

تأثیر محلول‌پاشی پیش از برداشت سالیسیلیک اسید بر مقدار ترکیب‌های

آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت پس از برداشت میوه کیوی^۱

Effect of Preharvest Spraying of Salicylic Acid on Antioxidants Content and Maintaining Postharvest Quality Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward)

فرهاد پیرزاد* و سید حسین میردهقان^۲

چکیده

محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر سیستم آنتی‌اکسیدانی و کیفیت پس از برداشت میوه کیوی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در دو مرحله (۱۲۵ و ۱۴۵ روز پس از گلدهی) روی میوه‌ها محلول‌پاشی شد. میوه‌ها در زمان بلوغ تجاری برداشت و به مدت ۱۴ هفته در دمای 1 ± 5 درجه سلسیوس انبار شدند. ویژگی‌های مختلف میوه در زمان‌های صفر (قبل از شروع انبارمانی)، ۱۱ و ۱۴ هفته پس از برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. سالیسیلیک اسید سبب کاهش از دست‌دهی وزن و تأخیر در پراکسیداسیون لیپیدهای غشا شد. بیشترین مقدار سفتی بافت میوه مربوط به تیمار ۱/۵ میلی‌مولار و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد بود. افزون بر این، میوه‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری مقدار کلروفیل کل، شاخص L^* و b^* بیشتر و مقدار شاخص a^* ، pH و ماده‌های جامد محلول کل کمتری در مقایسه با شاهد داشتند. تیمار سالیسیلیک اسید سبب کاهش فعالیت میکروبی میوه‌ها در طی انبارمانی شد. همچنین، بیشترین مقدار فنول کل و آسکوربیک اسید مربوط به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار و بیشترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار ۱ میلی‌مولار بود که از این راه سالیسیلیک اسید موجب بهبود ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی شد.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، سفتی، فعالیت میکروبی، فنول کل، کیوی فروت، مالون‌دی‌آلدهید.

مقدمه

مصرف میوه کیوی به دلیل داشتن مقدار بالایی از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی مانند ویتامین C (اسکوربیک اسید)، فنول، فلاونوئید و کاروتنوئید دارای نقش مهمی در سلامت انسان می‌باشد (۸). امروزه میوه کیوی در ایران یکی از محصولات ارزشمند برای فروش در سطح بین‌المللی و صادرات می‌باشد. از جمله دشواری‌های اصلی میوه کیوی در طول نگهداری آن در سردخانه عارضه نرم‌شدگی و پوسیدگی آن توسط قارچ *Botrytis cinerea* می‌باشد. هر چند با نگهداری میوه‌ها درون سردخانه تا حد زیادی می‌توان سبب تأخیر در نرم‌شدگی و کاهش پوسیدگی شد، اما در هر صورت میوه‌ها طی دوره‌های انبارمانی با گذشت زمان، سفتی خود را از دست داده و نرم می‌شوند که نتیجه آن از دست رفتن کیفیت نهایی فرآورده و حساسیت به پوسیدگی می‌باشد (۷، ۲۷). با این حال می‌توانیم افزون بر نگهداری میوه‌های کیوی درون سردخانه، با اعمال تیمارهایی مانند سالیسیلیک اسید عارضه نرم‌شدگی و پوسیدگی را بیش‌تر به تأخیر بیاندازیم. در گزارشی میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید، سفتی بافت بیش‌تری در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده در طول انبارمانی داشتند (۲۷). بابالار و همکاران (۵) گزارش کردند تیمارهای قبل و پس از برداشت با سالیسیلیک اسید منجر به جلوگیری از پوسیدگی و سبب حفظ کیفیت

ظاهری میوه‌های توت‌فرنگی شد. محلول پاشی سالیسیلیک اسید در سه هفته قبل از برداشت موجب افزایش کیفیت و کاهش بیماری‌های قارچی میوه گلاس رقم مشهد شد (۱۱).

سالیسیلیک اسید سبب به تاخیر انداختن فرآیند رسیدن، بهبود کیفیت تغذیه‌ای و کنترل تغییرهای فیزیکی و شیمیایی در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود. افزون بر این، سالیسیلیک اسید موجود در میوه‌ها و سبزی‌ها به‌عنوان یک ماده طبیعی و غیر شیمیایی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی فراوان می‌باشد (۴).

تیمارهای سالیسیلیک اسید با غلظت‌های مختلف به‌صورت قبل و پس از برداشت به‌صورت تجاری برای افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت پس از برداشت محصول‌هایی از جمله موز (۲۳)، کیوی فروت (۲۷)، هلو (۲۴)، گلابی (۱۶)، آناناس (۱۸) و انار (۹، ۲) استفاده شده است. همچنین آریل‌های میوه انار تیمار شده با سالیسیلیک اسید مقدار فنول کل، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین کل، اسکوربیک‌اسید و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیلایز بالاتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند (۹). در پژوهشی، Lu و همکاران (۱۸) دریافتند تیمار قبل از برداشت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و تیمار ۰/۵ میلی‌مولار آن به‌صورت غوطه‌وری سبب حفظ کیفیت میوه‌های آناناس و افزایش مقاومت آن‌ها در برابر قهوه‌ای شدن داخلی شد. گیمینز و همکاران (۱۲) گزارش کردند که میوه‌های گلاس تیمار شده با سالیسیلیک اسید (غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) و استیل سالیسیلیک اسید (غلظت ۱ میلی‌مولار) به‌صورت قبل از برداشت، مقدار فنول کل، آنتوسیانین کل، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی آبدوست و آبگریز بالاتری نسبت به میوه‌های شاهد در زمان برداشت تجاری داشتند.

هدف از این پژوهش، بررسی اثر قبل از برداشت سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت شامل سفتی، مواد جامد محلول کل، کاهش وزن، pH، رنگ (شاخص‌های a^* و b^* ، کلروفیل کل، فعالیت میکروبی و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی شامل فنول کل، اسکوربیک‌اسید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های کیوی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محلول پاشی به‌صورت غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) روی تاک‌های ۶ ساله میوه کیوی رقم هایوارد (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) از یک باغ تجاری در منطقه بابل واقع در شمال ایران انجام شد. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل (فاکتور یک شامل تیمار سالیسیلیک اسید با چهار سطح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار و فاکتور دوم عبارت از زمان‌های مختلف اندازه‌گیری ویژگی‌ها با سه سطح زمان صفر (قبل از شروع انبارمانی)، ۱۱ و ۱۴ هفته پس از برداشت بودند) و بر پایه طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار طراحی شد. روش تربیت درختان به‌صورت تی-بار بالدار و فاصله کاشت ۴×۴/۵ متر بود. آبیاری به‌صورت قطره‌ای انجام می‌شد. این محلول پاشی در روزهای ۱۲۵ و ۱۴۵ روز پس از گلدهی روی کل تاک به‌ویژه روی میوه‌ها تا مرحله آب‌چک^۲ در صبح زود انجام گرفت و هر تاک به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. میوه‌ها در زمان بلوغ تجاری برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و در انبار در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵٪ به مدت ۱۴ هفته نگهداری شدند. اندازه‌گیری ویژگی‌ها در زمان‌های صفر (قبل از شروع انبارمانی)، ۱۱ و ۱۴ هفته پس از برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت.

کاهش وزن

برای ارزیابی کاهش وزن، میوه‌ها قبل از ورود به سردخانه و سپس در فواصل زمانی مشخص توزین شدند.

اندازه‌گیری اسکوربیک‌اسید، ماده‌های جامد محلول و pH

برای اندازه‌گیری ویتامین C از روش تیتراژ با محلول ۲ و ۶ دی‌کلروفنول‌ایندوفنول^۳ استفاده شد و نتیجه‌ها بر حسب میلی‌گرم در صد گرم وزن تر بیان شد. مقدار ماده‌های جامد محلول کل با قرار دادن چند قطره از آب میوه کیوی روی صفحه منشور دستگاه قندسنج دستی مدل PAL-1 ATAGO ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری و بر حسب درجه بریکس بیان شد. pH آب میوه به‌طور مستقیم توسط pH سنج (Germany inolab 720) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد.

سفتنی

حدود ۰/۵ سانتی متر از پوست ۴ میوه در هر تکرار جدا و توسط دستگاه سفتی سنج مدل (Lutron FG5020) با قطر پروب ۶ میلی متر و با نفوذ حدود ۲ میلی متر مقدار سفتی بافت گوشت اندازه گیری شد و بر حسب کیلوگرم نیرو نشان داده شد.

مالون دی آلدئید

اندازه گیری مقدار مالون دی آلدئید با استفاده از تیوباربیتوریک اسید (TBA)^۱ (با استفاده از روش Hodges و همکاران (۱۴) انجام شد. مقدار مالون دی آلدئید بر حسب نانومول بر گرم وزن تازه میوه ($\text{nmol g}^{-1} \text{FW}$) بیان شد.

شاخص مختلف رنگ

از قسمت های مختلف گوشت میوه به منظور محاسبه رنگ استفاده شد. برای این منظور رنگ ۴ قسمت مختلف از سطح ۵ میوه با استفاده دستگاه رنگ سنج مدل (Konica Minolta CR 400) در مرحله بعد از برداشت اندازه گیری شد. مقدار رنگ با استفاده از شاخص های L^* ، a^* و b^* بیان شد.

کلروفیل کل

مقدار کلروفیل بر اساس روش Arnon (۳) در طول موج های ۶۴۵ و ۶۶۳ اندازه گیری شد و بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تازه میوه بیان شد.

فعالیت آنتی اکسیدانی و فنول کل

ابتدا بافر فسفات با استفاده از K_2HPO_4 و KH_2PO_4 تهیه و pH آن روی ۷/۸ تنظیم شد. سپس ۵ گرم از میوه های کیوی با ۱۰ میلی لیتر بافر فسفات عصاره گیری و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. سپس از روشناور برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی و مقدار ترکیب های فنولی کل استفاده گردید (۲۲).

به منظور اندازه گیری ترکیب های فنولی از بافر فسفات، فولین به نسبت ۱:۱۰ و کربنات سدیم (۷/۵٪) استفاده شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (U-2000, Hitachi Instrument, Tokyo, Japan) مقدار جذب نور در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. در نهایت مقدار ترکیب های فنولی با استفاده از استاندارد گالیک اسید ۱ میلی مولار بر حسب میلی گرم معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان گردید (۲۲).

برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی از بافر گلايسن، ABTS^۲، پراکسید هیدروژن و پراکسیداز استفاده شد. مقدار شدت جذب نیز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۷۳۰ نانومتر خوانده شد. به منظور محاسبه فعالیت ضد اکسیدانی از استاندارد اسکوربیک اسید ۱ میلی مولار استفاده شد و در نهایت مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی بر مبنای میلی گرم معادل اسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان گردید (۲۲).

فعالیت میکروبی

پس از تهیه آگار و پپتون واتر با غلظت ۱٪ و اتوکلاو نمودن به همراه تمامی وسایل مورد نیاز، نمونه های ۱۰ گرمی از میوه در ۹۰ میلی لیتر پپتون واتر در شرایط استریل با استفاده از دستگاه stomacher (Interscience 400p) به مدت ۹۰ ثانیه هموژنیزه شدند و سپس زیر هود لامینار مقدار ۹ میلی لیتر پپتون واتر به هر لوله آزمایش اضافه شد. به منظور انجام سری رقیق سازی، مقدار ۱۰۰۰ میکرولیتر از مخلوط همگن به لوله آزمایش اول (حاوی ۹ میلی لیتر پپتون واتر) اضافه شد. مرحله رقیق سازی تا رقت منفی چهار انجام شد. در مرحله بعد، از هر لوله آزمایش ۱۰۰۰ میکرولیتر به پتری دیش های حاوی آگار استریل شده اضافه و به مدت ۴ روز (در شرایط نور فلورسنت با شدت ۴۰ وات و دمای ۲۴ درجه سلسیوس به مدت ۴ روز) تعداد کلنی ها شمارش گردید و مقدار فعالیت میکروبی به صورت لگاریتم تعداد کلنی های شمارش شده (Log_{10} تعداد کلنی های شمارش شده) در یک گرم وزن تازه میوه محاسبه شد (۲۲).

واکاوی آماری

واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SPSS نسخه ۱۶ و MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر مقدار سفتی بافت میوه، کاهش وزن، ماده‌های جامد محلول و pH

همان‌طور که نتیجه‌ها نشان می‌دهد (جدول ۱)، میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید سفتی بافت بیشتری در مقایسه با میوه‌های شاهد داشتند.

جدول ۱- اثر سالیسیلیک اسید بر مقدار اسکوربیک اسید، سفتی، کاهش وزن، ماده‌های جامد محلول و pH در میوه کیوی رقم هایوارد طی ۱۴ هفته انبارمانی در دمای 1.5 ± 1 °C درجه سلسیوس.

Table 1. Effect of salicylic acid on ascorbic acid, firmness, weight loss, total soluble solids and pH of kiwifruit cv. Hayward after 14 weeks storage at 1.5 ± 1 °C.

| سالیسیلیک اسید Salicylic acid (mM) | اسکوربیک اسید Ascorbic acid mg 100 ⁻¹ g (FW) | سفتی Firmness (Kgf) | کاهش وزن Weight loss (%) | ماده‌های جامد محلول Total soluble solids (Brix) | pH |
|--|--|---------------------------|--------------------------------|---|---------------|
| 0 | 44.56 ± 2.76 b | 2.52 ± 0.74 b | 10.85 ± 0.48 a | 12.76 ± 0.59 a | 3.33 ± 0.05 a |
| 0.5 | 55.83 ± 4.19 a | 2.63 ± 0.75 ab | 7.9 ± 0.5 c | 11.96 ± 0.69 ab | 3.26 ± ab |
| 1 | 51.53 ± 2.79 ab | 2.67 ± 0.77 ab | 9.44 ± 0.62 b | 11.61 ± 0.49 b | 3.22 ± bc |
| 1.5 | 47.33 ± 3.06 b | 2.88 ± 0.83 a | 9.19 ± 0.49 b | 11.67 ± 0.57 b | 3.16 ± 0.03 c |

Mean values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف‌های مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

سفتی بافت میوه یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین کیفیت انبارمانی میوه کیوی می‌باشد. اگر میوه‌های کیوی در زمان بلوغ فیزیولوژی برداشت و در شرایط بهینه انبار شوند می‌توانند به مدت ۴ تا ۶ ماه در داخل سردخانه نگهداری شوند (۷). سالیسیلیک اسید با جلوگیری از تولید اتیلن، فرآیند رسیدن میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد و با کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره یاخته‌ای، نرم شدن میوه را کاهش می‌دهد. سالیسیلیک اسید از فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتورناز، زایلاناز^۲ و سلولاز^۳ در موز جلوگیری کرد (۲۳). ثابت شده است کاربرد سالیسیلیک اسید موجب افزایش سازوکار مقاومت و تولید ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها شده و در نتیجه تمامیت غشای سیتوپلاسمی حفظ خواهد شد. تیمار سالیسیلیک اسید توانایی حفظ سفتی بافت میوه را در طی انبارمانی داشته که این عمل را با کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره یاخته‌ای و جلوگیری از تخریب غشا یاخته‌ای انجام می‌دهد. در آزمایشی نشان داده شد میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید، سفتی بافت بیشتری در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده در طول انبارمانی داشتند و اعلام کردند تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقدار سالیسیلیک اسید درونی در بافت میوه‌ها شد. سالیسیلیک اسید از تولید و زیست‌ساخت اتیلن جلوگیری می‌کند و این عمل را با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های شرکت کننده در مسیر زیست‌ساخت اتیلن که شامل ACC سنتاز^۴ و ACC اکسیداز^۵ هستند، انجام می‌دهد. از آنجا که اتیلن سبب نرم‌شدگی در میوه کیوی می‌شود، به نظر می‌رسد که تیمار سالیسیلیک اسید با جلوگیری از تولید اتیلن سبب به تأخیر انداختن فرآیند نرم‌شدگی می‌شود (۲۷).

Cellulase -۳

Xylanase -۲

Polygalacturonase -۱

1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase -۵

1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase -۴

کاربرد قبل از برداشت سالیسیلیک اسید به طور معنی داری کاهش وزن را در میوه‌های تیمار شده در مقایسه با میوه‌های شاهد کاهش داد (جدول ۱). کاهش وزن در میوه‌های کیوی انبار شده در سردخانه بیشتر در اثر تبخیر آب از سطح میوه و ظهور چروکیدگی در سطح آن نمایان می‌شود. کمترین کاهش وزن در میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید را می‌توان به استحکام غشا یاخته‌ای و تمامیت غشا و نفوذپذیری بافت‌ها نسبت داد. تیمار پس از برداشت سالیسیلیک اسید (۲ میلی‌مولار به مدت ۱۵ دقیقه) مقدار خسارت سرمازدگی در گل آنتوریوم را کاهش داد، که با کاهش در مقدار نشت یونی، میزان مالون‌دی‌آلدهید و فعالیت لیپوکسیژناز و سوپراکسید دیسموتاز همراه بود و سبب کاهش قهوه‌ای شدن اسپات و کاهش وزن شد (۲۱).

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید کمترین مقدار ماده‌های جامد محلول را داشتند (جدول ۱). در پژوهشی، Srivastava و Dwivedi (۲۳) گزارش کردند که تیمار سالیسیلیک اسید سبب کاهش فعالیت آنزیم اینورتاز و قندهای غیر احیاکننده شده و در نتیجه سبب تاخیر در شکستن نشاسته در میوه موز طی فرآیند رسیدن می‌شود.

کمترین مقدار pH مربوط به سطح ۱/۵ میلی‌مولار تیمار سالیسیلیک اسید و بیشترین مقدار pH مربوط به میوه‌های شاهد بود (جدول ۱). اسیدهای آلی به‌عنوان یک اندوخته انرژی میوه می‌باشند که در هنگام رسیدن با افزایش سوخت‌وساز مصرف می‌شوند. کاهش اسید میوه‌ها در طی مدت زمان نگهداری در انبار، منجر به افزایش pH آن‌ها می‌شود. کاربرد سالیسیلیک اسید تأثیر معنی داری بر میزان pH داشت که می‌توان گفت سالیسیلیک اسید با کاهش تنفس و کاهش سرعت فرآیندهای متابولیکی یاخته از کاهش اسیدهای آلی تا حدودی جلوگیری می‌کند که در بلند مدت باعث انباشت اسیدهای آلی و پایین بودن pH آب میوه می‌گردد (۱).

تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر مقدار مالون‌دی‌آلدهید، رنگ و کلروفیل میوه

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در طی انبارمانی انباشت مالون‌دی‌آلدهید به‌طور معنی داری در میوه‌های کیوی تیمار شده کمتر از میوه‌های شاهد است. فرآیند پراکسیداسیون لیپیدی می‌تواند با اکسیداسیون غیر آنزیمی، توسط گونه‌های فعال اکسیژن یا با اکسیداسیون آنزیمی اسیدهای چرب غیر اشباع توسط لیپوکسیژناز انجام شود. پراکسیداسیون لیپیدی که بیانگر مقدار تخریب غشا یاخته‌ای است می‌تواند از طریق تولید مالون‌دی‌آلدهید اندازه‌گیری شود. آخرین ترکیب تولید شده حاصل از پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشایی، مالون‌دی‌آلدهید می‌باشد، و مقدار این ترکیب به‌عنوان یک نشانه از تنش اکسیداتیو می‌باشد. این ترکیب مقدار خسارت و تخریب غشای یاخته‌ای را نشان می‌دهد (۱۴).

هیوانگ و همکاران (۱۵) دریافتند که تیمار سالیسیلیک اسید (غلظت ۲ میلی‌مولار به مدت ۲۰ دقیقه) مقدار انباشت هیدروژن پراکسید و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز را افزایش و سبب کاهش مالون‌دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه پرتقال ناول رقم کاراکارا در دماهای ۶ و ۲۰ درجه سلسیوس شد.

تیمار پس از برداشت سالیسیلیک اسید (۱ میلی‌مولار به مدت ۵ دقیقه) به‌طور معنی داری مقدار خسارت سرمازدگی و پوسیدگی را در میوه‌های هلو به تاخیر انداخت. کاهش مقدار خسارت سرمازدگی در میوه‌های هلو تیمار شده با سالیسیلیک اسید با کاهش در مقدار مالون‌دی‌آلدهید و حفظ مقدار سفتی بافت میوه همراه بود (۲۶).

نتیجه‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تیمار سالیسیلیک اسید به‌طور معنی داری سبب کاهش مقدار تولید مالون‌دی‌آلدهید در میوه‌های کیوی در طول انبارمانی شد. هم‌چنین به نظر می‌رسد که تیمار سالیسیلیک اسید می‌تواند سبب کاهش تنش اکسیداتیو در میوه‌های کیوی شده و از این راه منجر به حفظ تمامیت غشا شود. بنابراین، می‌توان گفت که سالیسیلیک اسید با افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی، سبب جلوگیری یا از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که در نتیجه آن منجر به کاهش تنش اکسیداتیو در طی رسیدن میوه خواهد شد و در نهایت با جلوگیری از اثرهای مضر گونه‌های فعال اکسیژن سبب حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها می‌شود.

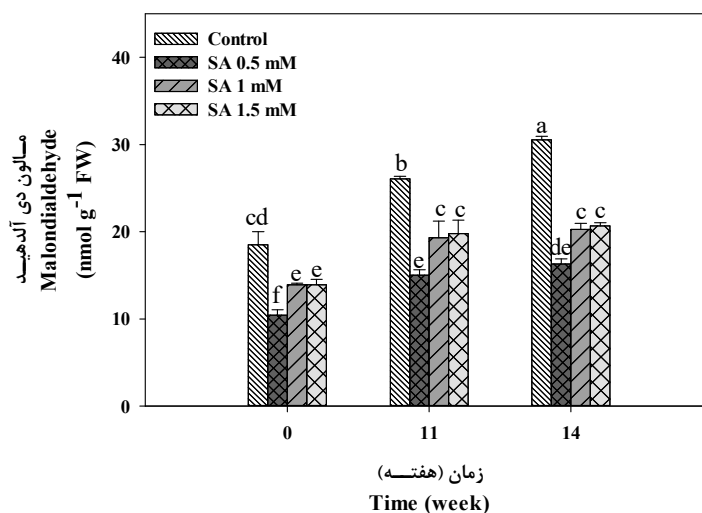


Fig 1. Effect of salicylic acid on malondialdehyde content of kiwifruit cv. Hayward after 14 weeks storage at 1.5 ± 1 °C. Mean values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

شکل ۱- اثر سالیسیلیک اسید بر مقدار مالون دی آلدیید میوه کیوی رقم هایوارد طی ۱۴ هفته انبارمانی در دمای 1 ± 1.5 درجه سلسیوس. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف‌های مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است مقدار کلروفیل کل در میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید بیشتر از میوه‌های شاهد بود. کاربرد قبل از برداشت سالیسیلیک اسید نشان داد میوه‌های کیوی تیمار شده مقدار بالاتری از شاخص L^* و b^* و مقدار کمتری از شاخص a^* را به خود اختصاص دادند. مقدار رنگ با استفاده از شاخص‌های L^* ، a^* و b^* بیان شد. شاخص L^* نشان دهنده مقدار درخشندگی (روشنایی) می‌باشد و مقدار آن از صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) متغیر است. دامنه تغییرهای شاخص a^* از $+60$ (قرمز) تا -60 (سبز) می‌باشد. مقدار رنگ سبز از -60 و مقدار رنگ قرمز از $+60$ به سمت مرکز دیگرام رنگ (صفر) کاهش می‌یابد. دامنه تغییرهای شاخص b^* از -60 (آبی) تا $+60$ (زرد) می‌باشد که مقدار رنگ آبی از -60 و رنگ زرد از $+60$ به سمت مرکز دیگرام رنگ (صفر) کاهش می‌یابد. مقدار کلروفیل به‌عنوان فاکتور اصلی رنگ سبز در میوه‌ها، سبزی‌ها و گل‌های سبز رنگ می‌باشد. از دست‌دهی رنگ سبز منجر به کاهش کیفیت و بازرسانی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود. اتیلن مهم‌ترین فاکتوری می‌باشد که نقش اصلی را در از دست‌دهی کلروفیل طی فرآیند پیری و رسیدن ایفا می‌کند. تنظیم تولید اتیلن سبب حفظ سطح رنگ محصول‌ها طی انبارمانی می‌شود.

جدول ۲- اثر سالیسیلیک اسید بر مقدار کلروفیل کل و شاخص‌های L^* ، a^* ، b^* در میوه کیوی رقم هایوارد طی ۱۴ هفته انبارمانی در دمای 1 ± 1.5 .

Table 2. Effect of salicylic acid on total chlorophyll content and L^* ، a^* ، b^* indexes of kiwifruit cv. Hayward after 14 weeks storage at 1.5 ± 1 °C.

| سالیسیلیک اسید Salicylic acid (mM) | کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW) | L^* | a^* | b^* |
|---------------------------------------|---|--------------------|---------------------|--------------------|
| 0 | 0.06 ± 0.007 c | 46.07 ± 2.18 b | -10.76 ± 1.6 a | 24.88 ± 2.48 b |
| 0.5 | 0.08 ± 0.004 b | 49.09 ± 2.21 a | -10.98 ± 1.57 b | 26.31 ± 2.46 a |
| 1 | 0.15 ± 0.006 a | 49.49 ± 2.49 a | -11.26 ± 1.55 b | 26.11 ± 2.55 a |
| 1.5 | 0.09 ± 0.006 b | 48.81 ± 2.6 a | -11.09 ± 1.61 b | 25.99 ± 2.6 a |

Mean values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف‌های مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

سالیسیلیک اسید به عنوان یک ترکیب جلوگیری کننده تولید اتیلن، می تواند سبب تأخیر در کاهش رنگ سبز میوه ها، سبزی ها و گل های سبز رنگ شود. در آزمایشی میوه های کیوی تیمار شده با غلظت های ۰/۵ و ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید به روش غوطه وری در طی زمان انبارمانی حاوی مقادیر بالاتری از کلروفیل نسبت به میوه های شاهد بودند (۶). در این آزمایش بالاترین مقدار کلروفیل مربوط به میوه های تیمار شده با سالیسیلیک اسید یک میلی مولار بود. سالیسیلیک اسید به احتمال به طور غیر مستقیم با کاهش در تولید اتیلن سبب کاهش در از بین رفتن کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز شده و یا به طور مستقیم باعث کاهش فعالیت آنزیم کلروفیلاز می شود. نتیجه های این پژوهش نشان داد که شاخص L^* سطح پوست میوه های شاهد کمتر از میوه های تیمار شده است و در نتیجه میوه های شاهد شفافیت کمتری داشتند. این موضوع به دلیل تنفس بیشتر میوه های شاهد است که منجر به کاهش وزن بیشتر در این میوه ها می شود (۲۴). به عبارت دیگر تیمار سالیسیلیک اسید با کاهش در از بین رفتن کلروفیل و از دست دهی وزن میوه ها سبب افزایش شاخص L^* در میوه های تیمار شده در طول انبارمانی شد. تیمار سالیسیلیک اسید منجر به افزایش شاخص L^* در میوه های هلو شد (۲۴). افزایش شاخص a^* که نشان دهنده مقدار کاهش رنگ سبز کیوی است را می توان به کاهش مقدار کلروفیل و افزایش رنگدانه کارتنوئید در میوه نسبت داد.

تأثیر سالیسیلیک اسید بر سیستم آنتی اکسیدانی

نتیجه های این پژوهش نشان داد که مقدار فنول کل در میوه های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید بیشتر از میوه های شاهد بود. بالاترین مقدار فنول کل مربوط به سطح ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید در مقایسه با شاهد بود در حالی که با غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی دار نداشت (شکل ۲).

فنول ها با کاهش لیپوپروتئین ها (نوعی چربی در بدن انسان) منجر به کاهش بیماری های قلبی در انسان می شوند. افزون بر این، فنول ها ترکیب های بسیار مهمی هستند که در کیفیت تغذیه ای میوه ها و سبزی ها مانند رنگ، گسی، تلخی و طعم نقش دارند. این ترکیب ها ویژگی های آنتی اکسیدانی فراوانی داشته و سبب از بین بردن گونه های فعال اکسیژن می شوند (۱۳). گزارش شده است مقدار فنول کل، آنتوسیانین ها و ویژگی آنتی اکسیدانی آبدوست و آبگریز میوه های انار تیمار شده با استیل سالیسیلیک اسید بیشتر از میوه های شاهد بود (۱). هم چنین Valero و همکاران (۲۵) گزارش کردند تیمارهای پس از برداشت سالیسیلیک اسید و استیل سالیسیلیک اسید سبب حفظ مقدار آنتوسیانین کل، فنول کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در میوه های گیلان در طی انبارمانی شد.

در پژوهشی، Perez- Balibrea و همکاران (۲۰) گزارش کردند مقدار فنول کل در کلم های بروکلی، به طور معنی داری توسط تیمار سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرد. آن ها پیشنهاد کردند که سالیسیلیک اسید سبب افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاز شده که یک آنزیم مهم در متابولیسم فنیل پروپانوئید است و آنزیمی است که می تواند سبب فعال شدن ژن های بیان کننده زیست ساخت فنول ها شود. در این پژوهش به نظر می رسد افزایش مقدار بالای فنول کل در میوه های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید مربوط به افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاز باشد. بنابراین، می توان گفت که سالیسیلیک اسید می تواند یک روش کاربردی برای حفظ مقدار فنول کل در میوه هایی مانند کیوی باشد.

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است تیمار ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید به طور معنی داری سبب افزایش مقدار اسکوربیک اسید در میوه های کیوی شد. به طوری که بیشترین مقدار اسکوربیک اسید (۵۵/۸۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) متعلق به تیمار ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و کمترین مقدار آن (۴۴/۵۶) مربوط به تیمار شاهد بود.

در پژوهشی، Kumar و همکاران (۱۷) گزارش کردند تیمار سالیسیلیک اسید روی میوه لیچی سبب افزایش مقدار اسکوربیک اسید شد. نتیجه های این پژوهش با توجه به افزایش مقدار اسکوربیک اسید در میوه های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید با نتیجه های Perez- Balibrea و همکاران (۲۰) که اعلام کردند تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقدار اسکوربیک اسید در جوانه های کلم بروکلی شد، مطابقت دارد. آن ها اعلام کردند مقدار بالای اسکوربیک اسید در جوانه های کلم بروکلی تیمار شده با سالیسیلیک اسید می تواند در ارتباط با فعال کردن غیرمستقیم زیست ساخت اسکوربیک اسید توسط کربوهیدرات هایی مانند ساکارز و گلوکز باشد (۲۰). تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقدار اسکوربیک اسید در قسمت

گوشت پرتقال ناول رقم کارا کارا شد و میوه‌های شاهد مقدار اسکوربیک اسید کمتری داشتند (۱۵). گزارش شده است مقدار کاهش اسکوربیک اسید در میوه‌های انار تیمار شده با سالیسیلیک اسید در طی ۹۰ روز انبارمانی کمتر از میوه‌های شاهد بود (۲). بنابراین، سالیسیلیک اسید با حفظ مقدار اسکوربیک اسید سبب بهبود ویژگی آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های کیوی می‌شود.

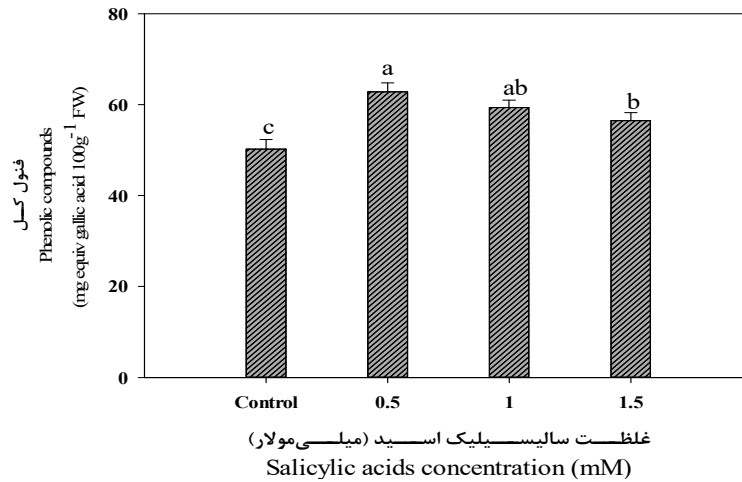


Fig 2. Effect of salicylic acid on phenolics compound of kiwifruit cv. Hayward after 14 weeks storage at 1.5 ± 1 °C for. Mean values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$). شکل ۲- اثر سالیسیلیک اسید بر مقدار فنول کل میوه کیوی رقم هایوارد طی ۱۴ هفته انبارمانی در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سلسیوس. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف‌های مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند (شکل ۳) که بیانگر این مطلب است سالیسیلیک اسید سبب افزایش ویژگی آنتی‌اکسیدانی در میوه کیوی می‌شود. افزون بر این، میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به میوه‌های کیوی تیمار شده با سطح ۱/۵ میلی‌مولار داشته است که به نظر می‌رسد تیمار ۱ میلی‌مولار برای افزایش ویژگی آنتی‌اکسیدانی میوه‌های کیوی مناسب‌تر باشد. نتیجه‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سالیسیلیک اسید سبب افزایش مقدار فنول کل و مقادیر اسکوربیک اسید در میوه کیوی شد. هم‌چنین به نظر می‌رسد که این تیمار سبب تحریک خاصیت آنتی‌اکسیدانی در میوه کیوی می‌شود. در پژوهشی، Dokhanieh و همکاران (۹) گزارش کردند تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در آریل‌های میوه انار شد. افزون بر این، این تیمار منجر به افزایش معنی‌دار در مقدار فنول کل، آنتوسیانین کل و مقدار اسکوربیک اسید شد و بالاترین فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیا لیاز مربوط به آریل‌های تیمار شده بود. به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید می‌تواند یک روش کاربردی برای افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی در آریل‌های میوه انار رقم ملس یزد باشد که این عمل را با افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیا لیاز و تحریک مسیرهای فنیل پروپانوئید- فلاونوئیدها انجام می‌دهد (۹).

تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر مقدار فعالیت میکروبی

محلول‌پاشی قبل از برداشت سالیسیلیک اسید نشان داد که سطح‌های ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری کمترین مقدار فعالیت میکروبی را نسبت به میوه‌های شاهد داشتند (شکل ۴).

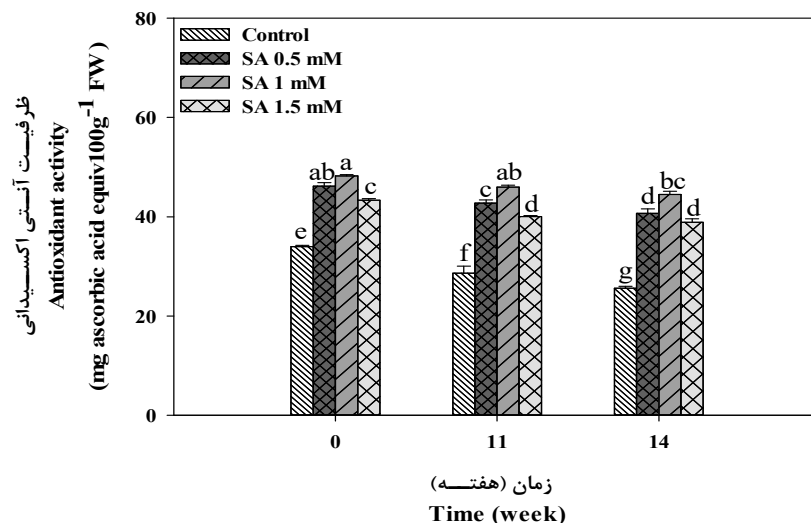


Fig 3. Effect of salicylic acid on antioxidant activity of kiwifruit cv. Hayward at 1.5±1 °C for 14 weeks storage. Mean values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

شکل ۳- اثر سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی رقم هایوارد طی ۱۴ هفته انبارمانی در دمای ۱±۱/۵ درجه سلسیوس سردخانه. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف‌های مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

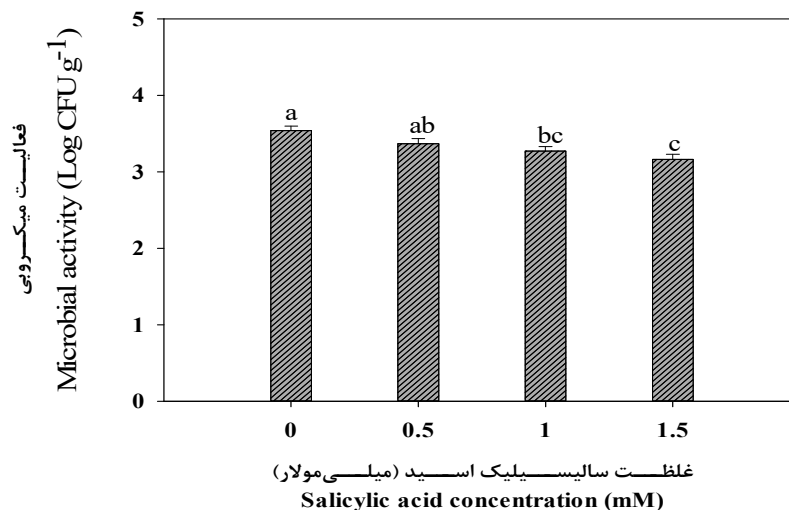


Fig 4. Effect of salicylic acid on microbial activity of kiwifruit cv. Hayward after 14 weeks storage at 1.5±1 °C for 14 weeks storage. Mean values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

شکل ۴- اثر سالیسیلیک اسید بر مقدار فعالیت میکروبی میوه کیوی رقم هایوارد طی ۱۴ هفته انبارمانی در دمای ۱±۱/۵ درجه سلسیوس. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف‌های مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

گزارش شده است سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول پیام‌رسان در پاسخ به حمله‌های بیماری‌زها عمل می‌کند. این ترکیب سبب کاهش پوسیدگی در دامنه وسیعی از میوه‌ها می‌شود. برای مثال (۱۹)، تیمار میوه‌های سیب با سالیسیلیک اسید به روش غوطه‌وری با افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش تولید اتیلن و تأخیر در فرآیند رسیدن میوه، منجر به کاهش پوسیدگی و افزایش ماندگاری میوه‌های سیب در انبار شد. هم‌چنین تیمار سالیسیلیک اسید پوسیدگی ناشی از قارچ بوتریتیس سینه‌را، تولید اتیلن و فرآیند رسیدن در گوجه فرنگی را به تأخیر انداخت (۲۶). این موضوع در مورد میوه‌های کیوی نیز مشاهده شده است (۱۰). در پژوهشی، Gholami و همکاران (۱۱) اعلام کردند تیمار غوطه‌وری سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۲، ۳ و ۵ میلی‌مولار قبل از انبارمانی در افزایش مقاومت به پوسیدگی قارچی میوه‌های گیلاس طی انبارمانی موثر بوده است. تیمار سالیسیلیک اسید سبب جلوگیری از بیماری و پوسیدگی ناشی از قارچ *Botrytis cinerea* در میوه‌های گوجه‌فرنگی در هر دو مرحله سبز بالغ و مرحله شکستن رنگ شد. بنابراین به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید به عنوان یک عامل ضد قارچی در میوه‌ها عمل کرده و میزان مقاومت میوه‌های تیمار شده در برابر عوامل مختلف بیماری‌ها، به مقدار سطح سالیسیلیک اسید درونی آن‌ها وابسته است (۲۶).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش محلول‌پاشی پیش از برداشت سالیسیلیک اسید سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل و اسکوربیک‌اسید شد. هم‌چنین، سالیسیلیک اسید سبب کاهش از دست‌دهی وزن و تأخیر در پراکسیداسیون لیپیدی غشای سیتوپلاسمی شد که با اندازه‌گیری مقدار مالون‌دی‌آلدهید ارزیابی شد. افزون بر این، ویژگی‌های کیفی میوه طی انبارمانی نیز بهبود یافت. میوه‌های کیوی تیمار شده با سالیسیلیک اسید مقدار سفتی بافت میوه و کلروفیل کل بیشتر و ماده‌های جامد محلول کل و pH کمتری در مقایسه با میوه‌های شاهد داشتند. هم‌چنین سالیسیلیک اسید از طریق کاهش فعالیت میکروبی سبب تأخیر در پوسیدگی میوه‌های کیوی در طول انبارمانی شد. بهترین غلظت و زمان پیشنهاد شده برای محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید به ترتیب غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و زمان ۴۰ روز قبل از برداشت میوه‌ها می‌باشد. در مجموع، به نظر می‌رسد محلول‌پاشی قبل از برداشت سالیسیلیک‌اسید روش مناسب و کاربردی برای حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها بوده و از طریق افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی در محصولات، سبب تضمین بیشتر سلامت مصرف‌کننده خواهد شد.

References

منابع

۱. پیرزاد، ف. ۱۳۹۶. تأثیر تیمارهای قبل و پس از برداشت آرژنین و متیل جاسمونات بر سرمازدگی پس از برداشت و کیفیت تغذیه‌ای میوه انار رقم ملس ساوه. پایان‌نامه دکتری باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، ۱۴۹ صفحه.
۲. سیاری، م. ۱۳۸۸. اثر عوامل شیمیایی و غیر شیمیایی بر مقاومت سرمازدگی و اسکالدا انار در انبار. پایان‌نامه دکتری باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، ۱۱۸ صفحه.
3. Arnon, D.I. 1994. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24: 1-15.
4. Asghari, M. and M.S. Aghdam. 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends Food Sci. Technol.* 21: 502-509.
5. Babalar, M., M. Asghari, A. Talaei, and A. Khosroshahi. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chem.* 105: 449-453.
6. Bal, E. S. and Celik. 2010. The effects of postharvest treatments of salicylic acid and potassium permanganate on the storage of kiwifruit. *Bulg. J. Agr. Sci.* 16: 576-584.
7. Bonghi, C., S. Pagni, R. Vidrih, A. Ramina, and P. Tonuti. 1996. Cell wall hydrolases and amylase in kiwifruit softening. *Postharvest Biol. Technol.* 9: 19-29.

8. Cassano, A., A. Figoli, A. Tagarelli, G. Sindona, and E. Drioli. 2006. Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwifruit juice. *Desalination*, 189: 21–30.
9. Dokhanieh, A.Y., M.S. Aghdam, and M.A.A. Sarcheshmeh. 2016. Impact of postharvest hot salicylic acid treatment on aril browning and nutritional quality in fresh-cut pomegranate. *Hort. Environ. Biotechnol.* 57: 378-384.
10. Fatemi, H., S. Mohammadi, and M.H. Aminifard. 2013. Effect of postharvest salicylic acid treatment on fungal decay and some postharvest quality factors of kiwi fruit. *Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz*, 46: 1338–1345.
11. Gholami M., A. Sedighi, A. Ershadi, and H. Sarikhani. 2010. Effect of pre- and postharvest treatments of salicylic and gibberellic acid on ripening and some physicochemical properties of 'Mashhad' sweet cherry (*Prunus avium* L.) Fruit. *Acta Hort.* 884: 257-264.
12. Gimenez, M.J., J.M. Valverde, D. Valero, F. Guillen, D. Martinez-Romero, M. Serrano, and S. Castillo. 2014. Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chem.* 160: 226-232.
13. Hassanpour, H., Y. Hamidoghli, J. Hajilo, and M. Adlipour. 2011. Antioxidant capacity and phytochemical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes in Iran. *Sci. Hort.* 129: 459–463.
14. Hodges, D.M., J.M. DeLong, C.F. Forney, and R.K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207. 604-611.
15. Huang, R.H., J.H. Liu, Y.M. Lu, and R.X. Xia. 2008. Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of 'Cara cara' navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures. *Postharvest Biol. Technol.* 47: 168-175.
16. Imran, H., Y. Zhang, G. Du, G. Wang, and J. Zhang. 2007. Effect of salicylic acid on delaying fruit senescence of Huang Kum pear. *Front Agr. China*, 1: 456-459.
17. Kumar, D., D. Mishra, B. Chakraborty, and P. Kumar, 2011. Pericarp browning and quality management of litchi fruit by antioxidants and salicylic acid during ambient storage. *J. Food Sci. Technol.* 50: 797-802.
18. Lu, X., D. Sun, Y. Li, W. Shi, and G. Sun. 2011. Pre- and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. *Sci. Hort.* 130: 97-101.
19. Mo, Y., D. Gong, G. Liang, R. Han, J. Xie, and W. Li. 2008. Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during post-harvest storage. *J. Sci. Food Agr.* 88: 2693-2699.
20. Perez-Balibrea, S., D.A. Moreno, and C. Garcia-Viguera. 2011. Improving the phytochemical composition of broccoli sprouts by elicitation. *Food Chem.* 129: 35-44.
21. Promyou, S., S. Ketsa, and W.G. van Doorn. 2012. Salicylic acid alleviates chilling injury in anthurium (*Anthurium andraeanum* L.) flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 64: 104-110.
22. Serrano, M., F. Guillen, D. Martinez-Romero, S. Castillo, and D. Valero, 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stage. *Food Chem.* 53: 2741–2745.
23. Srivastava, M.K. and U.N. Dwivedi. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Sci.* 158:87-96.
24. Tareen, M.J., N.A. Abbasi, and I.A. Hafiz. 2012. Postharvest application of salicylic acid enhanced antioxidant enzyme activity and maintained quality of peach cv. 'Flordaking' fruit during storage. *Sci. Hort.* 142: 221-228.
25. Valero, D., H.M. Diaz-Mula, P.J. Zapata, S. Castillo, F. Guillen, D. Martinez-Romero, and M. Serrano, 2011. Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and

- enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *J. Agr. Food Chem.* 59:5483-5489.
26. Wang, Y., B. Li, G. Qin, L. Li, and S. Tian, 2011. Defense response of tomato fruit at different maturity stages to salicylic acid and ethephon. *Sci. Hort.* 129: 183-188.
27. Zhang, Y., K.S. Chen, Q.J. Chen, S.L. Zhang, and Y.P. Ren. 2003. Effects of acetylsalicylic acid (ASA) and ethylene treatments on ripening and softening of postharvest kiwifruit. *Acta Bot. Sin.* 45:1447-1452.

Effect of Preharvest Spray Salicylic Acid on Antioxidant Compound and Maintaining Postharvest Quality of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward)

F. Pirzad* and S. H. Mirdehghan¹

Different concentration of salicylic acid (SA) foliar spraying on antioxidant system and postharvest quality attributes of kiwifruit were investigated. For this purpose, Hayward cultivar was used and SA treatment, at 0 (control), 0.5, 1 and 1.5 mM, were applied on fruits at two times (125 and 145 days after flowering). Fruits were harvested at commercial maturity and stored at $1.5\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $90\pm 5\%$ relative humidity for 14 weeks. SA treatment reduced weight loss and delayed membrane lipid peroxidation. Different characteristics of the fruit were evaluated at 0 (before storage), 11 and 14 weeks after harvesting. The highest firmness of fruit tissue was related to 1.5 mM SA and its lowest was related to the control. In addition, kiwifruit treated with SA has higher significantly total chlorophyll content, L^* , and b^* values and lower a^* value, pH and total soluble solids (TSS) than the control. SA treatment reduced the microbial activity ($\log \text{CFU g}^{-1}$) of kiwifruit during storage. Also, the higher amount of total phenol, ascorbic acid was related to 0.5 mmol SA and the higher amount of antioxidant capacity was related to 1 mmol SA, in which SA improved the antioxidant compounds of kiwifruit.

Keywords: Storage, Firmness Microbial activity, Phenolics compound, Kiwifruit, Malondialdehyde.

1. Former M. Sc. Student and Professor, Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran, respectively.

*Corresponding author, Email: (pirzad_farhad@ut.ac.ir).