

اثر پوتریسین، کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر ویژگی های کیفی و انبارماني پَس از برداشت میوه آلو رقم شابلون (Shablon)

صبا شکراله فام^{۱*}، جعفر حاجی لو^۲، فریبرز زارع نهندي^۳، سيد جلال طباطبائي^۴ و رحيم نقش بندحسني^۵

* نویسنده مسوول: کارشناس ارشد میوه کاری، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(Shokrani2000@gmail.com)

۵ و ۴، ۳ - استادیاران گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۵

چکیده

اثر کاربرد پوتریسین، کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک در غلظت های مختلف بر کیفیت و عمر پس از برداشت میوه های آلو رقم شابلون در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بررسی شد. میوه ها در کلرید کلسیم ۶۰ و ۸۰ میلی مولار، پوتریسین ۱ و ۲ میلی مولار، اسید سالیسیلیک ۱ و ۳ میلی مولار و آب مقطر (تیمار شاهد) به روش غوطه وری تیمار شدند و در سردخانه با دمای ۱-۲ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۸۰٪ به مدت ۶ هفته نگهداری شدند. سپس پارامترهای کیفی از قبیل کاهش وزن، سفتی بافت، مواد جامد محلول، اسیدیتته و ویتامین ث در طول دوره انبارداری، هر هفته یکبار اندازه گیری شدند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمار و زمان بر روی تمام صفات اندازه گیری شده در سطح آماری ۱ درصد معنی دار شده است. به طوری که تیمارهای مورد نظر موجب حفظ کلیه ویژگی های کیفی میوه در طول دوره نگهداری گردید. اثر متقابل تیمار- زمان در سه صفت درصد کاهش وزن میوه، سفتی و مقدار مواد جامد محلول تفاوت معنی داری نداشت. در حالی که برهمکنش تیمار و زمان بر میزان اسیدیتته و ویتامین ث میوه ها در سطح آماری ۵ درصد معنی دار گردید. یعنی با پیشرفت روند نگهداری میوه در سردخانه از مقادیر اسیدیتته و ویتامین ث کاسته شد. مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بین شاهد و بقیه تیمارها اختلاف معنی داری در تمام ویژگی های کیفی میوه وجود داشت. مؤثرترین تیمار در جلوگیری از کاهش وزن تر میوه ها کلرید کلسیم بود. در مورد حفظ ویتامین ث میوه ها کلرید کلسیم و پوتریسین بهتر از اسید سالیسیلیک عمل کرد.

کلید واژه ها: انبارماني، پوتریسین، اسید سالیسیلیک، کلرید کلسیم، آلو شابلون

مقدمه

اکثر ارقام آلو دارای میوه های فرازگرا بوده به گونه ای که افزایش میزان تنفس و تولید اتیلن به صورت همزمان در طی دوره پس از برداشت میوه روی می دهد (سرانو و همکاران^۱، ۲۰۰۳). کاهش سرعت رسیدن و به تعویق انداختن پیری در این قبیل میوه ها به منظور افزایش انبارماني آن ها بسیار ضروری به نظر می رسد. کلسیم یکی از عناصر بسیار ضروری در حفظ کیفیت پس از برداشت میوه ها و سبزیجات می باشد که

میوه آلو به خاطر داشتن آب زیاد و سرعت تنفس بالا در دوره پس از برداشت، شدیداً در معرض فساد بوده و انبارماني بسیار کوتاهی دارد. از عوارض فیزیولوژیکی که موقع نگهداری میوه رخ می دهد می توان به افزایش متابولیسم، قهوه ای شدن گوشت، کاهش آب و وزن میوه اشاره نمود. چنین تغییراتی منجر به پیری، کاهش کیفیت و بازارپسندی محصول می گردد (میلر^۱، ۱۹۹۲).

اتیلن در موز (سریواستاوا و دیویدی^۹، ۲۰۰۰)، کیوی فروت (اقدام و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۹) و هلو (وانگ و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۶) گزارش شده است. اسید سالیسیلیک به عنوان یک ترکیب فنلی ساده در گیاه از فعالیت آنزیم ACC اکسیداز^{۱۲} جلوگیری می کند. در واقع اسید سالیسیلیک با بیوستتزر و عمل اتیلن در گیاه از طریق تنظیم بیان ژنهای مربوط به آنزیم های ACC سنتاز و ACC اکسیداز رقابت می کند (راسکین، ۱۹۹۲a) و با افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی موجب کاهش گونه های فعال اکسیژنی می شود (انصاری و میسر^{۱۳}، ۲۰۰۷ و خان و همکاران^{۱۴}، ۲۰۰۳).

پلی آمین ها از ترکیبات پلی کاتیونی با وزن مولکولی پایین می باشند که در ساختار سلولی کلیه موجودات زنده حضور دارند. پلی آمین ها در فرم های آزاد به عنوان عوامل ضد پیری محسوب می شوند (هبی و پرسون^{۱۵}، ۱۹۹۰). کاربرد خارجی آن ها روی محصول موجب جلوگیری از تغییر رنگ، افزایش سفتی میوه، به تأخیر انداختن تولید اتیلن و تنفس محصول می شود. افزایش سفتی و کاهش نرم شدن بافت به دنبال تیمار پس از برداشت پوتریسین در بسیاری از محصولات باغبانی از جمله هلو (برگولی و همکاران^{۱۶}، ۲۰۰۲) و آلو (سرانو و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش شده است. از آنجایی که مسیر بیوستتزی پلی آمین ها و اتیلن در داخل سلول های گیاهی یکسان است و از پیش ماده اس آدنوزیل متیونین^{۱۷} شروع می شود، این دو تنظیم کننده رشد گیاهی دارای اثرات متقابل با یکدیگر طی دوره رسیدن و پیری محصول می باشند (کرامر و همکاران^{۱۸}، ۱۹۹۱).

کمبود آن سبب کاهش کیفیت میوه می شود. از آنجایی که نرم شدن بافت میوه مهمترین عامل محدود کننده عمر انباری و بازاری آلو می باشد، با کاربرد کلسیم قبل و پس از برداشت می توان مدت نگهداری میوه در انبار را از طریق حفظ سفتی بافت میوه افزایش داد. کلسیم باعث کاهش سرعت پیری، رسیدگی و ایجاد تحمل به پاتوژن و کاهش حساسیت به سرمازدگی به وسیله به تأخیر انداختن پیری دیواره سلولی و نگهداری و ثبات غشا و طولانی کردن ظرفیت غشا در انتقال سیگنال های سلولی می شود (براون و همکاران^۱، ۱۹۹۵). تیمار خارجی کلسیم در بسیاری از میوه ها از قبیل هلو (ناوجت و همکاران^۲، ۲۰۱۰)، کیوی فروت (فرگوسن^۳، ۱۹۸۴) و توت فرنگی (لارا و همکاران^۴، ۲۰۰۴) باعث بهبود شاخص های انباری آن ها می شود. وجود یون های کلسیم به صورت پکتات در تیغه میانی برای استحکام دیواره های سلولی و بافت گیاهی ضروری است. همچنین کلسیم با پیوند دادن فسفات ها و گروه های کربوکسیلات، فسفولیپیدها و پروتئین های سطح غشای سلولی سبب پایداری آن می شود (آبوت و کانوی^۵، ۱۹۸۹ و دمارتی و همکاران^۶، ۱۹۸۴).

کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی، در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان از قبیل تنفس، تعرق، باز و بسته شدن روزنه ها، تعادل بین رشد و پیری، رسیدن و پیری میوه ها، تولید گرما، بیوستتزر و اثر اتیلن، مقاومت در برابر حمله پاتوژن ها و فعال شدن سیستم مقاومت القایی سیستمیک، نقش دارد (لی و همکاران^۷، ۱۹۹۵ و راسکین^۸، ۱۹۹۲b). حفظ سفتی بافت میوه در اثر تیمار اسید سالیسیلیک به دلیل جلوگیری از بیوستتزر و تولید

9 - Srivastava & Dwivedi

10 - Aghdam *et al.*11 - Wang *et al.*

12 - ACC-oxidase

13 - Ansari & Misra

14 - Khan *et al.*

15 - Heby & Persson

16 - Bregoli *et al.*

17 - S-Adnosyl methionine (SAM)

18 - Kramer *et al.*1 - Brown *et al.*2 - Navjot *et al.*

3 - Ferguson

4 - Lara *et al.*

5 - Aboot & Conway

6 - Demarty *et al.*7 - Lee *et al.*

8 - Raskin

اندازه گیری ها

برای تعیین میزان درصد کاهش وزن میوه ها قبل از اعمال تیمار تعداد ۴ عدد میوه به صورت تصادفی با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. هر هفته بلافاصله بعد از خروج از سردخانه میوه های موجود در هر تکرار دوباره وزن شده و درصد کاهش وزن محاسبه گردید (اختر و همکاران^۱، ۲۰۱۰). برای اندازه گیری سفتی بافت از دو سمت مقابل و بعد از برداشتن پوست میوه از دستگاه پنترومتر مدل FT-011 کمپانی Effegi ایتالیا با نوک میله نفوذ کننده ۸ میلیمتری استفاده شد. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ نوک میله در میوه بر حسب کیلوگرم نیرو بیان گردید (زکائی خسروشاهی و اثنی عشری، ۲۰۰۸). عصاره ۴ عدد میوه با استفاده از دستگاه آب میوه گیری استخراج شد. برای اندازه گیری میزان مواد جامد محلول از عصاره صاف شده میوه ها و دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (مدل PAL-1) ساخت شرکت Atago ژاپن استفاده شد. برای تعیین میزان اسیدپته کل میوه، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد. مقدار اسیدپته قابل تیتراسیون بر اساس گرم اسید مالیک در ۱۰۰ سی سی عصاره میوه (درصد) محاسبه شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸۴). میزان ویتامین ث (میلی گرم اسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه) میوه ها، با روش تیتراسیون با ۶،۲ دی کلرو فنل ایندوفنل^۳ اندازه گیری شد. مقدار ویتامین ث بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم آب میوه بیان شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸۴). میزان اتیلن تولید شده با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی (SHIMADZU, JAPAN) مدل ۲۰۱۱ و به روش سیستم بسته اندازه گیری شد. چهار میوه پس از تعیین حجم و وزن در ظرف شیشه ای یک لیتری قرار داده شدند پس از یک ساعت نمونه گازی داخل ظرف با استفاده از سوزن دو سر و ظرف خلأ (ونوزکت) هفت میلی لیتری برداشت شد. سپس یک میلی لیتر از نمونه

هدف از این پژوهش بررسی اثر پوتریسین، کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک و غلظت های مختلف آن ها بر کاهش وزن، عمر پس از برداشت و تغییرات کیفی میوه آلو رقم شابلون^۱ طی دوره انبارداری بود.

مواد و روش ها

مواد گیاهی

در این آزمایش از میوه آلو رقم شابلون استفاده شد. میوه ها در مرحله بلوغ تجاری، از یک باغ تجاری واقع در شهرستان شبستر در تابستان سال ۱۳۸۹ برداشت و به آزمایشگاه بیولوژی گلدهی و فیزیولوژی رشد و نمو میوه واقع در محل آزمایشگاه های تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شدند. قبل از اعمال هر گونه تیمار، ویژگی های کمی و کیفی میوه (شامل سفتی اولیه، وزن میوه، مواد جامد محلول، اسیدپته و میزان ویتامین ث) اندازه گیری شد. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول ۷ سطح تیماری و فاکتور دوم مدت زمان انبارداری (۶ هفته) بود. تیمارها شامل کلرید کلسیم ۹۵ درصد شرکت مرک آلمان در دو سطح ۶۰ و ۸۰ میلی مولار، پوتریسین با خلوص ۹۸ درصد تهیه شده از شرکت مرک آلمان در دو سطح ۱ و ۲ میلی مولار، اسید سالیسیلیک در دو غلظت ۱ و ۳ میلی مولار و آب مقطر (شاهد) بودند. برای اعمال تیمارها از روش غوطه وری به مدت ۵ دقیقه استفاده شد (زکائی خسروشاهی و اثنی عشری، ۱۳۸۷). بعد از اعمال تیمارها میوه ها به مدت یک تا دو ساعت در دمای اتاق خشک شده سپس به سردخانه با دمای ۲-۱ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰٪ منتقل شدند. اندازه گیری پارامترهای کیفی بعد از انبار کردن، هر هفته یک بار تا شش هفته بعد از انبار کردن انجام گردید.

2 - Akhtar *et al.*

3 - 2,6-Dichloro-phenol Indophenol

1 - Shablon

مورد پوتریسین و اثر آن بر کاهش وزن میوه‌ها مطابقت دارد (زکایی خسروشاهی و همکاران^۳، ۲۰۰۷ و سرانو و همکاران، ۲۰۰۳). اسید سالیسیلیک از طریق جلوگیری از بیوسنتز اتیلن تنفس میوه را کاهش می‌دهد (سریواستاوا و دیدیدی، ۲۰۰۰) همچنین از طریق بستن روزنه‌ها از سرعت تنفسی و کاهش وزن میوه جلوگیری می‌کند (زننگ و زانگ^۴، ۲۰۰۴). جلوگیری از درصد کاهش وزن تر میوه در کیوی‌های تیمار شده با محلول اسید سالیسیلیک نیز (فتاحی و همکاران^۵، ۲۰۱۰) گزارش شده است.

سفتی بافت میوه: اثر تیمار و زمان انبارداری روی سفتی بافت میوه در سطح آماری ۱ درصد معنی دار گردید (جدول ۱). در طول دوره انبارداری (از هفته اول تا ششم) سفتی به تدریج کاهش یافت به طوری که در هفته ششم انبارداری کمترین مقدار سفتی مشاهده شد. در بین تیمارها پوتریسین ۱ و ۲ میلی مولار، کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار به طور معنی داری سفتی بیشتری نسبت به بقیه تیمارها داشته‌اند. شاهد به طور معنی داری نسبت به بقیه تیمارها کمترین مقدار سفتی را نشان داد (شکل ۲، الف). اثر متقابل عامل تیمار و زمان انبارداری در مورد سفتی بافت میوه معنی دار نگردید که این نشان می‌دهد روند تغییرات تیمارها در هر یک از زمان‌های انبارداری تقریباً یکسان بود (جدول ۱). مکانیسم حفظ سفتی بافت میوه‌ها توسط پلی آمین‌ها به دلیل ماهیت کاتیونی آن‌ها می‌باشد که با اتصال به ماکرومولکول‌های آنیونی همچون فسفولیپیدها و پکتین‌ها باعث حفظ سفتی بافت می‌شوند (کرامر و همکاران، ۱۹۹۱). حفظ سفتی در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم به وسیله شکل‌گیری کراس‌لینک‌هایی بین گروه کربوکسیل آزاد دیواره سلولی و زنجیره

گاز توسط سرنگ همپلتون از نوژکت برداشت شد و به دستگاه GC تزریق گردید.

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (Version 15) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

کاهش وزن: اثر تیمار و زمان‌های مختلف

انبارداری بر درصد کاهش وزن میوه‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۱). در طول دوره انبارداری وزن میوه‌ها به تدریج کاهش یافته به طوری که در بین زمان‌های مختلف انبارداری بیشترین درصد کاهش وزن در هفته ششم مشاهده شد (شکل ۱، ب). در بین تیمارها هر دو غلظت کلرید کلسیم کمترین درصد کاهش وزن را نسبت به بقیه تیمارها ایجاد کردند و بعد از آن پوتریسین ۱ میلی مولار قرار داشت (شکل ۱، الف). مهمترین عاملی که باعث کاهش وزن می‌شود افزایش تخریب از سطح میوه در طی دوره انبارداری است. علت کاهش وزن کمتر در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم حفظ سفتی میوه و استحکام بافت از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول از بین برنده ساختار سلولی است که تبادلات گازی را کاهش می‌دهد (لوی و پوآوا^۱ ۱۹۷۹ و ناوجت و همکاران، ۲۰۱۰). کلسیم پیری را به تأخیر انداخته و باعث کاهش میزان تبخیر و تخریب می‌شود. میوه‌های گلابی تیمار شده با کلرید کلسیم در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده در طول ۷۵ روز دوره انبارداری کاهش وزن کمتری نشان دادند (ماهاجان و دات^۲، ۲۰۰۴). پلی آمین‌ها و یون کلسیم با کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن، حفظ تورژسانس سلول‌ها و حفاظت از غشاها باعث کاهش از دست دهی رطوبت می‌شوند. نتیجه پژوهش حاضر با نتایج سایر محققین در

3- Khosroshahi *et al.*

4 - Zheng & Zhang

5 - Fattahi *et al.*

1 - Levy & Poovaiah

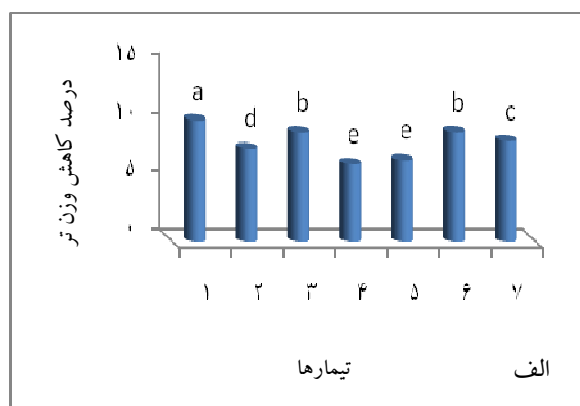
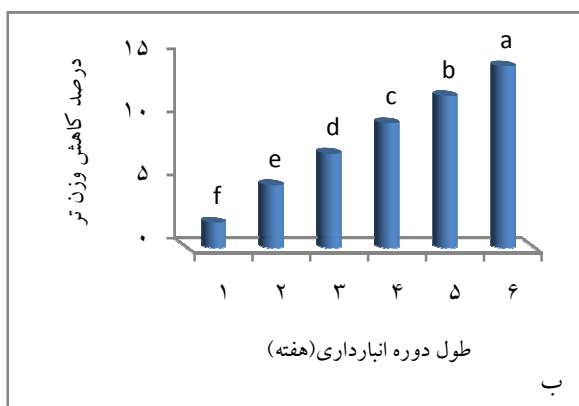
2 - Mahajan & Dhath

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی های مورد بررسی در طول دوره انبارداری

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	کاهش وزن	سفتی بافت	مواد جامد محلول	اسیدیته قابل تیتراسیون	میزان ویتامین ث
تیمار	۶	۳۳/۵۱۸ **	۹/۴۵۶ **	۲۸/۸۲۸ **	۰/۰۳۵ **	۶/۸۶۳ **
زمان	۵	۴۴۱/۰۵۹ **	۲۰/۱۸۱ **	۱۹/۳۱۱ **	۴/۲۶۰ **	۸۴/۵۶۹ **
تیمار×زمان	۳۰	۱/۱۰۳ ^{ns}	۰/۷۸۱ ^{ns}	۰/۶۸۳ ^{ns}	۰/۰۰۸ *	۴/۴۹۴ *
خطا	۸۴	۰/۱۰۳	۱/۰۷۸	۲/۳۸۰	۰/۰۰۶	۰/۳۶۵

ns اختلاف معنی دار نیست

*, ** به ترتیب در سطوح ۵ درصد و ۱٪ معنی دار است



شکل ۱- تأثیر تیمارها (۱: شاهد، ۲: پوتریسین ۱ میلی مولار، ۳: پوتریسین ۲ میلی مولار، ۴: کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار، ۵: کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار، ۶: اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و ۷: اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار) و زمان های مختلف انبارداری بر درصد کاهش وزن تر میوه ها

(ستون های با حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند)

میوه به دنبال تیمار اسید سالیسیلیک در طول دوره انبارداری در کیوی فروت (اقدام و همکاران^۴، ۲۰۰۹) و موز (سریواستاوا و دیدیدی، ۲۰۰۰) گزارش شده است.

مواد جامد محلول کل: اثر تیمار و زمان انبارداری بر مقدار مواد جامد محلول میوه ها در سطح آماری ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۱). در حالی که اثر متقابل دو عامل فوق معنی دار نبود. مقدار مواد جامد محلول در طول دوره انبارداری کاهش یافت، که این کاهش احتمالاً در اثر مصرف مواد آلی در فرآیند تنفس

پکتین می باشد که باعث پایداری غشای سلولی می شود (مانگاناریس و همکاران^۱، ۲۰۰۷). اسید سالیسیلیک نیز به عنوان یک ترکیب فنولی ساده از طریق تنظیم بیان ژن های موثر در آنزیم ACC سینتاز و ACC اکسیداز سفتی بافت میوه را حفظ کرده است (لسلی و رومانی^۲، ۱۹۸۶). همچنین اسید سالیسیلیک از طریق کاهش تولید اتیلن و آنزیم های نرم کننده دیواره سلولی مانند پلی گالاکتروناز، سلولاز و پکتینازها باعث کاهش نرم شدن میوه شده است (شافعی و همکاران^۳، ۲۰۱۰). حفظ سفتی

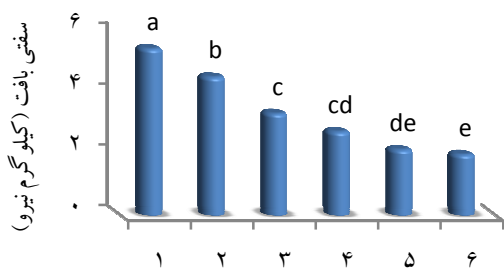
4- Aghdam et al.

1 - Manganaris et al.
2 - Leslie & Romani
3 - Shafiee et al.

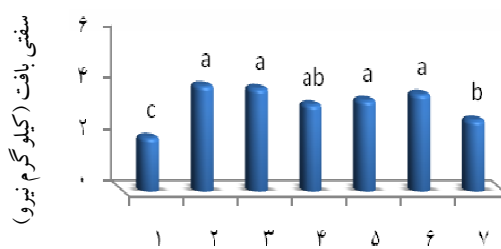
شکراله فام و همکاران: اثر پوتریسین ، کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر...

محلول را حفظ کرد (۳/۸۶ واحد بیشتر از شاهد) (جدول ۲). در توت فرنگی نیز تیمار اسید سالیسیلیک از کاهش مواد جامد محلول در طول دوره انبارداری جلوگیری نمود (اصغری، ۱۳۸۵).

و تبدیل آن ها به CO₂ و آب می باشد. به طوری که در زمان های مختلف انبارداری کمترین مقدار مواد جامد محلول در هفته پنجم و ششم مشاهده شد (جدول ۳). در بین تیمارها، اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار به طور معنی داری نسبت به بقیه تیمارها مقدار بیشتری مواد جامد



الف سفتی بافت (کیلوگرم نیرو)



ب تیمارها

شکل ۲- تأثیر تیمارها (۱:شاهد، ۲:پوتریسین ۱ میلی مولار، ۳:پوتریسین ۲ میلی مولار، ۴: کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار، ۵: کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار، ۶: اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و ۷: اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار) و زمان های مختلف انبارداری بر سفتی بافت میوه ها (ستون های با حروف مشابه در سطح احتمال ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند)

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر صفات اندازه گیری شده

مقایسه میانگین صفات			تیمار
ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه)	اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم در ۱۰۰ سی سی)	مواد جامد محلول (بریکس)	
۸/۲۴ ^b	۰/۶۵ ^b	۱۱ ^c	شاهد
۹/۹۶ ^a	۰/۷۴ ^a	۱۳/۵۶ ^b	PUT 1 mM
۹/۵۱ ^a	۰/۷۷ ^a	۱۴/۰۴ ^{ab}	PUT 2 mM
۱۰/۱۱ ^a	۰/۷۵ ^a	۱۴/۱۱ ^{ab}	CaCl ₂ 60mM
۹/۶۶ ^a	۰/۷۹ ^a	۱۴/۰۰ ^{ab}	CaCl ₂ 80mM
۹/۲۹ ^{ab}	۰/۷۶ ^a	۱۴/۸۶ ^a	SA 1mM
۹/۲۱ ^{ab}	۰/۷۷ ^a	۱۴/۴۵ ^{ab}	SA 3mM

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زمان های مختلف انبارداری روی صفات اندازه گیری شده

مقایسه میانگین صفات			
زمان انبارداری	مواد جامد محلول (بریکس)	اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم در ۱۰۰ سی سی)	ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه)
هفته اول	۱۵/۱۴ ^a	۱/۶۶ ^a	۱۱/۰۹ ^a
هفته دوم	۱۴/۲۸ ^{ab}	۰/۶۱ ^b	۱۰/۴۷ ^a
هفته سوم	۱۴/۰۲ ^b	۰/۵۹ ^b	۱۰/۳۴ ^a
هفته چهارم	۱۳/۳۸ ^{bc}	۰/۵۸ ^b	۱۰/۹۱ ^a
هفته پنجم	۱۲/۹۶ ^c	۰/۵۷ ^b	۷/۲ ^b
هفته ششم	۱۲/۵ ^c	۰/۴۶ ^c	۶/۵۵ ^b

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱٪ آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): اثر تیمار و زمان

انبارداری بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه ها در سطح آماری ۱ درصد و اثر متقابل دو عامل فوق در سطح آماری ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۱). اسیدیته قابل تیتراسیون در طول دوره انبارداری کاهش یافت به طوری که در آخرین هفته انبارداری کمترین مقدار اسیدیته در میوه ها ثبت شد که نسبت به هفته اول ۱/۲ گرم کاهش داشت (جدول ۳). در بین تیمارها شاهد به طور معنی داری نسبت به بقیه تیمارها کمترین اسیدیته را داشته است (جدول ۲). اثر متقابل دو عامل تیمار- زمان نشان می دهد که در هفته دوم انبارداری کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار بهترین تیمار از نظر حفظ اسیدیته بود. در هفته سوم پوتریسین ۱ میلی مولار، هفته چهارم پوتریسین ۲ میلی مولار، هفته پنجم اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار و بالاخره هفته ششم کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار شاخص ترین تیمارهای حفظ اسیدیته میوه ها بودند (جدول ۴). اسیدیته به طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسید آلی غالب در میوه است که یک پارامتر مهم در نگهداری کیفیت میوه می باشد. از آنجا که اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا برای واکنش های آنزیمی تنفس به کار می روند، انتظار می رود طی دوره پس از برداشت اسیدیته میوه کاهش یابد. می توان گفت استفاده از کلرید کلسیم میزان تنفس میوه را کاهش داده و از این طریق مصرف اسیدهای آلی را به تأخیر می اندازد. کاهش

اسیدیته به علت تغییرات بیوشیمیایی ترکیبات آلی میوه در طی فرآیند تنفس بسیار محتمل است (دینگ و همکاران، ۱۹۹۸). پس هر تیماری که باعث کندی متابولیسم و پیری محصول شود می تواند سرعت تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون را در طول انبارداری کاهش دهد (جلیلی، ۱۳۸۴). از آنجایی که نقش پوتریسین و اسید سالیسیلیک نیز در به تأخیر انداختن رسیدن میوه و کاهش تولیدات اتیلن و سرعت تنفسی به اثبات رسیده است، این ترکیبات باعث کاهش سرعت تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون می شوند.

ویتامین ث: اثر تیمار و زمان های مختلف انبارداری

بر میزان ویتامین ث میوه ها در سطح آماری ۱ و برهمکنش آن ها در سطح آماری ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۱). مقدار ویتامین ث میوه ها در طول دوره انبارداری به تدریج کاهش یافته به طوری که در دو هفته پایانی انبارداری کمترین مقدار ویتامین ث مشاهده شد ولی تا هفته چهارم انبارداری کاهش معنی داری در مقدار ویتامین ث میوه ها مشاهده نشد (جدول ۳). در بین تیمارها شاهد به طور معنی داری کمترین مقدار ویتامین ث را داشت. در بین سه ماده شیمیایی پوتریسین و کلرید کلسیم نسبت به اسید سالیسیلیک از نظر حفظ ویتامین ث کارآمدتر بودند (جدول ۲). با این حال اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری نشان می دهد که در سه هفته اول انبارداری به ترتیب پوتریسین ۱ و ۲ میلی مولار بهترین

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری بر اسیدیته قابل تیتراسیون

اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم در ۱۰۰ سی سی)	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
شاهد	۱/۴۹ b	۰/۵۰۶ efghij	۰/۵۴ cdefghij	۰/۴۸۳ ghij	۰/۴۸۶ fghij	۰/۴۵ j
پوتریسین ۱ میلی مولار	۱/۵۵ b	۰/۶۱۶ cdefgh	۰/۶۵۳ cde	۰/۶۳ cdefg	۰/۵۲۶ defghij	۰/۴۶۳ ij
پوتریسین ۲ میلی مولار	۱/۷۵ a	۰/۶۳۳ cdefg	۰/۵۸ cdefghij	۰/۶۶۶ cd	۰/۵۷ cdefghij	۰/۴۶۶ hij
کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار	۱/۶۷ a	۰/۶۳۶ cdef	۰/۶۲۶ cdefg	۰/۵۳ defghij	۰/۵۷ cdefghij	۰/۴۹ fghij
کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار	۱/۷۸ a	۰/۶۸۶ c	۰/۵۴۶ cdefghij	۰/۵۹۳ cdefghuij	۰/۶۳ cdefg	۰/۵۲۶ defghij
اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار	۱/۶۹ a	۰/۵۴ cdefghij	۰/۶۱۶ cdefgh	۰/۶۲۶ cdefg	۰/۶۳۶ cdef	۰/۴۷۳ hij
اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار	۱/۷۳ a	۰/۶۷ cd	۰/۶۰۶ cdefghi	۰/۵۶ cdefghij	۰/۵۹ cdefghij	۰/۴۸۳ ghij

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند

در هفته سوم انبارداری کمترین تولید اتیلن در میوه های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۳ و پوتریسین ۱ میلی مولار مشاهده شد و در هفته ششم نیز بهترین تیمارها در ممانعت از تولید اتیلن پوتریسین ۱ و ۲ و کلرید کلسیم ۶۰ و ۸۰ میلی مولار بود. در تمام مراحل انبارداری بیشترین تولید اتیلن در میوه های شاهد گزارش گردید. این نتایج نشان داد که احتمالاً در رقم شابلون از بین رفتن میوه وابسته به تولید اتیلن می باشد و تیمارهای شیمیایی به طور معنی داری از تولید اتیلن جلوگیری کردند (جدول ۴).

ممانعت از تولید اتیلن بارزترین ویژگی پلی آمین ها می باشد و بسیاری از آزمایش ها نقش ضد اتیلنی پلی آمین ها را تأیید می کند. پلی آمین ها با جلوگیری از رونویسی، سنتز و فعالیت آنزیم ACC سنتاز تولید اتیلن را تحت تأثیر قرار می دهند همچنین گزارش شده است پلی آمین ها فعالیت ACC اکسیداز را از طریق حذف رادیکال های آزاد سوپر اکسید که برای تبدیل ACC به اتیلن ضروری اند را بلوکه می کند (زکایی خسروشاهی و اثنی عشری، ۱۳۸۷). میزان تولید اتیلن با غلظت کلسیم نیز نسبت عکس دارد. لونا-گزمان و همکاران^۲ (۲۰۰۰)

تیمارها بودند و در هفته چهارم، پنجم و ششم انبارداری نیز به ترتیب کلرید کلسیم ۶۰ و ۸۰ میلی مولار شاخص ترین تیمار از نظر حفظ ویتامین ث بودند (جدول ۵). کلرید کلسیم و پوتریسین با داشتن بار مولکولی و اتصال به غشا باعث پایداری آنها می شوند و با این کار از اتصال رادیکال های آزاد و گونه های فعال اکسیژن به غشا جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشاهای زیستی کمک می کنند و در حقیقت نقش آنتی اکسیدان ها نظیر ویتامین ث را به عهده می گیرند و از تجزیه ویتامین ث جلوگیری میکنند (اسپیناردی^۱، ۲۰۰۵). اسید سالیسیلیک نیز با افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، اکسیداسیون سریع اسید آسکوربیک را به تاخیر می اندازد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶).

تولید اتیلن: مقایسات میانگین اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری بر تولید اتیلن میوه ها نشان داد که اثر تیمارهای انجام شده بر تولید اتیلن میوه ها وابسته به زمان می باشد. به طوری که در هفته اول انبارداری کمترین تولید اتیلن در میوه های تیمار شده با کلرید کلسیم ۶۰ و پوتریسین ۱ میلی مولار مشاهده گردید و بعد از آن کلرید کلسیم ۸۰ و پوتریسین ۳ میلی مولار قرار داشت.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری بر ویتامین ث میوه ها

ویتامین ث (میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم میوه)	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
شاهد	۸/۵۵ defghijk	۹ cdefghij	۱۱/۲۱ abcde	۹ cdefghij	۶/۷۵ hijkl	۴/۹۵ l
پوتریسین ۱ میلی مولار	۱۳/۴۶ ab	۱۱/۲۳ abcde	۱۰/۸ bcdef	۱۰/۷۸ bcdef	۸/۱ efghijkl	۵/۴ kl
پوتریسین ۲ میلی مولار	۱۱/۶۶ abcd	۱۱/۲۳ abcde	۱۱/۶۸ abcd	۹/۴۵ cdefghi	۶/۷۵ hijkl	۶/۳ ijkl
کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار	۱۰/۳۳ bcdefg	۱۱/۲۳ abcde	۹ cdefghij	۱۴/۴ a	۷/۶۵ fghijkl	۸/۱ efghijkl
کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار	۱۰/۷۸ bcdef	۹/۹ cdefgh	۱۰/۳۳ bcdefg	۱۱/۲۱ abcde	۸/۵۵ defghijk	۷/۲ ghijkl
اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار	۱۱/۲۳ abcde	۹/۹ cdefgh	۹/۴۵ cdefghi	۱۲/۱۳ abc	۶/۷۵ hijkl	۶/۳ ijkl
اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار	۱۱/۶۶ abcd	۱۰/۸ bcdef	۹/۹ cdefgh	۹/۴۵ cdefghi	۵/۸۵ jkl	۷/۶۵ fghijkl

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری بر اتیلن تولید شده

اتیلن (نانولیترا بر ساعت در هر کیلوگرم میوه)	هفته اول	هفته سوم	هفته ششم
شاهد	۰/۱۷۰ ^a	۰/۰۸۲ ^{fgh}	۰/۱۳۳ ^c
پوتریسین ۱ میلی مولار	۰/۰۸۵ ^{efgh}	۰/۰۷۳ ^h	۰/۰۷۶ ^{gh}
پوتریسین ۲ میلی مولار	۰/۱۰۴ ^d	۰/۰۸۵ ^{defgh}	۰/۰۷۵ ^{gh}
کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار	۰/۰۸۶ ^{defgh}	۰/۰۷۷ ^{fgh}	۰/۰۷۵ ^{gh}
کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار	۰/۱۰۱ ^{de}	۰/۰۸۰ ^{fgh}	۰/۰۸۲ ^{fgh}
اسید سالیسیلیک ۱ میلی	۰/۱۳۸ ^{bc}	۰/۰۷۵ ^{gh}	۰/۰۹۳ ^{defg}
اسید سالیسیلیک ۳ میلی	۰/۱۵۰ ^b	۰/۰۶۹ ^h	۰/۰۹۶ ^{def}

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

گزارش کردند که غوطه وری قطعات طالبی آماده در محلول کلرید کلسیم باعث کاهش تولید گاز کربنیک، اتیلن و سرعت تنفسی در دوره انبارداری شده و سفتی بافت را حفظ کرده است. در گوجه فرنگی های تیمار شده با کلرید کلسیم به روش خیساندن در خلأ تولید اتیلن به طور معنی داری نسبت به میوه های تیمار نشده پایین تر بود (جوینس و همکاران، ۲۰۰۱).

گزارش کردند اسید سالیسیلیک رسیدن میوه موز را احتمالاً از طریق مهار بیوسنتز اتیلن و عملکرد آن به تأخیر می اندازد. زانگ و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تیمار پس از برداشت میوه کیوی با اسید استیل سالیسیلیک منجر به کاهش فعالیت ACC سینتاز و ACC اکسیداز و تولید اتیلن در طول مراحل اولیه رسیدن میوه شد.

گزارش کردند که غوطه وری قطعات طالبی آماده در محلول کلرید کلسیم باعث کاهش تولید گاز کربنیک، اتیلن و سرعت تنفسی در دوره انبارداری شده و سفتی بافت را حفظ کرده است. در گوجه فرنگی های تیمار شده با کلرید کلسیم به روش خیساندن در خلأ تولید اتیلن به طور معنی داری نسبت به میوه های تیمار نشده پایین تر بود (جوینس و همکاران، ۲۰۰۱).

اقدام و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که تیمار با متیل سالیسیلات به طور چشمگیری تولید اتیلن در میوه کیوی را کاهش داد. سریواستاوا و دیویدی (۲۰۰۰)

منابع

۱. اصغری، م. ۱۳۸۵. تأثیر اسید سالیسیلیک روی میوه توت فرنگی رقم سلوا، فعالیت آنتی اکسیدانی، تولید اتیلن و پیری و برخی صفات کیفی دیگر. رساله دکتری دانشگاه تهران. ۱۴۸ص.
۲. مستوفی، ی.، و نجفی، ف. ۱۳۸۴. روشهای آزمایشگاهی تجزیه ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۶ص.
۳. جلیلی مرندی، ر. ۱۳۸۴. فیزیولوژی بعد از برداشت جابجایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۲۷۶ص.
۴. زکایی خسروشاهی، م.، و اثنی عشری، م. ۱۳۸۷. اثر کاربرد پوتریسین بر عمر و فیزیولوژی پس از برداشت میوه های توت فرنگی، زردآلو، هلو و گیلاس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۴۵): ۲۱۹-۲۳۰.
5. About, J.A., and Conway, W.S. 1989. Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 114: 932- 936.
6. Aghdam, M.S., Mostofi, Y., Motallebiazar, A., Ghasemneghad, M., and Fattahi Moghaddam. 2009. Effects of MeSA vapor treatment on the postharvest quality of Hayward kiwifruit. In 6th International Postharvest Symposium. Antalya, Turkey.
7. Akhtar, A., Akhtar, Abbasi, N., and Hussain, A. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Journal of Botanical*, 42 (1): 181-188.
8. Ansari, M.S., and Misra, N. 2007. Miraculous role of salicylic acid in plant and animal system. *Journal of Plant physiology*, 2: 51-58.
9. Bregoli, A.M., Scaramagli, S., Costa, Sabatini, E., Ziosi, V., Biondi, S., and Torrigiani, P. 2002. Peach (*Prunus persica*) fruit ripening: aminoetoxyvinil-glycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene emission and flesh firmness. *Journal of Physiologia Plantarum*, 114:472-481.
10. Brown, G., Wilson, S., Boucher, W., Graham, B., and McGlasson, B. 1995. Effect of copper-calcium sprays on fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium*). *Journal of Horticultural Science*, 62: 75-80.
11. Demarty, M., Morvan C., and Thellier. M. 1984. Ca and the cell wall. *Journal of Plant Cell Environment*, 7: 441-448.
12. Ding, C.K., Chachin, Y., Hamauzu, Y. and Imahori, Y. 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 14: 309-315.

13. Fattahi, J., Fifall, R. and Babri, M. 2010. Postharvest quality of Kiwifruit affected by pre-storage application of salicylic acid. *Journal of Horticultural Science, Biology Environment*, 1: 175-186.
14. Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Journal of Plant Cell Environment*, 7: 477-489.
15. Heby, O., and Persson, L. 1990. Molecular genetics of polyamine synthesis in eukaryotic cells. *Trends in Biochemical Science*, 15:153-158.
16. Joyce, D.C., Shorter, A.J. and Hockings, P.D. 2001. Mango fruit calcium levels and the effect of postharvest calcium infiltration at different maturation. *Scientia Horticulturae*, 91:81-99.
17. Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D.H. 2003. Photosynthetic response of corn and soybean to foliar application of salicylate. *Journal of Plant physiology*, 160: 185-192.
18. Kramer, G.F., Wang, C.Y., and Conway, W.S. 1991. Inhibition of softening by polyamine application in 'Golden Delicious' and 'McIntosh' apples. *Journal of American Horticultural Science*, 116: 813-817.
19. Lara, I., García, P. and Vendrell, M. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria × ananassa Duch.*) fruit. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 34(3): 331-339.
20. Lee, H.I., Leon, J., and Raskin, I. 1995. Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. *Protocoll of Natural Academy*, 92: 4076-4079.
21. Leslie, C.A., and Romani, R.J. 1986. Salicylic acid: a new inhibitor of ethylene biosynthesis, *Journal of Plant Cell Reports*, 5: 144-146.
22. Levy, D., and Poovaiah, B.W. 1979. Effect of calcium infiltration of senescence of apples. *Journal of Horticultural Science*, 116:466.
23. Luna-Guzma'n, I., Diane, And Barrett, M. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*.19: 61-72.
24. Mahajan, B.V.C., and Dhatt, A.S. 2004. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behaviour and quality of Asian pear during cold storage. *Journal of Food Agriculture Environment*, 2: 157-159.
25. Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., and Mignani, I. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Journal of Food Chemistry*, 100: 1385-1392.
26. Miller, A.R. 1992. Physiology, biochemistry and detection of bruising (mechanical stress) in fruits and vegetables. *Journal of Postharvest News Information*, 3: 53-58.

27. Navjot, G., Sukhjit Kaur, J., and Parmpal Singh, G. 2010. Effect of calcium on cold storage and post-storage quality of peach. *Journal of Food Science Technology*.
28. Raskin, I. 1992a. Role of salicylic acid in plants, *Annual Review of Plant Physiology and plant Molecular Biology*, 43: 439–463.
29. Raskin, I. 1992b. Salicylate, a new plant hormone. *Journal of Plant Physiology*, 99:799–803.
30. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., and Valero, D. 2003. Effect of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 30: 259–271.
31. Shafiee, M., Taghavi, T.S., and Babalar, M. 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Journal of Scientia Horticulture*, 124, 40-45.
32. Spinardi, A.M. 2005. Effect of harvest data and storage on antioxidant systems in pears. *Journal of Acta Horticulture*, 682: V International Postharvest Symposium.
33. Srivastava, M.K., and Dwivedi, U.N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Journal of Plant Science*, 158: 87-96.
34. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S., and Archbold, D.D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 41: 244-251.
35. Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S., and Ferguson, I. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 67-74.
36. Zheng, Y., and Zhang, Q. 2004. Effects of polyamines and salicylic acid on postharvest storage of 'Ponkan' mandarin. *Journal of Acta Horticulturae*, 632: 317–320.
37. Zokaee, Khosroshahi, M.R., Esna-Ashari, M., and Ershadi, A. 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa Duch.*) fruit, cultivar Selva. *Journal of Scientia Horticulturae*, 114:27–32.
38. Zokaee, Khosroshahi, M.R., and Esna-Ashari, M. 2008. Effect of exogenous putrescine treatment on the quality and storage life of peach (*Prunus persica L.*) fruit. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1: 278-287.