Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 2, Summer 2020 (345-354)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.232530.1248

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۳۵۴-۳۴۵)

اثر محلول‌پاشی پیش از برداشت آهن سکوسترین و سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های کیفی هلو رقم زعفرانی در طول دوره انبارمانی

محمدعلی عسکری سرچشمه[1*]، حامد شکری حیدری[2]، مصباح بابالار[3]، احمد احمدی[4] و طه رنجبرمالی‌دره[2]
۱، ۲، ۳ و ٤. دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و مربی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۲/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/٤/۵)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید و آهن بر خصوصیات کیفی میوه هلو رقم زعفرانی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. سالیسیلیک اسید در چهار غلظت صفر، ۱، ۲ و ٤ میلی‌مولار و آهن سکوسترین در سه غلظت ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دو مرحله (٤۰ و ۸۰ روز پس از تمام گل) روی درختان هلو رقم زعفرانی محلول‌پاشی شدند. پس از برداشت میوه‌ها، شاخص‌هایی مانند مواد جامد محلول، اسید قابل عیارسنجی، pH، سفتی میوه، درصد کاهش وزن (نسبت به روز صفر)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، تولید اتیلن و نشت یونی در چهار دوره با فواصل زمانی ۱۵ روزه (روزهای صفر، ۲۰، ٤۰ و ٦۰) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد اعمال تیمارها موجب جلوگیری از کاهش وزن، نشت یون‌ها و تولید اتیلن و همچنین باعث حفظ اسید قابل عیارسنجی، مواد جامد محلول و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها شد. از بین غلظت‌های مورد استفاده، میوه‌های تیمارشده با سالیسیلیک اسید (غلظت ٤ میلی‌مولار) و آهن سکوسترین (غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) موجب حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش وزن و نشت یونی شدند. میوه‌های تیمارشده، در نهایت تا روز ٤۰اُم کیفیت خود را حفظ کرده و در روز ٦۰اُم هیچ‌کدام از میوه‌ها بازارپسندی نداشتند.

واژه‌های کلیدی: پس از برداشت هلو، تولید اتیلن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نشت یونی.

The effect of pre-harvest spray of iron sequestrine and salicylic acid on some quality characteristics of "Zaferani" peach fruit during storage

Mohammad Ali Askari Sarcheshmeh[1*], Hamed Shokri Heydari[2], Mesbah Babalar[3], Ahmad Ahmadi[4] and Taha Ranjbar Malidarreh[2]
1, 2, 3, 4. Associate Professor, Former M.Sc. Student, Professor and Instructor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Feb. 22, 2018- Accepted: June 26, 2018)

ABSTRACT

To investigate the effect of salicylic acid and iron on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Zaferani) quality, a factorial experiment in a randomized complete block design with four replications was conducted. Salicylic acid solution at four levels 0, 1, 2 and 4 mM and iron sequestrine in concentrations of 0, 5 and 10 mg/L were prepared and sprayed on peach trees in two stages (40 and 80 days after full bloom). After fruits harvesting, total soluble solids, titratable acidity, pH, firmness, fruit weight loss, antioxidant capacity, ethylene production and electrolyte leakage were measured. The results showed that the treatments compare to controls were prevented weight loss, electrolyte leakage and ethylene production and maintain titratable acids, soluble solids content and antioxidant capacity of fruits. Fruit treated with salicylic acid 4 mM and iron 10 mgl^{-1} were maintained antioxidant capacity and prevented ethylene production, weight loss and electrolyte leakage. The treated fruits eventually retained their quality until the 40^{th} day and on the 60th day any fruits haven't marketable quality.

Keywords: Antioxidant capacity, electrolyte leakage, ethylene production, peach postharvest.

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

مقدمه

هلو با نام علمی *Prunus persica* L. بومی مناطق گرم چین است (Layne & Bassi, 2008). میوه‌های هلو سریع می‌رسند و عمر انبارمانی کوتاهی اغلب حدود ۴-۳ هفته بسته به شرایط انبارداری دارند. از جمله روش‌های سالم برای کنترل بهتر بیماری‌های پس از برداشت، استفاده از ترکیبات سازگار با محیط زیست و انسان است (Asghari, 2006). سالیسیلیک اسید با فرمول شیمیایی HOC_6H_4COOH یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی درونی است که دامنه وسیعی از واکنش‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی را در گیاهان سبب می‌شود (Raskin, 1992). گزارش شده است که تیمار پیش از برداشت سالیسیلیک اسید نه‌تنها سبب مهار تنفس می‌شود، بلکه نقطه بحرانی تنفس در میوه‌های فرازگرا را نیز به تعویق می‌اندازد. همچنین سالیسیلیک اسید سبب تأخیر در تنفس فرازگرایی‌شده و تولیدات حاصل از تنفس نیز کاهش می‌یابند (Luo & chen, 2011). همچنین نتایج تحقیق دیگری نشان داد تیمار پس از برداشت سالیسیلیک اسید سبب مقاومت بیشتر میوه‌های آلو به کاهش وزن نسبت به میوه‌های شاهد شده است و با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، این کاهش وزن، به میزان کمتری رخ داد (Davarynejad *et al.*, 2013). تیمار پس از برداشت سالیسیلیک اسید به‌ویژه در غلظت دو میلی‌مولار از بین غلظت‌های ۰/۷، ۱/۴ و دو میلی‌مولار در کاهش خسارت سرمازدگی و نشت الکترولیتی در میوه انار مؤثر بوده است (Sayyari *et al.*, 2009).

خاک‌های آهکی و قلیایی نواحی خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در کشور ایران و همچنین برخی از خاک‌های شنی با مشکل کمبود آهن مواجه هستند. از بین درختان میوه، هلو بیشترین حساسیت را به کمبود آهن نشان می‌دهد (Emami & Dardipour, 2011). آهن در آنزیم‌های گیاهی زیادی وجود دارد و نقش غالب را در واکنش‌های اکسایشی-کاهشی در فرایندهای فتوسنتز و تنفس ایفا می‌کند. گزارش شده که کمبود آهن موجب کاهش وزن تر، اندازه، رنگ، سفتی، ویتامین ث و مواد جامد محلول میوه هلو در مقایسه با میوه‌های درختان هلوی رشد یافته در شرایط بهینه می‌گردد (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2003). همچنین گزارش شده محلول‌پاشی برگی درختان هلو با آهن موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌ویژه کلروفیل برگ می‌شود (El-Jendoubi *et al.*, 2014). گزارش شده میزان آهن پس از محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تیمار آهن موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ‌های هلو پس از محلول‌پاشی شد. به علاوه، غلظت آهن در میوه‌ها در تمامی تیمارها از محتوای آهن برگ‌ها پایین‌تر بود (Ali *et al.*, 2014). با توجه به فسادپذیری زیاد میوه هلو و همچنین مشکل نگهداری و انبارمانی آن، هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر محلول‌پاشی پیش از برداشت آهن و سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های کیفی میوه هلو رقم زعفرانی در شرایط پس از برداشت بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و اعمال تیمار

در نیمه دوم فروردین سال ۱۳۹۲ از باغ مؤسسه آموزش‌عالی امام خمینی(ره) کرج، ۴۸ درخت شش ساله هلو رقم زعفرانی انتخاب شد که کلیه عملیات داشت آنها نظیر آبیاری، هرس و ... یکسان بوده است. جهت اعمال تیمارها، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار طراحی شد. محلول‌پاشی برگی سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار و آهن با غلظت‌های ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، طی دو مرحله (۴۰ و ۸۰ روز پس از تمام گل) انجام گرفت. برداشت میوه‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (۳۰٪ رنگ‌گیری و سفتی مناسب) انجام شد و سپس به سردخانه انتقال یافت. میوه‌ها پس از توزین و قراردادن در ظروف یک‌بار مصرف دو کیلویی در دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد نگهداری شدند. خصوصیات کیفی میوه‌ها، در ۴ دوره و در روزهای شروع نگهداری، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از برداشت با ۴ تکرار و ۱۶ مشاهده در هر تکرار برای ۴ دوره، اندازه‌گیری شد.

نشت یونی

جهت اندازه‌گیری نشت یونی، از قسمت استوایی ۳

میوه هر تکرار، ۶ تکه پوست مدور به قطر ۱۰ میلی‌متر با چوب پنبه سوراخ کن برداشته شد. تکه‌های پوست در ۲۵ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۴ نرمال قرار گرفتند. پس از چهار ساعت به‌هم زدن با شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، هدایت الکتریکی اولیه (EC اولیه) محلول توسط دستگاه هدایت‌سنج (مدل Metroham 644) اندازه‌گیری شد. سپس محلول حاوی نمونه‌ها در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از قرار گرفتن در دمای محیط به‌مدت ۲۴ ساعت، مجدداً هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری شده و در نهایت میزان نشت یونی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (McCollum & McDonald, 1991)

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

کاهش وزن میوه

وزن پنج عدد میوه از هر درخت (تکرار) قبل از انبارمانی و در روزهای۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از نگهداری در سردخانه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم شرکت Aggottingen مدل GE412 اندازه‌گیری و درصد کاهش وزن توسط فرمول زیر محاسبه گردید (Soto-Zamora *et al.*, 2005):

$$\text{درصد کاهش وزن} = \left(\frac{\text{(وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه)}}{\text{وزن اولیه}}\right) \times 100$$

اسید قابل عیارسنجی، pH، مواد جامد محلول و سفتی بافت میوه

میزان اسید میوه به‌روش عیارسنجی با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال و بر حسب اسید مالیک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Shafiee *et al.*, 2010):

$$\%TA = \left(\frac{V \times N \times MeqMA}{Y}\right) \times 100$$

که در آن TA اسید قابل عیارسنجی نمونه برحسب اسیدمالیک، V میلی‌لیتر سود مصرفی برای عیارسنجی، N نرمالیته سود مصرفی (۰/۱)، Y میلی‌لیتر حجم نمونه یا وزن آن بر حسب گرم و MeqMA اکی‌والان اسید غالب هلو (میلی اکی‌والان اسید مالیک = ۶۷) بودند.

میزان pH آب میوه توسط دستگاه pH سنج مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. ارزیابی غلظت مواد جامد محلول توسط دستگاه رفرکتومتر دستی صورت گرفت (Cheour *et al.*, 1991).

از هر تکرار سه میوه به‌طور تصادفی انتخاب و لایه نازکی از پوست در دو سمت رو به‌روی هم از قسمت استوایی میوه با قطر ۲ سانتی‌متر مربع جدا شد و سپس با استفاده از نفوذسنج دستی و فشار عمود به گوشت میوه میزان سفتی بافت بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تعیین شد (Shafiee *et al.*, 2010).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه

به ۰/۵ گرم از بافت میوه خردشده در مجاورت نیتروژن مایع، ۴ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد اضافه شد. بافت میوه به همراه متانول به‌مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۹۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر عصاره (روشناور) به ۳۴۰۰ میکرولیتر محلول ۲و ۲ - دی فنیل ۱ - پیکریل هیدرازیل (DPPH) ۰/۱ میلی مولار اضافه شد. مخلوط حاصل در دمای اتاق در تاریکی به‌مدت یک ساعت نگهداری شده و سپس مقدار جذب نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu uv 1800 قرائت گردید (Brand-Williams *et al.*, 1995).

اتیلن تولیدی توسط بافت میوه

سه عدد میوه از هر تکرار پس از تعیین حجم و وزن درون ظرف شیشه‌ای درب بسته با حجم مشخص در شرایط آزمایشگاهی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از ۴۸ ساعت، نمونه گاز از بالای ظرف پلاستیکی توسط سوزن دوسر که به درون لوله‌های شیشه‌ای خلأدار (ونوژکت) کشیده می‌شود برداشته شد. جهت شناسایی، یک میلی‌لیتر از نمونه گاز توسط سرنگ همیلتون، از ونوژکت برداشته شد و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی Shimadzo مدل ۱۰۲ ساخت کشور ژاپن به‌روش سیستم بسته در فاصله زمانی معین اندازه‌گیری شد. ستون دستگاه با ماده پروپک Q پر شده و گاز انتقال‌دهنده ازت و همچنین دتکتور دستگاه از نوع FID بود (Srivastava & Dwivedi, 2000).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر سالیسیلیک اسید بر صفاتی نظیر مواد جامد محلول، اسید قابل عیارسنجی، درصد کاهش وزن، اتیلن تولیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود، همچنین نشت یونی در سطح پنج درصد معنی‌دار شده‌است. تیمار با آهن نیز موجب تأثیر معنی‌دار بر مواد جامد محلول، اسید قابل عیارسنجی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و نشت یونی در سطح احتمال یک درصد و تولید اتیلن در سطح احتمال پنج درصد شد. همچنین تمامی شاخص‌ها در طی مدت انبارمانی تغییر معنی‌داری پیدا کردند (جدول ۱).

سفتی میوه، مواد جامد محلول (TSS)، pH و اسید قابل عیارسنجی آب‌میوه هلو

براساس نتایج میزان سفتی بافت میوه تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت و تنها در طی مدت انبارمانی کاهش معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری که با گذشت زمان از سفتی بافت میوه کاسته شد و در انتهای انبارمانی (۶۰ روز پس از شروع انبارمانی) به کمترین میزان خود رسید که حدود ۳۶/۹ درصد کاهش نشان داد (شکل ۱). نابودی غشای سلولی به‌عنوان عاملی مؤثر بر سفتی بافت میوه شناخته می‌شود که با پراکسیداسیون لیپید غشا مرتبط است. محصولات حدواسط و نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، رادیکال‌های آزاد H_2O_2 و O_2 هستند که نقش مهمی در فرایند رسیدن میوه مانند مکانیسم نرم شدن آن ایفا می‌کنند. فعالیت لیپواکسیژناز و تولید رادیکال‌های آزاد پراکسید به‌طور گسترده‌ای به عنوان عوامل القاکننده اختلال در عملکرد غشاء و زوال در طی مدت نگهداری میوه در انبار شناخته شده‌اند (Zhang *et al.*, 2003).

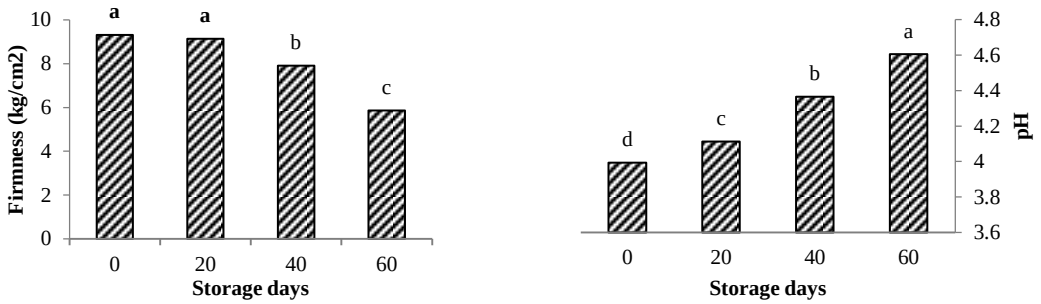
میزان مواد جامد محلول در طی مدت نگهداری در انبار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تیمار سالیسیلیک اسید موجب حفظ مواد جامد محلول در طی این مدت شد (شکل ۳). گزارش شده است نگهداری میوه‌ها به‌ویژه میوه‌های فرازگرا مانند هلو در سردخانه موجب افزایش میزان مواد جامد محلول می‌گردد (Tareen *et al.*, 2012). تیمار با سالیسیلیک اسید به‌عنوان مهارکننده بالقوه اتیلن می‌تواند موجب تأخیر در افزایش میزان قندهای محلول شده و میزان TSS را در سطح پایینی طی مدت انبارمانی، نگه دارد (Asghari, 2006). برخلاف سالیسیلیک اسید، تیمار با آهن سبب افزایش مواد جامد محلول نسبت به میوه‌های شاهد شد (شکل ۲). در این رابطه ذکر شده است که بهبود در میزان مواد جامد محلول در اثر کاربرد عناصر ریزمغذی مانند آهن ممکن است با افزایش فرایندهای بیوسنتزیِ افزایش TSS، نظیر افزایش کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آلی، آمینواسیدها و دیگر ترکیبات معدنی مرتبط باشد (Ali *et al.*, 2014).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر دوره انبار مانی، اسید سالیسیلیک و آهن بر برخی صفات کیفی میوه هلو رقم زعفرانی
Table 1. Results of variance analysis of torage time, salicylic acid and iraon on some qualitative characteristics of peach fruits cv. Za'ferani.

Source of variation	df	Mean square							
		EC	Antioxidant capacity	Ethylene production	Weight loss	TA	pH	TSS	Fruit firmness
Storage time (S,T.)	3	14701^{**}	3015.4^{**}	75.5^{**}	8456.9^{**}	0.293^{**}	3.95^{**}	391.5^{**}	121^{**}
Salicylic acid (SA)	3	118.1^{*}	361.6^{**}	44.5^{**}	352.9^{**}	0.13^{**}	0.014^{ns}	10.2^{**}	1.5^{ns}
Fe	2	547.5^{**}	339.9^{**}	7.6^{*}	106.4^{ns}	0.179^{**}	0.03^{ns}	22.3^{**}	1.7^{ns}
SA×S.T.	9	82.4^{ns}	14.9^{ns}	0.12^{ns}	19.4^{ns}	0.023^{*}	0.018^{*}	7.5^{**}	0.74^{ns}
Fe×S.T.	6	401.7^{**}	2.2^{ns}	5.7^{*}	16.2^{ns}	0.007^{ns}	0.006^{ns}	3.13^{ns}	0.88^{ns}
SA×Fe	6	209.5^{**}	1475.4^{**}	36.7^{**}	58.8^{ns}	0.017^{ns}	0.054^{ns}	2.3^{ns}	7.4^{ns}
SA×Fe×S.T.	18	239.2^{**}	332.1^{**}	11.8^{*}	18.9^{ns}	0.014^{ns}	0.08^{ns}	1.08^{ns}	0.41^{ns}
CV%		12.54	11.43	13.33	19.72	13.51	14.89	8.52	19.65

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

**, * and ns: Significantly differences at 1% and 5% probability levels and non-significante difference, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر دوره انبارمانی بر سفتی بافت میوه (چپ) و *pH* آب میوه (راست) هلو رقم زعفرانی

Figure 1. Mean comparison effect of storage time on fruits firmness (Left) and pH (Right) of peach cv. Zaferani

میزان pH آب میوه فقط در طی مدت انبارمانی از خود تغییر نشان داد (شکل ۱). میزان pH آب میوه در طی مدت نگهداری افزایش یافته و در نهایت در پایان دوره انبارمانی به بالاترین میزان خود رسید که با گزارش Sayyari & Ghanbari (2013) مطابقت دارد (شکل ۱).

اسید قابل عیارسنجی در طی مدت انبارمانی ابتدا افزایش و سپس در مرحله آخر اندازه‌گیری (۶۰ روز پس از شروع انبارمانی) کاهش یافت (شکل ۲ و۳). تیمار با سالیسیلیک اسید موجب حفظ اسید قابل عیارسنجی در تمامی دوره ها نسبت به شاهد شد و با افزایش غلظت، تأثیر بیشتری بر آن داشت (شکل ۳). گزارش شده میزان اسید قابل عیارسنجی در طی مدت انبارمانی و رسیدن میوه کاهش می‌یابد و تیمار با سالیسیلیک اسید موجب حفظ اسید قابل عیارسنجی میوه کیوی در مقدار بالاتری نسبت به میوه‌های شاهد شد (Kazemi *et al.*, 2011). همچنین در موردی مشابه، تیمار قبل و پس از برداشت آناناس با سالیسیلیک اسید منجر به حفظ اسید قابل عیارسنجی نسبت به میوه‌های شاهد شد (Lu *et al.*, 2011).

تیمار با آهن سبب حفظ اسید قابل عیارسنجی شد که با افزایش غلظت این تأثیر بیشتر بود (شکل ۳). گزارش شده محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به دلیل افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید اسیدهای آلی سبب افزایش اسید قابل عیارسنجی در میوه‌های هلو می‌شود (Ali *et al.*, 2014).

درصد کاهش وزن

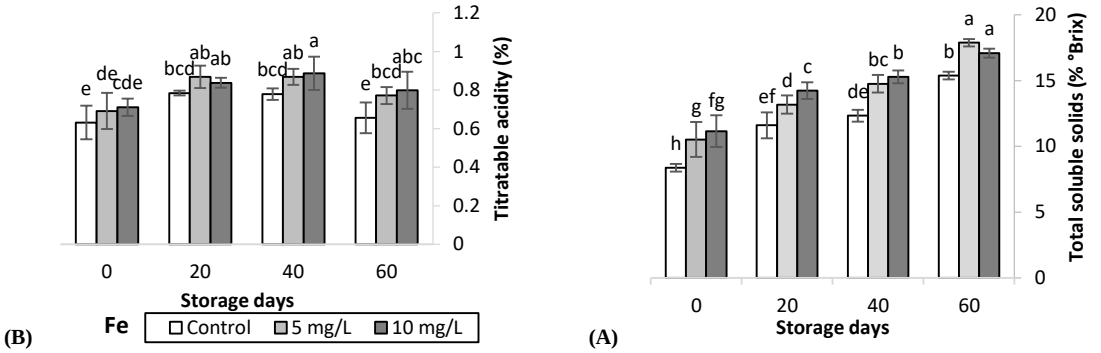
میزان کاهش وزن میوه‌های هلو در طی مدت نگهداری بسیار زیاد بوده و با گذشت زمان این میزان افزایش نیز یافته است. با این وجود، تیمار سالیسیلیک اسید موجب جلوگیری از کاهش وزن میوه‌ها شد (شکل ۴)، اما تیمار با آهن نتوانست تأثیر معنی‌داری بر آن بگذارد (شکل ۴). تیمار با سالیسیلیک اسید در تمامی غلظت‌ها سبب حفظ وزن میوه‌ها نسبت به تیمار شاهد در همه دوره ها شد (شکل ۴). گزارش شده که سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار به دلیل کاستن از میزان تنفس و همچنین با تأثیر بر روزنه‌های سطح میوه و بستن آن‌ها از خروج آب از میوه جلوگیری کرده و موجب جلوگیری از کاهش وزن میوه‌های هلو رقم فلوریداپرینس تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد در طی مدت انبارمانی میوه‌ها در سردخانه می‌شود (Awad, 2013). درصد کاهش وزن در میوه هلو رقم های "Flavorcrest" و "Red top" در طی ۵۵ روز نگهداری در سردخانه به‌ترتیب ۱۴/۰۷ و ۱۳/۱۲ درصد گزارش شده است (Akbudak & Eris, 2004).

اتیلن تولیدشده توسط بافت میوه

اتیلن تولیدشده در طی مدت انبارمانی افزایش معنی‌داری پیدا کرد. تیمارهای سالیسیلیک اسید و آهن موجب تأثیر معنی‌دار بر میزان اتیلن تولید شده توسط بافت میوه هلو شدند (جدول ۱). کاربرد سالیسیلیک اسید ۴ میلی‌مولار به همراه آهن ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در تمامی دوره‌ها موجب جلوگیری از تولید اتیلن توسط میوه شد (شکل ۵).

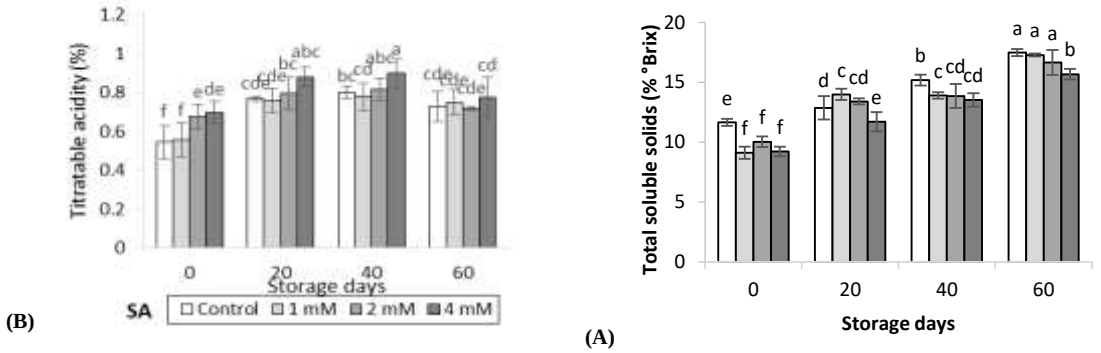
مکانیسم عمل سالیسیلیک اسید به این صورت است که مانع تجمع ACC سنتاز ناشی از زخم شدن و

نیز با مسدود کردن مسیر ACC اکسیداز مانع از تولید اتیلن می‌شود (Lu *et al.*, 2011). همچنین تأثیر محدودکنندگی سالیسیلیک اسید بر فعالیت ACC اکسیداز در برش‌های سیب اثبات شده‌است (Fan *et al.*, 1996). گزارش شده‌است که میوه‌های خیار، گوجه‌فرنگی و نخودفرنگی در معرض کمبود آهن، اتیلن بسیار بیشتری نسبت به گیاهان رشد یافته در حالت بهینه تولید کرده‌اند (Romera *et al.*, 1999).



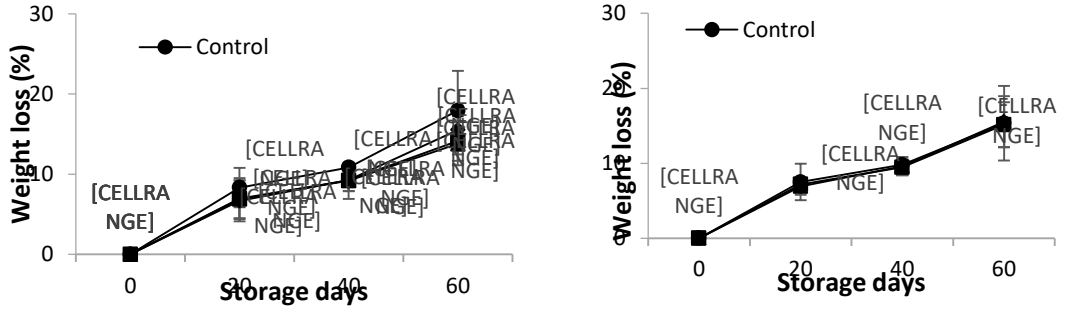
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر آهن بر مواد جامد محلول و اسید قابل عیارسنجی میوه هلو رقم زعفرانی در طول انبارمانی در دمای ۰±۱ درجه سانتی‌گراد.

Figure 2. Mean comparison effect of Fe on soluble solids content and titratable acidity of peach fruit cv. "Za'ferani" during storage time at 0±1 °C.



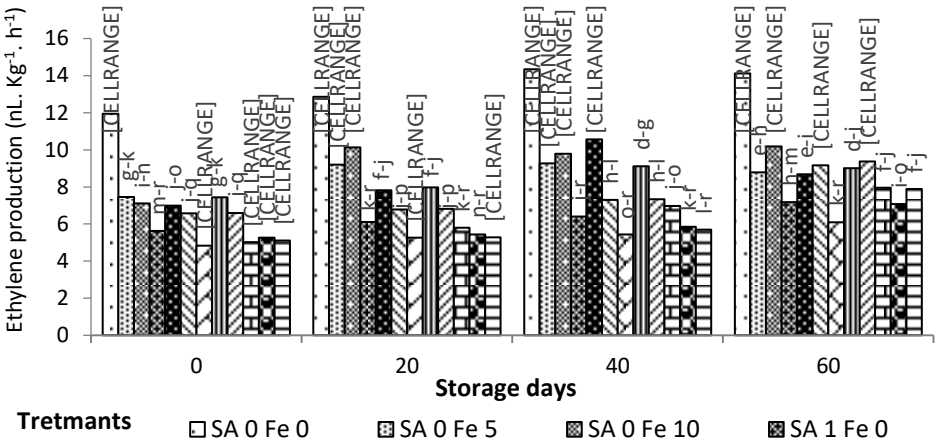
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر اسید سالیسیلیک بر مواد جامد محلول و اسید قابل عیارسنجی میوه هلو رقم زعفرانی در طول انبارمانی در دمای ۰±۱ درجه سانتی‌گراد.

Figure 3. Mean comparison effect of s alicylic acid on soluble solids content and titratable acidity of peach fruit cv. "Za'ferani" during storage time at 0±1 °C.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید (چپ) و آهن (راست) بر درصد کاهش وزن میوه هلو رقم زعفرانی در طول انبارمانی در دمای ۰±۱ درجه سانتی‌گراد.

Figure 4. Mean comparison effect of salicylic acid (Left) and Fe (Right) on weight loss of peach fruit cv. "Za'ferani during storage time at 0 ± 1 °C.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید و آهن بر میزان اتیلن میوه هلو رقم زعفرانی در طول انبارمانی در دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد.

Figure 5. Mean comparison effect of salicylic acid and Fe on ethylene production rate of peach fruit cv. Za'ferani during storage time at 0±1 °C.

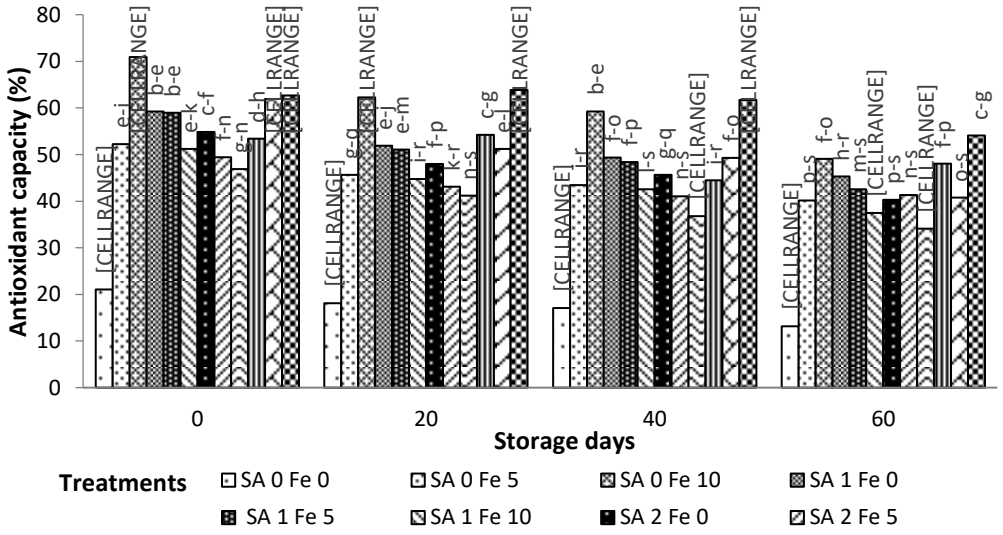
ظرفیت آنتی اکسیدانی

طبق جدول ۱، اثر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و آهن بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های هلو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. براساس شکل۵، کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تمامی ادوار مربوط به تیمار شاهد بوده و تمامی تیمارها منجر به تفاوت معنی‌دار با شاهد شده‌اند. محلول‌پاشی با آهن ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی و همچنین کاربرد سالیسیلیک‌اسید ۴ میلی‌مولار به‌همراه آهن ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب بالاترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در هر یک از دوره‌های اندازه‌گیری شده است که نسبت به هم تفاوت معنی‌داری ندارند. در مجموع در طول مدت نگهداری، از میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه هلو رقم زعفرانی کاسته شده‌است (شکل ۵).

تیمار میوه‌های گیلاس با سالیسیلیک اسید در طی مدت انبارمانی سبب افزایش مستمر در فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل شده‌است، درحالی که میوه‌های شاهد تا روز دهم افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و بعد از آن کاهش در این میزان را نشان داده‌اند (Valero *et al.*, 2011). علاوه بر این، کاربرد سالیسیلیک اسید و استیل سالیسیلیک اسید به‌عنوان تیمارهای پس از برداشت منجر به سطوح بالایی از ترکیبات فعال زیستی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به میوه‌های شاهد در انار (Sayyari *et al.*, 2009) و آلو (Davarynejad *et al.*, 2013) شده است که می‌توان آن را به افزایش غلظت سالیسیلیک اسید و استیل سالیسیلیک اسید در میوه‌های تیمار شده نسبت داد. میزان رادیکال‌های آزاد در هلوهای مواجه شده با کمبود آهن، بیش از درختان هلوی کشت شده در شرایط بهینه است و همین امر سبب واکنش با آنتی‌اکسیدان‌ها شده و میزان آن‌ها را در بافت‌های گیاهی کاهش می‌دهد (Robello *et al.*, 2007). مشابه با گزارش فوق، درختان شاهد مورد بررسی نیز نشانه‌های کمبود آهن را بروز دادند.

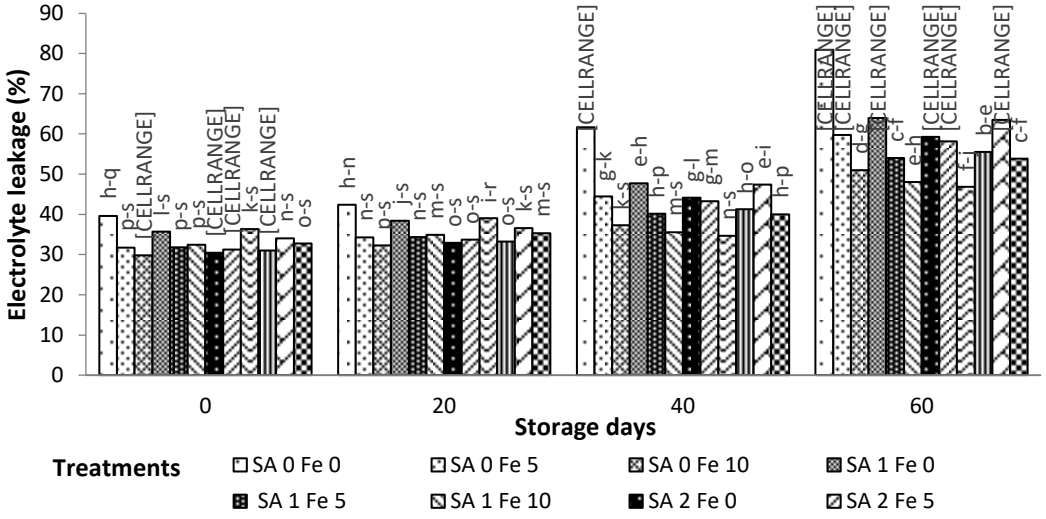
نشت یونی

نشت یونی از سلول‌های میوه هلو به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای سالیسیلیک اسید و آهن به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۱). براساس شکل ۶، نشت یونی با گذشت زمان افزایش معنی‌داری پیدا کرد و در روز ۶۰ انبارمانی به بالاترین میزان خود رسید که این افزایش در میوه‌های شاهد بیش از سایر تیمارها بوده‌است. بر این اساس، تیمار آهن ۱۰ میلی‌گرم برلیتر و سالیسیلیک اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار به همراه آهن ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین کاهش را در میزان نشت یونی سبب شده‌اند (شکل ۶).



شکل ۶: مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید و آهن بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه هلو رقم زعفرانی در طول انبارمانی در دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد.

Figure 6. Mean comparison effect of salicylic acid and Fe on antioxidant capacity of peach fruit cv. Za'ferani during storage time at 0±1 °C.



شکل ۷: مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید و آهن بر نشت یونی میوه هلو رقم زعفرانی در طول انبارمانی در دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد.

Figure 6. Mean comparison effect of salicylic acid and Fe on electrolyte leakage of peach fruit cv. Za'ferani during storage time at 0±1 °C.

تیمار با سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار توانست سبب کاهش نشت یونی و همچنین کاهش بروز آسیب سرمایی در میوه انار (Sayyari *et al.*, 2009) شود. اثر سالیسیلیک اسید را می‌توان به توانایی آن در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نسبت داد که با جلوگیری از اثر مخرب رادیکال‌های آزاد تولید شده در شرایط تنش، از استحکام غشای سلولی محافظت کرده و نشت یون‌ها از سلول را کاهش می‌دهد. نشت الکترولیت یک پارامتر مناسب برای برآورد ساختار غشایی 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.

نتیجه‌گیری کلی

براساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که محلول‌پاشی قبل از برداشت درختان میوه هلو رقم زعفرانی با سالیسیلیک اسید و آهن، با حفظ مواد جامد محلول و اسید قابل عیارسنجی موجب بهبود طعم میوه در طی مدت نگهداری می‌شوند. همچنین این محلول‌پاشی سبب بهبود فاکتورهایی نظیر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و نشت یونی شده و از افزایش تولید اتیلن به‌عنوان عامل اصلی پیری میوه و کاهش وزن میوه (از دست‌دهی آب) در طی مدت انبارمانی جلوگیری کرده است. از بین غلظت‌های مورد استفاده، سالیسیلیک اسید با غلظت ۴ میلی‌مولار و آهن با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش ماندگاری و بهبود شاخص‌های کیفی شده‌اند. هلوهای نگهداری شده در سردخانه تا دوره سوم نگهداری (روز ۴۰اُم) مناسب مصرف بوده و بازارپسندی خود را حفظ نمودند، اما در دوره انتهایی، میوه ها چروکیده شده و بخصوص در میوه‌های شاهد، درصد قهوه ای شدن بافت میوه به میزان زیادی افزایش یافت و میوه‌ها قابل ارسال به بازار مصرف نبودند.

REFERENCES

1. Akbudak, B. & Eris, A. (2004). Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. *Food Control*, 15(4), 307-313.
2. Ali, A., Perveen, S., Shah, S. N. M., Zhang, Z., Wahid, F., Shah, M. & Majid, A. (2014). Effect of foliar application of micronutrients on fruit quality of peach. *American Journal of Plant*, 5, 1258-1264.
3. Alvarez-Fernandez A, Grasa R, Abadia A, Sanz, M. & Abadia, J. (2003). Evaluacion agronómica de nuevos quelatos de hierro. *Phytoma*, 146, 30-36.
4. Asghari, M. (2006). *Effects of salicylic acid on Selva strawberry fruit, antioxidant activity ethylene production and senescence, fungal contamination and some other quality attributes*. Ph.D. Thesis, University of Tehran. (in Farsi)
5. 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.
6. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
7. Cheour, F., Willemot, C., Arul, J., Makhlouf, J. & Desjardins, Y., (1991). Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of $CaCl_2$. *HortScience*, 26, 1186-1188.
8. 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*, 76, 1-10.
9. El-Jendoubi, H., Vázquez, S., Calatayud, Á, Vavpetič, P., Vogel-Mikuš, K., Pelicon, P. & Morales, F. (2014). The effects of foliar fertilization with iron sulfate in chlorotic leaves are limited to the treated area. A study with peach trees (*Prunus persica* L. Batsch) grown in the field and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown in hydroponics. *Plant Science*, 5, 2-10.
10. Emami, M. & Dardipour, E. (2011). Evaluation the nutritional status of iron in peach. *6th national conference of new ideas in agriculture*. Khurasegan. Khurasegan Islamic Azad University. (In Farsi)
11. 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.
12. Kazemi, M., Hadavi, E. & Hekmati, J. (2011). Role of salicylic acid in decreases of membrane senescence in cut carnation flowers. *American Journal of Plant Physiology*, 6, 106-112.
13. Layne, D. R. & Bassi, D. (2008). *The peach: Botany*, Production and Uses. (Eds.). *CABI*. p 614.
14. Lu, X., Sun, D., Li, Y., Shi, W. & Sun, G. (2011). Pre- and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. *Scientia Horticulturae*, 130, 97-101.
15. Luo, Z. & Chen, C. (2011). Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2), 115-120.
16. McCollum, T. G. & McDonald, R. E. (1991). Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *Hort Science*, 26, 1191-1192.
17. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. Annual Review. *Plant Physiology and Molecular Biology*, 43, 439-463.

18. 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.
19. Romera, F. J., Alcantara, E. & De La Guardia, M. D. (1999). Ethylene production by Fe-deficient roots and its involvement in the regulation of Fe-deficiency stress responses by strategy I plants. *Annals of Botany*, 83(1), 51-55.
20. Sayyari, M. & Ghanbari, F. (2013). Effect of acetyl salicylic acid on quality and chilling resistance of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) at different storage temperatures. In *VII International Postharvest Symposium 1012* (pp. 559-568).
21. 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(3), 152-154.
22. Shafiee, M., Taghavi, T. S. & Babalar, M. (2010). Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 124(1), 40-45.
23. Soto-Zamora, G., Yahia, E.M., Brecht, J.K. & Gardea, A., (2005). Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *LWT*, 38, 657-663.
24. Srivastava, M. K. & Dwivedi, U. N. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158(1), 87-96.
25. Tareen, M. J., Abbasi, N. A. & Hafiz, I. A. (2012). Postharvest application of salicylic acid enhanced antioxidant enzyme activity and maintained quality of peach cv. 'Flordaking' fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, *142*, 221-228.
26. 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.
27. 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.