه، در حفظ ویتامین ث و pH عصاره میوه توت‌فرنگی نسبت به تیمار شاهد تأثیر معنی‌دار داشته‌اند. این تأثیر با افزایش غلظت ۱- امسی‌پی و یا پوترسین بیشتر شده است.

شاخص طعم

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار ۱- امسی‌پی بر نسبت مواد جامد محلول به اسیدهای آلی قابل تیتراسیون در سطح ۱ درصد و اثر ساده پوترسین بر نسبت مواد

جدول ۱. تجزیه واریانس خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا تیمار شده با ۱- ام‌سی‌پی و پوترسین پس از ۲۱ روز نگهداری در انبار سرد (۱°C)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		پوسیدگی ظاهری	بازارپسندی	سفتی میوه	TSS	اسید آلی	ویتامین ث	عصاره pH	TSS/TA
۱- ام‌سی‌پی	۳	۲۵۱۱/۴۴**	۶۸۳۴/۴۵**	۱۱/۲۵**	۷/۱۴**	۰/۱۸**	۱۰۹۴/۳۸**	۰/۱۴**	۱/۶۹**
پوترسین	۳	۲۷۷/۶۱**	۲۶۵/۷**	۱/۱۸**	۱/۰۹**	۰/۰۲۵**	۶۳/۲۴**	۰/۰۱۹**	۰/۲۲*
۱- ام‌سی‌پی × پوترسین	۹	۵/۲^{ns}	۶۱/۴۴^{ns}	۰/۲۴**	۰/۳۶*	۰/۰۰۴۶**	۱۰/۱۷^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}
خطا	۳۲	۱۱	۶/۶۲	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۵/۶۸	۰/۰۰۱	۰/۰۷۴
R^2	-	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۷۱

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن منابع تغییرات در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌دار بودن است.

TSS: مواد جامد محلول، TA: اسیدهای آلی قابل تیتراسیون

جدول ۲. خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا تیمار شده با ۱- ام‌سی‌پی (میکرولیتر بر لیتر) پس از ۲۱ روز نگهداری در انبار سرد (۱°C)

۱- ام‌سی‌پی (میکرولیتر بر لیتر)	پوسیدگی ظاهری (درصد)	بازار پسندی (درصد)	ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	pH عصاره	TSS/TA
شاهد (۰)	۸۱/۸۲^{a}	۱۷/۷ ^{d}	۲۵/۵۷ ^{d}	۳/۷۱ ^{a}	۹/۷۲ ^{a}
۰/۵	۶۴/۱ ^{b}	۳۲/۴ ^{c}	۳۸/۸ ^{c}	۳/۵۸ ^{b}	۹/۴۳ ^{b}
۰/۷۵	۵۲/۳۲ ^{c}	۵۰/۰۵ ^{b}	۴۴/۷ ^{b}	۳/۵۲ ^{c}	۹/۱۶ ^{c}
۱	۵۰/۳ ^{c}	۵۴/ ۷۵ ^{a}	۴۶/۸ ^{a}	۳/۴۵ ^{d}	۸/۸۴ ^{d}

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

TSS/TA: نسبت مواد جامد محلول به اسیدهای آلی قابل تیتراسیون

جدول ۳. خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا تیمار شده با پوترسین (میلی‌مولار) پس از ۲۱ روز نگهداری در انبار سرد (۱°C)

پوترسین (میلی‌مولار)	پوسیدگی ظاهری (درصد)	بازار پسندی (درصد)	ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	pH عصاره	TSS/TA
شاهد (۰)	۶۸/۳ ^{a}	۳۲/۷ ^{d}	۳۵/۹۵ ^{c}	۳/ ۶۱ ^{a}	۹/۴۴ ^{a}
۰/۵	۶۳/۳۵ ^{b}	۳۷/۶۲ ^{c}	۳۸/۵۷ ^{b}	۳/۵۹ ^{a}	۹/۳۴ ^{ab}
۱	۵۹/۶۲ ^{c}	۴۰/۷ ^{b}	۴۰/۰۷ ^{ab}	۳/۵۴ ^{b}	۹/۲۲ ^{b}
۱/۵	۵۷/۲۷ ^{c}	۴۳/۸ ^{a}	۴۱/۲۷ ^{a}	۳/۵۲ ^{b}	۹/۱۴ ^{b}

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

TSS/TA: نسبت مواد جامد محلول به اسیدهای آلی قابل تیتراسیون

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای ۱- امسی‌پی و پوترسین بر سفتی(نیوتن) میوه توت‌فرنگی رقم سلوا پس از ۲۱ روز نگهداری در انبار سرد

سفتی (نیوتن)		پوترسین (میلی‌مولار)			
		صفر (شاهد)	۰/۵	۱	۱/۵
۱- امسی‌پی (میکرولیتر بر لیتر)	صفر (شاهد)	۲/۲۶^{h}	۲/۸۸^{g}	۳/۵۹^{f}	۳/۸۱^{ef}
	۰/۵	۴/۱۳^{de}	۴/۵۴^{cd}	۴/۷۴^{bc}	۴/۹۱$^{a-c}$
	۰/۷۵	۴/۹۲$^{a-c}$	۵/۱۴^{ab}	۵/۲۱^{a}	۵/۲۵^{a}
	۱	۵/۱۴^{ab}	۵/۲۳^{a}	۵/۲۸^{a}	۵/۳۱^{a}

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

جامد محلول به اسیدهای آلی قابل تیتراسیون در سطح ۵ درصد معنی‌دار است ولی اثر متقابل تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین بر نسبت مواد جامد محلول به اسیدهای آلی قابل تیتراسیون معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱). نتایج به‌دست آمده از جدول مقایسه میانگین اثر تیمار جداگانه ۱- امسی‌پی و یا پوترسین بر شاخص طعم میوه (جدول ۲ و ۳) نشان داد که افزایش غلظت تیمارهای ۱- امسی‌پی و یا پوترسین باعث کاهش معنی‌دار شاخص طعم یا نسبت TSS/TA در میوه توت‌فرنگی در همهٔ تیمارها نسبت به تیمار شاهد پس از بیست و یک روز نگهداری در انبار سرد شده است.

سفتی

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین و هم‌چنین اثر متقابل این دو بر سفتی بافت میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). با توجه به جدول (۴)، مشاهده می‌شود استفاده از تیمار ۱- امسی‌پی باعث حفظ سفتی میوه گردیده است. کاربرد پوترسین نیز باعث حفظ سفتی میوه توت‌فرنگی گردید. کمترین میزان سفتی میوه در شرایط تیمار شاهد (عدم استفاده از ۱- امسی‌پی و پوترسین) مشاهده گردید. بیشترین میزان سفتی میوه در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی و ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین مشاهده گردید. هم‌چنین بین تیمار ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- ام سی‌پی و ۱ میلی‌مولار پوترسین تفاوت معنی‌داری از نظر سفتی میوه مشاهده نگردید. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ۱- امسی‌پی و پوترسین اثرات افزایشی بر حفظ سفتی میوه دارند. براساس نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌گردد که تأثیر افزایش غلظت ۱- امسی‌پی نسبت به افزایش غلظت پوترسین بیشتر می‌باشد.

مواد جامد محلول

نتایج جدول تجزیه نشان داد که اثر ساده تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین بر مواد جامد محلول در سطح ۱ درصد و اثر متقابل این دو بر مواد جامد محلول در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). چنانچه در جدول ۵ مشاهده می‌شود، استفاده از تیمار ۱- امسی‌پی باعث حفظ مواد جامد محلول میوه گردیده است. به‌طوری‌که با افزایش غلظت ۱- امسی‌پی مواد جامد محلول نیز افزایش نشان داده است. کاربرد پوترسین نیز باعث افزایش مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی گردید. کمترین میزان مواد جامد محلول میوه در شرایط تیمار شاهد (عدم استفاده از ۱- امسی‌پی و پوترسین) مشاهده گردید. بیشترین میزان مواد جامد محلول در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی و ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین مشاهده گردید. هم‌چنین بین تیمار ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی و ۱ میلی‌مولار پوترسین تفاوت معنی‌داری از نظر مواد جامد محلول میوه مشاهده نگردید.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای ۱-امسی‌پی و پوترسین بر درصد مواد جامد محلول (TSS) میوه توت‌فرنگی رقم سلوا پس از ۲۱ روز نگهداری در انبار سرد

مواد جامد محلول (درصد)		پوترسین (میلی‌مولار)			
		صفر (شاهد)	۰/۵	۱	۱/۵
۱- امسی‌پی (میکرولیتر بر لیتر)	صفر (شاهد)	$۸/۲^{h}$	$۹/۳^{g}$	$۹/۷^{fg}$	$۱۰/۱^{ef}$
	۰/۵	$۱۰/۳^{d-f}$	$۱۰/۵^{b-e}$	$۱۰/۴^{c-e}$	$۱۰/۷^{a-e}$
	۰/۷۵	$۱۰/۶^{a-e}$	$۱۰/۷^{a-e}$	$۱۰/۸^{a-d}$	$۱۰/۹^{a-d}$
	۱	$۱۰/۹۳^{a-c}$	$۱۱/۱^{ab}$	$۱۱/۲^{a}$	$۱۱/۲^{a}$

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

اسیدهای آلی قابل تیتراسیون

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین و اثر متقابل تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین بر میزان اسیدهای آلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آنها نشان داد، کاربرد ۱- امسی‌پی باعث حفظ اسیدهای آلی در میوه توت‌فرنگی گردیده است. به‌طوری‌که بیشترین میزان اسیدهای آلی قابل تیتراسیون در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی مشاهده گردید. هم‌چنین افزایش غلظت پوترسین نیز اثر معنی‌داری بر اسیدهای آلی قابل تیتراسیون داشت. با بررسی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مشاهده گردید که استفاده از تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین اثر افزایشی بر حفظ اسید آلی میوه داشته است. نتایج حاکی از آن بود که کمترین میزان اسیدهای آلی قابل تیتراسیون میوه در شرایط تیمار شاهد (عدم استفاده از ۱- امسی‌پی و پوترسین) و بیشترین اسیدهای آلی قابل تیتراسیون در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی و ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین وجود دارد. (جدول ۶).

بحث

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که در میوه توت‌فرنگی رقم سلوا افزایش غلظت تیمار ۱- امسی‌پی تا سطح ۱ میکرولیتر بر لیتر و پوترسین تا سطح ۱/۵ میلی‌مولار، با حفظ خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه تأثیر مثبت و معنی‌داری در افزایش عمر انبارمانی داشته است که نشان دهنده اثر این دو تیمار بر کاهش سرعت تغییرات بیوشیمیایی بافت میوه می‌باشد.

پوسیدگی میوه به فعالیت عوامل قارچی تغذیه کننده از سطح بافت میوه مربوط می‌شود. بنابراین تیمار ۱- امسی‌پی، احتمالاً بر کاهش جمعیت قارچی تأثیر داشته که پوسیدگی میوه را به‌تأخیر اندخته است. نتایج این پژوهش با نتایج آگوآیو و همکاران (۲) مطابقت دارد. این محققین مشاهده کردند که در انبارداری میوه توت‌فرنگی در $۵^{\circ}C$، تیمار ۱- امسی‌پی منجر به کاهش جمعیت میکروبی بر روی میوه گردید.

چون پوسیدگی میوه که همراه با کاهش کیفیت ظاهری میوه است و لذا ممکن است عطر و بوی میوه را نیز تغییر دهد، منجر به کاهش انبارمانی میوه می‌شود. در سبزی‌ها نیز کیفیت سبزی و بنابراین بازار پسندی آنها، ظاهراً در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی بهتر بوده است (۱).

نظر به این‌که تیمار ۱- امسی‌پی باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های پکتولیتیک می‌شود (۲۸)، نتایج به‌دست آمده در خصوص حفظ سفتی میوه‌ها در تیمار با ۱- امسی‌پی مورد انتظار بوده و قابل تفسیر است. در توت‌فرنگی، ظاهراً در اثر تغییر دیواره سلولی، پکتین‌های محلول در آب زیاد می‌شوند که این افزایش حلالیت پکتین‌ها ناشی از ایجاد شکاف در

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای ۱- امسی‌پی و پوترسین بر اسید آلی(TA) (گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) میوه توت‌فرنگی رقم سلوا پس از ۲۱ روز نگهداری در انبار سرد

اسیدهای آلی(گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)		پوترسین (میلی‌مولار)			
		صفر (شاهد)	۰/۵	۱	۱/۵
۱- امسی‌پی (میکرولیتر بر لیتر)	صفر (شاهد)	۰/۸۲ ^{k}	۰/۹۷ ^{j}	۱/۰۱ ^{ij}	۱/۰۶ ^{hi}
	۰/۵	۱/۰۸ ^{gh}	۱/۱۱ $^{f-h}$	۱/۱۲ ^{fg}	۱/۱۴ ^{ef}
	۰/۷۵	۱/۱۵ $^{d-f}$	۱/۱۶ $^{c-f}$	۱/۱۸ ^{ce}	۱/۲ $^{b-d}$
	۱	۱/۲۱ ^{bc}	۱/۲۴ ^{ab}	۱/۲۸ ^{a}	۱/۲۹ ^{a}

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

ملکول‌های پکتین دیواره سلولی می‌باشد که ظاهراً به دی‌پلیمریزه شدن پکتین‌ها برمی‌گردد و تحت تأثیر آنزیم پکتات‌لیاز است، به همین دلیل کاهش یا خاموش کردن فعالیت پکتات‌لیاز منجر به جلوگیری از نرم شدن میوهٔ توت‌فرنگی خواهد شد (۷). بنابراین ممکن است تیمار با ۱- امسی‌پی، با تأثیر بر آنزیم‌های مرتبط با هضم دیواره سلولی و در نتیجه تأخیر در حلالیت پلی‌ساکاریدها، فساد در میوه و کاهش سفتی میوه را به تأخیر اندازد.

دفلیپی و همکاران (۸) بیان نمودند که افزایش مقدار ساکاروز در میوه‌های تیمار شده با ۱- امسی‌پی نسبت به میوه‌های تیمار نشده به کندی صورت می‌گیرد و تیمار ۱- امسی‌پی در غلظت‌های بالا، با جلوگیری از تولید قندهای احیاء کننده و هم‌زمان با کاهش تنفس، مانع از رسیدن مواد جامد محلول به حداکثر مقدار خود می‌شود. با توجه به اینکه شدت تنفس در محصولات تیمار شده با ۱- امسی‌پی کاهش می‌یابد (۱۲)، بنابراین کاهش مواد جامد محلول نیز به تأخیر افتاده است.

با افزایش تنفس و فعالیت‌های قارچی منجر به پوسیدگی میوه، مقدار مواد جامد محلول به سرعت کاهش می‌یابد. به‌نظر 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 شده باشد (۸ و ۲۷). ضمن اینکه این امر با فعالیت کمتر قارچ‌های عامل پوسیدگی و کندی روند افزایش مواد جامد محلول نیز هماهنگ می‌باشد. حفظ ویتامین ث در محصولات تیمار شده با ۱- امسی‌پی می‌تواند بیانگر حفظ کیفیت و ارزش تغذیه‌ای میوه باشد (۳) با توجه به اینکه کاهش ویتامین ث از نظر ارزش غذائی نامطلوب است، بنابراین جلوگیری از کاهش ویتامین ث که احتمالاً با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با اکسیداسیون آن صورت می‌گیرد، در ماندگاری ارزش تغذیه‌ای میوه توت‌فرنگی بسیار مفید است. بیشترین میزان ویتامین ث هم در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی دیده شد. در عناب، هلو و آناناس هم گزارش شده است که تیمار ۱- امسی‌پی منجر به جلوگیری از کاهش ویتامین ث می‌گردد (۲۷).

ویلس و همکاران (۲۹) معتقد است که تغییرات pH عصاره میوه در زمان رسیدن بیشتر ناشی از نشت اسیدهای آلی از واکوئول‌ها به سیتوپلاسم سلولی است که مقایسه دو صفت مذکور نیز این مطالب را تأیید می‌کند. بنابراین تیمار میوه با ۱- امسی‌پی با جلوگیری از تغییرات pH عصاره باعث حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی شده است. قابل ذکر است که در اثر رسیدن بیش از حد میوه، pH عصاره افزایش یافته و از اسیدی به قلیایی تبدیل می‌شود (۱۱) که این امر در میوه‌های تیمار شاهد دیده شد.

حفظ اسیدهای آلی قابل تیتراسیون و ویتامین ث از یک سو و بیشتر بودن مقدار مواد جامد محلول عصاره میوه در تیمارهای

حاوی ۱-امسی‌پی نسبت به شاهد از سوی دیگر، باعث شد که شاخص طعم میوه در این تیمارها هم اختلاف معنی‌داری با شاهد داشته باشند. تغییرات کم این نسبت در تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- امسی‌پی، نشان دهنده اثر مثبت تیمار ۱- امسی‌پی بر حفظ طعم و مزه میوه توت‌فرنگی در طی مدت نگهداری در انبار سرد است. در آلو نیز نسبت TSS/TA در تیمار با ۱- امسی‌پی کمتر از میوه‌های تیمار نشده بوده است (۱۵ و ۲۳). درصورتی‌که میوه توت‌فرنگی در شرایط نامناسب نگه‌داری قرار گیرد، ظاهراً آنزیم‌های گلیکولیتیک مانند انولاز و گلیسرآلدهید-۳- فسفات دهیدروژناز (GA3PDH) و آنزیم‌های تخمیر الکلی مانند الکل دهیدروژناز (ADH) پیروات دکربوکسیداز (PDC) فعال شده تا انرژی لازم برای تنفس سلولی را تأمین کنند (۲۱) و در نتیجه این تغییرات آنزیمی، طعم توت‌فرنگی دچار دگرگونی می‌شود.

با توجه به اینکه مشخص شده است ۱- امسی‌پی باعث بازدارندگی فعالیت آنزیم‌های الکل دهیدروژناز و پیروات دکربوکسیداز می‌شود بنابراین انتظار می‌رود تیمار ۱- امسی‌پی از تغییرات شدید طعم میوه جلوگیری نماید (۲۷). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نیز این مطالب را تأیید می‌کند.

براساس نتایج به‌دست آمده پوترسین نیز به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت (انبارمانی) میوه توت‌فرنگی را افزایش داد و در تیمار با پوترسین، میوه‌هایی که از نظر کیفیت ظاهری سالم و قابل عرضه به بازار بودند، به‌طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های شاهد بود. میوه‌های مزبور پوسیدگی کمتری داشته و بازار پسندی خود را در سطح بالاتری حفظ نمودند. میزان پوسیدگی کمتر میوه‌های تیمار شده با پوترسین نسبت به میوه‌های شاهد بیانگر نقش پوترسین در کنترل آلودگی قارچی می‌باشد. گزارش شده است که پلی‌آمین‌های متصل شده به ترکیبات فنولی و آمیدهای هیدروکسی سینامیک اسید در برهمکنش بین گیاه و پاتوژن‌ها تجمع می‌یابند (۲۵). سطوح پلی‌آمین‌ها در برگ‌های گیاه جو آلوده به قارچ زنگار قهوه‌ای و سفیدک سطحی به‌شدت افزایش نشان داده است که حاکی از نقش این ترکیبات در سیستم دفاعی گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا می‌باشد. بنابراین منطقی به‌نظر می‌رسد که پوترسین برون زاد نقش ضد پوسیدگی در میوه توت‌فرنگی داشته باشد.(۹). پلی‌آمین‌ها با ممانعت از تولید آنزیم‌های ضروری برای سنتز اتیلن از بروز پیری و نرم‌شدن میوه جلوگیری می‌کنند و بنابراین تیمار پوترسین باعث حفظ سفتی بافت میوه شده است (۲۶). اثر پلی‌آمین‌ها در افزایش سفتی گوشت میوه را می‌توان به اتصال آنها به ترکیبات پکتیکی دیواره سلول نسبت داد. این اتصال به ثبات و پایداری دیواره سلول منجر می‌شود که بلافاصله پس از تیمار قابل تشخیص است. اتصال مذکور هم‌چنین مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره از جمله: پکتین متیل استراز (PME)، پکتین استراز (PE) و پلی گالاکتروناز (PG) شده که به نوبهٔ خود، نرم شدن میوه‌ها در انبار را کاهش می‌دهد (۲۴). کاربرد پوترسین تأثیر معنی‌داری براسیدهای آلی، ویتامین ث، مواد جامد محلول، pH عصاره و شاخص طعم میوه داشت. به‌نظر می‌رسد افزایش شدید تنفس در میوه‌های تیمار نشده (به‌دلیل گسترش شدید و سریع پوسیدگی میوه‌ها) و تسریع روند پیری و نرم شدن این میوه‌ها باعث مصرف اسیدهای آلی میوه و کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون و هم‌چنین کاهش ارزش تغذیه ای (ویتامین ث) و pH عصاره شده باشد. نتایج تحقیقات انجام شده در بررسی اثرات پوترسین بر افزایش عمر قفسه‌ای زردآلو (۱۵) و آلو (۱۸) نیز این مطلب را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه تیمار ۱- امسی‌پی و پوترسین همه خصوصیات فیزیکوشیمیایی مورد پژوهش را تحت تأثیر قرار داده است می‌تواند بر تغییرات بیوشیمیایی مختلف میوه توت‌فرنگی در زمان رسیدن مؤثر باشد و آنها را به تأخیر می‌اندازد. لذا با توجه به نتایج این تحقیق به‌نظر می‌رسد که

کاربرد توأم پوتریسین به همراه ۱- امسی‌پی می‌تواند به‌عنوان یک روش سالم و مطلوب در تیمار پس از برداشت توت‌فرنگی مطرح باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از مساعدت دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان) به‌دلیل در اختیار گذاشتن امکانات لازم، سپاسگزاری می‌نمایند.

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. 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. Arrigoni, O., G. Calabrese, L. De Gara, M. B. Bitonti and R. Liso. 1997. Correlation between changes in cell ascorbate and growth of Lupinus albus seedlings. *Journal of Plant Physiology* 150: 302-308.
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. Benavides M. P., S. M. Gallego Comba and M. E. Tomaro. 2000. Relationship between polyamines and paraquat toxicity in sunflower leaf discs. *Plant Growth Regulation* 31: 215-224.
7. Bustamante, C. A., H. G. Rosli, M. C. Anon, P. M. Civello and G. A. Martınez. 2006. B-Xylosidase in strawberry fruit: Isolation of a full-length gene and analysis of its expression and enzymatic activity in cultivars with contrasting firmness. *Plant Science* 171: 497-504.
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 & Food Chemistry* 52: 5694-5701.
9. Dibble, A. R. G., P. J. Davies and M. A. Mutschler. 1988. Polyamine content of long-keeping Alcobaca tomato fruit. *Plant Physiology* 86: 338-340.
10. Egan, H., R. S. Kirk and R. Sawyer. 1985. Pearson's Chemical Analysis of Foods, 8th ed., Churchill Livingstone, Ltd., UK.
11. Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CABI Publishing, UK.
12. 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.
13. 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.
14. Knee, M. 2002. Fruit Quality and its Biological Basis, CRC Press, UK.
15. 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.
16. Mazumdar, B. C. and K. Majumder. 2003. Methodes on Physico-Chemical Analysis of Fruits. Daya Publishing House, Delhi.
17. 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.
18. Perez- Vicente A., D. Martinez-Romero, A. Carbonell, F. Serrano, F. Riquelme, F. Guillen and D. Valero. 2002. Rol of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina*) storage. *Postharvest Biology and Technology* 25:25-32.
19. Rutkowski, K. P., D. E. Kruczynska and E. Zurawicz. 2006. Quality and shelflife of strawberry cultivars in Poland. *Acta Horticulturae* 708: 329-332.
20. 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.
21. 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 Food Chemistry* 46: 2266-2269.

22. Sisler, E. C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum* 100: 577-582.
23. 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 and Emerging Technologies* 4: 339-348.
24. Valero, D., D. Martınez-Romeroy and M. Serrano. 2002. The role of polyamines in the improvemen of the shelf life of fruit. *Trends in Food Science and Technology* 13: 228–234.
25. Walters, D. R. 2003. Polyamines and plant disease. *Phytochemistry* 64: 97-107.
26. Wang, C. Y., W. S. Conway, J. A. Abbott, G. F. Kramer and C. E. Sams. 1993. Postharvestinfiltration of polyamines and calcium influences ethylene production and texture changesin Golden Delicious apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118: 801-806.
27. Watkins C. B., J. F. Nock and B. D. Whitaker. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmos phere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 19: 17-32.
28. Watkins, C. B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389-409.
29. Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. 4th Edition, Hyde Park Press, Australia.
30. Zheng, Y., S. Y. Wang, C. Y. Wanga and W. Zheng. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT* 40: 49-57.
31. Zokaei khosroshahi, M and M. Asna Ashra. 1998. Effects of putrescine on improving shelf life of strawberry, apricot, peach and cherry. *Journal of the Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 45: 219-228. (In Farsi).