Archive of SID.ir

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 3, Autumn 2021 (525-539)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.278214.1620

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۰ (ص ۵۳۹-۵۲۵)

نشریه پژوهشی:

تغییرات برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آلو رقم خاکی (*Prunus salicina* cv. Flavor supreme pluot) در طی انبارمانی با دو دمای مختلف تحت تأثیر محلول‌پاشی پیش از برداشت سالیسیلیک‌اسید و آهن

طه رنجبر مالی‌دره[۱]، محمدعلی عسکری سرچشمه[۲*]، مصباح بابالار[۳]، حامد شکری حیدری[۱]، احمد احمدی[٤]
۱، ۲، ۳ و ٤. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و مربی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۷- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۱۱)

چکیده

جهت بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی آلو رقم خاکی در طی انبارمانی، آزمایشی در دو مرحله مجزا و در امتداد هم صورت پذیرفت. مرحله اول، سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۲ و ٤ میلی‌مولار و کلات آهن با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۱ و ۱ گرم بر لیتر، سه بار در زمان‌های ۳۰، ٦۰ و ۹۰ روز پس از تمام گل بر درختان آلو رقم خاکی محلول‌پاشی گردید. مرحله دوم در سردخانه با دو دمای ۱ و ٤ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت و سپس اندازه‌گیری برخی صفات بیوشیمیایی شامل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، تولید اتیلن، کاهش‌وزن و نشت یونی انجام شد. نتایج نشان داد سالیسیلیک‌اسید به‌تنهایی بر شاخص‌های اتیلن و نشت یونی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در سطح یک درصد و در دمای ٤ درجه سانتی گراد تنها بر شاخص نشت یونی در سطح یک درصد تأثیر داشت. همچنین اثر محلول‌پاشی آهن بر شاخص اتیلن به‌تنهایی در دمای یک درجه سانتی‌گراد و بر شاخص کاهش‌وزن در هر دو دما معنی‌دار بود. میوه‌های نگهداری شده در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد انبارمانی بیشتری نسبت به دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نشان دادند و تا روز ٦۰ ام قابلیت ارسال به بازار را داشتند.

واژه‌های کلیدی: آلو، آنتی‌اکسیدان، اتیلن، پس از برداشت، نشت یونی.

Changes in some physiological and biochemical characteristics of plum (*Prunus salicina* cv. Flavor supreme pluot) affected by salicylic acid and iron pretreatment during storage with two different temperatures

Taha Ranjbar Malidarreh[1], Mohammad Ali Askari Sarcheshmeh[2*], Mesbah Babalar[3], Hamed Shokri Heydari[1], Ahmad Ahmadi[4]
1, 2, 3, 4. M.Sc. Graduate, Associate Professor, Professor and Instructor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Mar. 18, 2019 - Accepted: Aug. 02, 2019)

ABSTRACT

To study the biochemical parameters of plum cv. Flavor supreme pluot during storage, an experiment was conducted in two separate stages and along with it. The first stage, salicylic acid with concentrations of 0 (Control), 2 and 4 mM, and iron chelate with concentrations of 0 (Control), 0.1 and 1 $g.l^{-1}$, three times at 30, 60 and 90 days after full bloom on plum cv. flavor supreme pluot was sprayed. The second stage was carried out in a cold storage with two temperatures of 1 and 4°C, and then some biochemical traits including antioxidant capacity, ethylene production, weight loss and ion leakage were measured. The results showed that salicylic acid alone had a significant effect on ethylene production and ion leakage at 1°C at 1% level and at 4°C only on ion leakage at 1% level. Also, iron spraying had significant effect on ethylene production at 1°C and on weight loss of both temperatures. The fruits stored at 1°C showed more storability than 4°C and after 60 days were marketability.

Keywords: Antioxidants, ethylene production, ion leakage, plums, postharvest.

* Corresponding author E-mail: askari@ut.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

آلو جزو درختان مناطق معتدله محسوب می‌شود و به تیره رزاسه تعلق دارد. آلوها متشکل از سه دسته (آسیایی (*P. salicina*)، اروپایی (*P. domestica*) و آمریکایی (*P. americana*)) هستند (Hartmann & Neumuller 2009). براساس آمار فائو در سال ۲۰۱۷ تولید انواع مختلف آلوها در جهان ۱۱,۷۵۸,۰۰۰ تن با سطح زیر کشت ۲,۶۱۹,۴۷۱ هکتار تخمین زده شده است که سهم ایران حدود ۲۹۸,۸۹۳ تن با سطح زیر کشت ۱۱,۳۸۸ هکتار بود (FAO, 2017). رقم مورد مطالعه در این تحقیق با نام علمی *Prunus salicina* cv. Flavor supreme pluot (آلو رقم خاکی) جزو آلوهای آسیایی بوده و یک رقم هیبرید بین آلو و زردآلو است (Hartmann & Neumuller, 2009). عوامل پیش از برداشت زیادی از جمله نحوه تغذیه و محتوای عنصرها بر میزان ظرفیت پاداکسندگی و سفتی بافت میوه محصولات و به طورکلی کیفیت تازه خوری آنها موثر هستند، به طوری‌که با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی مقاومت بیشتری به شرایط پس از برداشت از خود نشان می‌دهند و در نتیجه ارزش غذایی آنها حفظ شده و طول انبارمانی بیشتری خواهند داشت (Rahemi, 2008; Bramlage *et al.*, 1980). مهمترین روش مورد استفاده به منظور حفظ محصولات برداشت شده، نگهداری در دمای پایین می‌باشد. با این وجود، نگهداری محصولات در دمای پایین در گستره بالاتر از نقطه انجماد تا حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد سبب بروز خسارت سرمازدگی در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردد (Wang *et al.*, 1993). آلوها به عنوان میوه تازه‌خوری به دلیل رنگ، سفتی، شیرینی و طعم بسیار دلپذیر مورد توجه مصرف‌کنندگان هستند. علاوه بر این، در سال‌های اخیر تاثیر مثبت آلوها به دلیل دارا بودن ترکیبات زیستی (پروآنتوسیانیدین‌ها، آنتوسیانین‌ها و دیگر فلاونوییدها، کارتنویید و آسکوربیک‌اسید) بر سلامتی انسان اثبات شده است (Valero & Serrano, 2010; Sahamishirazi *et al.*, 2017). این میوه به دلیل نرمی، تغییررنگ و از دست دادن اسیدهای آلی دارای عمر انبارمانی کوتاهی می باشد که حتی در صورت ذخیره‌سازی در انبار سرد باید به‌سرعت به بازار مصرف ارسال گردد (Valero & Serrano, 2010). تلفات پس از برداشت به دلیل بافت نرم آلو در مراحل مختلف بازار رسانی دیده می‌شود (Muhammad, 2012). سالیسیلیک‌اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک‌اسید یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد درونی گیاه و از گروه ترکیبات فنولی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه مانند انتقال و تبادل یون‌ها، حرکت روزنه‌ها، نفوذپذیری غشاءها و فتوسنتز نقش دارد و همچنین کاربرد خارجی آن باعث افزایش مقاومت به سرما می‌شود (Bastam *et al.*, 2013; El-Tayeb *et al.*, 2005). سالیسیلیک‌اسید موجب کنترل پوسیدگی پس از برداشت و مقاومت به بیماری‌ها می‌شود، همچنین تجمع پراکسید هیدروژن را درون بافت گیاه القا، که در نتیجه ژن‌های دفاعی گیاه فعال می‌شوند و مقاومت گیاه افزایش می‌یابد (Malamy *et al.*, 1990). محلول پاشی برگی سالیسیلیک‌اسید بر روی درختان سیب با غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب بالا رفتن سفتی و تاخیر در رسیدن میوه‌ها شد (Youn *et al.*, 2001). گزارش شده سالیسیلیک اسید در کاهش آسیب سرمایی و نشت الکترولیتی در میوه انار بسیار مؤثر بوده است (Sayyari *et al.*, 2009). آهن از جمله عناصر ضروری در تغذیهٔ معدنی درختان است. از آنجایی که بیشتر خاک‌های ایران از نوع آهکی است، یکی از مشکلات تغذیه‌ای این نوع خاک‌ها تثبیت عنصر آهن در خاک می‌باشد که عاملی محدودکننده در فرآیند رشد اکثر درختان است (Schulte, 1992 & Abadia *et al.*, 2011). از این رو توسط پژوهشگران علم تغذیه گیاهی، آزمایش های زیادی مبنی بر بهترین فرم قابل جذب این عنصر در گیاه صورت پذیرفت. در ضمن محلول‌پاشی برگی عناصر مورد نیاز درختان میوه به خصوص در شرایط نامساعد خاکی،کارایی بالاتری نسبت به استفاده خاکی عناصر دارد، همچنین سرعت بالای جذب عناصر در تغذیه برگی کاملا مشهود است (Borowski & Michalek, 2011; Fernandez *et al.*, 2006; Fernandez & Ebert, 2005). محلول‌پاشی گیاهان با کلات آهن

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

(Fe-EDDHA) به افزایش تجمع کلروفیلی منجر خواهد شد. این شکل از آهن با داشتن پایداری بالاتر در شرایط قلیایی خاک، کارایی بالاتری را برای تأمین کمبود آهن درخت فراهم می‌کند (Browski & Michalek, 2011; Salazar-Garcia, 1999; Alvarez-Fernandez *et al.*, 2004). بعلاوه آهن بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاست و نقش حیاتی در سنتز گروه‌های "هم" خواهد داشت (Al-Bamarny, 2010). اثرعنصر آهن بر میزان رنگیزه‌های موجود در برگ و در پی آن تأثیر بر فرآیند فتوسنتز و افزایش کربوهیدرات‌ها و بالا رفتن کیفیت میوه‌های درخت نیز بیان شده است (Terry, 1980).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر محلول‌پاشی پیش از برداشت سالیسیلیک‌اسید و آهن بر میزان آنتی‌اکسیدان، اتیلن، کاهش وزن و نشت یونی آلو رقم خاکی در طی انبارمانی با دو دمای سردخانه (۱ و ۴ درجه سانتی‌گراد) بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران، واقع در شهر کرج، در سال ۱۳۹۴ انجام شد. به‌همین منظور، تعداد ۲۷ اصله درخت آلو رقم خاکی (پیوند شده روی پایه بذری آلو) که از نظر سن (۱۱ سال) و اندازه یکنواخت بوده و میانگین عملکرد حدود ۲۵ کیلوگرم در هر درخت را داشتند، به صورت تصادفی انتخاب شدند. ضمنا این تحقیق در دو مرحله مجزا و در امتداد هم صورت گرفت. مرحله اول محلول‌پاشی برگی درختان آلو با تیمارهای سالیسیلیک‌اسید (صفر به‌عنوان شاهد، ۲ و ۴ میلی‌مولار) و آهن سکوسترین (صفر، ۰/۱ و ۱ گرم بر لیتر) به فواصل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از تمام گل به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. همزمان با رسیدن تجاری میوه‌ها (رسیدن تجاری معمولاً برای این نوع رقم آلو، قرمزی بیش از ۷۰ درصد گوشت میوه می‌باشد)، در مرحله دوم این تحقیق، میوه‌ها برداشت و برای توزین و نگهداری محصول به سردخانه منتقل شدند. میوه‌ها در دو دمای ۰/۵±۱ و ۰/۵±۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد نگهداری شدند. خصوصیات کیفی میوه‌ها، در چهار دوره و در روزهای شروع نگهداری (روز صفر)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از برداشت اندازه‌گیری شد، در نهایت تجزیه تحلیل داده‌ها به صورت فاکتوریل- اسپلیت‌پلات با فاکتور اصلی زمان انبارمانی و فاکتورهای فرعی آهن و سالیسیلیک اسید انجام شد.

اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه

با توجه به اینکه میوه‌ها به تفکیک دما و دوره های انبارمانی در ظروف پلاستیکی تقسیم بندی شد، در روز اول انبارمانی تمامی ظروف میوه‌ها (شامل ظروف هر دو دما درچهار دوره انبارمانی) در سردخانه وزن شد و پس از آن در ابتدای هر دوره ی انبارمانی، فقط ظروف مربوط به همان دوره در سردخانه وزن شد. وزن میوه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم شرکت AGGOTTINGEN مدل GE412 اندازه‌گیری و درصد کاهش وزن توسط فرمول زیر محاسبه گردید (Serano *et al.*, 2005 ; Zhang *et al.*, 2008):

درصد کاهش وزن میوه =

{وزن اولیه میوه/ (وزن ثانویه – وزن اولیه)} × ۱۰۰

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بر مبنای آسکوربیک‌اسید میوه

یک گرم از بافت میوه با ۸ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد همگن شده و مخلوط حاصل در ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانترفیوژ شد و محلول رویی جمع‌آوری شد. سپس ۳۴۰۰ میکرولیتر از محلول ۲و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) ۰/۱ میلی‌مولار در کووت شیشه‌ای ریخته شده و مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی تهیه شده نیز به آن اضافه شد. محلول حاصل به مدت ۲ ساعت در شرایط تاریکی نگهداری گردید و سپس میزان جذب نوری آن در ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (Javanmardi & Kubot, 2006).

رادیکال DPPH چربی دوست است که حداکثر جذب آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر می باشد. در این آزمون رادیکال های DPPH با آنتی‌اکسیدان‌های

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

موجود در بافت واکنش داده و مقدار آن کاهش می‌یابد، در نتیجه جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر کاهش می‌یابد. کاهش مولکول‌های DPPH با تعداد گروه‌های هیدروکسیل در دسترس تقریباً معادل است. گروه‌های هیدروکسیل با دادن هیدروژن به رادیکال-های DPPH، آنها را از رنگ بنفش تیره به زرد روشن تبدیل می‌کنند. جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر بیانگر مقدار DPPH باقی مانده است، هرچه شدت رنگ عصاره رو به زردی باشد، آنتی‌اکسیدان‌های بافت مورد نظر بیشتر هستند. همچنین از طریق فرمول زیر مقدار درصد آنتی‌اکسیدان‌ها محاسبه می‌گردد:

%DPPHsc = (Acont_ Asamp)* 100 /Acont

اندازه‌گیری نشت یونی میوه

جهت اندازه‌گیری نشت یونی، از قسمت استوایی ۳ میوه هر تکرار ۶ تکه پوست مدور به قطر ۱۰ میلی‌متر با چوب پنبه سوراخ کن (Cork borer) برداشته شد. تکه‌های پوست در داخل ۲۵ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۴ نرمال قرار گرفتند. پس از چهار ساعت به هم زدن با شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، هدایت الکتریکی اولیه (Ec اولیه) محلول توسط دستگاه هدایت سنج (مدل Metroham 644) اندازه‌گیری شد. سپس محلول حاوی نمونه ها در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از قرار گرفتن در دمای محیط به مدت ۲۴ ساعت، مجدداً هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری گردید. درصد نشت یونی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (McCollum & McDonald, 1991).

$$\text{درصد نشت یونی} = \frac{\text{EC اولیه}}{\text{EC کل}} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری اتیلن تولیدی میوه

اتیلن تولیدی میوه با توجه به روش Srivastava & Dwivedi (2000) با کمی تغییر انجام شد. پنج عدد میوه هر تیمار پس از تعیین حجم و وزن درون ظرف پلاستیکی با حجم مشخص در شرایط آزمایشگاهی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (ظروف بعد از قرار گرفتن میوه‌ها درون آن با چسب نواری کاملا پوشش داده شدند تا از خروج گاز اتیلن درون ظروف به بیرون جلوگیری شود). پس از ۴۸ ساعت، یک نمونه گاز بالای ظرف پلاستیکی توسط سوزن دو سر به لوله‌های شیشه‌ای خلادار (ونوژکت) کشیده و برداشته شد. جهت دتکت نمودن، ۱ میلی‌لیتر از نمونه گاز توسط سرنگ همیلتون، از ونوژکت برداشته و با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی Shimadzo مدل ۱۰۲ ساخت کشور ژاپن به روش سیستم بسته در فاصله زمانی معین اندازه‌گیری شد. ستون دستگاه با ماده پروپک Q پر شده و گاز انتقال دهنده ازت و همچنین دتکتور دستگاه از نوع FID بود. واحد اندازه‌گیری اتیلن نیز نانولیتر بر گرم بر ساعت بود.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر تیمارهای آهن و سالیسیلیک اسید در طول دوره انبارمانی در دو دمای مختلف دما، بر اکثر شاخص‌های مورد بررسی معنی‌دار شد. سالیسیلیک اسید به تنهایی بر شاخص‌های اتیلن و نشت یونی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در سطح یک درصد و در دمای ۴ درجه سانتی گراد تنها بر شاخص نشت یونی در سطح یک درصد تأثیر داشت. همچنین محلول‌پاشی آهن به‌تنهایی در دمای یک درجه سانتی‌گراد بر روی شاخص اتیلن در سطح یک درصد و بر روی شاخص کاهش‌وزن در هر دو دما در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار گذاشت. علاوه بر این، تمامی شاخص‌های مورد بررسی در هر دو دما در سطح یک درصد در طول مدت انبارمانی تغییرات معنی‌داری از خود نشان دادند (جدول ۱). دوره انبارمانی در سطح یک درصد و تیمار آهن در سطح پنج درصد در دمای یک درجه سانتی‌گراد بر درصد کاهش وزن میوه اثر معنی‌دار گذاشتند. همچنین،

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

دوره انبارمانی و اثر متقابل آهن و سالیسیلیک‌اسید در سطح یک درصد و تیمار آهن و اثر متقابل آهن، سالیسیلیک‌اسید و دوره انبارمانی در سطح پنج درصد بر درصد کاهش وزن میوه تأثیر معنی‌دار گذاشتند (جدول ۱). دوره انبارمانی در سطح یک درصد و اثر متقابل آهن و سالیسیلیک‌اسید در سطح پنج درصد در دمای یک درجه سانتی‌گراد بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه تأثیر معنی‌دار گذاشتند. همچنین در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، دوره انبارمانی، اثر متقابل آهن و سالیسیلیک‌اسید و نیز اثر متقابل آهن، سالیسیلیک‌اسید و دوره انبارمانی در سطح یک درصد بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو اثر معنی‌دار گذاشتند (جدول ۱). اثر تیمارهای سالیسیلیک‌اسید، آهن و انبارمانی بر صفات کیفی میوه، مشاهده می‌شود که در هر دو دمای یک و چهار درجه سانتی‌گراد سردخانه سالیسیلیک‌اسید، انبارمانی، اثر متقابل آهن در سالیسیلیک‌اسید در سطح یک درصد اثر معنی‌داری گذاشتند (جدول ۱). انبارمانی، سالیسیلیک‌اسید، آهن، اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و آهن و همچنین اثر متقابل آهن، سالیسیلیک‌اسید و انبارمانی در سطح یک درصد در دمای یک درجه سانتی‌گراد بر میزان اتیلن تولیدی بافت میوه آلو تأثیر معنی‌دار گذاشتند. همچنین در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، انبارمانی و اثر متقابل انبارمانی و سالیسیلیک‌اسید در سطح یک درصد بر میزان اتیلن تولیدی اثر معنی‌دار گذاشتند (جدول ۱).

درصد کاهش وزن میوه

درصد کاهش وزن میوه آلو در دمای یک درجه سانتی‌گراد در شکل ۱ به نمایش در آمده است. براساس شکل ۱، در روز صفر، کمترین میزان کاهش وزن مشاهده شد که با گذشت زمان در ادوار بعد این میزان افزایش یافت و در انتهای انبارمانی به بالاترین میزان خود با ۷/۷۷ درصد کاهش وزن رسید. تمامی دوره های انبارمانی در درصد کاهش وزن میوه آلو در دمای یک درجه سانتی‌گراد نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌دار ایجاد کردند. میزان کاهش وزن میوه آلو در دمای یک درجه سانتی‌گراد در انتهای انبارمانی نسبت به دوره اول (روز صفر) حدود هشت درصد افزایش نشان داده است (شکل ۱).

تیمار با آهن با غلظت یک گرم بر لیتر موجب کمترین میزان درصد کاهش وزن (۳/۹۹ درصد) شد که با وجود کاهش نسبت به غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر، تفاوت معنی‌داری با آن نداشت، اما با تیمار شاهد (بدون کاربرد آهن) با میزان کاهش وزن ۴/۳۶ درصد تفاوت معنی‌دار ایجاد کرد. تیمار میوه‌های آلو با آهن یک گرم بر لیتر موجب کاهش ۸/۴ درصدی در میزان کاهش وزن میوه در دمای یک درجه سانتی‌گراد شد (شکل ۲).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک‌اسید و آهن بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی، درصد کاهش وزن، نشت یونی و اتیلن آلو رقم خاکی در زمان‌های شروع انبارمانی، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز نگهداری در سردخانه با دماهای ۰/۵ ± ۱ و ۰/۵ ± ۴ درجه سانتی‌گراد.

Table 1. Results of variance analysis effect of salicylic acid (SA) and Fe on antioxidants content,weight loss, ion leakage and ethylene production of prunus salicina cv. flavor supreme pluot at 0, 20, 40 and 60 days after storage in cold storage with 1±0.5°c and 4±0.5°c.

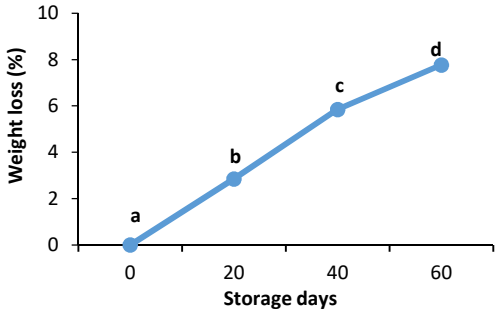
Source of variation	df	Mean of squares							
		Ethylene		Ion leakage		Antioxidant capacity		Weight loss	
		1°C	4°C	1°C	4°C	1°C	4°C	1°C	4°C
Storage time (Time)	3	50.73**	10.84**	821.78**	595.34**	28.87**	537.42**	314.15**	405.64**
Salicylic acid (SA)	2	130.25**	1.88^{ns}	201.12**	502.09**	0.15^{ns}	7.22^{ns}	0. 90^{ns}	1. 69^{ns}
Iron (Fe)	2	23.78**	4.56^{ns}	4.57^{ns}	66.9^{ns}	0.02^{ns}	33.65^{ns}	2.86*	6.40*
Rep.	2	12.33^{ns}	1.72^{ns}	28.55^{ns}	37.92^{ns}	0.87**	15.87^{ns}	6.13**	12.26**
SA×Fe	4	58.72**	1.30^{ns}	148.35**	307.91**	0.40*	15.27**	1. 35^{ns}	5.97**
SA×Time	6	1.05^{ns}	12.48**	42.06^{ns}	33.87^{ns}	0.09^{ns}	18.54^{ns}	0.21^{ns}	2.45^{ns}
Fe×Time	6	0.91^{ns}	3.11 ^{ns}	64.15^{ns}	36.83^{ns}	0.14^{ns}	7.78^{ns}	0.51^{ns}	1.38^{ns}
SA×Fe×Time	12	32.12**	1.63^{ns}	26.63^{ns}	42.28^{ns}	0.18^{ns}	40.28**	0.46^{ns}	2.59*
Error	70	54.4	3.2	42.37	75.25	14	62.12	80	41.1
CV%	-	29.9	81.2	1.8	93.16	39.17	2.14	80.21	80.24

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probabiliy levels, respectively.

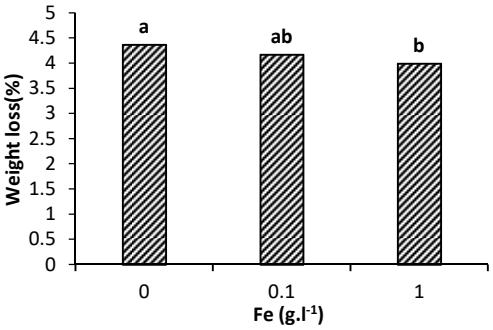
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر دوره انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه آلو رقم خاکی در دمای یک درجه سانتی‌گراد.

Figure 1. Mean comparison effect of storate duration on weight loss (%) of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 1 °C.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر آهن بر درصد کاهش وزن میوه آلو رقم خاکی در دمای یک درجه سانتی‌گراد.

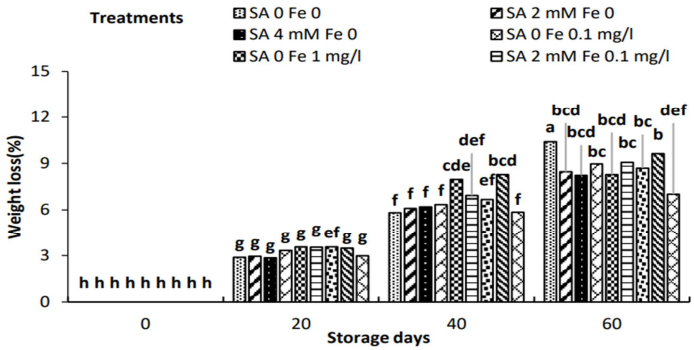
Figure 2. Mean comparison effect of iron on weight loss (%) of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot at 1 °C.

اثر تیمارهای آهن و سالیسیلیک‌اسید در مدت انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در شکل ۳ نشان داده شده است. براساس شکل، درصد کاهش وزن میوه طی مدت انبارمانی با گذشت زمان افزایش معنی‌داری از خود نشان داد. در انتهای انبارمانی تیمار شاهد (بدون کاربرد آهن و سالیسیلیک‌اسید) بیشترین میزان کاهش وزن میوه را موجب شد، در حالی که کمترین مقدار کاهش وزن میوه مربوط به تیمار با سالیسلیک‌اسید با غلظت چهار میلی‌مولار به همراه آهن با غلظت یک گرم بر لیتر با میزان ۷/۰۱ درصد بود (شکل ۳).

با گذشت زمان و تشدید تبخیر و تعرق به دلیل عدم یکسان بودن فشار بخار آب در فضاهای بین سلولی بافت‌ها و اتمسفر احاطه کننده میوه و نیز تشدید فرآیندهای تنفسی، کاهش وزن امری طبیعی است. گزارش شده است از دست دادن وزن میوه آلو به تدریج در طول دوره انبارمانی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد، که سطح کاهش وزن در اولین دوره انبارمانی کم تر از پایان دوره بوده است (Davarinejad *et al.*, 2013). همچنین گزارش شده است درصد کاهش وزن میوه هلو در همه تیمارها طی انبارمانی روندی افزایشی داشته است. با این حال، حداقل کاهش وزن میوه در تیمار دو میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید در طی پنج هفته نگهداری در سردخانه مشاهده شد (Tareen *et al.*, 2012a). میزان تغییرات در کاهش وزن بدون در نظر گرفتن تیمار SA، به طور قابل توجهی با افزایش زمان نگهداری، افزایش می یابد. همچنین ذکر شده است که غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک‌اسید (۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) موجب جلوگیری از کاهش وزن میوه‌های هلوی تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد و غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید در طی مدت نگهداری میوه‌ها در سردخانه می‌شوند (Awad, 2013). تیمار سالیسیلیک‌اسید با غلظت‌های پایین (۰/۵-۰/۰۲ میلی‌مولار) می تواند سبب تأخیر در پیری شده و نسبت به غلظت‌های بالاتر (۴-۲/۵ میلی‌مولار) سبب جلوگیری از کاهش وزن میوه‌های گلابی رقم هوآنگ کام (Huang Kum) می‌شود (Imran *et al.*,. 2007). گزارش شد تیمار با سالیسیلیک‌اسید منجر به کم کردن معنی‌دار درصد کاهش وزن در میوه‌های کیوی نسبت به میوه‌های شاهد شده است. کمترین کاهش وزن مربوط به تیمار پنج میلی‌مولار بوده، در حالی که میوه‌های شاهد بیشترین کاهش وزن را نشان دادند (Fatemi *et al.*,. 2013). کاهش درصد اتلاف وزن میوه گلابی با افزایش کاربرد کلات آهن به این دلیل است که آهن تنفس را کاهش می دهد Pascal (& Douce, 1993). کاهش درصد اتلاف وزن در اثر کاربرد آهن در سیب رقم فوجی نیز گزارش شده است (Babalar *et al.*, 2015).

Archive of SID.ir

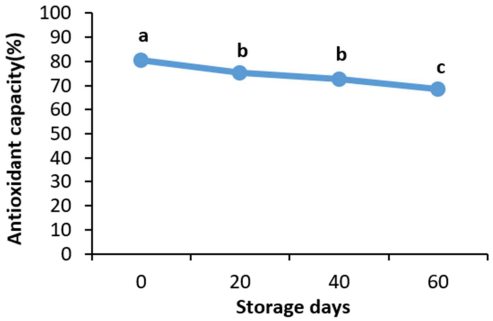
Archive of SID.ir



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک‌اسید و آهن بر درصد کاهش وزن میوه آلو رقم خاکی طی انبارمانی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد.

Figure 3. Mean comparison effect of salicylic acid and iron on weight loss (%) of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at storage with 4 ℃.

گزارش شده که دمای صفر و پس از آن دمای سه درجه سانتی‌گراد موجب کاهش درصد کاهش وزن میوه درخت توت فرنگی (*Arbutus unedo* L.) نسبت به دمای ۶ درجه سانتی‌گراد می‌شود، به این صورت که با حفظ بهتر رطوبت میوه، موجب کاهش آب از دست‌دهی و در نتیجه جلوگیری از کاهش وزن آن می‌گردد (Guerreiro *et al.*, 2013). همچنین ذکر شده که نارنگی‌های انبار شده در دمای ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد بیش از ۵ درصد کاهش وزن کمتری نسبت به نارنگی‌های انبار شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد از خود نشان دادند که علت اصلی آن از دست دادن رطوبت میوه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Lee *et al.*, 2015).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر دوره انبار مانی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو رقم خاکی در دمای یک درجه سانتی‌گراد.

Figure 4. Mean comparisoin effect of storage duration on antioxidant capacity in plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 1 °C.

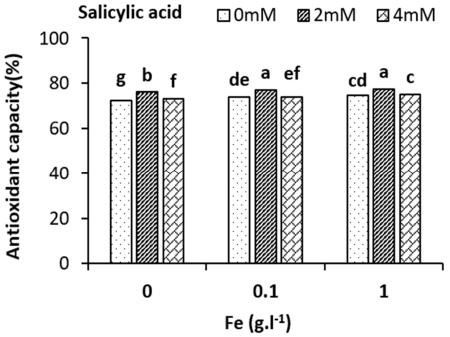
درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه

تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو در دمای یک درجه سانتی‌گراد در انبار سرد در شکل ۴ نشان داده شده است. در این دما میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی مدت نگهداری محصول در انبار با گذشت زمان کاهش پیدا کرده و در انتهای انبارمانی به پایین‌ترین میزان خود با مقدار ۶۸/۴۲ درصد رسید. در ابتدای اندازه‌گیری، میزان درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بالاترین میزان خود با ۸۰/۳۵ درصد قرار داشت. در انتهای انبارمانی، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه آلو نسبت به دوره ابتدایی (روز صفر) حدود ۱۴/۸ درصد کاهش نشان داد (شکل ۴).

با توجه به شکل ۵، درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش غلظت آهن افزایش معنی‌داری پیدا کرد که با کاربرد آن به همراه سالیسیلیک‌اسید با غلظت دو میلی‌مولار در تمامی غلظت‌ها افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دمای یک درجه سانتی‌گراد در اثر توأم آهن یک گرم بر لیتر به همراه سالیسیلیک‌اسید با غلظت دو میلی‌مولار با میزان ۷۷/۵۲ درصد و کمترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار شاهد با میزان ۷۲/۵۴ درصد مشاهده گردید. درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در اثر توأم آهن یک گرم بر لیتر به همراه سالیسیلیک‌اسید با غلظت دو میلی‌مولار موجب افزایش ۶/۴ درصدی این میزان نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۵).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

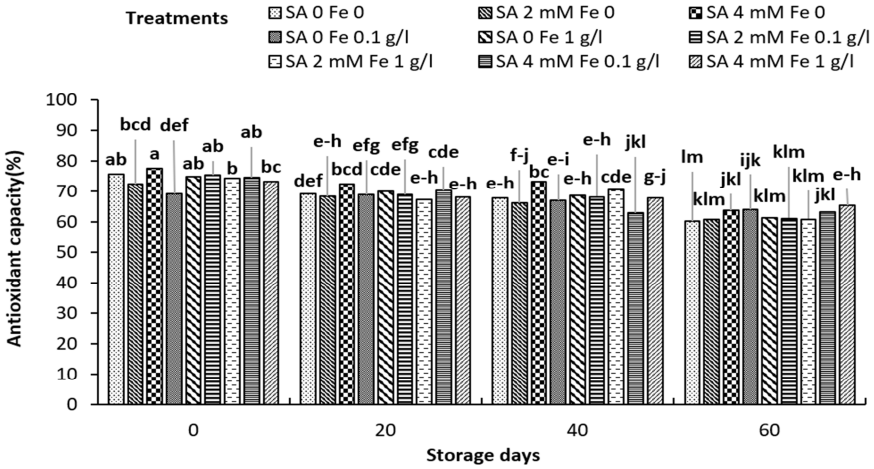


شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و آهن بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو رقم خاکی در دمای یک درجه سانتی‌گراد

Figure 5. Mean comparisoin interaction effect of salicylic acid and iron on antioxidant capacity of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 1 °C.

اثر متقابل آهن و سالیسیلیک‌اسید در دوره‌های انبارمانی بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در شکل ۶ نشان داده شده است. براساس شکل، در دوره‌های انبارمانی با گذشت زمان، از میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاسته شده است، به طوری که در انتهای انبارمانی، کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد. کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو در انتهای انبارمانی (روز ۶۰ ام) در تیمار شاهد با مقدار ۶۰/۲ درصد، سپس در تیمار سالیسلیک‌اسید با غلظت دو میلی‌مولار بدون کاربرد آهن (۶۰/۸۲ درصد) مشاهده گردید که با تمامی تیمارها، جز تیمار آهن یک گرم بر لیتر به همراه سالیسیلیک‌اسید با غلظت چهار میلی‌مولار با مقدار ۶۵/۳۴ درصد، تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۶).

نتایج این تحقیق با گزارش‌های Davarynejad *et al.* (2013) روی میوه‌های آلو رقم سانتاروزا که بیان داشتند فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها به طور معنی‌داری در مدت انبارمانی میوه در چهار درجه سانتی‌گراد کاهش‌یافت و در ابتدای آزمایش بسیار بیشتر از انتهای انبارمانی بود، همخوانی دارد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج Sayyari *et al.* (2011) و Siboza *et al.* (2013) مطابقت دارد. گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک‌اسید به عنوان تیمار پس از برداشت منجر به سطوح بالایی از ترکیبات فعال زیستی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به میوه‌های شاهد در آلو (Davarynejad *et al.*, 2013)، انار (Sayyari *et al.*, 2011) و گیلاس (Valero *et al.*, 2011) می‌شود که می‌توان آن را به افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید و استیل سالیسیلیک‌اسید در میوه‌های تیمار شده نسبت داد. مکانیسم دقیق افزایش ترکیبات فنولیک با کاربرد سالیسیلات‌ها به خوبی مشخص نشده است، اما توضیحی که می‌توان در مورد نقش سالیسیلیک‌اسید در این افزایش داد این است که تأثیر آن به عنوان مولکول سیگنال محرک بیوسنتز ترکیبات دفاعی مانند فنول‌ها است (Giménez *et al.*, 2014).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و آهن بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو رقم خاکی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد

Figure 6. Mean comparisoin interaction effect of salicylic acid and iron on antioxidant capacity of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 4 ℃.

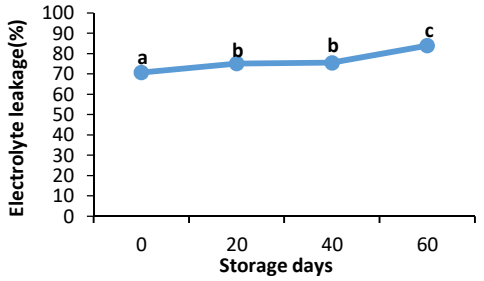
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

گزارش‌هایی وجود دارد که ثابت می‌کند تیمار SA موجب تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات‌پراکسیداز نیز می‌شود (Srivastava & Dwivedi, 2000; Mo *et al.*, 2008; Ding *et al.*, 2007). علاوه بر این نشان داده شده است که سالیسیلیک‌اسید باعث تحریک فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز می‌شود و به این ترتیب می تواند موجب سنتز ترکیبات فنولیک گردد (Yao & Tian, 2005). در تحقیقی کمبود آهن موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز برای تبدیل رادیکال اکسیژن به پراکسید هیدروژن شد. با این حال، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز کاهش یافت. آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز از آنزیم‌های محتوی هِم هستند که به طور مشابهی تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرند. بنابراین، کاربرد سالیسیلیک‌اسید توانسته است منجر به افزایش محتوای آهن فعال و درنتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز شود. تیمار سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش اثر سوء ROSها بر آمیلاز تحت تنش کمبود آهن شد (Kong *et al.*, 2014b). گزارش شده میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طی مدت انبارمانی کاهش یافت که دماهای پایین‌تر انبار از این کاهش جلوگیری کردند. بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دمای صفر و دو درجه سانتی‌گراد انبار و پس از آن دماهای ۴ و ۶ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید (Serea *et al.*, 2014).

درصد نشت یونی میوه

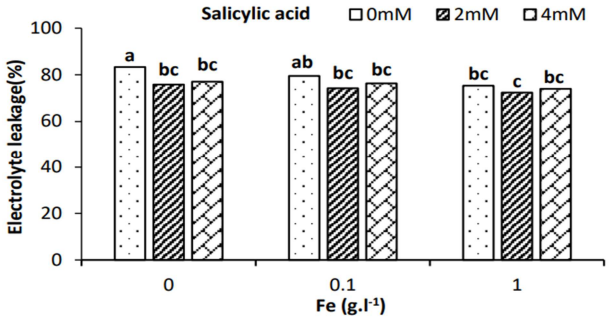
با توجه به شکل ۷، درصد نشت یونی میوه در دمای یک درجه سانتی‌گراد با افزایش مدت نگهداری و رسیدگی میوه افزایش معنی‌داری پیدا کرد، ولی بین زمان‌های دوم و سوم تغییری دیده نمی‌شود اما دوباره بعد از ۴۰ روز انبارمانی روند افزایشی ادامه پیدا کرد.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر دوره انبارمانی بر نشت یونی میوه آلو رقم خاکی در دمای یک درجه سانتی‌گراد.

Figure 7. Mean comparisoin effect of storage duration ion leakage changes in plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 1 °C.

همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، میزان نشت یونی در میوه‌های شاهد زیاد بوده و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. از لحاظ آماری تفاوتی بین تیمار شاهد و آهن ۰/۱ گرم در لیتر دیده نشد. کمترین میزان نشت یونی در اثر متقابل تیمار دو میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید در آهن یک گرم بر لیتر مشاهده شد، اما این کاهش با سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. این نتایج نشان می‌دهند که تیمارها سبب حفظ پایداری غشای سلولی با مقایسه با شاهد گردیدند در نتیجه سبب تاخیر در نشت یونی می‌گردد. بنابراین کیفیت میوه بیشتر حفظ شد.



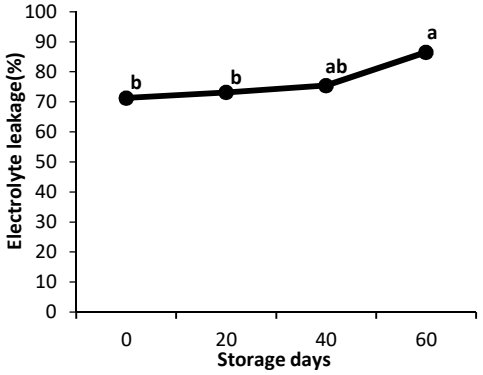
شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و آهن بر درصد نشت یونی میوه آلو رقم خاکی در دمای یک درجه سانتی‌گراد.

Figure 8. Mean comparisoin interaction effect of salicylic acid and iron on ion leakage of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 1 ℃.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

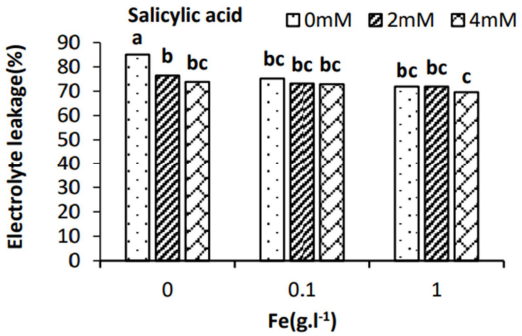
در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نشت یونی طی دوره‌های انبارمانی روند افزایشی داشت و بالاترین میزان نشت یونی در دوره آخر انبارمانی حدود ۸۶/۵ درصد بود (شکل ۹).



شکل ۹ : مقایسه میانگین اثر دوره انبارمانی بر نشت یونی میوه آلو رقم خاکی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد.

Figure 9: Mean comparisoin effect of storage duration on ion leakage in plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 4 °C.

اثر سالیسیلیک‌اسید در آهن در دمای چهار درجه سانتی‌گراد بر میزان نشت یونی نشان داد که تیمارها سبب کاهش نشت یونی و در نتیجه پایداری غشای سلولی شدند. بیشترین میزان نشت یونی در تیمار شاهد بود. اثر متقابل تیمار چهار میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید در آهن ۱ گرم بر لیتر سبب کمترین میزان نشت یونی شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و آهن بر نشت یونی میوه آلو رقم خاکی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد.

Figure 10. Mean comparisoin interaction effect of salicylic acid and iron on ion leakage of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 4 ℃.

نشت الکترولیت‌ها یک پارامتر مناسب برای برآورد ساختار غشای سلول محسوب می‌شود. تخمین زده می‌شود که حدود ۹۵ درصد محتوای آهن درون سلول‌ها در ترکیب با پروتئین‌های دخیل در عملکردهای متابولیکی است (Robello *et al.*, 2007) که بر میزان نشت یونی غشای سلولی تأثیرگذار است. آسیب به غشای سلولی با افزایش نشت یونی مشخص می‌شود و در تنش اکسیداتیو شدید ارتباط مستقیمی با محتوای آهن در بافت گیاه دارد. گزارش شده است تغییر در سیستم آنتی اکسیدانی و آسیب به غشا سلولی در آزمایش مورد نظر بر گیاه به طور همزمان رخ می دهد و در گیاهان، مشاهده نشت یونی بالا نشان دهنده آسیب به غشا سلولی است. به علاوه، نشت یونی در گیاهان تیمار شده با کلات آهن (Fe-EDTA)، نسبت به سایر گیاهان به طور معنی‌داری پس از تنش باران اسیدی افزایش یافت (Razeto *et al.*, 2005). نتایج بدست آمده حاکی از آن است که تیمار آهن موجب کاهش نشت یونی غشا سلولی شده و به این ترتیب، پس از خروج میوه از سردخانه، بافت میوه آلو دارای ظاهری مناسب تر و طعمی بهتر خواهد بود. نتایج حاصل از این آزمایش با Bertamini *et al.* (2001) مطابقت دارد. در این آزمایش سالیسیلیک اسید از میزان نشت یون‌ها و درنتیجه سرمازدگی ناشی از انبار در سردخانه کاسته است. این اثر SA را می توان به توانایی آن در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نسبت داد که با جلوگیری از اثر مخرب رادیکال‌های آزاد تولید شده در شرایط تنش، از استحکام ممبران سلولی محافظت کرده و نشت یون‌ها از سلول را کاهش می‌دهد. نتایج به دست آمده در این آزمایش با نتایج حاصل از آزمایش‌های Sayyari *et al.* (2011) روی انار رقم رباب همخوانی دارد.

سالیسیلیک‌اسید قادر به کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها از طریق کاهش فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز و کاهش میزان پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، است و می‌تواند سبب حفظ و ترمیم یکپارچگی ممبران سلولی در شرایط تنش شود (Lapenna *et al.*, 2009). اثر SA سبب کاهش آسیب سرمایی در طول انبارمانی می‌شود و علت آن را می‌توان به توانایی آن در وادارکردن سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی (از جمله آنزیم‌ها و ترکیبات غیر آنزیمی)، همانطور

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

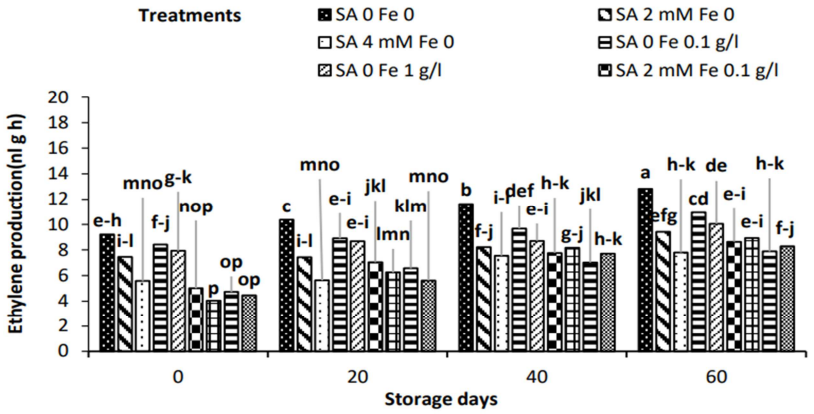
که در هلو به اثبات رسیده است، نسبت داد (Wang *et al.*, 2006a; Yang *et al.*, 2012). تیمار قبل از برداشت میوه‌های گوجه فرنگی با غلظت‌های پایین متیل سالیسیلات سبب افزایش مقاومت آنها به تنش سرما و کاهش وقوع فساد و پوسیدگی در طی ذخیره‌سازی در دمای پایین شده و همچنین سنتز پروتئین‌های مرتبط با بیماریزایی (PR) را افزایش می‌دهد (Ding *et al.*, 2007). گزارش شده است تیمار قبل از برداشت میوه‌های هلوی رسیده با سالیسیلیک‌اسید و ذخیره‌سازی در صفر درجه سانتی‌گراد به مدت چهار هفته، سفتی بیشتر، فساد و تنش سرمایی کمتری را نسبت به میوه‌های تیمار نشده نشان داد (Wang *et al.*, 2006a). با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی میوه پاپایا در دو دمای ۶ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد سردخانه، مشخص شد که دمای ۶ درجه سانتی‌گراد به دلیل گرمسیری بودن و حساسیت به دمای پایین پاپایا و همچنین افزایش تنفس و نوع بافت این میوه موجب سرمازدگی و افزایش نشت یون از سلول شد (Shademani *et al.*, 2015). گزارش شده که دمای صفر درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۳±۳۰ درجه سانتی‌گراد با اثر کاهنده بر میزان تنفس میوه موجب کاهش نشت یونی از سلول‌های میوه گیلاس در طی مدت انبارمانی می‌شود (Yaman & Bayoundurlu, 2002).

میزان تولید اتیلن میوه

با توجه به شکل ۱۱، میزان اتیلن تولیدی بافت میوه در طول مدت انبارمانی با گذشت زمان افزایش معنی‌داری پیدا کرد. تیمار با سالیسیلیک‌اسید و آهن در طول زمان انبارمانی موجب کاهش میزان اتیلن تولیدی توسط بافت میوه آلو شد. در پایان مدت انبارمانی، بیشترین میزان اتیلن تولیدی با مقدار ۱۲/۸۲ نانولیتر بر گرم بر ساعت مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان اتیلن با مقدار ۷/۸ نانولیتر بر گرم بر ساعت مربوط به تیمار سالیسیلیک‌اسید با غلظت چهار میلی‌مولار بدون تیمار آهن بود (شکل ۱۱).

اثر سالیسیلیک‌اسید بر میزان تولید اتیلن میوه آلو طی انبارمانی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در شکل ۱۲ نشان داده شده است. میزان تولید اتیلن در زمان انبارمانی مشابه با دمای یک درجه سانتی‌گراد با گذشت زمان افزایش معنی‌دار پیدا کرد که تحت اثر سالیسیلیک‌اسید کاهش معنی‌داری نشان داد. در انتهای مدت انبارمانی، تیمار با سالیسیلیک‌اسید با غلظت دو میلی‌مولار (۱۳/۵۳ نانولیتر بر گرم بر ساعت) موجب کاهش تولید اتیلن نسبت به تیمار شاهد و غلظت چهار میلی‌مولار گردید (شکل ۱۲).

در انتهای زمان انبارمانی در روز ۶۰ ام، تیمار با سالیسیلیک‌اسید با غلظت دو میلی‌مولار موجب کاهش ۱۳/۷ درصدی تولید اتیلن نسبت به تیمار شاهد در همین دوره شد (شکل ۱۲).

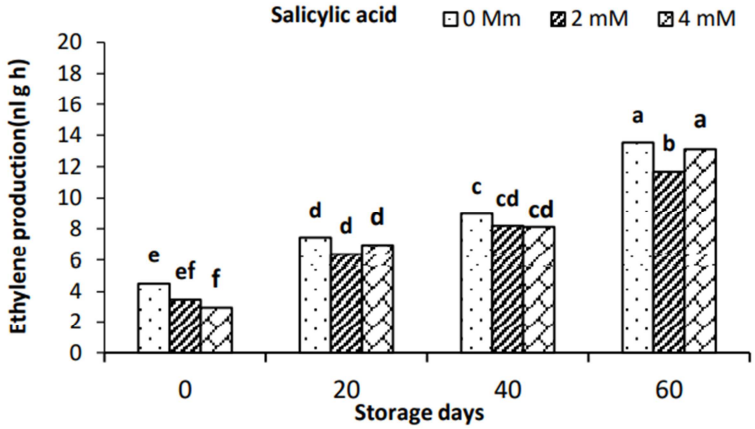


شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک‌اسید و آهن بر میزان اتیلن تولیدی میوه آلو رقم خاکی در دمای یک درجه سانتی‌گراد.

Figure 11. Mean comparisoin interaction effect of salicylic acid and iron on ethylene production content of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 1 ℃.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و دوره انبارمانی بر میزان تولید اتیلن میوه آلو رقم خاکی در دمای چهار درجه سانتی گراد.

Figure 12. Mean comparisoin interaction effect of salicylic acid and storage duration on ethylene production content of plum fruits (cv. Flavor supreme pluot) at 4 °C.

گزارش شده است که در معرض کمبود آهن، ریشه گیاهان خیار، گوجه فرنگی و نخودفرنگی، اتیلن بسیار بالاتری نسبت به گیاهان رشد یافته در حالت بهینه تولید می‌کنند (Romera *et al.*, 1999). میوه‌های فرازگرا مانند آلو تغییرات فیزیولوژی زیادی را در مرحله پس از برداشت از خود نشان می‌دهند که افزایش تولید اتیلن از جمله این تغییرات است. این نتایج با یافته های اثر سالیسیلیک‌اسید بر هلو (Han *et al.*, 2003)، توت‌فرنگی (Babalar *et al.*, 2007)، کیوی (Zhang *et al.*, 2003;) مطابقت داشت. مکانیسم عمل سالیسیلیک‌اسید به این صورت است که مانع تجمع ACC سنتاز ناشی از زخم شدن (Li *et al.*, 1992) و نیز با مسدود کردن مسیر ACC اکسیداز در محیط کشت سوسپانسیون گلابی (Szalai *et al.*, 2000) مانع از تولید اتیلن می‌شود. تأثیر محدودکنندگی سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت ACC اکسیداز در ورق‌های سیب را اثبات کرده‌اند (Fan *et al.*, 1996). همچنین نشان داده شده است که سالیسیلیک‌اسید با کاهش تولید رادیکالهای آزاد و بیوسنتز اتیلن سبب سرکوب فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز می‌شود (Xu *et al.*, 2000). افزایش تولید اتیلن به سبب کمبود آهن در ریشه‌های خیار و گوجه فرنگی با افزایش ظرفیت احیاکنندگی آهن فریک و ظهور تورم در نوک ریشه‌ها همراه است. گزارش شده در طی رسیدن پس از برداشت هلو سطح اتیلن میوه تا رسیدن به اوج تولید اتیلن افزایش می‌یابد، با این حال، دمای پایین انبار (صفر درجه سانتی‌گراد) نسبت به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد روند رسیدن به پیک تولید اتیلن را کند کرده و رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد (Li *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد پس از برداشت ترکیبات طبیعی مانند سالیسیلیک‌اسید و عناصر معدنی نظیر آهن به عنوان یک راهکار مناسب، می‌تواند منجر به تأخیر در پیری میوه‌های آلو در مدت انبارمانی و بهبود شاخص‌های کیفی گردد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد تیمار درختان آلو رقم خاکی با سالیسیلیک‌اسید و آهن موجب بهبود شاخص‌های کیفی میوه در طی مدت انبارمانی شد که سالیسیلیک‌اسید به‌تنهایی بر شاخص‌های اتیلن و نشت یونی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در سطح یک درصد و در دمای ۴ درجه سانتی گراد تنها بر شاخص نشت یونی در سطح یک درصد تأثیر داشت. کاربرد آهن به‌تنهایی در دمای یک درجه سانتی‌گراد بر روی شاخص اتیلن در سطح یک درصد و بر روی شاخص کاهش‌وزن در هر دو دما در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار گذاشت. شاخص‌های اتیلن، نشت یونی، میزان آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش‌وزن در هر دو دما در سطح یک درصد در طول مدت انبارمانی تغییرات معنی‌داری از خود نشان دادند، به طوری که میزان تولید

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اتیلن، نشت یونی و کاهش وزن با گذشت زمان افزایش و میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت. کاربرد سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۲ میلی‌مولار و آهن با غلظت های ۰/۱ و ۱ گرم بیش از سایر غلظت‌ها بر افزایش شاخص‌های کیفی موثر واقع شد. در نهایت، میوه‌های نگهداری شده در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد انبارمانی بیشتری نسبت به دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نشان داده و تا روز ۶۰ ام قابلیت ارسال به بازار را داشتند.

REFERENCES

1. Awad, R. M. (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.
2. Babalar, M. Asghari, M. Talaei, A. & Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry,* 105(2), 449-45.
3. Babalar, M. Mohebi, M. Askari Sarcheshme, M. A. & Talaee, A. (2015). Effect of iron and nitrogen application on quantitative and qualitative characteristics of apple “cv. Fuji”. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 46(3), 399-407. (In Farsi).
4. Bastam, N. Baninasab, B. & Ghobadi, C. (2013). Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. *Plant Growth Regulation,* 69(3), 275-284.
5. Bertamini, M. Nedunchezhian, N. & Borghi, B. (2001). Effect of iron deficiency induced changes on photosynthetic pigments, ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase, and photosystem activities in field grown grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) leaves. *Photosynthetica*, 39(1), 59-65.
6. Davarynejad, G. H. Zarei, M. Nasrabadi, M. E. & Ardakani, E. (2013). Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv.‘Santa Rosa’. *Journal of Food Science and Technology,* 52(4), 2053-2062.
7. Ding, Z. S. Tian, S. P. Zheng, X. L. Zhou, Z. W. and Y. Xu. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. *Phsyiology of Plant,* 130, 112-121.
8. El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive e. ect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation,* 45(3), 215-224.
9. Fan, X. Mattheis, J. P. & Fellman, J. K. (1996). Inhibition of apple fruit 1-amino cyclopropane1-carboxylic acid oxidase activity and respiration by acetyl salicylic acid. *Journal of Plant Physiology,* 149, 469-471.
10. Fatemi, H. Mohammadi, S. & Aminifard, M. H. (2013). Effect of postharvest salicylic acid treatment on fungal decay and some postharvest quality factors of kiwi fruit. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(11), 1338-1345.
11. Giménez, M. J. Valverde, J. M. Valero, D. Guillén, F. Martinez-Romero, D. Serrano, M. & Castillo, S. (2014). Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chemistry*, 160, 226-232.
12. Guerreiro, A. C. Gago, C. M. Miguel, M. G. & Antunes, M. D. (2013). The effect of temperature and film covers on the storage ability of Arbutus unedo L. fresh fruit. *Scientia Horticulturae*, 159, 96-102.
13. Han, T. Wang, Y. Li, L. & Ge, X. (2003). Effect of exogenous salicylic acid on postharvest physiology of peaches. In XXVI International Horticultural Congress: *Issues and Advances in Postharvest Horticulture*, pp. 583-658..
14. Hartmann, W. & Neumuller, M. (2009). Plum breeding. In: Jain, S.M. and Priyadarshan P.M: *Breeding plantation tree crops:Temperate species,* 161-232.
15. Imran, H. Zhang, Y. Du, G. Wang, G. & Zhang, J. (2007). Effect of salicylic acid (SA) on delaying fruit senescence of Huang Kum pear. *Front Agriculture China*, 1, 456–459.
16. Javanmardi, J. & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 151-155.
17. Kong, J. Dong, Y. Xu, L. Liu, S. & Bai, X. (2014b). Effects of foliar application of salicylic acid and nitric oxide in alleviating iron deficiency induced chlorosis of *Arachis hypogaea* L. *Botanical Studies*, 55(1), 1-12.
18. Lapenna, D. Ciofani, G. Pierdomenico, S. D. Neri, M. Cuccurullo, C. Giamberardino, M. A. & Cuccurullo, F. (2009). Inhibitory activity of salicylic acid on lipoxygenase-dependent lipid peroxidation. *Biochimica et Biophysica Acta,* 1790(1), 25-30.
19. Lee, T. C. Zhong, P. J. & Chang, P. T. (2015). The effects of preharvest shading and postharvest storage temperatures on the quality of ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco) mandarin fruits. *Scientia Horticulturae*188, 57-65.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

20. Li, N. Parsons, B. L. Liu, D. & Mattoo, A. K. (1992). Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. *Plant Molecular Biology,* 18, 477–487.
21. Li, P. Dai, S. J. Zhao, B. Zhang, Y. S. Liao, K. Xu, F. & Leng, P. (2014). Effect of low temperatures on pulp browning and endogenous abscisic acid and ethylene concentrations in peach (*Prunus persica* L.) fruit during post-harvest storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(6), 686-692.
22. Malamy, J. Carr, J. P. Klessig, D. F. & Raskin, I. (1990). Salicylic acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. *Science,* 250(4983), 1002-1004.
23. McCollum, T. G. & McDonald, R. E. (1991). Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *HortScience, 26, 1191-1192.*
24. Mo, Y. Gong, D. Liang, G. Han, R. Xie, J. & Li, W. (2008). Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during post-harvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(15), 2693-2699.
25. Pascal, N. & Douce, R. (1993). Effect of lron deficiency on the respiration of sycamore (*Acer pseudoplatan* s 1.) cells. *Jornal of Plant Physiology,* 103, 1329-1338.
26. Razeto, B. & Valdés, G. (2005). Effect of iron chlorosis on yield, fruit size and fruit maturity in nectarine. *In VI International Peach Symposium*, 713, pp. 227-230.
27. Robello, E. Galatro, A. & Puntarulo, S. (2007). Iron role in oxidative metabolism of soybean axes upon growth: effect of iron overload. *Plant Science*, 172(5), 939-947.
28. Sahamishirazi, S. Moehring, J. Claupein, W. & Graeff-Hoenninger, S. (2017). Quality assessment of 178 cultivars of plum regarding phenolic, anthocyanin and sugar content. *Food Chemistry*, 214, 694-701.
29. Sayyari, M. Babalar, M. Kalantari, S. Martínez-Romero, D. Guillén, F. Serrano, M. & Valero, D. (2011). Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry,* 124(3), 964-970.
30. Sayyari, M. Castillo, S. Valero, D. Díaz-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(2), 136-142.
31. Serea, C. Barna, O. Manley, M. & Kidd, M. (2014). Effect of storage temperature on the ascorbic acid content, total phenolic content and antioxidant activity in Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Plant Science*, 24(4), 1173-7.
32. Serrano, M. Guillén, F. Martínez-Romero, D. Castillo, S. & Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 53(7), 2741-2745.
33. Shadmani, N. Ahmad, S. H. Saari, N. Ding, P. & Tajidin, N. E. (2015). Chilling injury incidence and antioxidant enzyme activities of *Carica papaya* L.'Frangi'as influenced by postharvest hot water treatment and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology,* 99, 114-119.
34. Siboza, X. I. & Bertling, I. (2013). The effects of methyl jasmonate and salicylic acid on suppressing the production of reactive oxygen species and increasing chilling tolerance in 'Eureka'lemon [*Citrus limon* (L.) Burm. F.]. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(3), 269-276.
35. Srivastava, M. K. & U. N. Dwivedi. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science,* 158(1), 87-96.
36. Tareen, M. J. Abbasi, N. A. & Hafiz, I. A. (2012a). Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv.'Flordaking'. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 119-124.
37. Tareen, M.J. Abbasi, N.A. & Hafiz, I.A. (2012b). Postharvest application of salicylic acid enhanced antioxidant enzyme activity and maintained quality of peach cv.'Flordaking' fruit during storage. *Scientia Horticulturae,* 142, 221-228.
38. Valero, D. & Serrano, M. (2010). *Postharvest biology and technology for preserving fruit quality*. CRC Press
39. Valero, D. Díaz-Mula, H. M. Zapata, P. J. Castillo, S. Guillén, F. & Martinez-Romero, D. (2011). Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59, 5483-5489.
40. Wang, F. Sanz, A. Brenner, M. L. & Smith, A. (1993). Sucrose synthase, starch accumulation, and tomato fruit sink strength. *Plant Physiology*, 101(1), 321-327.
41. Wang, L. & Chen, S. (2006a). 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(3), 244-251.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

42. Wang, L. & Li, S. H. H. (2006b). Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca^{+2} homeostasis and antioxidant systems in young grape plant. *Plant Science*, 170, 685-694.
43. Www.FAO.org/faostat
44. Xu, W. P. Chen, K. S. Li, F. & Zhang, S. L. (2000). The regulations of lipooxygenase, jasmonic acid, and salicylic acid on ethylene biosynthesis in ripening Actinidia Fruits. *Acta Phytolphysiology*, 26, 507-514.
45. Yaman, Ö. & Bayoundurlu, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT-Food science and Technology*, 35(2), 146-150.
46. Yang, Z. S. Cao, S. Zheng, Y. & Jiang, Y. (2012). Combination of salicylic acid and ultrasound to control postharvest blue mold caused by *Penicillium expansum* in peach fruit. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,*12(3), 310-314.
47. 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 Biology and Technology,* 35(3), 253-262.
48. Yin, X. R. Zhang, Y. Zhang, B. Yang, S. L. Shi, Y. N. Ferguson, I. B. & Chen, K. S. (2013). Effects of acetylsalicylic acid on kiwifruit ethylene biosynthesis and signaling components. *Postharvest Biology and Technology*, 83, 27-33.
49. Youn, C. K. Kim, S. K. Lim, S. C. Kim, Y. H. Yoon, T. & Kim, T. S. (2001). Effects of promalin and salicylic acid application on tree growth and fruit quality of' Tsugaru'apples. *In IX International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production* 653 (pp. 151-154).
50. Zhang, H. & Ma, L. (2008). Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. *Biological Control,* 47(1), 60-65.
51. Zhang, Y. Chen, K. S. Chen, Q. J. Zhang, S. L. & Ren, Y. P. (2003). Effects of acetylsalicylic acid (ASA) and ethylene treatments on ripening and softening of postharvest kiwifruit. *Acta Botanica Sinica*, 45(12), 1447-1452.

Archive of SID.ir