

ارزیابی تأثیر اسید سالیسیلیک بر انبارمانی میوه سیب رقم‌های زرد و قرمز لبنانی (Red & Golden Delicious)

زهرا صداقتی^۱، فاطمه ناظوری^{۲*} و سید حسین میردهقان^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۱)

چکیده

تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر انبارمانی میوه‌های سیب رقم زرد و قرمز لبنانی موجود در باغ کتوتوبه رفسنجان در زمان برداشت، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز پس از انبارمانی بررسی شد. تیمارها شامل بدون شست‌وشو، آب مقطر، اسید سالیسیلیک ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار به مدت نیم و یک ساعت در سردخانه با دمای 2 ± 1 درجه سلسیوس بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی اجرا شد. شاخص برداشت در هر دو رقم همزمان با ۱۷۰ روز پس از پایان دوره گلدهی بود. نتایج نشان داد، تیمار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد روند کاهش وزن، نشت یونی و پوسیدگی را کند کرده و باعث حفظ مواد جامد محلول، قابلیت پذیرش و فعالیت پاداکسندگی شد، اما تأثیری بر شاخص‌های درخشندگی، هیو، اسیدیته کل و pH میوه نداشت. در مدت انبارمانی درصد کاهش وزن، اسیدیته کل، pH و پوسیدگی سیب زرد بیشتر از رقم قرمز و همچنین قابلیت ماندگاری سیب‌های قرمز بیشتر از سیب زرد بود. افزایش سوختگی سطحی، بدطعمی و کاهش قابلیت پذیرش از نتایج کاربرد اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار بود ولی اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار در حفظ کیفیت و انبارمانی میوه مؤثرتر از دیگر تیمارها بود.

واژه‌های کلیدی: فعالیت پاداکسندگی، شدت پوسیدگی، نشت یونی و وضعیت ظاهری میوه.

The effect of salicylic acid on storage of Red & Golden Delicious apple cultivars

Zahra Sedaghati¹, Fatemeh Nazoori^{2*} and Seyed Hossein Mirdehghan³

1, 2, 3. Former M. Sc. Student and Assistant Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
(Received: Aug. 23, 2017 - Accepted: Jan. 1, 2018)

ABSTRACT

Effects of different concentrations of salicylic acid on the storage of golden and red delicious apple fruits in Rafsanjan's Cantoie garden were studied at harvest time and 45, 90, 135 and 180 days after storage. Treatments were included no washing, distilled water, salicylic acid 1, 2, and 3 mM for 1 and 2 hours in cold storage room at 1 ± 2 °C. A factorial experiment based on a completely randomized design was designed. In both cultivars, harvest index coincided with 170 days after full bloom. Results showed that weight loss, electrolyte leakage and decay reduced by salicylic acid and maintained total soluble solids, general acceptance and antioxidant activity. However, salicylic acid treatment had no effect on the color parameters, total acidity and pH of apple fruit. During storage, weight loss, total acidity, pH and decay in golden delicious apples were higher than the red delicious apple, also shelf life of red delicious apples was higher than that of golden delicious apples. Application of 3 mM salicylic acid resulted in increasing superficial scald, off-flavour, and reduced general acceptance, but fruits treated with 2 mM salicylic acid had better quality and more storage life compared to the other treatments.

Keywords: Antioxidant activity, decay intensity, electrolyte leakage, fruit appearance.

* Corresponding author E-mail: fatemehnazoori@gmail.com

مقدمه

سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی به لحاظ اقتصادی و تغذیه‌ای است. توان انبارمانی بالای میوه سیب، عرضه درازمدت آن را در همه طول سال ممکن ساخته است. طبیعت فرازگرا و نبود مدیریت درست در مرحله‌های پیش و پس از برداشت باعث از بین رفتن حدود یک سوم تولید سالانه این میوه و کاهش ارزش کمی و کیفی آن می‌شود (Kader, 2013). به‌رغم تمایل زیاد به مصرف تازه‌خوری سیب، گاهی صفات کیفی و بازاریابی میوه از بین رفته و جذابیتی برای مصرف‌کننده ندارد. برای حل این معضل طیف وسیعی از ترکیب‌های طبیعی و سازگار مانند اسید سالیسیلیک وجود دارد که قابلیت (پتانسیل) بالایی در کنترل هدررفت پس از برداشت محصولات باغبانی دارند. اسید سالیسیلیک به دلیل داشتن گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه اسید بنزوئیک قادر به کلاته کردن فلزها از جمله آهن موجود در آنزیم ACC اکسیداز^۱ و مهار زیست‌ساخت (بیوسنتز) اتیلن شده که در نهایت باعث تأخیر در روند پیری می‌شود (Asghari & Soleimaniaghdam, 2010).

استفاده از اسید سالیسیلیک با غلظت ۳ میلی‌مولار در میوه سیب رقم جاناگلد^۲ به‌طور معنی‌داری بازدارنده کاهش وزن در دوره انبارمانی شده است (Kazemi et al., 2011). اسید سالیسیلیک سبب افزایش فعالیت پاداکسنده‌های آنزیمی و غیر آنزیمی میوه می‌شود (Asghari & Soleimaniaghdam, 2010) و تأثیر آن بر کاهش آسیب سرمازدگی میوه در دوره انبارمانی سرد ممکن است، به دلیل توانایی در تحریک سامانه‌های پاداکسنده و پروتئین‌های تکانه (شوک) دمایی باشد (Wang et al., 2006).

کاربرد اسید سالیسیلیک در پرتقال رقم کاراکارا^۳ انبارشده در دمای ۶ درجه سلسیوس فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده از جمله سوپراکسید دیسموتاز، گلوکاتایون ریدوکتاز، دهیدروآسکوربات ریدوکتاز و همچنین میزان آسکوربات و گلوکاتایون را نسبت به دمای ۲۰ درجه

سلسیوس افزایش و از این راه پراکسیداسیون چربی‌های غشا را به تأخیر انداخت (Huang et al., 2008). حفاظت دیواره یاخته‌ای از آنزیم‌های تخریب‌کننده، تأخیر در رسیدن میوه و جلوگیری از افزایش محتوای مواد جامد محلول نیز از نتایج کاربرد اسید سالیسیلیک است (Asghari & Soleimaniaghdam, 2010). مصرف اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌مولار سبب کاهش تنفس و وزن میوه هلو شد (Rehab, 2013).

تیمار اسید سالیسیلیک در میوه هلو باعث کاهش آسیب سرمازدگی و نشت یونی (Wang et al., 2006) و همچنین با القای مقاومت در برابر بیمارگر (پاتوژن)ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و بتا-۱ و ۳ گلوکوناز سبب کاهش پوسیدگی شد (Davarinejad et al., 2014). اسید سالیسیلیک با کاهش تنفس و سرعت فرآیندهای سوخت‌وسازی (متابولیسم) منجر به تجمع اسیدهای آلی، کاهش pH عصاره میوه انگور (Asghari et al., 2015) و حفظ رنگیزه آنتوسیانین و کیفیت ظاهری میوه گلابی شد (Jalili Marandi & Shafaei, 2015).

رایج‌ترین علت هدررفت پس از برداشت میوه سیب از دست‌دهی آب، نرم شدن بیش‌ازحد، پوسیدگی و کاهش کیفیت ظاهری است (Babalar, et al., 2014; Doryanizadeh et al., 2016, Ganai et al., 2015). با توجه به تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات باغبانی به نظر می‌رسد قادر به افزایش عمر انبارمانی این محصول با ارزش باشد. لذا این پژوهش به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف این ماده بر ماندگاری دو رقم سیب زرد و قرمز لبنانی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ به‌منظور بررسی تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک بر انبارمانی رقم‌های تجاری سیب زرد و قرمز لبنانی (درختان ۳۰ ساله با پایه بذری) موجود در باغ کنتوتیبه^۴ رفسنجان انجام گرفت.

۴. کنتوتیبه: باغ میوه‌ای با مختصات ۵۵°۵۲'۲۰" طول شرقی و ۲۹°۵۶'۴۰" عرض شمالی در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان و ۵۰ کیلومتری رفسنجان قرار دارد.

1. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid
2. Jonagold
3. Cara Cara navel orange

فعالیت پاداکسندگی

با استفاده از DPPH^۱ به روش شرح داده شده توسط Brand-Williams *et al.* (1995) انجام شد. ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به ۱ گرم میوه افزوده و پس از تکان دادن (ورتکس)، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق گذاشته شد. پس از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۹۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH (۵۰۰ میکرومولار در اتانول) آمیخته و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت. در نمونه شاهد به جای عصاره از آب مقطر استفاده شد. جذب مخلوط واکنش در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد و میزان فعالیت پاداکسندگی نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

= فعالیت پاداکسندگی (درصد بازدارندگی)

$$1 \times \frac{\text{عدد ضرب تصحیح - عدد نمونه}}{\text{عدد کنترل}} - 100$$

قابلیت پذیرش

توسط پنج نفر از دانشجویان خانم و از روش نمره دادن ۰ تا ۵ انجام شد. دو عدد میوه از هر تکرار در ظرف‌های مخصوص پلاستیکی قرار داده شد و پانلیست‌ها پس از ارزیابی میوه‌ها از نظر نبود نشانه‌های سوختگی، چروکیدگی و بدشکلی نمره‌های خود را از ۰ تا ۵ ثبت کردند. ۰: میوه بسیار سالم، ۱: کمتر از ۵ درصد چروکیدگی و بدشکلی، ۲: ۱۰-۵ درصد چروکیدگی و بدشکلی، ۳: ۱۵-۱۰ درصد چروکیدگی و بدشکلی، ۴: ۲۰-۱۵ درصد چروکیدگی و بدشکلی و نمره ۵: بیش از ۲۰ درصد چروکیدگی و بدشکلی (Nazoori *et al.*, 2017).

شاخص پوسیدگی

۲۴ ساعت پس از انتقال نمونه‌ها به دمای آزمایشگاه، وجود لکه‌های قهوه‌ای سطحی و نرم به‌عنوان نشانه‌های پوسیدگی در نظر گرفته و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\sum (ni \times i) / (N \times 6)$$

در این رابطه، ni شمار میوه‌هایی که نشانه‌های

شاخص برداشت هر دو رقم سیب ۱۷۰ روز پس از پایان دوره گلدهی، همزمان با رسیدن میوه‌ها به اندازه نهایی و آغاز تغییر رنگ پوست از سبز به زرد یا قرمز بود. آزمایش شامل سه عامل: رقم سیب (زرد و قرمز لبنانی)، تیمار (بدون شست‌وشو یا شاهد، آب مقطر و اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار)، زمان غوطه‌وری (به مدت نیم و یک ساعت) و دوره انبارمانی (زمان برداشت، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ روز) بود. پس از اعمال تیمارها و قرار دادن پنج عدد میوه در پاکت پلی‌اتیلنی، نمونه‌ها به سردخانه‌ای با دمای 1 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد منتقل و در پایان هر دوره برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه اندازه‌گیری شد.

کاهش وزن میوه

با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Asghari *et al.*, 2015).

= درصد کاهش وزن

$$100 \times \frac{\text{وزن میوه بعد از انبار - وزن میوه قبل از انبار}}{\text{وزن میوه قبل از انبار}}$$

رنگ میوه

پس از خروج میوه‌ها از سردخانه در دو نقطه رو به روی هم از هر میوه رنگ‌سنجی (مدل Konica Minolta CR 400, Japan) انجام شد. شاخص‌های رنگ شامل درخشندگی (L^*)، قرمز-سبز (a^*) و آبی‌زرد (b^*) بود که شاخص خلوص رنگ (کروما) و زاویه هیو از رابطه‌های زیر محاسبه شد (Esturk *et al.*, 2011).

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$\text{hue} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

مواد جامد محلول^۱ (TSS)

این عامل برحسب درصد با دستگاه قندسنج دیجیتالی^۲ (مدل PAL-1 Atago, Japon) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد (Asghari *et al.*, 2015).

1. Total Soluble Solids (TSS)

2. Refractometer

مقطر و نمونه بدون شست‌وشو) در سیب زرد تا ۹۰ روز و در سیب قرمز تا ۱۸۰ روز بازدارنده کاهش وزن میوه شدند. در پایان دوره انبارمانی بیشترین و کمترین میزان کاهش وزن به ترتیب با میانگین ۱/۴ و ۰/۷۶ درصد مربوط به تیمار شاهد (سیب زرد) و تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار ۰/۵ ساعت (سیب قرمز) بود (جدول ۲).

کاهش وزن با گذشت زمان و تشدید تبخیر، تعرق و تنفس به دلیل اختلاف فشار بخار آب در فضاهای بین یاخته‌های بافت‌های میوه و اتمسفر احاطه‌کننده آن امری طبیعی است (Mostofi *et al.*, 2010). تفاوت رقم‌ها در از دست دادن آب به ضخامت پوست، لایه پوست (کوتیکول) و مقدار کلسیم میوه مربوط است (Jan *et al.*, 2012). در پژوهشی درصد کاهش وزن میوه سیب قرمز لبنانی^۲ نسبت به دیگر رقم‌ها، به دلیل ضخامت بیشتر لایه پوست، کمتر بود (Veravrbeke *et al.*, 2003). کاربرد اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار سبب کاهش از دست دهی آب میوه سیب رقم گرانی اسمیت شد (Babalar *et al.*, 2014). اسید سالیسیلیک با دادن الکترون به رادیکال‌های آزاد اکسیژن از تنفس معمولی جلوگیری کرده و با جلوگیری از مسیر طبیعی انتقال الکترون، مسیر جایگزین تنفس را فعال و در نتیجه بازدارنده کاهش وزن می‌شود (Kazemi *et al.*, 2011).

شاخص‌های رنگ

از بین شاخص‌های رنگ، تنها خلوص رنگ در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک قرار گرفت. رقم، زمان انبارمانی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر درخشندگی (L*)، خلوص رنگ و زاویه هیو معنی‌دار شد (جدول ۱). در آخرین دوره انبارمانی (۱۸۰ روز)، میزان درخشندگی میوه‌های سیب رقم زرد ۹ درصد و قرمز ۱۱ درصد کاهش یافت. در مدت انبارمانی زاویه هیو در هر دو رقم سیب نسبت به زمان برداشت افزایش یافت اما تفاوت معنی‌داری بین دوره‌های انبارمانی وجود

پوسیدگی درجه i را نشان دادند. N شمار کل میوه‌های هر تیمار و i درجه پوسیدگی (با میزان فرورفتگی پوست و قهوه‌ای شدن) از ۰ تا ۵ است. ۰: بدون نشانه‌های پوسیدگی، ۱: ۱ تا ۲۰ درصد، ۲: ۲۰ تا ۴۰ درصد، ۳: ۴۰ تا ۶۰ درصد، ۴: ۶۰ تا ۸۰ درصد و ۵: بیش از ۸۰ درصد است (Wang *et al.*, 2006).

نشت یونی^۱ (EL)

با استفاده از روش Rastegri *et al.* (2014) اندازه‌گیری و توسط رابطه زیر محاسبه شد.

$$\times 100 = \frac{\text{هدایت الکتریکی اولیه}}{\text{هدایت الکتریکی ثانویه}} = \text{نشت یونی (درصد)}$$

pH و اسیدیتته کل (TA)

با استفاده از دستگاه pH متر (مدل Germany inolab720, WTW82362) و میزان اسیدیتته کل میوه برحسب اسید مالیک که اسید غالب میوه سیب است با هیدروکسید سدیم (۰/۱ نرمال) عیارسنجی و با رابطه زیر محاسبه شد (Babalar *et al.*, 2014).

= اسیدیتته کل (درصد)

$$\text{حجم عصاره} \times 1000 \times 100 \times \text{حجم سود مصرفی در تیتراسیون} \times \text{نرمالیتته سود} \times \text{اکی والان اسید غالب}$$

طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار پنج میوه) اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نسخه آماری SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

کاهش وزن میوه

بنابر جدول تجزیه واریانس کاهش وزن میوه در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر عامل‌های مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). با طولانی شدن دوره انبارمانی وزن میوه‌های هر دو رقم کاهش یافت. همه غلظت‌های مورد استفاده اسید سالیسیلیک (نسبت به تیمار آب

نداشت. شاخص خلوص رنگ در مدت انبارمانی به طور معنی داری در هر دو رقم سیب کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان خلوص رنگ با میانگین ۴۶/۸ و ۲۳/۰۵ به ترتیب مربوط به میوه‌های سیب رقم زرد پیش از انبار و میوه‌های سیب رقم قرمز پس از ۹۰ روز انبارمانی بود (جدول ۳). تیمار اسید سالیسیلیک تا ۹۰ روز انبارمانی سبب حفظ این شاخص شد و از آن به بعد تفاوت معنی داری با نمونه شاهد نداشت (شکل ۱).

نتایج بررسی *Shafiee et al.* (2010) گویای همبستگی زیاد شاخص‌های رنگ با نوع رقم و مقدار رنگدانه‌های موجود در گوشت و پوست میوه دارد. هم‌راستا با نتایج این تحقیق، شاخص درخشندگی و

خلوص رنگ با گذشت زمان انبارمانی در سیب رقم فوجی (*Dobrzanski et al., 2016*) و هلو (*Jin et al., 2006*) کاهش یافت که دلیل آن افزایش آنتوسیانین و کاهش آب‌میوه بیان شده است. اما در نتایج پژوهشی دیگر شاخص درخشندگی میوه سیب قرمز لبنانی در دوره انبارمانی افزایش یافت (*Ganai et al., 2015*). کاربرد پیش از برداشت اسید سالیسیلیک تأثیری بر شاخص‌های رنگ سیب گرانی‌اسمیت در مدت انبارمانی نداشت (*Babalar et al., 2014*) اما در میوه توت‌فرنگی سبب افزایش زاویه هیو و کاهش میزان قهوه‌ای شدن نسبت به میوه‌های گروه شاهد شد (*Shafiee et al., 2010*).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات دو رقم سیب تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک طی ۱۸۰ روز انبارمانی در دمای ۲ درجه سلسیوس

Table 1. Analysis of variance of traits affected by salicylic acid treatments in two apple varieties during 180 days of storage at 2 degrees Celsius

Factors	df	L*	Hue	Chroma	TSS	Weight loss	General acceptance	Electrolyte leakage	Decay	pH	Total acidity
Cultivar (C)	1	25397**	33.2**	7630.5*	39.5**	2084.6**	5.7**	176.1**	0.2**	7.94**	0.78**
Storage (S)	4	322.8**	88.97**	1376.8**	18.4**	8025.6**	8.4**	87779**	4.6**	0.25**	0.04**
Treatment (T)	7	20.08 ^{ns}	37.01 ^{ns}	8.58*	0.57 ^{ns}	20.3**	3.76**	312*	2.3**	0.01 ^{ns}	0.002 ^{ns}
C×S	4	50.85**	91.9**	104.4**	3.4**	346.5**	0.24**	246.8**	0.02 ^{ns}	0.07**	0.002**
C×T	7	15.98 ^{ns}	35.01 ^{ns}	5.6 ^{ns}	0.5 ^{ns}	33.1**	0.18 ^{ns}	80.3*	0.1 ^{ns}	0.005**	0.003 ^{ns}
T×S	28	11.3 ^{ns}	38.6 ^{ns}	4.9**	1.3**	28.4**	0.6**	192.4**	0.2 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
C×T×S	28	11.6 ^{ns}	27.09 ^{ns}	3.2 ^{ns}	0.48 ^{ns}	17.02**	0.26 ^{ns}	98.5**	0.07 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.0007 ^{ns}
Error	160	9.7	31.97	3.8	0.5	7.4	0.09	24.3	0.1	0.002	0.0002
CV (%)		11.1	3.15	5.99	14.01	6.07	11.8	9.2	12.46	1.1	1.47

ns, *, **: غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: not-significant and significant at 5% and 1% at probability levels, respectively.

جدول ۲. اثر متقابل رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و زمان انبارمانی بر کاهش وزن (درصد) میوه سیب

Table 2. Interaction effects among cultivars, salicylic acid and storage time on weight loss (Percentage)

Cultivar	Treatment	45(day)	90(day)	135(day)	180(day)
Golden delicious	A0	0.54 ^{q-x}	1.02 ^{b-j}	1.09 ^{b-g}	1.40 ^a
	AM	0.40 ^{t-y}	0.56 ^{q-x}	0.77 ^{t-q}	1.30 ^{ab}
	A1-0.5	0.48 ^{r-y}	0.67 ^{m-t}	0.76 ^{j-t}	1.17 ^{ab}
	A1-1	0.40 ^{t-y}	0.75 ^{j-r}	0.86 ^{e-n}	1.20 ^{a-c}
	A2-0.5	0.40 ^{t-y}	0.66 ^{m-v}	1.09 ^{b-g}	1.16 ^{a-e}
	A2-1	0.40 ^{t-y}	0.74 ^{k-r}	1.09 ^{c-k}	1.05 ^{c-h}
	A3-0.5	0.35 ^{v-y}	0.39 ^{t-y}	0.98 ^{c-l}	1.05 ^{c-h}
	A3-1	0.29 ^{x-y}	0.42 ^{t-y}	0.54 ^{q-x}	0.94 ^{c-m}
	Red delicious	A0	0.38 ^{u-y}	0.72 ^{l-s}	0.96 ^{c-l}
AM		0.30 ^{v-y}	0.52 ^{q-x}	0.66 ^{m-t}	1.00 ^{c-k}
A1-0.5		0.46 ^{s-y}	0.59 ^{u-v}	0.86 ^{e-n}	0.92 ^{d-m}
A1-1		0.24 ^{z-y}	0.48 ^{r-y}	0.73 ^{m-r}	0.84 ^{g-p}
A2-0.5		0.32 ^{v-y}	0.35 ^{v-y}	0.57 ^{o-x}	0.76 ^{j-t}
A2-1		0.30 ^{v-y}	0.45 ^{s-y}	0.57 ^{o-x}	0.85 ^{g-o}
A3-0.5		0.30 ^{v-y}	0.75 ^{j-r}	0.76 ^{j-r}	0.88 ^{e-m}
A3-1		0.30 ^{v-y}	0.68 ^{m-t}	0.78 ^{g-p}	0.84 ^{g-p}

حرف‌های مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه آزمون LSD است (p<0.05).

(A0): بدون شستشو، (AM): آب مقطر (نیم ساعت)، (A1-0.5) و (A1-1): اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار به مدت نیم و یک ساعت. (A2-1) و (A2-0.5):

سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به مدت نیم و یک ساعت (A3-0.5) و (A3-1): اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار به مدت نیم و یک ساعت.

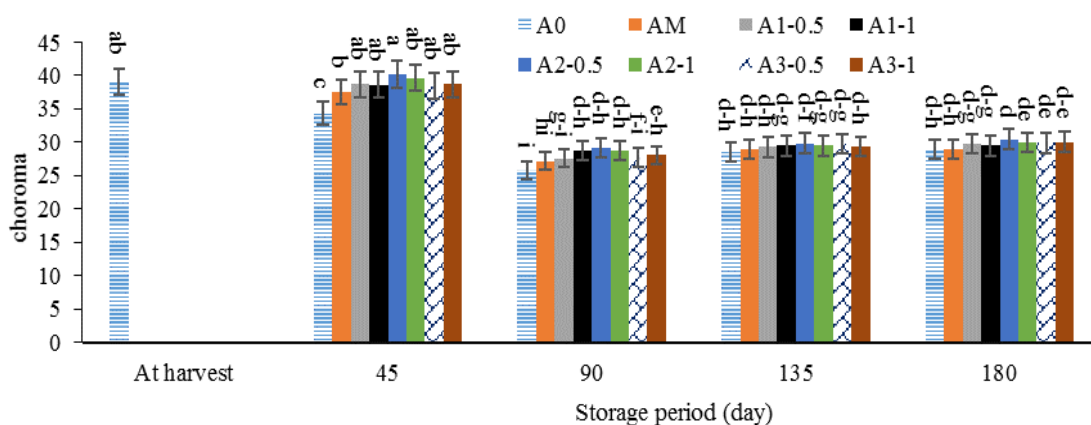
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test,

(A0): No washing, (AM): Distilled water (0.5), (A1-0.5) and (A1-1): 1 mM salicylic acid for half and one hour (A2-0.5) and (A2-1): 2 mM salicylic acid for half and one hour (A3-0.5) and (A3-1): 3 mM salicylic acid for half and one hour.

مواد جامد محلول (TSS)

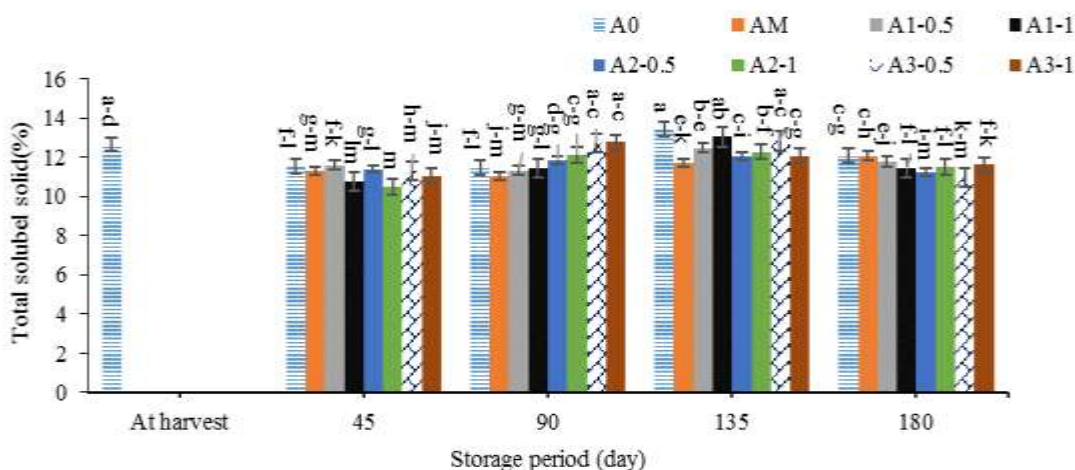
طبق نتایج تجزیه واریانس اثرات سه گانه، تیمار و اثر متقابل تیمار با رقم بر مقدار مواد جامد محلول ارقام سیب معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقدار مواد جامد محلول در ارقام سیب زرد و قرمز بعد از ۱۸۰ روز انبارمانی به ترتیب حدود ۱۳ و ۹ درصد نسبت به زمان برداشت افزایش یافت (جدول ۳). منتهی اثر متقابل

تیمار و دوره انبارمانی نشان از کاهش مقدار قند در ۴۵ و ۹۰ روز انبارمانی در اکثر تیمارها دارد و پس از آن فقط در تعدادی از تیمارها افزایش اندکی دیده شد که از نظر آماری معنی‌دار نبود. مقدار مواد جامد محلول پس از ۱۸۰ روز انبارمانی کمتر از روز صفر بود ولی شدت تغییرات در تیمارهای اسید سالیسیلیک کمتر از گروه شاهد و آب مقطر بود (شکل ۲).



شکل ۱. تأثیر زمان انبارمانی و تیمار اسید سالیسیلیک بر شاخص خلوص رنگ میوه سیب. حرف‌های مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه آزمون LSD است ($p < 0.05$). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها \pm خطای استاندارد است

Figure 1. Effect of storage time and salicylic acid treatments on apple fruit chroma index
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to the LSD test.
The vertical line on the columns show means \pm standard errors.



شکل ۲. تأثیر زمان انبارمانی و تیمار اسید سالیسیلیک بر مقدار مواد جامد محلول عصاره میوه سیب. حرف‌های مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه آزمون LSD است ($p < 0.05$). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها \pm خطای استاندارد است.

Figure 2. Effect of storage time and salicylic acid treatments on soluble solids of apple fruit extract
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to the LSD test.
The vertical line on the columns show means \pm standard errors.

به طوری که پرتقال‌های خونی که حاوی آنتوسیانین‌اند فعالیت پاداکسندگی بیشتری در پایان دوره انبارمانی داشتند (Hamedani *et al.*, 2014; Shojah *et al.*, 2011). افزایش فعالیت پاداکسندگی در مرحله‌های اولیه انبارمانی احتمال دارد به دلیل تأثیر دمای پایین در فعال شدن سامانه‌های پاداکسنده باشد. کاهش ظرفیت پاداکسندگی در زمان نگهداری درازمدت می‌تواند ناشی از تخریب ترکیب‌های فنلی و ویتامین‌ها باشد (Ferreira *et al.*, 2007). نتایج به دست آمده از این پژوهش با یافته‌های گزارش شده در نتایج بررسی‌های میوه سیب (Lata, 2008) و تمشک قرمز (Kruger *et al.*, 2011) همخوانی دارد. اسید سالیسیلیک باعث افزایش تجمع H_2O_2 و برخی رادیکال‌های آزاد (ROS) در چند هفته اول می‌شود که این افزایش برای بیان ژن‌های عامل مقاومت به بیماری لازم است. پس از مدتی رادیکال‌های آزاد باید از یاخته حذف شوند. پاداکسندها به عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد مصرف می‌شود که می‌تواند علت کاهش فعالیت پاداکسندگی در درازمدت باشد (Wang *et al.*, 2006).

شاخص پوسیدگی

بنابر نتایج تجزیه واریانس اثر ساده تیمار، زمان انبارمانی و رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص پوسیدگی معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش زمان انبارمانی شاخص پوسیدگی افزایش یافت و تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تأثیر بهتری نسبت به دیگر غلظت‌ها بر مهار (کنترل) پوسیدگی داشت و تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۲ و ۳ میلی‌مولار مشاهده نشد. تیمار آب مقطر نسبت به شاهد پوسیدگی کمتری داشت (شکل ۴).

افزایش مواد جامد محلول در مدت انبارمانی نتیجه تبدیل نشاسته به قندهای محلول، کاهش آب و هضم دیواره یاخته‌ای است (Kazemi *et al.*, 2011). میزان مواد جامد محلول در سیب رقم گلاب کهنز (در مدت انبارمانی طولانی) به دلیل شکستن نشاسته، در آغاز روند افزایشی داشت و پس از پایان ذخیره نشاسته، مواد جامد محلول کاهش یافت (Hadian deljo *et al.*, 2012). گزارش‌های چندی راجع به افزایش مقدار قندهای محلول در محصولات مختلف مانند خربزه درختی یا پاپایا (Azene *et al.*, 2014) و ازگیل (Ashornejad & Ghasemnejad, 2012) در مدت انبارمانی گزارش شده است. اسید سالیسیلیک با کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره یاخته مانند سلولاز، پلی‌گالاکتورناز و گزیلاناز و آنزیم‌های پاداکسنده مانند کاتالاز و پروکسیداز، تجزیه نشاسته موجود در بافت میوه را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه بازدارنده افزایش محتوای مواد جامد محلول می‌شود (Agarwal *et al.*, 2005).

فعالیت پاداکسندگی

همه عوامل‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر فعالیت پاداکسندگی مؤثر بودند. در تیمار ۲ و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک فعالیت پاداکسندگی هر دو رقم سیب نسبت به تیمار شاهد تا ۹۰ روز انبارمانی افزایش و از آن به پس کاهش یافت (جدول ۴).

فعالیت پاداکسندگی ارتباط نزدیکی با مقدار ویتامین ث، ترکیب‌های فنلی، فلاونوئیدی و آنتوسیانین دارد. گزارش‌های مربوط به نتایج بررسی‌های دیگر نشان از کاهش فعالیت پاداکسندگی میوه رقم‌های مرکبات در دوره انبارمانی دارد که بسته به رقم متفاوت است

جدول ۳. برهمکنش تأثیر رقم و زمان انبارمانی بر ویژگی‌های کیفی رقم‌های سیب

Table 3. Interaction among cultivars and storage time on the qualitative characteristics of apple cultivars

Cultivar	Storage (day)	TSS (%)	°Hue	Chroma	L*	General acceptance	Total acidity (%)	pH
Golden delicious	At harvest	10.63 ^e	178 ^b	46.8 ^a	77.31 ^a	2.12 ^e	0.47 ^a	4.23 ^c
	45	11.05 ^d	180 ^{ab}	44.8 ^b	75.8 ^{ab}	2.68 ^{cd}	0.68 ^b	4.2 ^d
	90	11.11 ^d	180 ^{ab}	32.6 ^d	74.27 ^{bc}	2.9 ^b	0.65 ^c	4.37 ^b
	135	12.14 ^b	181 ^a	33.9 ^c	73.79 ^c	2.95 ^{ab}	0.64 ^d	4.43 ^a
	180	12.8 ^a	180 ^{ab}	34.1 ^c	70.19 ^d	3.6 ^a	0.62 ^e	4.43 ^a
Red delicious	At harvest	11.7 ^c	175.46 ^c	31.2 ^e	57.36 ^e	2.16 ^e	0.57 ^f	3.91 ^h
	45	12.1 ^{bc}	179.4 ^b	31.2 ^{de}	55.3 ^f	2.54 ^d	0.57 ^f	3.95 ^g
	90	12.4 ^{ab}	179.3 ^b	23.05 ^g	55.3 ^f	2.6 ^d	0.55 ^g	3.98 ^f
	135	12.6 ^a	179.3 ^b	24.7 ^f	50.8 ^g	2.85 ^{bc}	0.53 ^h	3.96 ^g
	180	12.8 ^a	178.4 ^{bc}	25.3 ^f	50.68 ^g	3.04 ^{ab}	0.53 ^h	4.04 ^e

حرف‌های مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه آزمون LSD است ($p < 0.05$).

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to the LSD test.

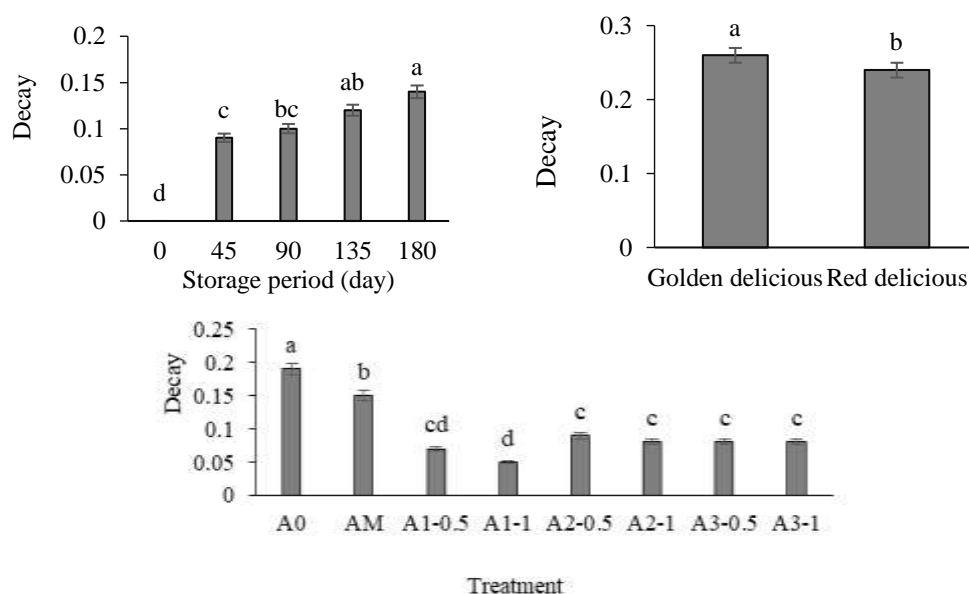
جدول ۴. اثر متقابل رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و زمان انبارمانی بر فعالیت پاداکسندگی (درصد)

Table 4. Interaction effects among cultivars, salicylic acid and storage time on antioxidant activity (%)

Cultivar	Red delicious			Golden delicious		
	At harvest	90 (day)	180(day)	At harvest	90 (day)	180(day)
A0	23.5 ^{d-g}	11.6 ^{kl}	9.5 ^{kl}	14.8 ^{h-k}	11.8 ^l	7.3 ^l
AM		11.6 ^{kl}	9.5 ^{kl}		15.47 ^{h-k}	10.3 ^{i-l}
A1-0.5		19.01 ^{f-i}	12.8 ^{i-l}		29.7 ^{cd}	12.86 ^{i-l}
A1-1		22.15 ^{e-h}	13.3 ^{i-l}		15.5 ^{h-k}	9.7 ^{kl}
A2-0.5		46.06 ^a	12.5 ^{i-l}		34.06 ^{bc}	11.01 ^{kl}
A2-1		38.6 ^{ab}	17.5 ^{g-j}		28.77 ^{e-d}	13.1 ^{i-l}
A3-0.5		45.8 ^a	22.27 ^{d-h}		24.26 ^{d-g}	13.6 ^{i-l}
A3-1		39.04 ^{ab}	21.86 ^{ef}		25.08 ^{d-f}	9.6 ^{kl}

حرف‌های مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSD است (p < 0.05).

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p < 0.05 according to the LSD test.



شکل ۴. تأثیر رقم، زمان انبارمانی و تیمار اسید سالیسیلیک بر شاخص پوسیدگی میوه سیب. حرف‌های مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSD است (p < 0.05). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 4. Effect of variety, storage time and salicylic acid treatments on apple fruit decay index. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p < 0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

Hadian deljo *et al.* (2008)، هلو (2013, Rehab)، سیب (2012, *al.*) و گلابی (2014, Davarnejad *et al.*) شده است.

قابلیت پذیرش

اثر متقابل اسید سالیسیلیک و رقم و اثر سه‌گانهٔ آن‌ها بر قابلیت پذیرش میوه معنی‌دار نشد (جدول ۱). قابلیت پذیرش میوه با افزایش مدت‌زمان انبارمانی کاهش یافت (جدول ۳). تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به مدت نیم ساعت سبب حفظ قابلیت پذیرش میوهٔ سیب شد و تأثیر زمان انبارمانی را بر قابلیت پذیرش میوه کاهش داد. کسب نمرهٔ بالای ۲/۵

عامل پوسیدگی به شدت تحت تأثیر عامل‌های پیش و پس از برداشت است. تأخیر در زمان برداشت میوه منجر به کاهش استحکام کافی در برابر عامل‌های بیماری‌زا و در نهایت افزایش این عارضه می‌شود (Ganai *et al.*, 2015). در نتایج بررسی دیگر گزارش شده اسید سالیسیلیک با جلوگیری از ساخت (سنتز) اتیلن در شرایط انباری سبب کاهش پوسیدگی و افزایش قابلیت پذیرش میوهٔ سیب می‌شود (Babalara *et al.*, 2007). اسید سالیسیلیک با داشتن تأثیر قارچ‌کشی، کاهش در تنفس و تغییرپذیری بافت میوه منجر به مهار میزان پوسیدگی پس از برداشت در برخی از محصولات مانند پرتقال (Huang *et al.*,)

سالیسیلیک در مقایسه تیمار شاهد تا ۱۳۵ روز انبارمانی نشت یونی کمتری داشتند و از آن پس تفاوتی با تیمار شاهد نداشت، ولی تیمار اسید سالیسیلیک بر نشت یونی رقم سیب زرد تا ۴۵ روز مؤثر بود و از آن پس تفاوتی با نمونه شاهد مشاهده نشد (جدول ۵).

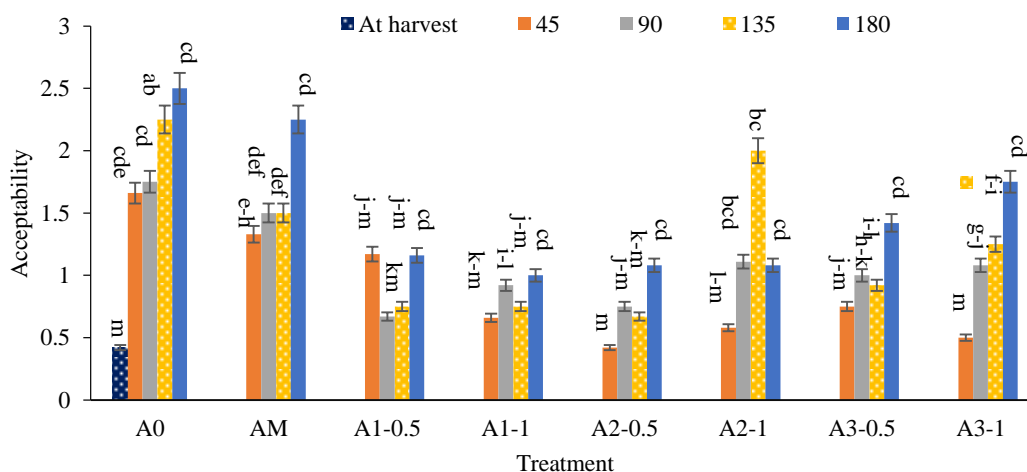
دمای پایین انبار به مدت طولانی روی چربی، فرآیندهای غشایی و نفوذپذیری غشاء اثر گذاشته و آن‌ها را تغییر می‌دهد. تغییر در تراوی غشای واکوتل و نشت مواد فنلی باعث قهوه‌ای شدن پوست می‌شود. همسو با نتایج این بررسی، با افزایش مدت زمان انبارمانی نشت یونی میوه انار افزایش یافت و کاربرد اسید سالیسیلیک تا ۱۳۵ روز انبارمانی قادر به کاهش نشت یونی نسبت به میوه‌های شاهد شد (Rastegri *et al.*, 2014). تیمار اسید سالیسیلیک سبب تولید و تحریک پروتئین‌های تکانه دمای می‌شود، آن‌ها با انتقال در عرض غشاءها یا تخریب پروتئین‌های ناپایدار و تولید پروتئین‌های پایدار از رخداد تنش سرمایی جلوگیری می‌کنند. اسید سالیسیلیک از فعالیت آنزیم کاتالاز جلوگیری و با فعال کردن آنزیم‌های پاداکسنده، مقاومت میوه انار را افزایش داد (Sayyari *et al.*, 2009).

به معنی غیرقابل مصرف بودن میوه به شمار می‌آید با این حال تیمار شاهد (A0) تا ۱۳۵ روز انبارمانی وضعیت مناسبی داشت (شکل ۵).

میوه سیب از جمله محصولات است که خواص ظاهری آن تحت تأثیر رنگ و تغییرپذیری شکل میوه قرار دارد. بررسی انجام شده روی رقم‌های مختلف سیب نشان داد، با افزایش زمان انبارمانی قابلیت پذیرش میوه‌ها در همه رقم‌ها کاهش پیدا کرد (Susaj *et al.*, 2014). اسید سالیسیلیک با تأخیر در پراکسیداسیون چربی‌های غشاء، مهار زیست‌ساخت اتیلن و در نتیجه تأخیر در پیری (Asghari & Soleimaniaghdam, 2010)، جلوگیری از کاهش وزن (Kazemi *et al.*, 2011) و کاهش آسیب سرمزدگی (Wang *et al.*, 2006) منجر به افزایش پذیرش کلی محصولات در دوره انبارمانی می‌شود.

نشت یونی (EL)

بنابر نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس همه عواملها بر میزان نشت یونی مؤثر بودند (جدول ۱). با افزایش زمان انبارمانی نشت یونی افزایش یافت که میزان آن در سیب قرمز بیشتر از سیب زرد بود. در ضمن سیب‌های لبنانی قرمز تیمار شده با اسید



شکل ۵. تأثیر زمان انبارمانی و تیمار اسید سالیسیلیک بر قابلیت پذیرش. حرف‌های مشترک بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه آزمون LSD است ($p < 0.05$). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها \pm خطای استاندارد است

Figure 5. Effects of storage time and Salicylic acid treatments on General acceptance. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to the LSD test. The vertical line on the columns show means \pm standard errors.

جدول ۵. اثر متقابل رقم، تیمار اسید سالیسیلیک و زمان انبارمانی بر نشت یونی (درصد)

Table 5. Interaction effects of cultivars, salicylic acid and storage time on electrolyte leakage (percentage)

Cultivar	Treatment	At harvest	45(day)	90 (day)	135 (day)	180 (day)
Golden delicious	A0	30.27 ^{u-x}	38.9 ^{o-v}	41.46 ^{n-s}	59.45 ^{e-i}	69.9 ^{ab}
	AM		46.98 ^{l-p}	33.45 ^{s-w}	56.2 ^{h-k}	69 ^{a-d}
	A1-0.5		31.4 ^{s-w}	45.1 ^{m-q}	56 ^{h-l}	68.1 ^{a-e}
	A1-1		40.37 ^{o-t}	52 ^{i-m}	58.99 ^{f-i}	62.5 ^{b-h}
	A2-0.5		33.5 ^{s-w}	49.46 ^{j-n}	52.1 ^{i-m}	55.6 ^{h-l}
	A2-1		33 ^{s-w}	39.2 ^{o-u}	58.8 ^{f-i}	61.9 ^{b-h}
	A3-0.5		32.3 ^{t-w}	38.47 ^{p-v}	58.9 ^{f-i}	61.77 ^{b-h}
	A3-1		32.3 ^{t-w}	39.34 ^{o-u}	57.1 ^{g-j}	67.4 ^{a-f}
Red delicious	A0	31.3 ^{t-w}	34.8 ^{r-w}	45.33 ^{m-q}	68.1 ^{a-c}	71.87 ^a
	AM		31.3 ^{t-w}	34.64 ^{r-w}	55.6 ^{h-l}	68.69 ^{a-d}
	A1-0.5		41.3 ^{n-s}	43.6 ^{m-r}	62 ^{b-h}	68.38 ^{a-e}
	A1-1		42.9 ^{n-r}	57.9 ^{g-j}	60.2 ^{d-i}	69.9 ^{ab}
	A2-0.5		33 ^{s-w}	33.5 ^{s-w}	60.6 ^{c-h}	65.67 ^{a-g}
	A2-1		37.19 ^{q-v}	44.6 ^{m-q}	58.04 ^{g-j}	67.4 ^{a-f}
	A3-0.5		31.34 ^{t-w}	39.8 ^{o-t}	57.9 ^{g-j}	57.9 ^{g-j}
	A3-1		33.5 ^{s-w}	39.8 ^{o-t}	61.5 ^{b-h}	69.5 ^{a-c}

حرف‌های مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه آزمون LSD است ($p < 0.05$).

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ according to the LSD test.

اسیدیته کل و pH

تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک بر pH و اسیدیته کل معنی‌دار نشد. با افزایش زمان انبارمانی شاخص اسیدیته کل و pH در هر دو رقم به ترتیب کاهش و افزایش یافت. سیب زرد اسیدیته و pH بالاتری نسبت به سیب قرمز داشت (جدول ۳). نداشتن تأثیر معنی‌دار اسید سالیسیلیک بر pH و اسیدیته کل در گوجه‌فرنگی (Karlidag و Yildırım & Dursun, 2009) و توت‌فرنگی (Karlidag و Yildırım & Dursun, 2009) همسو با نتایج این تحقیق بود. منتهی در میوه انگور، به دلیل داشتن اسیدهای آلی بیشتر و تبدیل اسیدهای آلی به ترکیب‌های دیگر مانند قندها و مصرف آن‌ها در فرآیند تنفس و دیگر فعالیت‌های سوخت‌وسازی، منجر به کاهش شدید در میزان اسیدهای آلی و در نتیجه افزایش pH در طول مدت نگهداری شد. تیمار اسید سالیسیلیک می‌تواند با کاهش تنفس و کند کردن فرآیندهای متابولیکی یاخته تا حدودی از کاهش اسیدهای آلی جلوگیری کند (Asghari et al., 2015).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اسید سالیسیلیک موجب کاهش میزان پوسیدگی و نشت یونی و حفظ آب‌میوه، مواد جامد محلول و افزایش فعالیت پاداکسندگی و درنهایت موجب افزایش عمر انبارمانی میوه‌های سیب شد. نظر به این مطلب که تیمار آب مقطر در مقایسه با میوه‌های شاهد پوسیدگی کمتری نشان داده، بهتر است در صورت نبود دسترسی به اسید سالیسیلیک میوه‌ها شسته و پس از بسته‌بندی با پوشش پلی‌اتیلن انبار شوند. اسید سالیسیلیک با غلظت ۲ میلی‌مولار مؤثرترین تیمار در کاهش آسیب سرمازدگی، کاهش قهوه‌ای شدن و حفظ ویژگی‌های کیفی میوه است و میوه‌هایی که به مدت نیم ساعت تیمار شده بودند، طعم و مزه بهتری نسبت به دیگر تیمارها داشتند. سیب رقم قرمز لبنانی نسبت به سیب زرد لبنانی تا مرحله آخر انبارمانی کیفیت مطلوب‌تر و توان انبارمانی بالاتری دارد.

REFERENCES

- Asghari, M. R., Ahadi, L. & Riaie, S. (2015). Effect of postharvest application salicylic acid and *Aloe vera* gel on quality characteristics and antioxidant activity of grape fruit "Ghezel Osum". *Journal of Horticulture Science*, 27, 349-342. (in Farsi)
- Asghari, M. R. & Soleimaniaghdam, M. (2010). Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops. *Food Science and Technology*, 21, 502-509.
- Ashornejad, M. & Ghasem nejad, M. (2012). Effects of cellophane-film packaging and cold storage on the keeping quality and storage life of loquat fruit (*Eriobotrya japonica*). *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 7 (2), 102-95. (in Farsi)
- Agarwal, S., Sairam, R. C. K., Srivastava, G. C., Tyagi, A. & Meena, R. C. (2005). Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedlings. *Plant Science*, 169(3), 559-570.

5. Azene, M., Workneh, T. S. & Woldetsadik, K. (2014). Effect of packaging materials and storage environment on postharvest quality of papaya fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1041-1055.
6. Babalar, M., Asgarpoor, A. & Asgari, M. A. (2014). The effect of pre and postharvest treatment of salicylic acid and putrescine on some fruit quality properties of Granny Smith apple. *Journal of Horticulture Science*, 28 (4), 479-486. (in Farsi)
7. Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A. & Khosroshahi, A. (2007). Effect pre and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selava strawberry fruit. *Food Chemistry*, 105, 449-453.
8. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*, 28, 25-30.
9. Davarinejad, G. H., Arefkhni, S., Azizi, M. & Zarei, M. (2014). Study on the effect of salicylic acid and calcium chloride on storage life, qualitative characteristics and antioxidant activity of pear fruit after harvest. *Journal of Horticulture*, 27(4), 464-478. (in Farsi)
10. Dobrzanski, B., Rybczyński, R., Dobrzańska, A. & Wójcik, W. (2001). Some physical and nutritional quality parameters of storage apple. *International Agrophysics*, 15(1), 13-18.
11. Doryanizadeh, M., Ghasemnezhad, M. & Sabouri, A. (2016). Estimation of postharvest quality of "Red Delicious" apple fruits based on fruit nutrient elements composition. *Journal of Agricultural Science*, 9(1), 164-169.
12. Esturk, O., Ayhan, Z. & Ustunel, M. A. (2011). Modified atmosphere packaging napoleon cherry effect of packaging material and storage time on physical, chemical, and sensory quality. *Food Bioprocess Technology*, 5, 1295-1304.
13. Ferreyra, R.M., Viña, S. Z., Mugridge, A. & Chaves, A. R. (2007). Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. *Scientia Horticulturae*, 112(1), 27-32.
14. Ganai, S. A., Ahsan, H., Wani, I. A., Lone, A. A., Mir, S. A. & Wani, S. M. (2015). Colour changes during storage of apple cv. Red delicious-influence of harvest dates, precooling, calcium chloride and waxing. *International Food Research Journal*, 22(1), 196-201.
15. Jan, I., Rab, A. & Sajid, M. (2012). Storage performance of apple cultivars harvested at different stages of maturity. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(2), 438-447.
16. Hadian-Deljou, M. & Sarikhani, H. (2012). Effect of salicylic acid on maintaining post-harvest quality of apple cv. Golabe-Kohanz. *Journal of Crops Improvement*, 14(2), 71-82. (in Farsi)
17. Hamedani, M., Moradi, M. & Ghanbari, M. (2014). Effect of harvest time and storage on Moro blood orange fruit quality (*Citrus sinensis* cv. Moro). *Journal of Horticultural Science*, 28(2), 252-259.
18. Huang, R. H., Liu, J. H., Lu, M. Y. & Xia, R. X. (2008). Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of Cara Cara navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 168-175.
19. Jalili Marandi, R. & Shafaei, Z. (2015). Effect of postharvest treatments of citric acid and salicylic acid on quality attributes of pear cv. Sardrod fruit during storage. *Journal of the Plant Production (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 38(1), 131-143. (in Farsi)
20. Jin, C., Suo, B., Kan, J., Wang, H. & Wang, Z. (2006). Changes in cell wall polysaccharide of harvested peach fruit during storage. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 32(6), 657-659.
21. Kader, A. A. (2013). Postharvest technology of horticultural crops- and overview from farm to fork. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 1(1), 1- 8.
22. Kazemi, M., Aran, M. & Zamani, S. (2011). Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. *American Journal of Plant Physiology*, 6(2), 113-119.
23. Kruge, E., Dietrich, H., Schopplein, E., Rasim, S. & Kurbel, P. (2011). Cultivar, storage conditions and ripening effect on physical and chemical quality of red raspberry fruit. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 60, 31-37.
24. 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.
25. Lata, B. (2008). Apple peels antioxidant status in relation to genotype, storage type and time. *Scientia Horticulturae*, 117(1), 45- 52.
26. Mostofi, Y., Geransayeh, M., Abdousi, V. & Nejatian, M. A. (2013). Effect of ozone on postharvest quality and storability of grape cv. 'Fakhri'. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 44(1), 1-9. (in Farsi)
27. Nazoori, F., Kalantari, S., Javanshah, A. A. & Talaei, A. R. (2017). The effect of different storage conditions on quantitative and qualitative characteristics of Ahmad Aghaei fresh pistachio. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 69(14), 73-65. (in Farsi)
28. Rastegri, H., Tehranifar, A., Nemati, S. H. & Vazifehshenas, M. R. (2014). Effect of pre harvest application of salicylic acid on postharvest characteristics of pomegranate fruit and storage in cold store. *Journal of Horticulture Science*, 28(3), 360-368. (in Farsi)

29. Rehab, M. A. (2013). Effect of post-harvest salicylic acid treatments on fruit quality of peach cv. "Flordaprince" during cold storage. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(7), 920-927.
30. Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M. & Valero, D. (2009). Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53, 152-154.
31. 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. *Scientia Horticulturae*, 124(1), 40-45.
32. Shojah, A. Ghasemnezhad, M. & Morteza, S. N. (2011). The changes of antioxidant capacity and post harvest quality of Thompson navel and blood orange fruits during storage. *Journal of Horticultural Science*, 25(2), 147-155
33. Susaj, E., Mustafa, S., Kallço, I., Susaj, L. & Susaj, M. L. (2014). Effects of cold storage and post-cold storage duration on several fruit quality parameters and shelf life of "golden delicious" apples. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 32(5), 34-43.
34. Veravrbeke, E., Verboven, A., Oostveldt, P. & Nicolai, B. M. (2003). Predication of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestris* subsp. Mitis (Wallr.) during storage: part 2. Model simulations and practical applications. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1), 89-97.
35. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S. & Archbold, D. D. (2006). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 244-251.
36. Yıldırım, E. & Dursun, A. (2009). Effect of foliar salicylic acid applications on plant growth and yield of tomato under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae*, 807, 395-400.