علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص ۴۵۶-۴۴۵) DOI: 10.22059/ijhs.2016.59807

تأثیر محلول‌پاشی پیش از برداشت پوتریسین و اسید سالیسیلیک بر برخی خواص کیفی میوهٔ سیب رقم گرانی اسمیت

آرزو عسگرپور[۱]، مصباح بابالار[۲*] و محمدعلی عسگری[۲]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۵)

چکیده

در این تحقیق محلول‌های اسید سالیسیلیک و پوتریسین هر کدام در چهار غلظت ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار تهیه شدند و به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی درختان میوهٔ سیب گرانی اسمیت محلول‌پاشی شدند. پس از برداشت میوه‌ها، فراسنجه‌های درصد کاهش وزن، سفتی بافت، مواد جامد قابل‌حل، درصد اسیدهای قابل عیارسنجی (تیتراسیون)، اسید آسکوربیک، pH، شاخص طعم و رنگ پوست در پنج نوبت اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اعمال تیمارها در مقایسه با نمونه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) باعث جلوگیری از کاهش وزن میوه، حفظ سفتی بافت و حفظ درصد اسید قابل عیارسنجی شد. در مجموع نمونه‌های تیمارشده با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و پوتریسین نسبت به غلظت‌های دیگر کمترین کاهش وزن، بیشترین سفتی و بالاترین درصد اسید قابل عیارسنجی را داشتند. میزان مواد جامد قابل‌حل نیز در بعضی از مراحل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای بررسی شده بود ($P<۰/۰۵$). تیمارها بر فراسنجه‌های pH، شاخص طعم و رنگ پوست در هیچ‌کدام از مراحل تأثیر معنی‌داری نداشتند.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، پوتریسین، خواص کیفی میوه، محلول‌پاشی.

The effect of preharvest spray of putrescine and salicylic acid solutions on some qualitative properties of ‘Granny Smith’ apple fruit

Arezoo Asgarpour[1], Mesbah Babalar[2*] and Mohammad Ali Asgari Sarcheshmeh[3]
1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Professor and Assistant Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Sep. 3, 2015 - Accepted: Jul. 26, 2016)

ABSTRACT

In the current research, salicylic acid and putrescine treatments solutions each with 0, 0.5, 1, and 2 mM/L levels were sprayed on the ‘Granny Smith’ apple trees in three preharvest stages. The treatments were applied based on factorial experiment in the randomized complete block design. Weight loss, fruit firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH, TSS/TA, peel color, and ascorbic acid parameters were measured in five stages after the harvest. The results revealed that the treatments led to reduce weight loss, to maintaine fruit firmness and to conserve TA parameters significantly ($p<0.05$) and were significantly effective on TSS values as compared to the control ones. In general, the samples treated with 1 and 2 mM/L levels of both salicylic acid and putrescine solutions had the lowest weight loss, the greatest fruit firmness and the highest TA, as compared to the other levels. TSS was affected significantly by 2 mM/L level of both salicylic acid and putrescine solutions only in some stages. None of the treatments showed significant influences on pH, TSS/TA and peel color parameters in neither of the studied periods of storage.

Keywords: fruit quality, putrescine, salicylic acid, spray solution.

* Corresponding author E-mail: mbabalar@ut.ac.ir Tel: +98 912 1698263

مقدمه

ضایعات محصولات کشاورزی، که به دلایل پرشماری از جمله رعایت نکردن اصول بهینه و زمان مناسب برداشت، به‌ویژه درجه و بسته‌بندی، حمل‌ونقل، نگهداری، عرضه ومصرف ایجاد می‌شوند، از چالش‌های مهم کشاورزی به شمار می‌آیند. در سال‌های اخیر محققان به نقش انواع تیمارهای تغذیه‌ای، هورمونی و آنتی‌اکسیدانی با اثرگذاری‌های زیانبار زیست‌محیطی کمتر، توجه ویژه‌ای داشته‌اند که از آن جمله می‌توان به استفاده از ترکیب‌های طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان و مصرف نکردن سموم و مواد شیمیایی اشاره کرد (Asghari, 2006). اسید سالیسیلیک یا Ortho_Hyddroxybenzoic acid با فرمول شیمیایی HOC_6H_4COOH از جملهٔ این مواد طبیعی است که یک گروه هیدروکسیل و یک گروه کربوکسیل در ساختمان خود دارد. این گروه‌ها تعیین‌کنندهٔ خواص آن هستند. این ترکیب در حالت تجاری و به‌صورت خالص به شکل پودری سفیدرنگ یا به‌صورت بلورهای سوزنی شکل با طعم شیرین است (Raskin,1992a,b). بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که اسید سالیسیلیک می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای مواد قارچ‌کش به کار برود. گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار در دو مرحله (محلول‌پاشی روی درخت و غوطه‌وری میوه پس از برداشت) نسبت به استفاده در یک مرحله (غوطه‌وری میوه پس از برداشت) تأثیر بهتری روی صفات کیفی گیلاس داشته است (Tian & Yao, 2005). تیمار گیاهان توت‌فرنگی در مرحلهٔ پیش از برداشت (رشد رویشی و رشد میوه) و به دنبال آن تیمار پس از برداشت میوه‌ها با اسید سالیسیلیک، پوسیدگی میوه توت‌فرنگی را به‌طور مؤثری کنترل کرده و عمر قفسه‌ای این میوه را افزایش داده است (Babalar *et al*., 2007). همچنین گزارش شده است که تیمار میوه‌های موز با اسید سالیسیلیک، منجر به کاهش تنفس شده است (Srivastava & Dwivedi, 2000). پلی‌آمین‌ها هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم، زنجیرهٔ راست ۳۰-۱۵ کربنه و دو گروه آمین انتهایی دارند. این ترکیب‌های طبیعی تاحدودی در همهٔ موجودات زنده یافت می‌شوند و در طیف گسترده‌ای از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان و جانوران، تحریک تقسیم یاخته‌ای، ساخت (سنتز) DNA و پروتئین‌ها، شکستن رکود غده‌ها و جوانه‌زنی بذرها، کنترل ریشه‌زایی، جنین‌زایی، پیری و ریزش بافت‌ها و اندام‌ها، گل‌انگیزی و نمو اندام‌های زایشی، تشکیل، رشد و رسیدن میوه‌ها و واکنش به تنش‌های محیطی (زنده و غیرزنده) نقش ایفا می‌کنند (Zokaee Khosroshahi *et al*., 2007). بنا بر گزارش‌ها محلول‌پاشی پوتریسین ۲ میلی‌مولار یک هفته پیش از تاریخ برداشت تجاری در به تأخیر انداختن رسیدگی میوه‌های آلو مؤثر بوده است (Khan *et al*., 2008). همچنین در مقایسهٔ اثر تیمار پیش از برداشت پلی‌آمین‌ها روی میوهٔ هلو گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها باعث کاهش انتشار اتیلن، حفظ سفتی بافت و به تأخیر انداختن ریزش میوه می‌شوند (Torrigiani *et al*., 2004). هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر محلول‌پاشی پیش از برداشت پوتریسین و اسید سالیسیلیک بر برخی خواص کیفی میوهٔ سیب رقم گرانی اسمیت است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و اعمال تیمار

در نیمهٔ اول اردیبهشت سال ۱۳۹۰ از مرکز تحقیقات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در منطقهٔ محمدشهر استان البرز ۴۸ درخت ۱۸ سالهٔ میوهٔ سیب رقم گرانی اسمیت انتخاب شد. برای اعمال تیمارهای موردنظر، آزمایش فاکتوریل بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی طراحی شد. عامل‌های موردنظر عبارت بودند از اسید سالیسیلیک و پوتریسین هرکدام در چهار غلظت ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار (حل‌شده در آب مقطر) که در سه مرحله پیش از برداشت روی میوه‌های درخت‌های موردنظر محلول‌پاشی شدند. مراحل اول و دوم به ترتیب سه و ده هفته پس از تمام گل و مرحلهٔ سوم، دو هفته پیش از برداشت انجام شد. میوه‌های رسیدهٔ سیب گرانی

اسمیت روز آخر شهریور برداشت و بی‌درنگ به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکدهٔ علوم و مهندسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. برای هر تکرار، ۳-۴ عدد میوهٔ سالم، یکنواخت و بدون هرگونه بیماری انتخاب شده و در ظرف‌های یک‌بارمصرف با پوشش پلی‌اتیلنی قرار داده شدند. نمونه‌های بسته‌بندی‌شده توزین و سپس به سردخانه با دمای ۱±۰/۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد منتقل و به مدت شش ماه نگهداری شدند. آزمایش به‌صورت پنج مرحله‌ای و در روزهای ۵، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ انجام شد و در هر مرحله چندین فراسنجه، که در ادامه توضیح داده می‌شوند، اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شد.

درصد کاهش وزن

همان‌طور که بیان شد، وزن نمونه‌ها پیش از انتقال به سردخانه اندازه‌گیری شد، سپس نمونه‌ها در پنج مرحلهٔ یادشده یعنی در فاصلهٔ ۵، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز از آنجا خارج‌شده و به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق قرار داده و سپس توزین شدند. درصد کاهش وزن نمونه‌ها با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد (Khan *et al*., 2008).

$$\text{درصد کاهش وزن} = [\frac{\text{(وزن ثانویه - وزن اولیه)}}{\text{وزن اولیه}}] \times ۱۰۰$$

سفتی بافت میوه

در این تحقیق از میان هر تکرار سه میوه به‌طور تصادفی انتخاب و لایهٔ نازکی از پوست در دو سمت روبه‌روی هم کمی بالاتر از خط استوایی با قطر ۱ سانتی‌مترمربع جدا شده و سپس با استفاده از نفوذسنج (Penetrometer) دستی و فشار عمود به گوشت میوه میزان سفتی بافت بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع تعیین شد. اعداد به‌دست‌آمده برای هر میوه از هر تکرار نمونه به‌طور جداگانه ثبت شد و در نهایت با گرفتن میانگین از هر تکرار یک عدد به دست آمد (Khan *et al*., 2008).

مواد جامد قابل‌حل (TSS)

ارزیابی غلظت مواد جامد قابل‌حل توسط دستگاه شکست‌سنج (رفرکتومتر) دستی صورت گرفت. به این صورت که چند قطره از عصارهٔ حاصل را روی منشور دستگاه قرار داده و آن را جلوی نور گرفته تا شکست نور و عدد به‌دست‌آمده از آنکه معرف درصد مواد جامد قابل‌حل (درصد بریکس) است خوانده شود (Shafiee *et al*., 2010).

pH و درصد اسید قابل عیارسنجی (TA)

با قرار دادن الکترود pH متر دیجیتالی درون عصارهٔ میوه، pH آن اندازه‌گیری شد. میزان اسید میوهٔ عیارسنجی‌شده با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال و بر حسب اسید مالیک، که اسید غالب میوهٔ سیب است، با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد (Shafiee *et al*., 2010).

$$\% \text{ TA} = [\frac{(V \times N \times MeqMA)}{Y}] \times 100$$

که در آن TA اسید نمونه بر حسب اسیدمالیک، V میلی‌لیتر سود مصرفی برای عیارسنجی (تیتراسیون)، N نرمالیتهٔ سود مصرفی، Y میلی‌لیتر حجم نمونه یا وزن آن بر حسب گرم و MeqMA اکی‌والان اسید غالب سیب (اکی‌والان اسید مالیک = ۶۷) بودند.

شاخص طعم

شاخص طعم که به‌صورت تابعی از میزان اسید قابل عیارسنجی و مواد جامد قابل‌حل میوه تعریف می‌شود، بر پایهٔ نسبت TSS/TA اندازه‌گیری شد.

میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

برای اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) میوه‌ها از روش عیارسنجی و با کمک یدیدورپتاسیم و معرف نشاستهٔ ۱ درصد تا ظهور رنگ آبی تیرهٔ پایدار صورت گرفت و چون هر میلی‌لیتر از محلول ید ۰،۰۱ نرمال معادل ۰/۸۸ میلی‌گرم اسید آسکوربیک است با جایگذاری میزان یدور مصرفی در رابطهٔ زیر میزان اسید آسکوربیک به دست آمد (Shafiee *et al*., 2010):

$$C = (\frac{0.88 \times V}{5}) \times 100$$

اندازه‌گیری رنگ

میوه‌ها پس از خروج از سردخانه در دو نقطه روبه‌روی هم در هر میوه رنگ‌سنجی شدند. عامل‌های رنگ که شامل درخشندگی (L*)، رنگ قرمز-سبز (a*)، رنگ آبی-زرد (b*)، و زاویهٔ هیو است توسط دستگاه رنگ‌سنج مدل (Minolta CR-400) برای سه عدد میوه از هر تیمار خوانده شد (Shafiee *et al*., 2010).

$$[Hue^{\circ} = \arctan(b^*/a^*)]$$

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل‌های اصلی شامل اسید سالیسیلیک و پوتریسین هرکدام در چهار غلظت ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار بودند. داده‌ها پس از نرمال شدن با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه‌وتحلیل شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم مقایسه شدند. لازم به توضیح است که تجزیهٔ داده‌های هر مرحله (روزهای ۵، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ پس از برداشت) به‌صورت جداگانه انجام شد و در ادامه نتایج هرکدام از آن‌ها با نام مرحلهٔ مربوطه توضیح داده خواهد شد.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی پیش از برداشت تیمارهای اسید سالیسیلیک و پوتریسین بر برخی از صفات از جمله درصد کاهش وزن تر، سفتی بافت، مواد جامد قابل‌حل، اسید قابل عیارسنجی و میزان اسید آسکوربیک در برخی از مراحل تأثیر معنی‌داری داشتند. تأثیر تیمارها بر صفات pH، شاخص طعم و رنگ میوه معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵)، نتایج تجزیهٔ واریانس صفاتی که تحت تأثیر تیمارهای بررسی شده بودند، در جدول ۱ آورده شده است. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. به دلیل دقت بالای این آزمون، تفاوت‌های بسیار جزئی بین میانگین سطوح مختلف تیمارها در برخی موارد ممکن است معنی‌دار گزارش شود. این در حالی است که این‌گونه تفاوت‌های جزئی در تجزیهٔ واریانس معنی‌دار نیست.

به نظر می‌رسد پلی‌آمین‌ها، که پوتریسین یکی از آن‌ها است، باعث ایجاد مقاومت در برابر عامل‌های نامساعد می‌شوند. چنانچه بر پایهٔ نتایج محققان پلی‌آمین‌ها به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ رشد، باعث ایجاد مقاومت در برابر عامل‌های نامساعد می‌شوند و به‌طورکلی چون محصولات برداشت‌شده بیشتر در معرض عامل‌های نامساعد هستند، وجود پلی‌آمین‌ها و ترکیب‌های کمپلکس آن‌ها برای حفظ ساختار یاخته و ایجاد مقاومت در برابر عامل‌های نامساعد ضروری است (Baggni &Tassoni, 2001). پلی‌آمین‌ها می‌توانند به‌واسطهٔ توانایی محافظت از دیواره‌ها و غشاهای یاخته، گیاه را در برابر آسیب‌ها حفظ کنند. نقش پلی‌آمین‌ها در استحکام‌بخشی به غشاها از راه از بین بردن رادیکال‌های آزاد است که به دلیل داشتن بار مثبت باعث خنثی شدن آن‌ها می‌شوند. همچنین به دلیل داشتن چندین بار مثبت با واحدهای پکتین پیوند ایجاد کرده و باعث استحکام آن‌ها و جلوگیری از تأثیر اتیلن می‌شوند (Valero *et al*., 2002).

بنابر گزارش‌ها، اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۱ تا ۲ میلی‌مولار می‌تواند شاخص‌های آلودگی قارچی و به دنبال آن تخریب میوه‌ها را کاهش دهد. هنگامی میوه‌ها و بافت‌های گیاهی در معرض سرمای انبار قرار می‌گیرند، تولید گونه‌های فعال اکسیژن در آن‌ها افزایش می‌یابد. این مولکول‌ها می‌توانند باعث تخریب پروتئین و اسید نوکلئیک یاخته‌ها و در نهایت غشاهای زیستی شوند. برای کاهش تأثیر تخریبی این مولکول‌ها، یاخته‌های گیاهی فعالیت سامانهٔ پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) خود از جمله آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش می‌دهند. هنگامی اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مناسب اعمال می‌شود، این هورمون از راه فعال کردن آنزیم‌های پاداکسندگی سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز، باعث بالا رفتن توان سامانهٔ پاداکسندگی بافت میوه‌ها می‌شود. این ماده همچنین باعث کاهش مقادیر مالون دی آلدئید به‌دست‌آمده از تخریب غشاء شده و تخریب میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد (Asghari, 2006).

درصد کاهش وزن

بررسی کلی میانگین‌های درصد کاهش وزن در طول ۱۸۰ روز آزمایش، نشان‌دهندهٔ روند صعودی درصد کاهش وزن میوه بود. در شکل‌های ۱ و ۲ مقایسهٔ میانگین درصد کاهش وزن سطوح مختلف اثرگذاری اصلی عامل‌های پوتریسین و اسید سالیسیلیک گزارش شده است. در همهٔ مراحل موردبررسی، با افزایش غلظت تیمارهای اسید سالیسیلیک و پوتریسین، از میزان افت وزن میوه کاسته شد. به‌گونه‌ای که غلظت ۲ میلی‌مولار این تیمارها به‌طور معنی‌داری (حدود ۱/۵ درصد) افت وزن میوه را کاهش داد ($P<0/05$) که می‌تواند از جنبهٔ اقتصادی قابل‌توجه باشد. در مجموع می‌توان گفت که تیمار اسید سالیسیلیک و پوتریسین هرکدام با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار در مقایسه با گروه شاهد، در همهٔ مراحل اندازه‌گیری‌ها تأثیر معنی‌داری بر درصد کاهش وزن داشته‌اند ($P<0/05$). درصد کاهش وزن در نمونه‌های تیمارشده کمتر از نمونه‌های شاهد بوده است.

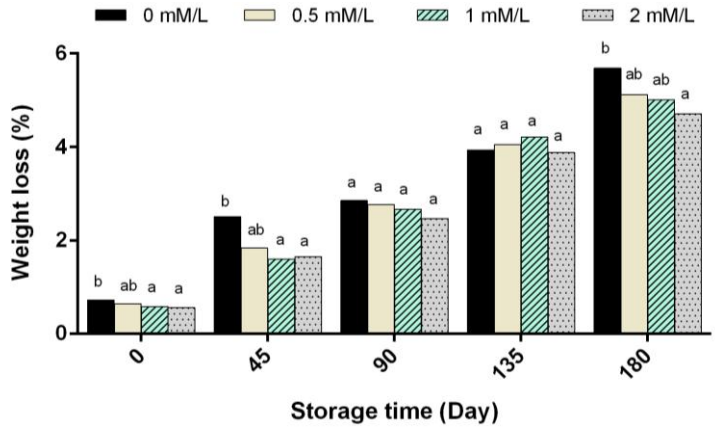
جدول ۱. تجزیهٔ واریانس تیمارهای پیش از برداشت اسید سالیسیلیک و پوتریسین بر میوهٔ سیب رقم گرانی اسمیت طی ۱۸۰ روز نگهداری در شرایط دمایی ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس

Table 1. Analysis of variance of some qualitative indicators of Granny Smith apple fruits during 180 days of storage (1±0.5 °C) under pre-harvest spray of putrescine and salicylic acid treatments

Parameters	Factor	DF	Day 0	Day 45	Day 90	Day 135	Day 180
Weight loss (%)	B	2	0.011^{ns}	0.344^{ns}	0.097^{ns}	0.050^{ns}	0.957^{ns}
	SA	3	0.041**	0.004^{ns}	2.466*	1.432*	4.328*
	PU	3	0.044**	0.002^{ns}	1.541*	0.686^{ns}	2.642*
	SA*PU	9	0.640^{ns}	0.255^{ns}	0.796^{ns}	0.600^{ns}	1.139^{ns}
Fruit firmness (Kg/cm^2)	B	2	0.239^{ns}	0.095^{ns}	0.239^{ns}	1.963*	0.116^{ns}
	SA	3	0.724^{ns}	1.055*	2.083**	1.707*	0.292^{ns}
	PU	3	1.891**	1.511**	0.237^{ns}	0.614^{ns}	0.620*
	SA*PU	9	0.463^{ns}	0.177^{ns}	0.677^{ns}	0.966^{ns}	0.444^{ns}
Total soluble solids (%)	B	2	0.661^{ns}	0.582^{ns}	0.618^{ns}	0.833^{ns}	1.023^{ns}
	SA	3	6.357**	2.851**	5.225**	4.136**	3.0248*
	PU	3	1.871*	1.465**	1.556*	4.350**	4.0414*
	SA*PU	9	0.869^{ns}	0.313^{ns}	0.928^{ns}	1.125^{ns}	1.090^{ns}
Titratable acidity (%)	B	2	222.3^{ns}	87.4^{ns}	59.8^{ns}	72.9^{ns}	1.0^{ns}
	SA	3	489.8*	249.4*	219.4*	155.8*	211.1*
	PU	3	220.4^{ns}	49.6^{ns}	93.7^{ns}	236.3**	90.9^{ns}
	SA*PU	9	202.8^{ns}	49.2^{ns}	86.8^{ns}	99.1^{ns}	76.9^{ns}
Ascorbic acid (mg/100g)	B	2	0.767^{ns}	0.583^{ns}	0.011^{ns}	0.816^{ns}	0.141^{ns}
	SA	3	5.117*	1.092^{ns}	0.140*	1.980^{ns}	0.716^{ns}
	PU	3	12.330**	3.131^{ns}	0.165*	5.926*	3.638
	SA*PU	9	3.300^{ns}	1.006^{ns}	0.772^{ns}	1.801^{ns}	0.829^{ns}

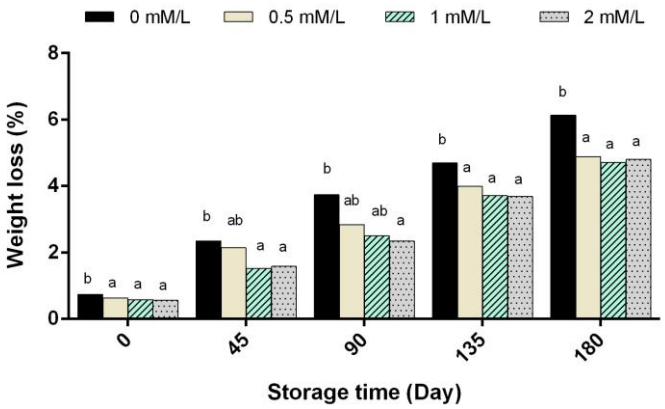
df درجهٔ آزادی، B بلوک، SA اسید سالیسیلیک، PU پوتریسین، ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱درصد.

df: Degree of freedom, B: block, SA: Salicylic Acid, PU: Putrescine; ns, * and **: not-significant and significant at 5 and 1%, respectively.



شکل ۱. مقایسهٔ میانگین درصد کاهش وزن تر سیب در سطوح مختلف تیمار پوتریسین در دورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 1. Mean comparisons of apple fruit weight loss (%) among different levels of putrescine pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

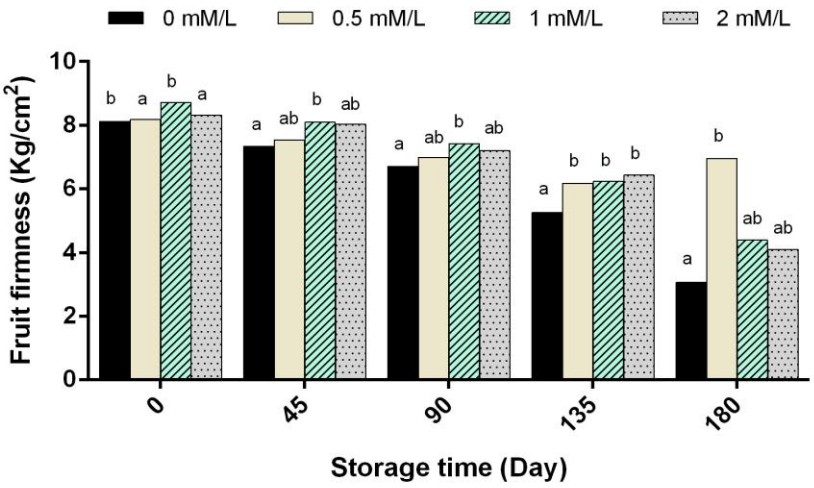


شکل ۲. مقایسهٔ میانگین درصد کاهش وزن تر میوهٔ سیب در سطوح مختلف تیمار اسید سالیسیلیک در دورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 2. Mean comparisons of apple fruit weight loss (%) among different levels of salicylic acid pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

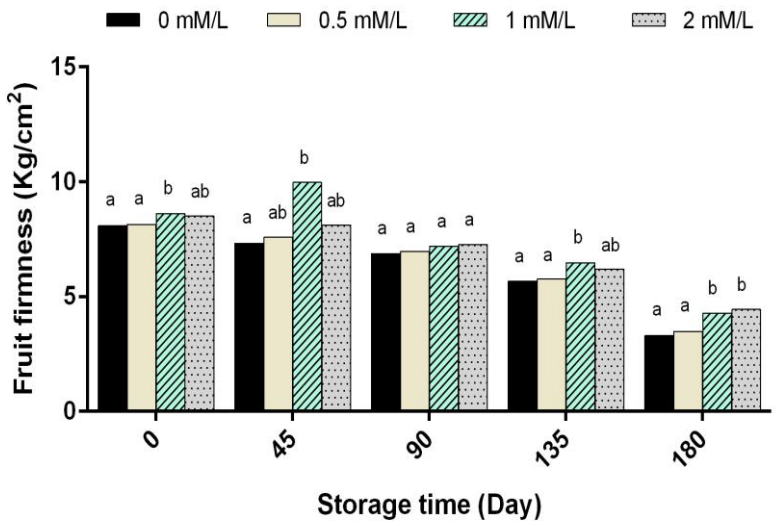
سفتی بافت میوه

سفتی بافت در میوهٔ سیب یکی از مهم‌ترین صفات کیفی آن است. بنابراین با حفظ این عامل در دورهٔ انبارمانی می‌توان بازارپسندی این میوه را افزایش داد. میانگین‌های سفتی میوه در طول دورهٔ انبارمانی نشان داد که با گذشت زمان سفتی میوه‌ها کاهش یافته است (شکل‌های ۳ و ۴). در بیشتر مراحل انبارمانی، میوه‌های تیمارشده با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و پوتریسین میزان سفتی بیشتری نسبت به میوه‌های شاهد داشته‌اند و بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است ($P<0/05$). با توجه به این نتایج می‌توان احتمال داد که اسید سالیسیلیک و پوتریسین تأثیر بسزایی در حفظ سفتی بافت میوهٔ سیب دارند. ازآنجایی‌که نرم شدن میوه در طول دورهٔ نگهداری حاصل فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ دیوارهٔ یاخته‌ای مانند پکتین‌متیل‌استراز، پلی‌گالاکتوروناز و سلولاز در تأثیر اتیلن است و اسید سالیسیلیک به دلیل داشتن گروه هیدوکسیل آزاد روی حلقهٔ بنزوئیک اسید قادر به کلاته کردن فلزات است، بنابراین با کلاته کردن آهن موجود در ACC اکسیداز موجب بلوکه شدن این آنزیم و در نهایت مهار زیست‌ساخت (بیوسنتز) اتیلن می‌شود که به دنبال آن سفتی میوه حفظ می‌شود. تأثیر اسید سالیسیلیک بر حفظ سفتی بافت میوه می‌تواند به نقش آن بر تولید و تأثیر اتیلن نیز مربوط باشد که پیشتر به تأثیر اسید سالیسیلیک بر تولید اتیلن اشاره شد. نتایج این تحقیق در راستای نتایج Ruhi *et al.* (2010) در مورد حفظ سفتی بافت میوهٔ کیوی رقم هاروارد تحت تیمار اسید سالیسیلیک است. گزارش شده است که با فروبردن میوه‌های کیوی در محلول ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و نگهداری آن ارتباط مثبت معنی‌داری بین میزان اسید سالیسیلیک درونی میوه و سفتی آن در مرحلهٔ رسیدن و نرم شدن وجود داشته است (Zang *et al.*, 2003). در مورد تیمار میوه‌های توت‌فرنگی با اسید سالیسیلیک گزارش شده است که این ماده منجر به حفظ سفتی بافت میوه شده است (Valero *et al.*, 2002). بررسی‌های صورت گرفته برای پلی‌آمین‌ها نیز نشان داده است که مقادیر قابل‌توجهی از این ترکیب‌ها توسط یاخته‌ها جذب و به دیوارهٔ آن‌ها متصل می‌شوند (Pistocchi *et al.*, 1997). بنابراین تأثیر پلی‌آمین‌ها در حفظ سفتی گوشت میوه را می‌توان به اتصال آن‌ها به ترکیب‌های پکتیکی دیوارهٔ یاخته‌ای نسبت داد و این اتصال به ثبات و پایداری دیوارهٔ یاخته منجر می‌شود. همچنین پلی‌آمین‌ها بازدارندهٔ فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ دیوارهٔ پکتوسلولزی از جمله پکتین‌متیل استراز و پلی‌گالاکتوروناز می‌شوند و نرم شدن میوه در انبار کاهش می‌یابد (Valero *et al.*, 2002). که به‌احتمال این موارد باعث شده که پوتریسین باعث حفظ سفتی میوه‌ها شود که این مورد در راستای نتایج Zokaee Khosroshahi *et al.* (2007) است.



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین میزان سفتی میوهٔ سیب در سطوح مختلف تیمار پوتریسین طی ۱۸۰ روز نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 3. Mean comparisons of apple fruit firmness Kg/cm^2) among different levels of putrescine pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)



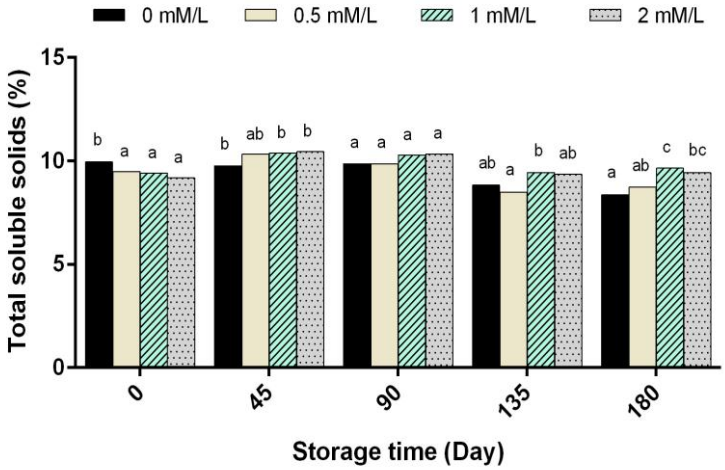
شکل ۴. مقایسهٔ میانگین میزان سفتی میوهٔ سیب در سطوح مختلف تیمار اسید سالیسیلیک طی ۱۸۰ روز نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 4. Mean comparisons of apple fruit firmness Kg/cm^2) among different levels of salicylic acid pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

مواد جامد قابل‌حل (TSS)

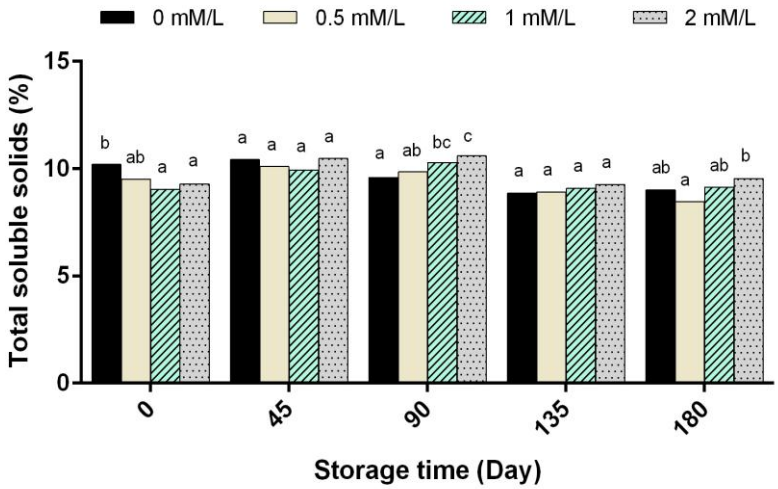
میزان مواد جامد قابل‌حل (درصد بریکس) با گذشت زمان در آغاز افزایش و سپس کاهش یافته است که علت این افزایش در مدت نگهداری میوه احتمال دارد به دلیل شکسته شدن مواد نشاسته‌ای موجود، قندهای بزرگ‌تر و تبدیل اسید قابل عیارسنجی موجود به قندهای کوچک قابل‌حل باشد. ثابت شده است که هم اسید سالیسیلیک و هم پوتریسین باعث کاهش تولید و تأثیر اتیلن و نیز باعث کاهش تنفس می‌شوند که نتیجهٔ آن کاهش فرآیند پیری و کاهش مصرف قندها و اسید قابل عیارسنجی میوه است (Arnao *et al.*, 1996). همان‌طور که در شکل‌های ۵ و ۶ دیده می‌شود، در مرحلهٔ اول نمونه‌های

تیمارشده با اسید سالیسیلیک ۱ و ۲ میلی‌مولار مواد جامد قابل‌حل کمتر و در مرحلهٔ سوم نمونه‌های تیمارشده با اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری مواد جامد قابل‌حل بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد داشته‌اند. نمونه‌های تیمارشده با پوتریسین در مرحلهٔ یک مواد جامد قابل‌حل کمتری نسبت به شاهد داشته‌اند که احتمال دارد به دلیل تجزیهٔ کمتر قندها باشد ولی در دیگر مراحل میوه‌های تیمارشده با پوتریسین ۱و ۲ میلی‌مولار مواد جامد قابل‌حل بیشتری نسبت به شاهد داشته‌اند که این مورد نیز به‌احتمال می‌تواند به دلیل مصرف کمتر قندها در طی تنفس باشد. Ruhi *et al.* (2010) تأثیر اسید سالیسیلیک را بر میوهٔ کیوی بررسی و گزارش کردند که این تیمار بر میزان مواد جامد قابل‌حل تأثیر معنی‌داری نداشته است.



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین مواد جامد قابل‌حل (درصد بریکس) سیب در سطوح مختلف تیمار پوتریسیندر دورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 5. Mean comparisons of apple total soluble solids (%) among different levels of putrescine pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

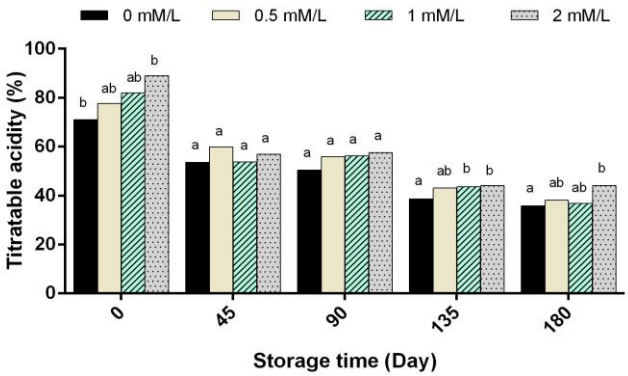


شکل ۶. مقایسهٔ میانگین مواد جامد قابل‌حل (درصد بریکس) سیب در سطوح مختلف تیمار اسید سالیسیلیک در دورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری در شرایط دمایی ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس

Figure 6. Mean comparisons of apple total soluble solids (%) among different levels of salicylic acid pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

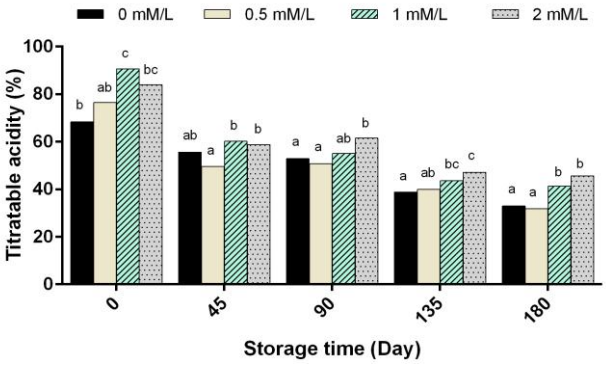
درصد اسید قابل عیارسنجی (TA)

بنابر شکل‌های ۷ و ۸ میزان اسید قابل عیارسنجی در دورهٔ انبارمانی و با افزایش زمان نگهداری میوه‌ها کاهش یافته بود و این مورد می‌تواند به‌احتمال بیانگر مصرف اسید قابل عیارسنجی به‌عنوان پیش‌مادهٔ تنفس در طول زمان باشد. میوهٔ برداشت‌شده یک موجود زنده بوده و همهٔ فعالیت‌های سوخت‌وسازی آن به‌ویژه تنفس، که منجر به مصرف ذخایر انرژی میوه‌ها می‌شود، همچنان ادامه می‌یابد و در این فرآیندها قندها و اسید قابل عیارسنجی به‌عنوان بسترهٔ (سوبسترای) اصلی در فرآیند سوخت‌وساز مصرف می‌شوند و به‌طور مسلم هر عاملی که محدودکنندهٔ فعالیت‌های سوخت‌وسازی باشد، باعث حفظ میزان اسید قابل عیارسنجی خواهد شد. با توجه به شکل‌های ۷ و ۸ در بیشتر موارد نمونه‌هایی که با اسید سالیسیلیک و پوتریسین ۱ و ۲ میلی‌مولار محلول‌پاشی شده بودند اسید قابل عیارسنجی بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد داشته‌اند که احتمال دارد نشان‌دهندهٔ این باشد که در این نمونه‌ها، در مقایسه با نمونه‌های شاهد، اسید قابل عیارسنجی کمتری مورداستفادهٔ تنفس قرار گرفته است. Yıldırım & Dursun (2009) گزارش کردند که تیمار اسید سالیسیلیک بر گوجه‌فرنگی‌های کاشته شده در گلخانه تغییری را در میزان درصد اسید قابل عیارسنجی آب‌میوه نسبت به شاهد ایجاد نکرده بود. همچنین هنگامی‌که تیمار اسید سالیسیلیک در غلظت ۱ میلی‌مولار بر بوته‌های توت‌فرنگی به بارها محلول‌پاشی شده بود، تأثیری بر درصد اسید قابل عیارسنجی نداشته است (Karlidag *et al*., 2009).



شکل ۷. مقایسهٔ میانگین درصد اسید قابل عیارسنجی سیب در سطوح مختلف تیمار پوتریسین دردورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 7. Mean comparisons of apple titratable acidity (%) among different levels of putrescine pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

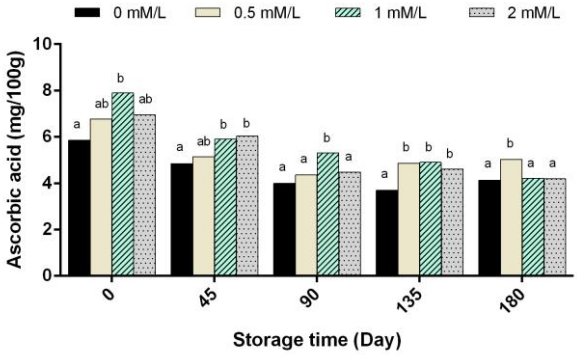


شکل ۸. مقایسهٔ میانگین درصد اسید قابل عیارسنجی سیب در سطوح مختلف تیمار اسید سالیسیلیک در دورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 8. Mean comparisons of apple titratable acidity (%) among different levels of salicylic acid pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

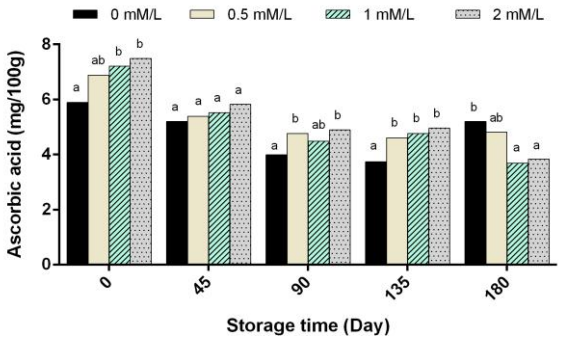
اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

مقایسهٔ میانگین میزان اسید آسکوربیک در سطوح مختلف پوتریسین و اسید سالیسیلیک در شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. در مرحلهٔ یک آزمایش‌ها بین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) وجود داشت در نمونه‌های تیمارشده با اسید سالیسیلیک ۱ و ۲ میلی‌مولار و پوتریسین ۱ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بیشتر و در نمونه‌های شاهد اسید آسکوربیک کمتری وجود داشت. پوتریسین ۱ و ۲ میلی‌مولار در مراحل دو و سه به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) میزان اسید آسکوربیک بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد داشتند. در مرحلهٔ چهار نیز نمونه‌های تیمارشده با هر سه غلظت هر دو تیمار به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیشترین میزان اسید آسکوربیک را نسبت به نمونه‌های شاهد داشتند. در طول دورهٔ نگهداری میزان اسید آسکوربیک، که یکی از پاداکسنده‌های مهم است، کاهش یافته که می‌تواند به دلیل مصرف این ویتامین در جریان خنثی کردن رادیکال‌های آزاد باشد (Smimoff, 1995). کاهش ظرفیت پاداکسندگی کل میوه به دلیل کاهش اجزای پاداکسندگی در جریان خنثی کردن رادیکال‌های آزاد است. هم پوتریسین و هم اسید سالیسیک با جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و به تأخیر انداختن رسیدن میوه، سبب جلوگیری از تجزیهٔ دیوارهٔ یاخته‌ای و در نتیجه باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند و در اثر پایین بودن میزان رادیکال‌های آزاد نیاز یاخته به مصرف اسید آسکوربیک کمتر شده و در نتیجه این ویتامین در میوه حفظ می‌شود همچنین پلی‌آمین‌ها به دلیل داشتن بارهای مثبت به‌صورت مستقیم باعث حذف رادیکال‌های آزاد می‌شوند.



شکل ۹. مقایسهٔ میانگین میزان اسید آسکوربیک ویتامین ث سیب در سطوح مختلف تیمار پوتریسین در دورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 9. Mean comparisons of apple ascorbic acid (mg/100g) among different levels of putrescine pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)



شکل ۱۰. مقایسهٔ میانگین میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث) سیب در سطوح مختلف تیمار اسید سالیسیلیک در دورهٔ ۱۸۰ روزه نگهداری (دمای ۰/۵±۱ درجهٔ سلسیوس)

Figure 10. Mean comparisons of apple ascorbic acid (mg/100g) among different leves of salicylic acid pre-harvest treatment during 180 days of storage (1±0.5 °C)

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که محلول‌پاشی میوه‌ها در مرحلهٔ پیش از برداشت با محلول‌های اسید سالیسیلیک و پوتریسین، درصد افت وزن میوه را کاهش داده و سفتی بافت میوه و میزان اسید قابل عیارسنجی عصاره میوه را حفظ کرده بود. میزان مواد جامد قابل‌حل نیز در بعضی از مراحل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و پوتریسین ۲ میلی‌مولار قرار گرفته بود، درحالی‌که این تیمارها بر صفات ظاهری میوه از جمله رنگ میوه و نیز بر طعم تأثیر نامطلوبی نداشتند. از بین غلظت‌های مورداستفاده هم، غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار در بیشتر موارد تأثیر معنی‌داری ($P<0/05$) داشتند.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شمارهٔ ۷۱۰۳۰۰۲/۶/۲۳ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است. نگارندگان مراتب سپاسگزاری خود را از مسئولان پژوهش دانشگاه اعلام می‌دارند.

REFERENCES

1. Arnao, M. B., Cano, A., Hernandez Ruiz, J., Garcia-Canivas, F. & Acosta, M. M. (1996). Ignition by L-Ascorbic Acid and Other Antioxidants of the 2.2-azino-bis (3-Ethylbenzthiazoline-6-Sulfonic Acid) Oxidation Catalyzed by Peroxides a New Approach for Determining Total Antioxidant Status off Foods. *Journal of Analytical Biochemistry*, 236, 255-261.
2. Asghari, M. R. (2006). *Effect of salicylic acid treatment on selva strawberry fruit, antioxidant activity, ethylene production and senescence, fungal contaminations and some other quality attributes.* Ph.D. Thesis. University of Tehran. (in Farsi)
3. Babalar, M., Asghari, M.R., Talaei, A.R. & Khosroshahi, A. (2007). Effect of Pre-and Postharvest Salicylic acid Treatment on Ethylene Production Fungal Decay and Overall Quality of Selva Strawberry Fruit. *Journal of Food Chemistry*, 105, 449-453.
4. Baggni, N. & Tassoni, A. (2001). Biosynthesis, Oxidation and Conjugation of Aliphatic Polyamines in Higher Plants. *Journal of Amino Acid*, 20,301-317.
5. Karlidag, H., Yildirim, E. & Turan, M. (2009). Salicylic acid Ameliorates the Adverse Effect of Salt Stress on Strawberry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66(2), 180-187.
6. Khan, A. S., Singh, Z., Abbasi, N. A. & Swinny, E. E. (2008). Pre or Post-harvest Application of Putrescine and Low Temperature Storage Affect Fruit Ripening and Quality of Angelino Plum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1686-1695.
7. Pistocchi, R., Bagni, N. & Creus, J. A. (1987). Polyamine Uptake in Carrot Cell Cultures. *Journal of Plant Physiology*, 84, 374-380.
8. Raskin, I. (1992a). Role of Salicylic Acid in Plants. Annual Review. *Journal of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 439-463.
9. Raskin, I. (1992b). Salicylates, a New Plant Hormone. *Journal of Plant Physiology*, 99, 799-803
10. Ruhi, Z., Asghari, M R., Rasmi, Y. & Aslani, Z. (2010). Effect of Post Harvest Salicylic acid on Some Qualitative Properties and Antioxidant Activity of Kiwifruit (cv. Haiward). *Horticultural Sciences*, 24(1), 102-108. (in Farsi)
11. Shafiee, M., Taghavi, T. S. & 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 Horticultural Science and Biotechnology*, 124, 40-45.
12. Srivastava, M. K. & Dwivedi, U. N. (2000). Delayed Ripening of Banana Fruit by Salicylic acid. *Journal of Plant Sciences*, 158, 87-96.
13. Torrigiani, P., Bregoli, A. M., Ziosi, V., Scaramagli, S., Ciriaci, T. & Rasori, A. (2004). Preharvest Polyamine and Aminoethoxyvinylglycine (AVG) Applications Modulate Fruit Ripening in Stark Red Gold Nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 33, 293-308.
14. Smimoff, N. (1995). Anti-oxidant System and Plant Response to Environment. In Smimoff, N. Environment and plant metabolism. *Bios Scientific Publisher Oxford United Kingdom*, 217-243
15. Valero, D., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F. & Serrano, M. (2002). Plum Storability Improved After Calcium and Heat Postharvest Treatments Role of Polyamines. *Journal of Food Science*, 67(7), 2571-2575.
16. Wang, L., Chen, S. H., Kong, W., Li, SH. & Archbold, 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.

17. Yao, H. & Tian, S. (2005). Effects of Pre- and Post-harvest Application of Salicylic Acid or Methyl Jasmonate on Inducing Disease Resistance of Sweet Cherry Fruit in Storage Postharvest. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 35, 253-262.
18. Yao, H. & Tian, S. (2005). Effects of Pre- and Post-harvest Application of Salicylic acid or Methyl Jasmonate on Inducing Disease Resistance of Sweet Cherry Fruit in Storage. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 35, 253-262.
19. Yıldırım, E. & Dursun, A. (2009). Effect of Foliar Salicylic acid Applications on Plant Growth and Yield of Tomato under Greenhouse Conditions. *Acta Horticultural*, 807, 395-400.
20. Zhang, Y., Chen, K. S., Zhang, S. & Ferguson, I. (2003). The Role of Salicylic acid in Postharvest Ripening of Kiwifruit. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 28, 67-74.
21. Zokaee Khosroshahi, M. R., Esna-ashari, M. & Ershadi, A. (2007). Effect of Exogenous Putrescine on Postharvest Life of Strawberry Fruit. *Journal of Scientia Horticulturae*, 114, 27-32.