Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 4, Winter 2019 (1045-1059)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.246332.1351

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷ (ص ۱۰۵۹-۱۰۴۵)

ارزیابی تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر انبارمانی میوه لیموترش (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime)

مژده یوسفی[۱]، فاطمه ناظوری[۲*]، سید حسین میردهقان[۳] و محمد حسین شمشیری[٤]

۱، ۲، ۳ و ٤. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۹/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۱۱/۲٤)

چکیده

میوه لیموترش به‌دلیل داشتن ارزش اقتصادی و ترکیبات مفید تغذیه‌ای حائز اهمیت می‌باشد. عدم وجود امکانات انبارداری و بسته‌بندی مناسب منجر به کاهش مصرف لیموی تازه نسبت به سایر روش‌های فرآوری می‌شود. این تحقیق به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بر انبارمانی (۰، ۲۰، ٤۰ و ٦۰ روز) میوه لیموترش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. بر اساس یافته‌های این تحقیق، طی دوره انبارمانی، روند افزایشی برخی از شاخص‌ها از جمله کروما (۵/۵درصد)، کاهش وزن (۹ درصد) و ویتامین‌ث (٦٦ درصد) نسبت به زمان برداشت مشاهده شد؛ ولی سفتی گوشت (۵۲ درصد)، اسید کل (۲٤ درصد) و تازگی پوست (۳۷ درصد) کاهش یافتند. تیمارهای سالیسیلیک‌اسید قادر به حفظ وزن میوه نشد؛ ولی سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار از نظر حفظ خواص پاداکسندگی و سالیسیلیک‌اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار در حفظ سفتی پوست نسبت به تیمار شاهد مؤثر بودند. در پایان دوره انبار، بیشترین سفتی گوشت و ویتامین‌ث در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار و بیشترین میزان مواد جامد محلول و اسید در تیمار سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار ثبت شد. به‌نظر می‌رسد نگه‌داری لیموترش در ظروف بسته‌بندی با استفاده از سالیسیلیک‌اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار قادر به حفظ کیفیت لیموترش تا ٦۰ روز باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رنگ، فعالیت پاداکسندگی، مرکبات، ویتامین‌ث، ویژگی‌های کمی و کیفی.

Assessment the effect of salicylic acid on storage life of lime fruit (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime)

Mozhdeh Yousefi[1], Fatemeh Nazoori[2*], Seyed Hossein Mirdehghan[3] and Mohammad Hossein Shamshiri[4]
1, 2, 3, 4. Former M. Sc. Student, Assistant Professor, Professor and Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
(Received: Nov. 29, 2017 - Accepted: Feb. 13, 2018)

ABSTRACT

Lime fruit has significance important because of its economic value and beneficial nutritional composition. Fresh lime consumption compared to other processing methods is reduced for the lack of storage facilities and suitable packaging. This experiment was conducted to evaluate the effects of salicylic acid concentrations of 0, 1, 2 and 3 mM on the lime fruit shelf life (0, 20, 40 and 60 days) in a factorial arrangement based on a completely randomized design. According to the findings of this study, the index of chroma (5.5%), weight loss (9%) and vitamin C (66%) during storage were higher than harvest time, but pulp firmness (62%), total acidity (24%) and peel freshness (37%) decreased. Salicylic acid treatments were unable to maintain fruit weight, but salicylic acid 1 mM was effective in maintaining the antioxidant properties, and salicylic acid at 1 and 2 mM maintained peel firmness compared to control. At the end of the storage period, the highest pulp firmness and vitamin C related to application of salicylic acid at 2 mM. However, salicylic acid at 1 mM resulted in the highest soluble solids and acid contents. It seems that packaging lime with 1 and 2 mM salicylic acid was able to maintain the lime fruit quality up to 60 days.

Keywords: Antioxidant activity, citrus, color index, quantitative and qualitative characteristics, vitamin C.

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

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مرکبات از جمله مهم‌ترین میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به‌شمار می‌روند. از جمله گونه‌های مهم مرکبات می‌توان به لیموترش اشاره کرد که دارای ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای چشمگیری در سطح جهانی است (Tripoli *et al*., 2007). ایران یکی از کشورهای عمده تولیدکننده مرکبات است و از لحاظ میزان تولید و سطح زیر کشت بر اساس آمار FAO (2015) از بین کشورهای تولیدکننده مرکبات در جایگاه هفتم جهانی قرار داشته است. میزان تولید لیموترش ۴۹۳۵۱۵ تن و سطح زیر کشت لیموترش ۳۰۵۵۸ هکتار در ایران می‌باشد (FAO, 2015). با توجه به تولید فصلی و ماندگاری کم میوه لیموترش، فرآوری‌های انجام‌شده بر روی این محصول به سمت تولید صنعتی آب‌لیمو، اسانس، پوست و میوه‌خشک و منجمد رفته و قادر به ارائه این محصول در تمام طول سال شده است. ولی فرآوری‌های ذکرشده در مقایسه با میوه تازه، دچار نقصان قابل‌توجهی در ویژگی‌های کمی و کیفی محصول می‌شود. میوه تازه لیموترش همچون سایر محصولات باغبانی بنابر دلایل مختلفی از جمله تشدید فعالیت آنزیم‌ها، تنفس، تعرق و حضور عوامل میکروبی دچار زوال می‌شود و ارائه راهکاری مناسب برای افزایش عمر انبارمانی آن ضروری به‌نظر می‌رسد (Tiwari *et al*., 2007). اخیراً استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار مانند سالیسیلیک‌اسید جهت افزایش عمر انبارمانی محصولات باغبانی رایج شده است (Asghari & Soleimaniaghdam, 2010).

سالیسیلیک‌اسید (SA) هورمون گیاهی و ترکیب فنلی ساده دخیل در تنظیم فرآیندهای رشد و توسعه گیاه، از جمله تعرق، بسته‌شدن روزنه‌ها، جوانه‌زنی دانه، عملکرد میوه، گلدهی و تولید گرما و القای مقاومت در برابر بیماری است (Chan & Tian, 2006). در بسیاری شرایط تنش‌زا به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی، میزان سالیسیلیک‌اسید در گیاه افزایش می‌یابد. به تازگی نقش سالیسیلیک‌اسید به‌عنوان یک سیگنال مولکولی در القای مقاومت سیستمیک و تولید پروتئین‌های پاتوژنی مطلوب، به‌طور وسیع مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر این، استخراج سالیسیلات‌ها از برخی میوه‌ها و سبزی‌ها، بیانگر این است که این ترکیبات با حفظ سلامتی در ارتباط بوده و به‌عنوان ترکیبات سازگار با بدن انسان شناخته شده‌اند (Beckers & Spoel, 2006).

سالیسیلیک‌اسید با کاهش میزان اتیلن تولیدی و تنفس، رسیدن میوه کیوی را به تأخیر می‌اندازد (Zhang *et al*., 2003). سالیسیلیک‌اسید از طریق کاهش تنفس و به‌دنبال آن کاهش سوخت و ساز، سبب کنترل کاهش وزن در میوه نارنگی می‌شود (Zheng & Zhang, 2004). سالیسیلیک‌اسید در میوه هلو می‌تواند با فعال‌کردن آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز سبب افزایش اسیدآسکوربیک شود (Wang *et al*., 2006). تیمار پس از برداشت سالیسیلیک‌اسید منجر به کاهش تولید اتیلن و سرعت تنفس میوه‌های هلو شده است و شروع نقطه اوج کلیماکتریک را در طول مدت زمان انبارمانی به تأخیر می‌اندازد. مقدار قندهای احیاشده در میوه‌های تیمارشده با سالیسیلیک‌اسید کمتر بود (Han *et al*., 2003). کاربرد پس از برداشت سالیسیلیک‌اسید سبب کاهش مواد جامد محلول در میوه لیچی شد (Kumar *et al*., 2011) اما تأثیر معناداری بر میزان مواد جامد محلول میوه کیوی نداشت (Roohi *et al*., 2010). در میوه‌های هلو تیمارشده به‌روش غوطه‌وری با اسیدسالیسیلیک مشخص شد که میوه‌ها میزان شاخص درخشندگی[1] بالاتری داشتند (Tareen *et al*., 2012). میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با سالیسیلیک‌اسید دارای زاویه هیو[2] بالاتر و قهوه‌ای‌شدن کمتری می‌باشند. این اثر سالیسیلیک‌اسید می‌تواند به‌علت کاهش تنفس و جلوگیری از پیری میوه در طول انبار باشد (Shafiee *et al*., 2010). در آزمایش دیگری نشان داد که زاویه هیو و شاخص کروما[3] میوه‌های تیمارشده با سالیسیلیک-اسید نسبت به شاهد بیشترین بود (Vatanparast, 2011). سالیسیلیک‌اسید با جلوگیری از تولید یا عمل اتیلن مانع فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده غشا و دیواره سلولی از قبیل

1. L*
2. Hue angle
3. Chroma

www.SID.ir

Archive of SID

پلی‌گالاکترونار، سلولاز و پکتین‌متیل‌استراز می‌گردد. عدم فعالیت این آنزیم‌ها سبب کندشدن تنفس و کاهش سرعت رسیدن و حفظ سفتی میوه می‌شود (Babalar *et al*., 2007; Zhang *et al*., 2003; Srivastava & Dwivedi, 2000; Raskin, 1992). سالیسیلیک‌اسید هم‌چنین حرکت کلسیم را از فضاهای بین‌سلولی و واکوئل به سیتوپلاسم تحریک می‌کند (Wang & Li, 2006). کلسیم نقش مهمی در حفظ کیفیت و ماندگاری پس از برداشت میوه‌ها دارد و در ترکیبات پکتین تیغه‌میانی نقش اساسی دارد (Prasanna *et al*., 2007)؛ به‌علاوه کلسیم باعث ثبات دیواره سلولی و حفظ بهتر غشای سلولی می‌شود (Wang & Li, 2006).

بر طبق گزارش‌های ارائه‌شده توسط محققین مختلف، سالیسیلیک‌اسید با اثر بر روی H_2O_2 توان پاداکسندگی را افزایش داده و از گیاه در برابر تنش‌های اکسیداتیو حفاظت می‌کند (Agarwal *et al*., 2005). کاربرد پس از برداشت سالیسیلیک‌اسید در میوه پرتقال فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی از جمله دهیدرواسکوربیت ردوکتاز، گلوتاتیون‌ردوکتاز، سوپراکسیددیسموتاز و همچنین میزان گلوتاتیون و آسکوربیت را افزایش می‌دهد و از این طریق سبب تأخیر پراکسیداسیون لیپیدهای غشا می‌شود (Huang *et al*., 2008). استفاده قبل از برداشت سالیسیلیک اسید در میوه پرتقال منجر به افزایش محتوای اسیدآسکوربیک، فعالیت پاداکسندگی، گلوتاتیون، فنل‌های کل، فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها (لیکوپن و آلفا کاروتن) طی انبارداری در گوشت و پوست میوه شد (Renhua *et al*., 2008). با توجه به اثرات ارزنده کاربرد سالیسیلیک‌اسید در حفظ برخی ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات باغبانی طی دوره انبارمانی، در این تحقیق به بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر انبارمانی میوه لیموترش جهرمی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۵ به‌منظور یافتن راهکار جدید و مناسب برای افزایش عمر پس از برداشت میوه‌های لیموترش رقم لیموی‌آب (Mexican lime) تهیه‌شده از باغ‌های جهرم صورت گرفت. میوه‌ها بعد از چیده‌شدن کمتر از ۱۲ ساعت با توجه به فاصله ۶۰۰ کیلومتری باغ تا محل آزمایشگاه منتقل و در محلول سالیسیلیک‌اسید با متوسط pH، ۴/۶ در دمای اتاق و مدت زمان ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند. بعد از انجام تیمار غوطه‌وری و خشک‌شدن، میوه‌ها به‌صورت ۱۰ تایی درون ظروف درب‌دار یک‌بار مصرف بسته‌بندی و به سردخانه با دمای ۱±۴ و رطوبت نسبی ۵±۹۰ منتقل شدند و به فاصله هر ۲۰ روز یک‌بار (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز انبارمانی) نمونه‌ها از سردخانه بیرون آورده شدند و ویژگی‌های کمی و کیفی به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت.

درصد کاهش وزن

به‌وسیله ترازوی دیجیتال (GS2202, Japon) با دقت ۰/۰۱ گرم و استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Gao *et al*., 2013).

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{(\text{وزن میوه بعد از انبار} - \text{وزن میوه قبل از انبار})}{\text{وزن میوه قبل از انبار}} \times ۱۰۰$$

سفتی پوست و گوشت میوه

سفتی بافت میوه‌ها با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (LU0805637, Taiwan) با پروب ۱۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و بر حسب کیلوگرم بر نیرو بیان شد (Pongener *et al*., 2011).

ویتامین‌ث

میزان ویتامین‌ث آب میوه به‌روش تیتراسیون با دی‌کلروفنل‌ایندوفنل تعیین گردید. در نهایت میزان ویتامین‌ث برحسب میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه محاسبه شد (Aghdam *et al*., 2012).

مواد جامد محلول کل (TSS)

این فاکتور به‌وسیله دستگاه قندسنج[1] دیجیتال (مدل PAL-1 Atago, Japon) در دمای اتاق و بر حسب درصد اندازه‌گیری شد (Turkmen & Eksi, 2011).

1. Refractometer

www.SID.ir

Archive of SID

pH و اسیدهای قابل تیتراسیون (TA)

pH با استفاده از دستگاه pHمتر (مدل Germany inolab720, WTW82362) و میزان اسید میوه بر حسب اسیدسیتریک (اسید غالب لیموترش) و با سود ۰/۱ نرمال تیتر و با فرمول زیر محاسبه شد (Babalar *et al*., 2007).

= اسید کل (درصد)

حجم عصاره × ۱۰۰۰/ ۱۰۰ × حجم سود مصرفی در تیتراسیون × نرمالیته سود × اکی والان اسیدغالب

رنگ میوه

تغییر رنگ میوه بر اساس شاخص‌های رنگ که شامل درخشندگی (L^*)، قرمز-سبز (a^*) و آبی-زرد (b^*) با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta CR 400, Japan) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص کروما و زاویه هیو از فرمول‌های زیر استفاده گردید (Esturk *et al*., 2011).

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

$$\text{hue} = \tan^{-1}\frac{b*}{a*}$$

فعالیت پاداکسندگی

با استفاده از DPPH[1] به‌روش شرح داده‌شده توسط Serrano *et al*. (2005) انجام شد. ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به ۱ گرم میوه افزوده و پس از ورتکس، به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق گذاشته شد. بعد از سانتریفیوژ به‌مدت ۱۰ دقیقه، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۹۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH (۵۰۰ میکرومولار در اتانول) آمیخته و به‌شدت توسط دستگاه لرزا تکان داده شد و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت. نمونه شاهد هم به همین صورت تهیه شد ولی با این تفاوت که به‌جای عصاره از آب مقطر استفاده گردید و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

= فعالیت پاداکسندگی (درصد)

$$\frac{\text{(عدد ضریب تصحیح × عدد نمونه) -۱}}{\text{عدد کنترل}} \times ۱۰۰$$

آزمون پانل (ارزیابی حسی)

به‌منظور بررسی اثر تیمارها بر روی تازگی میوه‌ها پس از تیمار، از تست پانل (توسط پنج نفر از دانشجویان خانم) استفاده شد. چهار عدد میوه از هر تکرار در ظروف مخصوص پلاستیکی قرار داده شد و پانلیست‌ها بعد از ارزیابی میوه‌ها از نظر عدم وجود لکه‌های چروکیدگی و بدشکلی نمرات خود را از صفر تا پنج ثبت کردند. پنج: میوه کاملاً سالم و تازه، چهار: کمتر از ۵ درصد چروکیدگی و بدشکلی، سه: ۱۰-۵ درصد چروکیدگی و بدشکلی، دو: ۲۰-۱۰ درصد چروکیدگی و بدشکلی، یک: بیش از ۲۰ درصد چروکیدگی و بدشکلی (Valero *et al*., 2006).

محاسبات آماری

آنالیز داده‌های آماری حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گرفت و پس از آن مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و رسم نمودارها توسط نرم افزار اکسل انجام گرفت.

نتایج و بحث

کاهش وزن میوه

طبق جدول تجزیه واریانس سالیسیلیک‌اسید، دوره انبارمانی و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن میوه داشتند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با توجه به این‌که دوره انبارمانی صفر برابر با زمان قبل از ورود نمونه‌ها به انبار بود، طبیعتاً هیچ کاهش وزنی ثبت نشد. تا روز ۲۰ انبارمانی تیمار شاهد با سالیسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین کاهش وزن را از خود نشان دادند. تیمار سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش وزن بیشتر میوه در طی انبارمانی گردید. در روز ۲۰ انبارمانی کمترین درصد کاهش وزن (۲/۵ درصد) مربوط به تیمار شاهد و سالیسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار بود ولی در روز ۶۰ انبارمانی کمترین درصد کاهش وزن ۷/۷۹ درصد در تیمار شاهد مشاهده شد. در روز ۶۰ انبارمانی، تیمارهای سالیسیلیک‌اسید ۲ و ۳ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد در آن دوره به‌ترتیب ۳۴ و ۲۵/۷ درصد کاهش وزن بیشتری ثبت کردند (شکل ۱).

1. 1,1-diphenyl-2-picrylhidrazel

www.SID.ir

Archive of SID

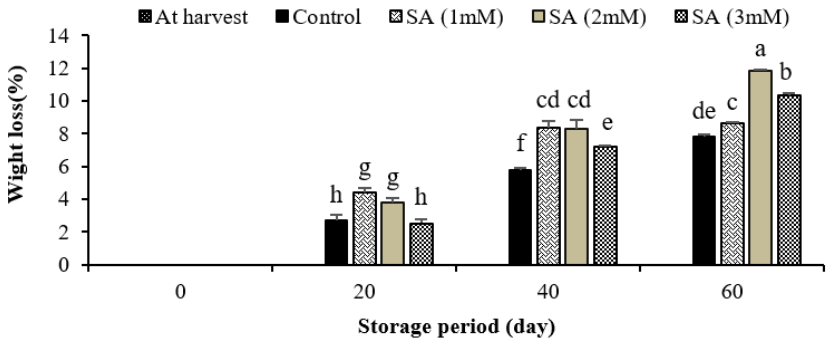
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده میوه لیموترش در طی مدت انبارمانی

Table 1. Analysis of variance of measured traits of lime fruit during storage

Factors	df	L*	Hue	Chro.ma	TSS (%)	Weight loss (%)	Vit. C	Pulp firmness	Peel firmness	pH	Total acid (%)	Antioxidant activity
Treatment (T)	3	3.47^{ns}	0.002^{ns}	4.01**	2.16**	13.61**	281.58**	0.002*	0.006^{ns}	0.01**	0.76**	17.93^{ns}
Storage (S)	2	1.07^{ns}	0.0003^{ns}	7.39**	0.66^{ns}	164.03**	5471.68**	0.16**	0.54**	0.70**	11.83**	2.96^{ns}
T×S	6	3.63^{ns}	0.001^{ns}	1.68*	0.22^{ns}	4.26**	205.20**	0.004**	0.02**	0.07**	0.68**	19.13*
Error	36	3.10	0.001	0.61	0.42	0.28	10.80	0.0008	0.004	0.003	0.16	7.41
CV (%)		2.47	0.02	2.10	6.61	7.79	8.89	6.22	5.58	2.59	6.51	3.32

ns، * و **: به‌ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱درصد.

ns, *, **: Non-significant and significant at 5 and 1 of probability levels, respectively.



شکل ۱. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان کاهش وزن میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.

حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).

خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 1. Effect the salicylic acid (SA) on weight loss of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.

کاهش وزن در اثر فعالیت‌های متابولیکی، تنفس و تعرق رخ می‌دهد و یکی از مهم‌ترین ناهنجاری‌های است که باعث کاهش کیفیت و در نهایت پژمردگی میوه می‌شود (Jalili-e-Marandi, 2004; Gomez-Galindo *et al*., 2004). با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان از دست‌دادن آب میوه هلو (Karamnezhad *et al*., 2017) و توت‌فرنگی (Hernandez-Munoz *et al*., 2006) افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. سالیسیلیک‌اسید از طریق کاهش تنفس و به‌دنبال آن کاهش سوخت‌وساز سبب کنترل کاهش وزن می‌شود (Zheng & Zhang, 2004). مطابق با نتایج این پژوهش، سالیسیلیک‌اسید نه‌تنها موجب حفظ وزن میوه پرتقال در طی انبارداری نشد بلکه باعث کاهش وزن بیشتر آن‌ها نسبت به شاهد شد (Dadgar, 2014). در پژوهشی دیگر توسط Valipour *et al*. (2014) مشاهده شد که غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک‌اسید روی میوه موز در کنترل کاهش وزن نسبت به تیمار شاهد بی‌تأثیر بود که مغایر با نظر برخی پژوهشگران در مورد توت‌فرنگی (Shafiee *et al*., 2010)، گلابی (Imran *et al*., 2007) و نارنگی (Zheng & Zhang, 2004) می‌باشد. به‌نظر می‌رسد پوشش کوتیکول میوه لیموترش (شاهد) نسبت به تیمار سالیسیلیک‌اسید توانایی بیشتری در حفظ وزن میوه داشته باشد.

سفتی پوست

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به سفتی پوست میوه نشان داد که فقط دوره انبارمانی و اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و دوره انبارمانی در سطح احتمال یک درصد بر سفتی پوست میوه معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که در روز ۲۰ انبارمانی سفتی افزایش و از آن به بعد کاهش یافت. کمترین میزان سفتی پوست در روز ۶۰ انبارمانی متعلق به سالیسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار

www.SID.ir

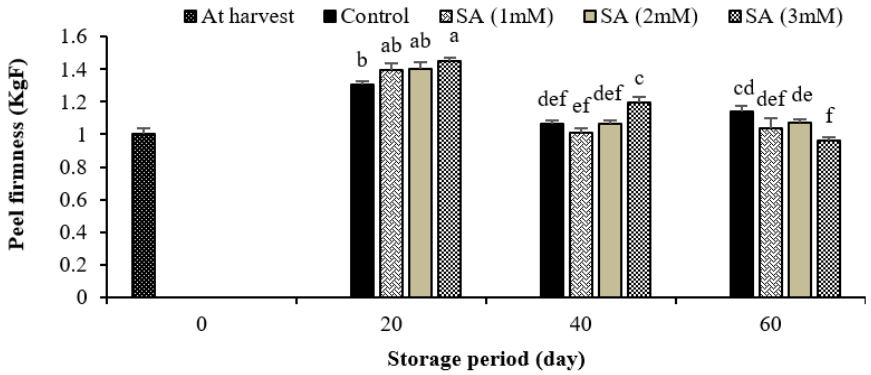
Archive of SID

بود و بقیه تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۲).

سفتی گوشت

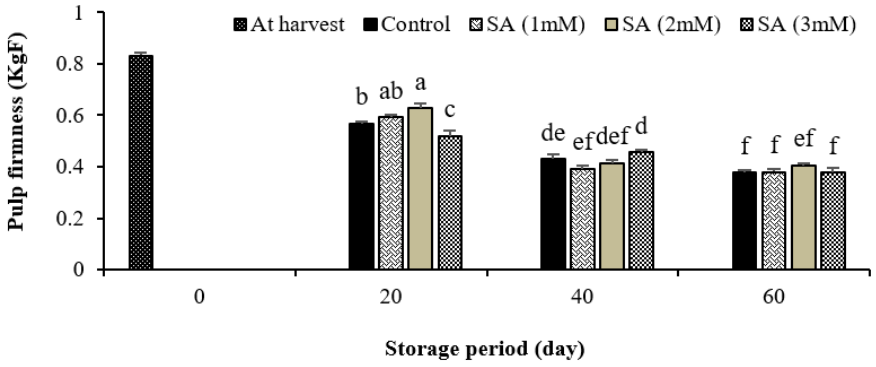
طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر سالیسیلیک‌اسید، دوره انبارمانی و اثر متقابل آن‌ها بر سفتی گوشت میوه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد با افزایش مدت زمان انبارمانی سفتی گوشت میوه به‌طور معنی‌داری نسبت به زمان برداشت کاهش (۶۲ درصد) پیدا کرد. بالاترین میزان سفتی گوشت میوه متعلق به زمان برداشت بود و در روز ۲۰ انبارمانی سالیسیلیک‌اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار بیشترین میزان سفتی گوشت را نشان دادند. در روز ۶۰ انبارمانی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد و همگی کاهش یافتند (شکل ۳).

سفتی بافت یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی به‌منظور نظارت بر فرآیند رسیدن میوه است (Prasanna *et al*., 2007). کاهش سفتی بافت نتیجه فرآیندهای متابولیکی (تجزیه پلی‌ساکاریدهای ساختمانی به‌ویژه ترکیبات پکتیکی و تا حدودی همی سلولز) است که در طی رسیدن و انبارمانی رخ می‌دهد (Feng *et al*., 2006).



شکل ۲. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان سفتی پوست میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 2. Effect the salicylic acid (SA) on peel firmness of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.



شکل ۳. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان سفتی گوشت میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 3. Effect the salicylic acid (SA) on pulp firmness of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.

www.SID.ir

Archive of SID

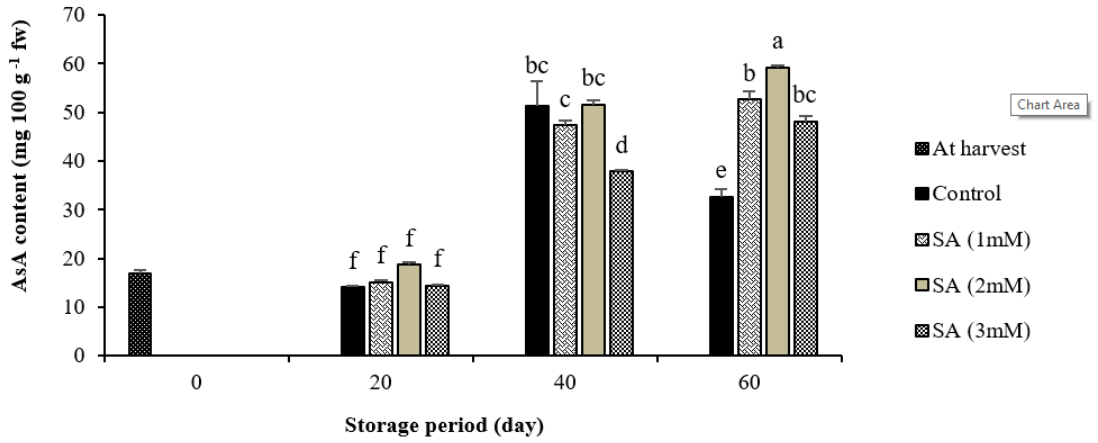
تأثیر مدت زمان انبارمانی بر کاهش سفتی بافت میوه گزارش شده است (Sass *et al*., 1992; Lau, 1998; Jan *et al*., 2012). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان سفتی کاهش پیدا کرد که با نتایج پیشین روی محصول کیوی (Feng *et al*., 2006) و سیب (Jan *et al*., 2012) مطابقت داشته است.

سالیسیلیک‌اسید با جلوگیری از بیوسنتز یا عمل اتیلن مانع فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی و غشاء از قبیل پلی‌گالاکتروناز، لیپوکسیژناز، سلولاز و پکتین‌متیل‌استراز شد. عدم فعالیت این آنزیم‌ها سبب کندشدن تنفس و کاهش سرعت رسیدن و حفظ سفتی میوه می‌گردد (Babalar *et al*., 2007; Zhang *et al*., 2003; Srivastava & Dwivedi, 2000; Raskin, 1992). نتایج این تحقیق نشان داد که سالیسیلیک‌اسید از روز ۲۰ انبارمانی به بعد قادر به حفظ سفتی گوشت نشد که احتمالا به‌دلیل ماهیت فیزیولوژیک میوه لیموترش (به‌عنوان محصول نافرازگرا) یا اکسیدشدن سالیسیلیک‌اسید طی دوره انبارمانی است. گزارش‌های زیادی مبنی بر اثر سالیسیلیک‌اسید بر افزایش سفتی میوه‌های سیب (Mo *et al*., 2008) و کیوی (Zhang *et al*., 2003; Aghdam *et al*., 2009) وجود دارد.

ویتامین‌ث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید، دوره انبارمانی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش دوره انبارمانی میزان ویتامین‌ث به‌طور قابل‌توجهی افزایش پیدا کرد و تیمار سالیسیلیک‌اسید سبب بهبود حفظ ویتامین‌ث در طی انبارمانی گردید و در روز ۶۰ انبارمانی بیشترین میزان ویتامین‌ث مربوط به سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴).

اسیدآسکوربیک (ویتامین‌ث) یک پارامتر کیفی تغذیه‌ای مهم در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشد و در مقایسه با سایر مواد غذایی در طی دوره انبارداری زودتر از بین می‌رود (Bower *et al*., 2003) که دلیل آن مصرف ویتامین‌ث به‌عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Smimoff, 1995). فرآیندهای اکسیداتیو عامل اصلی انهدام اسیدآسکوربیک در بافت میوه‌ها هستند که این فرآیندها در حضور نور، اکسیژن، حرارت و آنزیم‌های اکسیدکننده تسریع می‌گردند (Plaza *et al*., 2006). کاربرد سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش ویتامین‌ث در دانهال‌های خردل شد (Dat *et al*., 1998).



شکل ۴. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان ویتامین‌ث میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 4. Effect the salicylic acid (SA) on vitamin C of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.

www.SID.ir

Archive of SID

سالیسیلیک‌اسید باعث فعال‌کردن آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز می گردد که نتیجه آن افزایش خاصیت پاداگسندگی و افزایش اسید آسکوربیک در میوه‌ها است (Wang *et al*., 2006). یکی دیگر از دلایل افزایش اسیدآسکوربیک در نمونه‌ها احتمالاً خروج آب میوه باشد. یافته‌های پژوهش حاضر مطابق با یافته‌های تیمار سالیسیلیک‌اسید در پرتقال (Huang *et al*., 2008)، لیچی (Kumar *et al*., 2011) و انار (Sayyari *et al*., 2009) می‌باشد که نشان دادند که میوه‌های تیمارشده با سالیسیلیک‌اسید نسبت به شاهد ویتامین‌ث بیشتری داشتند.

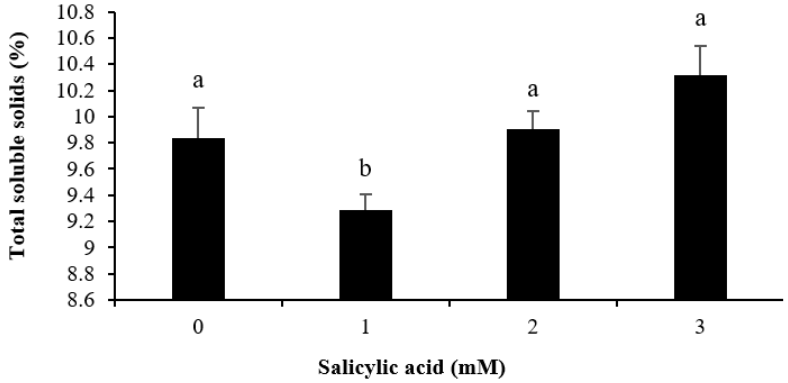
مواد جامد محلول (TSS)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مواد جامد محلول فقط تحت تأثیر تیمار سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). کمترین میزان مواد جامد محلول مربوط به سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار بود و بین تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵).

میزان کل مواد جامد محلول میوه‌ها به‌عنوان یکی از شاخص‌های رسیدگی میوه مطرح می‌باشد (Kazemi *et al*., 2011). تخریب دیواره یاخته‌ای در طی انبارمانی می‌تواند دلیل افزایش مواد جامد محلول باشد. عدم تغییرات معنی‌دار قند در طول انبارمانی نشان می‌دهد که قند ماده اصلی برای تنفس نمی‌باشد (Sayyari *et al*., 2011). سالیسیلیک‌اسید در میوه‌های تیمارشده عامل کاهش تنفس بوده و با افزایش پتانسیل پاداکسندگی محصول از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کند که نتیجه آن کاهش مصرف قندها و حفظ مواد جامد محلول است (Raskin, 1992; Cioroi, 2007). در کل می‌توان چنین اظهار داشت از آن‌جایی که لیموترش میوه نافرازگرا می‌باشد میزان مواد جامد محلول در طول مدت نگه‌داری در سطح اولیه آن حفظ شده است. عدم تأثیر معنادار کاربرد سالیسیلیک‌اسید بر میزان مواد جامد محلول در میوه‌های نارنگی (Ebrahimzadeh *et al*., 2012)، انگور (Azizi yeganeh *et al*., 2013) و کیوی (Roohi *et al*., 2010) نیز اثبات شده است.

اسید کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید، دوره انبارمانی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر مقدار اسید کل معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد طی زمان انبارمانی ابتدا مقدار اسید کل نسبت به زمان برداشت ثابت ماند و بعد از آن کاهش پیدا کرد که این کاهش در روز ۶۰ انبارداری، در تیمار شاهد بیش از تیمارهای سالیسیلیک‌اسید بود (شکل ۶).

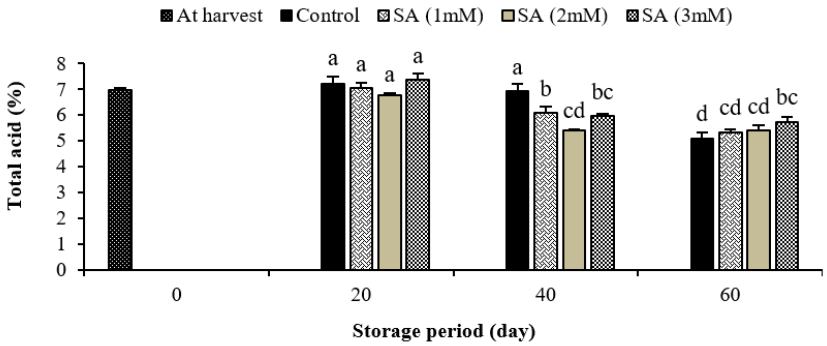


شکل ۵. تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر میزان مواد جامد محلول کل میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 5. Effect the salicylic acid on Total soluble solids of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان اسید کل میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 6. Effect the salicylic acid (SA) on total acid of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.

اسیدیته نشان‌دهنده میزان غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه است و جزء پارامترهای اصلی کیفیت میوه محسوب می‌شود (Zheng *et al*., 2007). محتوای اسیدهای آلی طی دوران ذخیره‌سازی به عنوان سوبسترایی برای واکنش‌های آنزیمی تنفس کاهش می‌یابد (Park *et al*., 2006; Jan *et al*., 2012).

کاربرد سالیسیلیک‌اسید ۳میلی‌مولار بر روی میوه لیموشیرین سبب حفظ اسیدهای آلی نسبت به نمونه شاهد شد (Hosseini Farahi & Haghanifard, 2017). سالیسیلیک‌اسید میزان تنفس در بافت میوه‌های موز را کاهش داد و بروز نقطه اوج فرازگرایی را به تأخیر انداخت؛ در نتیجه باعث حفظ اسیدهای آلی شد (Srivastava & Dwivedi, 2000) ولی در این تحقیق سالیسیلیک‌اسید تأثیری نداشت. مشابه بررسی ما در پژوهشی با غوطه‌وری انار در محلول استیل‌سالیسیلیک اسید میزان اسید کل کاهش یافت ولی این تغییرات در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود (Sayyari *et al*., 2011). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر بوته‌های توت‌فرنگی اثر معنی‌داری بر درصد اسید قابل تیتراسیون میوه نداشته است (Karlidag *et al*., 2009).

pH

نتایج موجود در جدول تجزیه واریانس بیان‌کننده این است که اثر تیمارهای کاربردی و برهمکنش آن‌ها بر pH در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارمانی، pH آب میوه در روز ۲۰ انبارمانی افزایش و بعد از آن کاهش یافت. بیشترین pH مربوط به سالیسیلیک‌اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار در روز ۲۰ انبارمانی و کمترین میزان متعلق به سالیسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار در روز ۴۰ انبارمانی بود (شکل ۷).

pH بیانگر درجه اسیدی آب میوه است. میزان اسید قابل تیتراسیون به‌طور مستقیمی به غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه بستگی دارد که یک عامل مهم در حفظ کیفیت میوه‌ها می‌باشد (Kazemi *et al*., 2011). اسیدهای آلی نقش مهمی در تنظیم pH دارند. هرچه میزان اسیدهای آلی بیشتر باشد، pH آب میوه کمتر خواهد بود. طی مدت انبارمانی به‌علت فرآیند رسیدن و پیرشدن میوه، فعالیت تنفسی میوه ادامه دارد که سبب مصرف بیشتر اسیدهای آلی و در نتیجه کاهش اسیدیته و افزایش pH می‌گردد. بنابراین، افزایش pH میوه طی مدت نگه‌داری به‌دلیل شکسته‌شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس می‌باشد (Sams, 1999; Almenar *et al*., 2009). طی دوره پس از برداشت با افزایش میزان تنفس، اسیدیته میوه کاهش و مقادیر pH آن افزایش می‌یابد (Martinez-Romero *et al*., 2002).

افزایش قندها و کاهش اسیدها طی دوره نگه‌داری

www.SID.ir

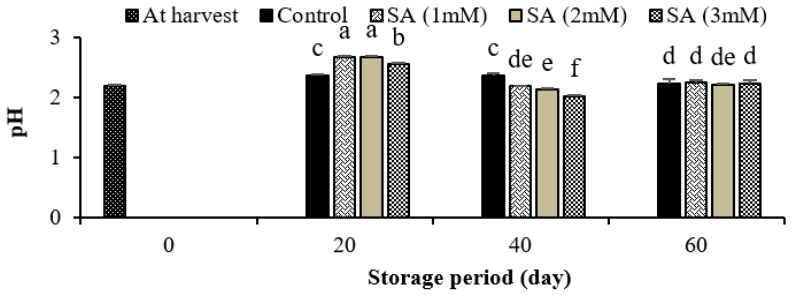
Archive of SID

برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌شود ولی این افزایش در اکثر میوه‌ها متفاوت می‌باشد، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تأثیر بر pH را دارند (Raskin, 1992). کاربرد سالیسیلیک‌اسید تأثیر معنی‌داری بر میزان pH داشت و سالیسیلیک‌اسید می‌تواند با کاهش تنفس و کاهش سرعت فرآیندهای متابولیکی سلول از کاهش اسیدهای آلی تا حدودی جلوگیری کند که در بلندمدت باعث تجمع اسیدهای آلی و پایین‌رفتن pH عصاره میوه گردد (Asghari & Shirzad, 2008). pH عصاره میوه‌ها در طول دوره انبارمانی افزایش می‌یابد که این افزایش احتمالاً به‌واسطه شکسته‌شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس می‌باشد. تیمار سالیسیلیک‌اسید احتمالاً موجب کندشدن تجزیه اسیدهای آلی می‌شود (Azizi Yeganeh *et al*., 2013).

شاخص‌های رنگ

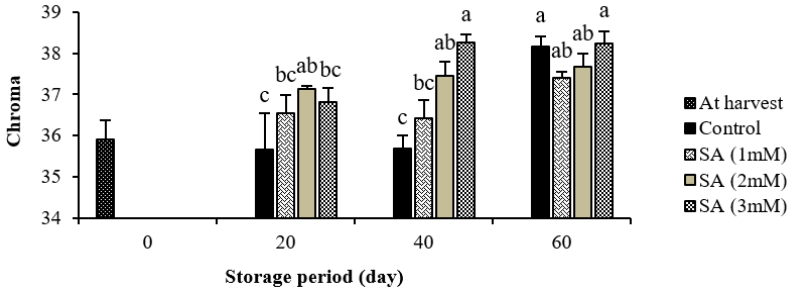
براساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات تیمار سالیسیلیک‌اسید، دوره انبارمانی و هم‌چنین برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر شاخص درخشندگی (L^*) و زاویه هیو نداشت (جدول ۱).

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار سالیسیلیک اسید، دوره انبارمانی و هم‌چنین برهمکنش آن‌ها بر صفت شاخص کروما معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی شاخص کروما به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان کروما در میوه‌هایی که به‌مدت ۶۰ روز در شرایط انبار نگه‌داری شده بودند مشاهده گردید. هم‌چنین تیمار شاهد تا روز ۴۰ انبارمانی قادر به حفظ شاخص رنگ بود. ولی از آن به بعد با تیمار سالیسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۸).



شکل ۷. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان pH میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 7. Effect the salicylic acid (SA) on pH of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.



شکل ۸. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان شاخص کروما میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 8. Effect the salicylic acid (SA) on choroma of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.

www.SID.ir

Archive of SID

مرکبات در طی رسیدن و بلوغ سرعت تنفس و سطح تولید اتیلن کمی دارند (Kader, 1992). در پژوهش‌های انجام‌شده مشاهده شد که پوست میوه از این قاعده پیروی نمی‌کند و تغییرات رسیدن پس از برداشت همچنان در پوست میوه رخ می‌دهد و با افزایش مدت‌زمان پس از برداشت کلروفیل پوست شکسته شده و به کاروتنوئید تبدیل می‌شود که باعث تیره‌ترشدن پوست در طی انبارمانی می‌شود (Goldschmidt *et al*., 1993).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که طی مدت زمان انبارمانی شاخص درخشندگی و زاویه هیو معنی‌دار نشد و شاخص کروما افزایش یافت. از روز ۴۰ به بعد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد. سالیسیلیک‌اسید در بهبود کیفیت رنگ مؤثر است و با به تأخیر انداختن پیری بر میزان رنگ پوست تأثیر می‌گذارد (Khodary, 2004). در میوه‌های هلو تیمارشده به‌روش غوطه‌وری با سالیسیلیک‌اسید مشخص شد که میوه‌ها میزان شاخص درخشندگی بالاتری داشتند (Tareen *et al*., 2012). میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با سالیسیلیک‌اسید دارای زاویه هیو بالاتر و قهوه‌ای‌شدن کمتری می‌باشند. این اثر سالیسیلیک‌اسید می‌تواند به‌علت کاهش تنفس و جلوگیری از پیری میوه در طول انبار باشد (Shafiee *et al*., 2010). در آزمایش دیگری نشان داده شد که زاویه هیو و کروما در میوه‌های تیمارشده با سالیسیلیک‌اسید نسبت به شاهد بیشترین بود (Vatanparast, 2011).

فعالیت پاداکسندگی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل سالیسیلیک‌اسید و دوره انبارمانی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). همان‌طورکه در شکل نشان داده شده است مقدار فعالیت پاداکسندگی در طی انبارمانی تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای نداشت (شکل ۹) ولی تیمار سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار در روز ۴۰ انبارمانی نسبت به بقیه تیمارها ۸ درصد خواص پاداکسندگی بیشتری ثبت کرد.

فعالیت پاداکسندگی ارتباط نزدیکی با مقدار ویتامین ث، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آنتوسیانین دارد. پرتقال‌های خونی که حاوی آنتوسیانین‌اند از فعالیت پاداکسندگی بیشتری در انتهای زمان انبارمانی برخوردار بودند؛ ولی بقیه ارقام مرکبات طی دوره انبارمانی با کاهش فعالیت پاداکسندگی مواجه می‌شوند (Hamedani *et al*., 2014; Shojah *et al*., 2011). افزایش فعالیت پاداکسندگی در مراحل اولیه انبارمانی احتمالاً به‌دلیل تأثیر دمای پایین در فعال‌شدن سیستم‌های پاداکسنده است.

کاهش ظرفیت پاداکسندگی در طی نگهداری طولانی‌مدت می‌تواند ناشی از تخریب ترکیبات فنلی و ویتامین‌ث باشد (Ferreyra *et al*., 2007). نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با یافته‌های گزارش‌شده در میوه سیب (Lata, 2008) و تمشک قرمز (Kruge *et al*., 2011) مطابقت دارد. اسیدسالیسیلیک باعث افزایش تجمع H_2O_2 و برخی رادیکال‌های آزاد (ROS) در چند هفتهٔ اول می‌شود که این افزایش برای بیان ژن‌های عامل مقاومت به بیماری لازم است. بعد از مدتی، رادیکال‌های آزاد باید از سلول حذف شوند. پاداکسنده‌ها به‌عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد مصرف می‌شود که می‌تواند علت کاهش فعالیت پاداکسندگی در دراز مدت باشد (Wang *et al*., 2006).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت پاداکسندگی در طی دوره انبارمانی تقریباً ثابت ماند و سالیسیلیک‌اسید تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر آن نداشت. کاربرد سالیسیلیک‌اسید قبل از دوره انبارداری در پرتقال فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی از جمله سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون‌ردوکتاز، دهیدرواسکوربیت‌ردوکتاز و همچنین میزان آسکوربیت و گلوتاتیون را افزایش می‌دهد و از این طریق پراکسیداسیون لیپیدهای غشا را به تأخیر می‌اندازد (Huang *et al*., 2008). گزارش کرده‌اند که کاربرد پس از برداشت سالیسیلیک‌اسید موجب تجمع mRNA پروتئین‌های پاداکسندگی در انگور می‌شود (Ranjbaran *et al*., 2011).

تازگی پوست

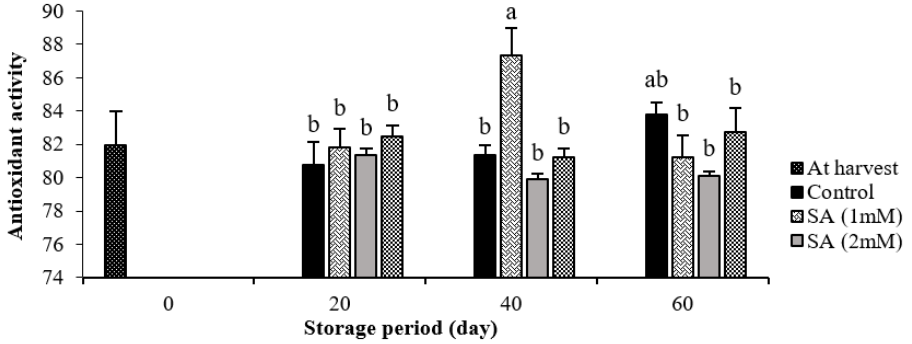
براساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده سالیسیلیک اسید و دوره انبارمانی تأثیر معنی‌داری بر تازگی پوست میوه داشت (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

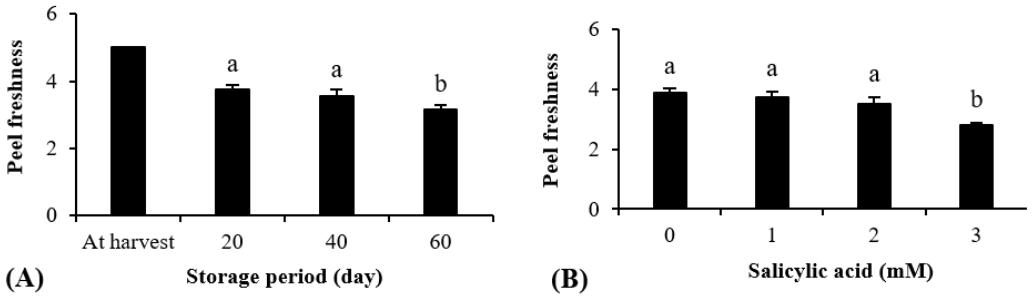
براساس نتایج مقایسه میانگین تا روز ۴۰ انبارمانی تازگی پوست میوه لیموترش‌ها حفظ شد (شکل A-۱۰). لیموترش‌های تیمارشده با سالیسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار نسبت به بقیه تیمارها و نمونه شاهد از طراوت کمتری برخوردار بودند؛ ولی با توجه به این که نمره بالای ۲/۵ دریافت کردند مطلوبیت خوبی داشتند (شکل B-۱۰).

کیفیت ظاهری میوه یک فاکتور مهم در بازاررسانی می‌باشد. گزارش شده است اسیدسالیسیلیک از طریق کاهش تنفس و کاهش پوسیدگی کیفیت ظاهری میوه‌ها را در حد مطلوب نگه می‌دارد. در پژوهش حاضر با افزایش مدت‌زمان انبارمانی، تازگی پوست میوه لیموترش کاهش یافت. بسته‌بندی لیموترش و نگهداری آن در دمای ۴ درجه سلسیوس بدون هیچ تیماری قادر به حفظ تازگی پوست تا ۴۰روز شد. کاربرد سالیسیلیک اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار نیز قادر به حفظ تازگی پوست شد. مطابق با نتایج این پژوهش، سالیسیلیک‌اسید کیفیت و طعم مطلوب را در انتهای انبارمانی با کاهش تنفس در میوه‌های هلو (Wang *et al*., 2006) و پرتقال (Huang *et al*., 2008) حفظ می‌کند. اسیدسالیسیلیک از طریق تأخیر در پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، مهار بیوسنتز اتیلن و در نتیجه تأخیر در پیری (Asghari & Soleimaniaghdam, 2010)، جلوگیری از کاهش وزن (Kazemi *et al*., 2011) و کاهش خسارت سرمازدگی (Wang *et al*., 2006) منجر به افزایش پذیرش کلی محصولات طی دوره انبارمانی می‌شود.



شکل ۹. تأثیر سالیسیلیک‌اسید (SA) بر میزان فعالیت پاداکسندگی میوه لیموترش در طی دوره انبارمانی.
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 9. Effect the salicylic acid (SA) on antioxidant activity of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.



شکل ۱۰. تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر میزان تازگی پوست میوه لیموترش (A) و طی دوره انبارمانی (B).
حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است (p<۰/۰۵).
خطوط بالای نمودار بیان‌گر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 1. Effect the salicylic acid (SA) on peel freshness of lime fruit during storage.
Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the Duncan test.
The vertical line on the columns show means ± standard errors.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش فاکتورهایی همچون آب ازدست‌دهی میوه، ویتامین‌ث و اسید کل و سفتی پوست و فعالیت پاداکسندگی شد و تأثیری بر شاخص درخشندگی و شاخص هیو نداشت. تیمار سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار سبب کمترین میزان pH بین میوه‌ها شد. بیشترین میزان سفتی گوشت و ویتامین‌ث مربوط به سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار بود. سالیسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار نیز بیشترین میزان اسید کل، pH، مواد جامد محلول و شاخص کروما را داشت. با توجه به نتایج این بررسی، نگهداری میوه لیمو بدون هیچ تیماری، ولی در بسته‌بندی درب‌دار و دمای ۴ درجه سلسیوس تا ۴۰ روز امکان‌پذیر است؛ منتهی برای حفظ اغلب صفات کمی و کیفی کاربرد غلظت‌های ۱ و ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و بسته‌بندی تا ۶۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس امکان‌پذیر است.

REFERENCES

1. Agarwal, S., Sairam, R. K., Srivastava, G. C. & Meena, R. C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, 49, 541-550.
2. Aghdam, M. S., Hassanpouraghdam, M.B., Paliyath, G. & Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae*, 144, 102-115.
3. Aghdam, M. S., Mostofi, Y., Motallebiazar, A., Ghasemneghad, M. & Fattahi Moghaddam, J. (2009). Effects of MeSA vapor treatment on the postharvest quality of Hayward kiwifruit. *In 6th International Postharvest Symposium*. Antalya, Turkey.
4. Almenar, E., Catala, R., Hernandez-Munoz, P. & Gavara, R. (2009). Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 587-593.
5. Asghari, M. A. & Soleimaniaghdam, M. 2010. Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops. *Food Science and Technology*, 21, 502-509.
6. Asghari, M. R. & Shirzad, H. (2008). *Application of postharvest salicylic acid in postharvest on quality properties, decay index and fruit storage in apple, pear and grape variety*. Final Report Research Project, 87 p.
7. Azizi Yeganeh, M., Hadavi, E. & Kalhori, M. (2013). Effects of salicylic acid on quality of 'Bidaneh Sefid' table grapes during cold storage. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5, 2041-2047.
8. 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(2), 449-453.
9. Beckers, G. J. M. & Spoel, S. H. (2006). Fine-tuning plant defence signalling: salicylate versus jasmonate. *Plant Biology*, 8, 1-10.
10. Bower, J. H., Biasi, W. V. & Mitcham, E. J. (2003). Effect of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 417-423.
11. Chan, Z. & Tian, S. (2006). Induction of H_2O_2-metabolizing enzymes and total protein synthesis by antagonist and salicylic acid in harvested sweet cherry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 314-320.
12. Cioroi, M. (2007). Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. *Cercetari Agronomicin Molddova*, 1, 23-27.
13. Cordenansi, B. R., Nascimento, J. R. O., Genovese, M. I. & Lajolo, F. M. (2003). Physicochemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry*, 83, 167-173.
14. Dadgar, R. (2014). *Evaluation of pre-harvesting of calcium chloride, potassium chloride and salicylic acid on post harvest quality and storage life of orange cultivar of Washington Novell*. Master's thesis of Shiraz University, Faculty of Agriculture.
15. Dat, J. F., Foyer, C. H. & Scott, I. M. (1998). Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermo tolerance in mustard seedlings. *Plant Physiology*, 118, 1455-1461.
16. Ebrahimzadeh, M., Aboutalebi, A., Kamalmanesh, M. & Kavand, A. R. (2012). The effect of salicylic acid on chilling injury and some quantitative and qualitative characteristics of kinnow mandarin (*Citrus reticulate* Blanco., CV. Kinnow). *Postharvest Physiology and Technology of Horticultural Crops*, 1, 13-29.

www.SID.ir

Archive of SID

17. 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.
18. FAO. (2015). http://faostat.fao.org
19. Feng, J., Maguire, K. & Bruce, R. M. (2006). Discriminating batches of Hayward kiwifruit for storage potential. *Postharvest Biology Technology*, 41, 128-134.
20. Gao, P., Zhu, Z. & Zhang, P. (2013). Effect of chitosan-glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydrate Polymers*, 95, 371-378.
21. Goldschmidt, E. E., Huberman, M. & Goren, R. (1993). Probing the role of endogenous ethylene in the de greening of citrus fruit with ethylene antagonists. *Plant Growth Regulator*, 12, 325-329.
22. Gomez-Galindo, F., Herppich, W., Gekas, V. & Sjoholm, I. (2004). Factors affecting quality and postharvest properties of vegetables: Integration of water relations and metabolism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 139-154.
23. Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Journal of Plant Physiology*, 141, 312-322.
24. Han, T., Wang, Y., Li, I. & Ge, X. (2003). Effect of exogenous salicylic acid on postharvest physiology of peach. *Acta Horticulturae*, 628, 583-589.
25. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J. & Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coating on postharvest life of strawberries (*Fragaria×ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39, 247-253.
26. Hosseini Farahi, M. & Haghanifard, Z. (2017). Effects of aloe vera gel, salicylic acid and hot water on fruit decay and quality properties of sweet lemon fruit during storage. *Journal of Crop Production and Processing*, 7(3), 63-78.
27. Huang, R. H., Liu, J. H., Lu, Y. M. & Xia, R. X. (2008). Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of ʻCara caraʼ navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck.) at different storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 168-175.
28. Imran, H., Yuxing, Z., Guoqiang, D. U. Guoying, W. & Jianghong, Z. (2007). Effect of salicylic acid (SA) on delaying fruit senescence of Huang Kum pear. *Frontiers of Agriculture in China*, 1, 456-459.
29. Jalili-e-Marandi, R. (2004). *Small Fruit*. Jahad daneshgahi Publications of West Azerbaijan, 297.
30. 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.
31. Kader, A. A. (1992). Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A.A. (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Regents of the University of California, Division of Agricultural and Natural Resources, Oakland, CA, pp. 15-20.
32. Karamnezhad, F., Hajilou, J. & Tabatabaei, S. J. (2017). Effect of postharvest treatments of $CaCl_2$ at different temperatures on fruit quality and storage life of peach cv Kousari. *Plant Production Technology*, 8(2), 179-193
33. Karlidag, H., Yildirim, E. & Turan, M. (2009). Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strwawberry. *Scientia Agricola*, 66, 180-187.
34. Kazemi, M., Aran, M. & Zamani, S. (2011). Effect of salicylic acid treatment on quality characteristics of apple fruits during storage. *American journal of Plant Physiology*, 6, 113-119.
35. Khodary, S. E. A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6, 5-8.
36. Kumar, D., Mishra, D. S., Chakraborty, B. & Kumar, P. (2011). Pericarp browning and quality management of litchi fruit by antioxidants and salicylic acid during ambient storage. *Journal of Food Science and Technology*, 88, 135-141.
37. Lau, O. L. (1998). Harvest indices, dessert quality and storability of jonagold apples in air and controlled atmosphere storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113(4), 564-569.
38. Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. & Valero, D. (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science*, 67, 1706-1712.
39. Mo, Y., Gong, D., Liang Han, G. R., Xie, J. & Li, W. (2008). Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during post-harvest storage. *Journal of Food Science*, 88, 2693-2699.
40. Molassiotis, A., Diamantidis, G., Therios, I. & Dimassi, K. (2005). Effect of salicylic acid on ethylene induction and antioxidant activity in peach rootstock regenerates. *Plant Biology*, 49, 609-612.
41. Park, Y. S., Jung, S. T. & Gorinstein, S. (2006). Ethylene treatment of ʻHaywardʼ kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 108, 22-28.

www.SID.ir

Archive of SID

42. Plaza, L., Sanchez-Moreno, C., Elez-Martinez, P., De Ancos, B., Martin-Belloso, O. & Cano, M. P. (2006). Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. *European Food Research and Technology*, 223, 487-493.
43. Pongener, A., Mahajan, B. V. C. & Singh, H. (2011). Effect of different packaging films on storage life and quality of peach Fruits under cold storage conditions. *Indian Journal of Horticulture*, 68, 240-245.
44. Prasanna, V., Prabha, T. N. & Tharanathan, R. N. (2007). Fruit ripening phenomena–an overview. *Critical reviews in food science and nutrition*, 47, 1-19.
45. Ranjbaran, E., Sarikhani, H., Wakana, A. & Bakhshi, D. (2011). Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Bidaneh Sefid). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 56(2), 263-269.
46. Raskin, I. (1992). Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 99, 799-803.
47. Renhua, H., Renxue, X., Yunmei, L., Liming, H. & Yongjie, X. (2008). Effect of pre-harvest salicylic acid spray treatment on post-harvest antioxidant in the pulp and peel of 'Cara cara' navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck.). *Journal of Science Food Agriculture*, 88, 229-236.
48. Roohi, Z., Asghari, M., Rasmi, Y. & Aslani, Z. (2010). Effect of salicylic acid on postharvest quality characteristics and ontioxidant activity Hayward kiwi fruit. *Agricultural Sciences and Technology*, 24, 102-108.
49. Sams, C. E. (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 249-254.
50. Sass, P., Meresz, P., Lovasz, T., Laszlo, P. & Molna-Perl, I. (1992). Effect of the picking date on the apple storage quality. *Physiological Basis of Postharvest technologies*, 343, 61-62.
51. 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.
52. Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Diaz-Mula, H. M. & Serrano, M. (2011). Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 136-142.
53. Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S. & Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening storages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2741-2745.
54. 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, 40-45.
55. Smimoff, N. (1995). Antioxidant system and plant response to the environment. In: Smimoff, N. (Ed.). *Environment and plant metabolism*. Bios Scientific Publisher Oxford United Kingdom, 217-243.
56. Srivastava, M. K. & Dwivedi, U. N. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158, 87-96.
57. Tareen, M. J., Abbasi, N. A. & Hafiz, I. A. (2012). Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits Florida King. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 119-124.
58. Tiwari, R., Koffel, R. & Schneiter, R. (2007). An acetylation/deacetylation cycle controls the export of sterols and steroids from S. cerevisiae. *The EMBO journal*, 26(24), 5109-5119.
59. Tripoli, E., La Guardia, M., Giammanco, S., Di Majo, D. & Giammanco, M. (2007). Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. *Food chemistry*, 104(2), 466-479.
60. Turkmen, I. & Eski, A. (2011). Brix degree and Sorbitol/xylitol level of authentic pomegranate (*Punica granatum*) juice. Contents lists available at science. *Food chemistry*, 5(1), 1-3.
61. Valero, D., Valverde, J. M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. & Serrano, M. (2006). The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 317-327.
62. Valipour, M., Saadati, S., Sarlak, S. & Ramin, A. A. (2014). Effects of salicylic acid and the storage temperature on chilling injury in stored banana fruits. *The 8th National Conference on Agricultural Research*. 13-14may, Faculty of Agriculture, Kurdistan University.
63. Vatanparast, G. h. (2011). *Effects of Salicylic Acid, Methyl Jasmonate and Potassium Sulfate on Quality Characteristics of Pomegranate Fruit.* Master's Degree, Faculty of Agriculture, Valiasr University, Rafsanjan.
64. 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.
65. Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S. & Ferguson, I. (2003). The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 67-74.
66. Zheng, X., Tian, S. H., Meng, X. & Li, B. (2007). Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chemistry*, 59, 156-162.
67. Zheng, Y. & Zhang, Q. (2004). Effects of polyamines and salicylic acid postharvest storage of Ponkan mandarin. *Acta Horticulturae*, 632, 317-320.

www.SID.ir