نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۷۴-۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 1, Spring 2018, P. 61-74
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفیت میوه تازه زرشک بی‌دانه

فرید مرادی نژاد[1*]- سارا حسن پور[2]- محمد حسن سیاری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

چکیده

زرشک بی دانه با نام علمی *Berberis vulgaris* L. var. Asperma یکی از مهمترین محصولات باغی و دارویی خراسان جنوبی است. میوه تازه زرشک دارای آب فراوان و پوستی نازک در مرحله رسیدگی بوده و از اینرو حساس به ترکیدگی و فساد در طی مراحل مختلف برداشت، انبارداری و فرآوری می‌باشد. از اینرو آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در زمان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند، در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارها شامل محلول پاشی پیش از برداشت با اسید سالیسیلیک (۱ و ۳ میلی‌مولار)، کلریدکلسیم (۱ و ۲ درصد) و آب مقطر (شاهد) بود. ارزیابی‌های مختلف در زمان برداشت و در ۳۰، ۶۰ و۹۰ روز پس از نگهداری در انبار سرد با دمای ۰/۵±۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۸۵ درصد انجام شد. نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار باعث افزایش وزن تر، حجم، pH، مواد جامد محلول، اسیدآسکوربیک و اسیدیته قابل تیتر میوه زرشک بی‌دانه نسبت به سایر تیمارها شد. همچنین تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار باعث کاهش نشت یونی میوه زرشک شد که می‌توان از آن به عنوان یک تیمار مناسب برای کاهش آسیب سرمایی استفاده کرد. تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد نیز بیشترین تاثیر را بر کاهش افت وزن نسبت به سایر تیمارها داشت. تیمارهای شیمیایی کلرید کلسیم ۲ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار بیشترین تاثیر را در بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه زرشک بی‌دانه داشتند. بطورکلی محلول پاشی قبل از برداشت زرشک بی‌دانه با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم موجب بهبود کیفیت و کاهش ضایعات در طی دوره انبارمانی میوه تازه شد.

واژه‌های کلیدی: اسید آسکوربیک، پس از برداشت، دوره انبارمانی، کاهش ضایعات

مقدمه

زرشک بی دانه (*Berberis vulgaris* L. var. asperma) بطور وسیعی در خراسان جنوبی کشت و کار می‌شود به طوری که بیش از ۹۵ درصد تولید این محصول در دنیا در این منطقه می‌باشد و از اینرو تولید آن نقش مهمی در ایجاد اشتغال و امرار معاش مردم منطقه دارد (۱۹). عمدتا بصورت افزودنی، خشک و همچنین فرآورده هایی نظیر آبمیوه، شربت و مربا استفاده می‌شود. میوه زرشک علاوه بر آلکالوئیدهای مختلفی مانند بربرین حاوی خواص آنتی اکسیدانی، ضد باکتریایی و ضد تومور می‌باشد، خواص آنتی اکسیدانی بالا، ویتامین‌ها و اسیدهای آلی این میوه موجب شده که در درمان بیماریهای مختلف انسان موثر باشد (۱۵).

تیره زرشک حدود ۶۵۰ گونه و ۱۵ جنس دارد و بومی آسیا، اروپا، افریقای شمالی و آمریکا می‌باشد (۲) و در ایران فقط نوع بی دانه آن محصول باغی محسوب شده و کشت می‌شود. طی دهه‌های اخیر توسعه کشت درختچه زرشک به دلیل گستره مقاومت در برابر شرایط نامناسب آب و خاک، اهمیت زیادی پیدا کرده است. با وجود این، به دلیل کمبود آب و تنش‌های محیطی مختلف ناشی از آن در مناطق خشک مانند خشکی و شوری و در نتیجه تنش کمبود عناصر غذایی (۱۷) کاهش رشد، عملکرد و کیفیت محصول در این شرایط وجود دارد. علاوه بر آن، افت کیفیت در ریز میوه‌های فاسد شدنی و آبداری نظیر زرشک بی دانه به دلایل مختلفی مانند روش برداشت سنتی، دسترسی محدود به سوله‌های مناسب جهت نگهداری و خشک کردن محصول قابل توجه است. به دلیل ارزش تغذیه ای و خواص آنتی اکسیدانی بیشتر در میوه‌های تازه نسبت به محصول فرآوری شده و همچنین تقاضای روزافزون برای مصرف محصولات تازه باغی، ارایه روش‌های نوین در جهت افزایش عملکرد، بهبود کیفیت، کاهش

۱ و ۲- دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران
*- (نویسنده مسئول: Email: fmoradinezhad@birjand.ac.ir)
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i1.60331

ضایعات و افزایش ماندگاری میوه تازه در این محصول ارزشمند ضروری بنظر می‌رسد.

تغذیه گیاه از طریق محلول پاشی یک روش معمول برای جبران نارسایی‌های تغذیه‌ای گیاهان محسوب می‌شود که می‌تواند در کیفیت محصول و قابلیت انباری آن تاثیر قابل توجهی داشته باشد (۴۰). ارتقاء کیفیت محصول از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا اولین معیار برای خرید یک محصول کیفیت و ظاهر آن است. استفاده از روش هایی برای جایگزینی سموم شیمیایی که بتواند موجب افزایش مقاومت محصول به عوامل فساد و شرایط جابجایی و نگهداری پس از برداشت شوند نیز بسیار مهم هستند. یکی از این موارد اثبات شده استفاده از نمکهای کلسیمی است. کاربرد محلول پاشی قبل و غوطه وری پس از برداشت نمکهای کلسیمی در بهبود کیفیت، افزایش ماندگاری و کاهش بیماریهای قارچی در میوه‌های مختلف معتدله و گرمسیری گزارش شده است (۶، ۱۳ و ۳۱). کلسیم عنصر مهمی است که نقش کلیدی در ساختار دیواره سلولی و غشای سلولی و رشد و توسعه و کیفیت عمومی میوه‌ها دارد (۱۳). بعلاوه، تغذیه برگی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد میوه‌ها و سبزی‌ها به خصوص در مورد کلسیم ایفا می‌کند زیرا جذب کلسیم با سایر عناصر متفاوت است و در مقادیر بسیار کم وارد گوشت میوه می‌شود (۳۸). محلول پاشی کلسیم قبل از برداشت، به صورت تجاری به منظور ارائه یک منبع تامین مواد غذایی قبل از ظهور علائم کمبود استفاده می‌شود، به دلیل اینکه جذب کلسیم از خاک و اندام هوایی محدودیت دارد (۱۲). وضعیت تغذیه‌ای قبل از برداشت میوه‌ها به ویژه از نظر کلسیم یکی از فاکتورهای مهم در انبارمانی میوه است (۱۱). ساده‌ترین روش برای به حداکثر رساندن سطح کلسیم میوه‌ها تغذیه برگی است (۱۴). مدارکی وجود دارد که نشان می‌دهد با محلول پاشی برگی کلسیم مقدار این عنصر در داخل میوه افزایش یافته است اگرچه مقدار آن به طور معمول کم است (۲۸).

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی در گیاه می‌باشد که در گیاهان به مقدار وسیعی وجود دارد و به عنوان تنظیم کننده رشد عمل می‌کند که فرآیندهای رشد و نموی گیاه را کنترل می‌کند (۳۴). اسید سالیسیلیک کیفیت انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها را بهبود می‌بخشد (۴۵). از طرفی به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی می‌تواند از بیوسنتز و تولید اتیلن جلوگیری کرده و باعث حفظ سفتی بافت در میوه می‌شود (۱). نقش حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر آسیب سرمایی در گوجه فرنگی (۴۱) و انار (۲۶ و ۲۷) نیز گزارش شده است.

بررسی منابع نشان می‌دهد که کاربرد محلول پاشی پیش از برداشت اسید سالیسیلیک و نمک‌های کلسیم بر حفظ کیفیت، ارزش غذایی و افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه‌های تازه روشی بسیار مؤثر است. اما اطلاعاتی در خصوص اثر تیمارهای پیش از برداشت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر کیفیت، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عمر انباری میوه تازه زرشک وجود ندارد. از این رو هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی تاثیر محلول پاشی با کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و انبارمانی زرشک تازه بی‌دانه و در طی دوره انبار سرد می‌باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در طی تابستان و پاییز سال ۱۳۹۳ در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. به منظور تعیین مشخصات خاک محل آزمایش، نمونه گیری هایی از عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی متری خاک صورت گرفت. نتایج آنالیز خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- آنالیز خاک محل آزمایش

Table 1- Soil analysis of experiment site

بافت Texture	مواد آلی Organic matter (%)	pH	Ec (dS/m-1)	آهک Lime (%)	Na (meq/L)	Calcium and Magnasium (meq/L)
Loam	0.4 ± 0.03	7.8 ± 0.4	16.7 ± 1.1	10 ± 0.8	105 ± 4.5	62 ± 2.4

تیمارهای آزمایش

ابتدا تعداد ۱۵ درخت ۲۵ ساله که از نظر میزان باردهی تقریبا مشابه بودند انتخاب و برچسب گذاری در سه ردیف (بلوک) انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش در این طرح عبارت بودند از محلول پاشی با اسید سالیسیلیک (در غلظت‌های ۱ و ۳ میلی مولار)، کلرید کلسیم (در غلظت‌های ۱ و ۲ درصد) و آب مقطر که به عنوان شاهد استفاده شد. محلول پاشی با مواد ذکر شده، در دو زمان ۳۰ روز (مقدار مواد جامد محلول برابر ۱۳/۵) و ۱۵ روز قبل از برداشت (مقدار مواد جامد محلول ۱۵ درصد) و در یک شرایط هوای آرام قبل از غروب آفتاب انجام شد. برداشت میوه در ۱۳ آبان ۱۳۹۳ با شاخه انجام شد و میوه‌ها پس از جدا شدن از شاخه و جدا کردن مواد زائد به صورت خوشه‌ای (هر خوشه دارای میانگین تعداد ۲۰ میوه) داخل سبدهای یک کیلویی بسته بندی شده و بعد از انجام اندازه گیری‌های اولیه در زمان برداشت، بقیه محصول به سردخانه میوه (رطوبت نسبی ۵ ± ۸۵ درصد و دمای ۰/۵± ۴ درجه سانتیگراد) منتقل شدند. ارزیابی صفات مختلف با نمونه گیری در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از نگهداری در انبار

سرد انجام شد.

صفات مورد ارزیابی

برای اندازه‌گیری میانگین وزن تر حبه از ترازوی دیجیتالی (KB120-3N, Germany) با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد، در هر تکرار از هر تیمار ۱۰۰ حبه مورد آزمایش قرار گرفت. برای محاسبه میانگین حجم حبه ابتدا ۱۰۰ عدد میوه از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب شد. درون استوانه مدرج تا حجم مشخصی آب کرده و سپس زرشک‌ها درون آن ریخته شد و در نهایت تغییرات حجم آب یادداشت گردید. میانگین مربوط به حجم ۱۰۰ حبه میوه به عنوان حجم میوه در نظر گرفته شد. حجم آب میوه نیز برای تعداد ۱۰۰ حبه میوه پس از آبگیری اندازه گیری شد.

pH عصاره با استفاده از pH متر دیجیتال (827 pH lab, Metrohm Ltd., Switzerland) تعیین شد. ارزیابی مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر دستی (Extech, RF10, 0-32 °Brix, USA) تعیین و بر حسب درجه بریکس بیان شد. برای اندازه گیری اسیدیته قابل تیتر آب میوه رقیق شده، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالئین به عنوان شناساگر استفاده شد و بر حسب درصد بیان شد. مقدار اسید آسکوربیک توسط روش تیتراسیون ۲و۶- دی کلروفنل ایندوفنول اندازه‌گیری گردید و بر حسب میلی گرم در صد گرم آب میوه بیان شد.

جهت اندازه گیری مقدار افت وزن، ابتدا وزن دقیق هر نمونه تعیین شد و در انتهای هر دوره انباری دوباره وزن نمونه‌ها مشخص گردید، سپس با تفاضل وزن اولیه از ثانویه و تقسیم بر وزن اولیه افت وزن محاسبه گردید (۳۶). برای اندازه گیری نشت یونی در میوه ها، ابتدا تعداد ۱۰ عدد میوه را جدا کرده و سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. سپس داخل یک ارلن ۲۰ میلی لیتر مانیتول ۰/۴ مولار ریخته و به مدت چهار ساعت توسط شیکر همزده شد و پس از آن هدایت الکتریکی اولیه توسط EC متر اندازه گیری شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه داخل اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد و بعد از سرد شدن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، هدایت الکتریکی ثانویه ثبت گردید (۳۷).

در نهایت نمونه‌های برگ و میوه در زمان برداشت تهیه شد و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس آسیاب و پودر شده و در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۴ ساعت سوزانده شد. سپس با اسید پرکلریک هضم و محلول آماده شده با افزودن آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید. از محلول آماده شده برای تعیین کلسیم نمونه‌ها به روش تیتراسیون با اتیلن دی آمین ترا استیک اسید (EDTA) استفاده شد (۴۷).

در مجموع ۱۵ درخت به عنوان واحدهای آزمایشی طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار به صورت کاملاً تصادفی مورد آزمایش قرار گرفت. این آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۵ تیمار در چهار زمان انجام شد. تجزیه داده‌ها توسط برنامه آماری GenStat (نسخه ۱۲) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD حفاظت‌شده (FLSD) در دو سطح ۱ و ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده تیمارهای محلول پاشی قبل از برداشت با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و اثر ساده دوره انبارمانی و همچنین اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی در تمامی صفات فیزیکی، شیمیایی و کیفی ارزیابی شده معنی‌دار شده است (جداول ۲، ۳ و۴).

وزن تر میوه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دوره انبارمانی تاثیر معنی داری بر مقدار میانگین وزن تر ۱۰۰ حبه داشت و در طی دوره انبارمانی از مقدار آن کاسته شد به طوری که بیشترین مقدار آن در زمان برداشت و کمترین مقدار در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت (شکل ۱). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر مقدار وزن تر میوه‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود به طوری که بیشترین مقدار در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار در زمان برداشت و کمترین مقدار در تیمارهای شاهد، کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار در ۹۰ روز پس از انبارمانی ثبت شد (جدول ۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اسید سالیسیلیک به دلیل افزایش نفوذ پذیری غشا، میزان جذب و مصرف مواد معدنی را افزایش می‌دهد و در نتیجه باعث افزایش وزن میوه می‌شود (۱۸). بیشترین میزان وزن تر میوه در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار بدست آمد. این نتایج با یافته‌هایی که در تیمار درختان آلو گزارش شده مطابقت دارد (۴۳).

حجم میوه و آب میوه

بیشترین میانگین حجم ۱۰۰ حبه در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کمترین مقدار حجم در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۱ درصد حاصل شده است (شکل ۱). همچنین دوره انبارمانی در میزان حجم میوه اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۲)، به طوری که بیشترین مقدار در زمان برداشت و کمترین در ۹۰ روز پس از انبارمانی بدست آمد (شکل ۱). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر میزان حجم میوه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین مقدار در اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، شاهد و کلرید کلسیم ۱ درصد در زمان برداشت مشاهده شد. کمترین مقدار در تیمار کلرید

کلسیم ۱ درصد، شاهد، اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت. اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر میزان حجم آب میوه در سطح ۱ درصد نیز معنی‌دار شد (جدول ۲)، بیشترین مقدار در اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و در زمان برداشت و کمترین مقدار در تیمارهای شاهد، کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار در ۹۰ روز پس از انبارمانی ثبت شد. محققان بیان کردند که اسید سالیسیلیک با افزایش تقسیم و رشد سلول‌ها سبب افزایش عملکرد می‌شود (۱۶). این رشد را می‌توان به دلیل اثر اسید سالیسیلیک بر فعالیت هورمون‌ها دانست که با تغییر تعادل هورمون‌های اکسین، سیتوکنین و اسید آبسزیک سبب افزایش رشد و عملکرد می‌شود (۴۲).

pH

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم اثر معنی داری در سطح یک درصد بر مقدار pH داشته است (جدول ۳) به طوری که بیشترین میزان pH در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کمترین مقدار آن در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد وجود داشت (شکل ۲). مطالعات مشابه قبلی بیان کرده اند که افزایش pH در طی دوره انبارمانی ممکن است به دلیل شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس باشد، نتایج مشابه با آزمایش حاضر در این خصوص در توت فرنگی (۵۰) نیز گزارش شده است. از طرفی افزایش pH ممکن است به علت تغییر در مقدار اسیدهای آلی در طول دوره نگهدری باشد ولی این افزایش در میوه‌ها بسته به نوع آن متفاوت می‌باشد، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تاثیر بر pH را دارند (۳۰). در مشاهدات ما نیز مقدار pH با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک کاهش یافت. نتایج مشابه ای در محلول پاشی درختان هلو با اسید سالیسیلیک نیز بدست آمده است (۳۵).

جدول ۲- تاثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و دوره انباری بر خصوصیات فیزیکی میوه تازه زرشک بی دانه نگهداری شده در دمای ۰/۵±۴ درجه سانتی گراد

Table 2- Effect of salicylic acid and calcium chloride spray and storage duration on physical attributes of fresh seedless Barberry fruit stored at 4±0.5°C

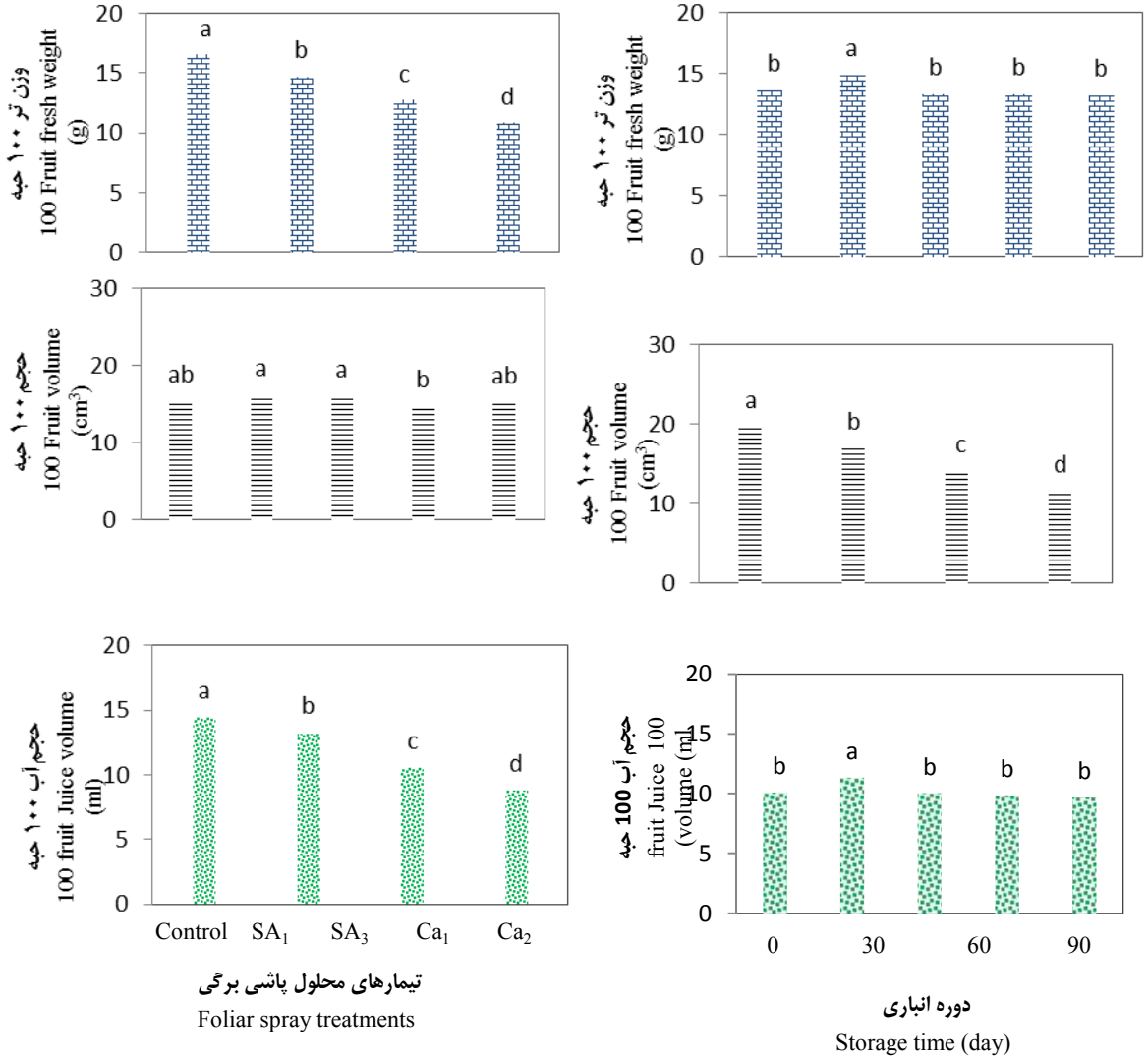
پارامتر Parameter	تیمارها Treatments	دوره انباری Storage duration (days)[x]				سطح معنی داری Significance level[y]		
		0	30	60	90	A	B	A×B
وزن تر ۱۰۰ حبه Fresh weight of 100 berries (g)	Control	17.16^{b}	14.83^{d}	12.47^{f}	10.13^{j}	**	**	**
	SA 1mM	18.43^{a}	16.05^{c}	13.67^{e}	11.29^{hi}			
	SA 3mM	16.06^{c}	14.23^{de}	12.39^{fg}	10.55^{ij}			
	$CaCl_2$ 1%	16.43^{bc}	14.34^{de}	12.27^{fg}	10.38^{j}			
	$CaCl_2$ 2%	14.70^{d}	13.69^{e}	12.69^{f}	11.69^{gh}			
حجم ۱۰۰ حبه Volume of 100 berries (cm^3)	Control	19.67^{a}	16.83^{cd}	14.00^{g}	11.17^{i}	*	**	*
	SA 1mM	21.00^{a}	17.83^{bc}	14.67^{efg}	11.50^{hi}			
	SA 3mM	20.67^{a}	17.58^{cd}	14.50^{fg}	11.42^{hi}			
	$CaCl_2$ 1%	19.33^{ab}	16.25^{cde}	13.25^{g}	10.37^{i}			
	$CaCl_2$ 2%	17.33^{cd}	15.92^{def}	14.50^{fg}	13.08^{gh}			
حجم عصاره ۱۰۰ حبه Juice volume of 100 berries (ml)	Control	13.36^{b}	11.33^{d}	9.17^{f}	7.14^{j}	**	**	*
	SA 1mM	14.69^{a}	12.55^{c}	10.47^{e}	8.21^{hi}			
	SA 3mM	12.24^{c}	10.89^{de}	9.42^{fg}	8.02^{ij}			
	$CaCl_2$ 1%	13.27^{bc}	11.40^{de}	9.83^{fg}	7.74^{j}			
	$CaCl_2$ 2%	11.61^{d}	11.12^{e}	10.18^{f}	9.55^{gh}			

[x] Different letters across chemicals treatments and storage durations for each fruit attribute shows significant according to Fisher's Protected LSD test. NS = not significant at ($p< 0.05$); * and **, significant at $p< 0.05$ and $p< 0.01$, respectively. Day 0, at harvest; SA, salicylic acid.

[y] Simple and interaction effects between major factors (treatments = A; durations = B).

[x] حروف متفاوت در تیمارها و دوره‌های انباری در هر خصوصیت میوه، معنی داری بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی دار محافظت شده است. NS = عدم معنی داری، * و** بترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد. Day 0 = در زمان برداشت، SA = سالیسیلیک اسید.

[y] اثرات ساده و متقابل بین عوامل اصلی (A = تیمارها، B = دوره‌های انباری).



شکل ۱- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگی (چپ) و دوره انبارداری (راست) بر خصوصیات فیزیکی میوه تازه زرشک بی دانه. (SA_1: اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA_3: اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، Ca_1: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca_2: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 1- Simple effects of foliar spray treatments (left) and storage time (right) on physical attributes of fresh seedless Barberry fruit. (SA_1, Salicylic acid 1mM; SA_3, Salicylic acid 2mM; Ca_1, Calcium chloride 1%; and Ca_2, Calcium chloride 2%)

مواد جامد محلول

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر تیمارهای محلول پاشی بر مواد جامد محلول در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۳). در مقایسه با شاهد کمترین مقدار در تیمار کلرید کلسیم ۱ درصد دیده می‌شود (شکل ۲). اثر دوره انبارمانی نیز بر مقدار مواد جامد محلول در سطح ۱ درصد معنی‌داری شد (جدول ۳)، به طوری که بیشترین مقدار مواد جامد محلول در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین مقدار در زمان برداشت ثبت شد (شکل ۲). اثر متقابل دوره انبارمانی × تیمار بر مقدار مواد جامد محلول در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). بیشترین مقادیر در تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، شاهد، کلرید کلسیم ۲ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار در ۹۰ روز پس از انبارمانی مشاهده شد. کمترین مقدار در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۱ درصد، اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار و کلرید کلسیم ۲ درصد در زمان برداشت وجود داشت.

معمولا افزایش مواد جامد محلول در طول مدت نگهداری در نتیجه کاهش آب میوه و تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده اتفاق

می‌افتد (۳۳). در میوه‌های برداشت شده اسید سالیسیلیک عامل کاهش تنفس و تولید اتیلن بوده که نتیجه آن کاهش مصرف قندها و حفظ مواد جامد محلول می‌باشد (۶). که این می‌تواند دلیل کاهش مقدار مواد جامد محلول با افزایش غلظت تیمار اسید سالیسیلیک باشد. نتایج مشابه ای در گوجه فرنگی (۲۱) و کیوی فروت (۳) نیز مشاهده شده است. کاهش در مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم شاید به دلیل کاهش سرعت تنفس و متابولیسم در بافت میوه و تاخیر در فرآیند رسیدگی باشد (۳۰). گزارش شده که در طی دوره انباری مقدار مواد جامد محلول افزایش می‌یابد که این افزایش به طور مشخصی توسط تیمار کلرید کلسیم کاهش یافته است (۶). این یافته‌ها می‌تواند دلیل کاهش مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های زرشک تیمار شده با کلرید کلسیم یک درصد باشد که با نتایج گزارش شده در اثر کلرید کلسیم در گوجه فرنگی همخوانی دارد (۳۰).

اسیدیته قابل تیتر

بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسیدیته قابل تیتر آب میوه زرشک بی‌دانه داشته است (جدول ۳)، به طوری که بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و ۳ میلی‌مولار و کمترین در تیمار کلرید کلسیم ۱ درصد بود (شکل ۲). همچنین دوره انبارمانی اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسیدیته قابل تیتر داشته است (جدول ۳)، بیشترین درصد اسیدیته قابل تیتر در زمان برداشت و کمترین در ۹۰ روز پس از انبارمانی میوه زرشک بی‌دانه است. اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی در سطح ۱ درصد بر اسیدیته قابل تیتر میوه معنی‌دار شده است (جدول ۳)، بیشترین مقدار آن در تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار در زمان برداشت و کمترین در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت.

جدول ۳- تاثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و دوره انباری بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه تازه زرشک بی دانه نگهداری شده در دمای ۰/۵±۴ درجه سانتی گراد

Table 3- Effect of salicylic acid and calcium chloride spray and storage duration on biochemical attributes of fresh seedless Barberry fruit stored at 4±0.5°C

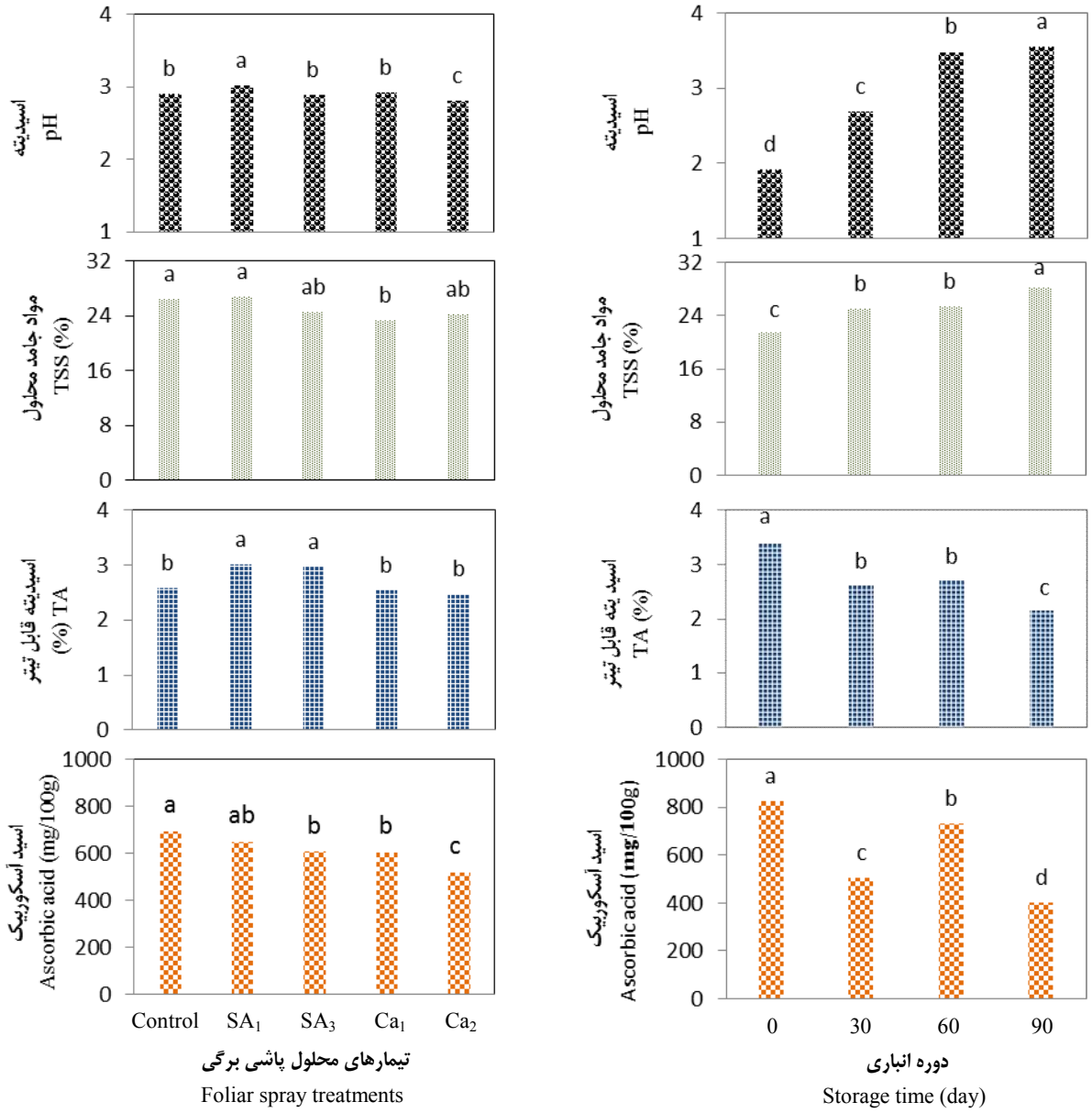
پارامتر Parameter	تیمارها Treatments	دوره انباری Storage duration (days)[x]				سطح معنی داری Significance level[y]		
		0	30	60	90	A	B	A×B
اسیدیته	Control	1.97^{h}	2.72^{e}	3.46^{c}	3.50^{abc}	**	**	**
pH	SA 1mM	2.18^{g}	2.84^{d}	3.50^{abc}	3.57^{ab}			
	SA 3mM	1.81^{i}	2.66^{ef}	3.50^{abc}	3.59^{a}			
	$CaCl_2$ 1%	1.94^{h}	2.68^{e}	3.48^{bc}	3.57^{ab}			
	$CaCl_2$ 2%	1.71^{j}	2.58^{f}	3.48^{bc}	3.51^{abc}			
مواد جامد محلول	Control	23.33^{e}	27.13^{ab}	26.00^{bcd}	29.33^{a}	**	**	**
TSS	SA 1mM	25.53^{bcde}	27.23^{ab}	26.83^{abc}	27.50^{ab}			
(°Brix)	SA 3mM	19.50^{f}	24.33^{cde}	25.27^{bcde}	29.37^{a}			
	$CaCl_2$ 1%	19.33^{f}	23.87^{de}	24.25^{def}	26.15^{bcd}			
	$CaCl_2$ 2%	19.67^{f}	23.00^{e}	25.01^{bcde}	29.10^{a}			
اسیدیته قابل تیتر	Control	3.12^{bc}	2.45^{de}	2.73^{cd}	2.01^{e}	**	**	**
TA	SA 1mM	3.46^{b}	3.12^{bc}	2.73^{cd}	2.70^{cd}			
(%)	SA 3mM	4.35^{a}	2.45^{de}	2.74^{cd}	2.35^{de}			
	$CaCl_2$ 1%	2.34^{de}	2.34^{de}	2.73^{cd}	2.46^{de}			
	$CaCl_2$ 2%	3.68^{b}	2.68^{cd}	2.56^{de}	1.23^{f}			
آسکوربیک اسید	Control	950.7^{a}	504.0^{ghi}	918.7^{ab}	413.3^{ij}	**	**	**
Ascorbic acid	SA 1mM	868.0^{abc}	488.0^{hij}	760.0^{cde}	488.0^{hij}			
(mg/100g)	SA 3mM	785.3^{bcd}	612.0^{fgh}	661.3^{def}	372.0^{j}			
	$CaCl_2$ 1%	909.3^{ab}	454.7^{ij}	682.0^{def}	372.0^{j}			
	$CaCl_2$ 2%	620.0^{fg}	467.3^{ij}	637.3^{ef}	364.0^{j}			

[x] Different letters across chemicals treatments and storage durations for each fruit attribute shows significant according to Fisher's Protected L.S.D. test. NS = not significant at ($p< 0.05$); * and **, significant at $p< 0.05$ and $p< 0.01$, respectively. Day 0, at harvest; SA, salicylic acid; TSS, total soluble solids; TA, titratable acidity.

[y] Simple and interaction effects between major factors (treatments = A; durations = B).

[x] حروف متفاوت در تیمارها و دوره انباری در هر خصوصیت میوه، معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار محافظت شده است. NS = عدم معنی‌داری، * و** بترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد. Day 0 = در زمان برداشت، SA = سالیسیلیک اسید. TSS = مواد جامد محلول، TA = اسیدیته قابل تیتر.

y اثرات ساده و متقابل بین عوامل اصلی (A = تیمارها، B = دوره‌های انباری).



شکل ۲- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگی (چپ) و دوره انبارداری (راست) بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه تازه زرشک بی دانه. (SA_1: اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA_3: اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، Ca_1: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca_2: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 2- Simple effects of foliar spray treatments (left) and storage time (right) on biochemical attributes of fresh seedless Barberry fruit. (SA_1, Salicylic acid 1mM; SA_3, Salicylic acid 2mM; Ca_1, Calcium chloride 1%; and Ca_2, Calcium chloride 2%)

اسیدیته قابل تیتر به طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسیدهای آلی غالب میوه می‌باشد که یک پارامتر مهم در نگهداری کیفیت میوه‌ها است از آنجا که اسید آلی به عنوان سوبسترا برای واکنش‌های آنزیمی تنفس به کار می‌رود طی دوره پس از برداشت اسیدیته میوه کاهش یابد (۸). همچنین گزارش شده است که استفاده از اسیدسالیسیلیک میزان تنفس میوه را کاهش می‌دهد و از این طریق مصرف اسیدهای آلی را به تاخیر می‌اندازد. کاهش اسیدیته به علت تغییرات بیوشیمیایی ترکیبات آلی میوه در طی فرآیند تنفس بسیار محتمل است (۳۴). بطور مشابه در میوه‌های مختلف تیمار شده با اسید سالیسیلیک از قبیل توت فرنگی (۴) و گوجه فرنگی (۲۰) میزان اسیدیته قابل تیتر با افزایش دوره انبارداری افزایش یافت، که با مشاهدات ما همخوانی دارد.

اسید آسکوربیک

محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسید آسکوربیک داشت (جدول ۳) و باعث کاهش مقدار اسید آسکوربیک شد، به طوری که بیشترین میزان اسید آسکوربیک در میوه‌های شاهد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار وجود داشت، اما کلرید کلسیم در مقایسه با اسید سالیسیلیک منجر به کاهش بیشتر اسید آسکوربیک در میوه‌ها شد و کمترین مقدار آن در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد مشاهده شد (شکل ۲). دوره انبارمانی اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر مقدار اسید آسکوربیک داشت و با گذشت زمان از مقدار اسید آسکوربیک کاسته شد به طوری که بیشترین میزان اسید آسکوربیک در زمان برداشت و کمترین در ۹۰ روز پس از انبارمانی بدست آمد (شکل ۲). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر مقدار اسید آسکوربیک میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد، بیشترین مقادیر در شاهد، کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار در زمان برداشت، و میوه‌های شاهد در ۶۰ روز پس از انبارمانی مشاهده شد و کمترین مقدار در کلرید کلسیم ۲ درصد در ۹۰ روز پس از انبارمانی وجود داشت. (جدول ۳). اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، اکسیداسیون سریع اسید آسکوربیک را به تاخیر می‌اندازد و در نتیجه باعث حفظ اسید آسکوربیک در میوه می‌شود (۴۸). همچنین مطالعات مشابه نشان داد که اسید سالیسیلیک از سرعت کاهش مقدار اسید آسکوربیک در میوه آناناس جلوگیری می‌کند (۲۵). در مشاهدات ما نیز مقدار اسید آسکوربیک در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به میوه-های شاهد کاهش نشان داد. در طول دوره نگهداری میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی اکسیدان‌های مهم می‌باشد، کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین به عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (۴۸). این یافته‌ها احتمالا می‌تواند دلیل مشاهدات ما نیز باشد. بطورکلی افزایش در مقدار اسید آسکوربیک در طی انبارمانی نشان می‌دهد میوه در مرحله رسیدگی است اما در مراحل بعدی کاهش مقدار اسید آسکوربیک بیانگر ورود به مرحله پیری است (۱۰). به‌طور مشابه در آزمایشی در خصوص انبارداری میوه پرتقال مشخص شد که میزان ویتامین ث در ابتدای دوره انبارداری کمتر بوده و سپس افزایش یافته و درنهایت روند کاهشی داشته است (۲۹)، نتایج آزمایش حاضر مشابه با این گزارش می‌باشد، علت دقیقی برای آن مشخص نیست. اگرچه این افزایش در میزان اسید آسکوربیک احتمالا می‌تواند به واسطه افزایش اسیدهای آلی میوه حاصل شده باشد.

جدول ٤- تاثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم و دوره انباری بر افت وزن و نشت یونی میوه تازه زرشک بی دانه نگهداری شده در دمای ٤±٠/٥ درجه سانتی گراد

Table 4– Effect of salicylic acid and calcium chloride spray and storage duration on weight loss and electrolyte leakage of fresh seedless Barberry fruit stored at 4±0.5°C

پارامتر Parameter	تیمارها Treatments	دوره انباری Storage duration (days)[x]				سطح معنی داری Significance level[y]		
		0	30	60	90	A	B	A×B
افت وزن	Control	-	13.60^{e}	26.25^{cd}	40.88^{a}	**	**	**
Weight loss	SA 1mM	-	14.19^{e}	28.38^{bc}	42.57^{a}			
(%)	SA 3mM	-	10.68^{ef}	21.12^{d}	31.52^{bc}			
	$CaCl_2$ 1%	-	12.96^{e}	21.46^{d}	31.73^{bc}			
	$CaCl_2$ 2%	-	6.70^{f}	13.29^{e}	21.10^{d}			
نشت یونی	Control	19.08^{l}	26.27^{h}	51.35^{e}	58.67^{b}	**	**	**
EL	SA 1mM	20.31^{k}	30.86^{g}	49.63^{f}	60.07^{a}			
(%)	SA 3mM	17.76^{m}	19.43^{l}	50.69^{e}	55.55^{c}			
	$CaCl_2$ 1%	22.38^{j}	24.48^{j}	49.33^{f}	52.68^{d}			
	$CaCl_2$ 2%	17.62^{m}	23.13^{j}	49.74^{f}	58.62^{b}			

[x] Different letters across chemicals treatments and storage durations for each fruit attribute shows significant according to Fisher's Protected L.S.D. test. NS = not significant at ($p< 0.05$); * and **, significant at $p< 0.05$ and $p< 0.01$, respectively. Day 0, at harvest; SA, salicylic acid; EL, electrolyte leakage.

[y] Simple and interaction effects between major factors (treatments = A; durations = B).

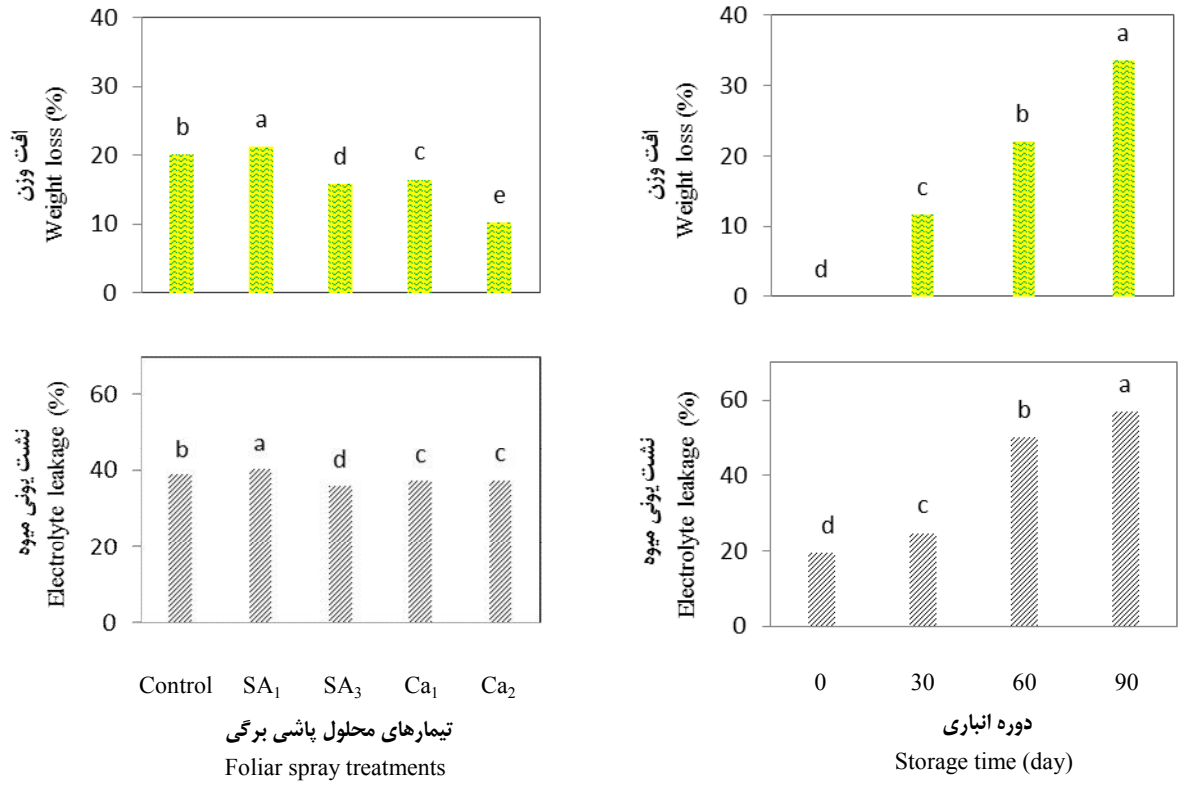
[x] حروف متفاوت در تیمارها و دوره انباری در هر خصوصیت میوه نشان داده معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار محافظت شده است. NS = عدم معنی داری، * و** بترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد. Day 0 = در زمان برداشت، SA = سالیسیلیک اسید. EL = نشت یونی.

[y] اثرات ساده و متقابل بین عوامل اصلی (A = تیمارها، B = دوره‌های انباری).

درصد افت وزن

مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که اثر محلول پاشی بر درصد کاهش وزن در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴) به طوری که بیشترین درصد کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کمترین در کلرید کلسیم ۲ درصد حاصل شد (شکل ۳). اثر متقابل تیمار × دوره انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شده است و بیشترین مقدار در اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و شاهد در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین در تمام تیمارها در زمان برداشت وجود داشت (جدول ۴).

روند افزایشی در درصد افت وزن در طی دوره انباری در تمام تیمارهای آزمایش مشاهده شد. گزارش‌های پیشین نشان می‌دهد که مهمترین عامل افزایش درصد کاهش وزن میوه‌ها در طی انبارمانی افزایش تبخیر و تعرق از سطح میوه می‌باشد (۲۴). علت پایین بودن درصد کاهش وزن در میوه هایی که با کلرید کلسیم تیمار شده اند می‌تواند به دلیل حفظ سفتی میوه و استحکام بافت مربوط باشد که عمدتا از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول از بین برنده ساختار سلولی است که تبادلات گازی را کاهش می‌دهد (۲۴)، که این می‌تواند دلیل کاهش در میزان افت وزن در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد باشد. نتایج مشابه‌ای در میوه آلو تیمار شده با کلسیم کلراید (۴۳) گزارش شده است. بیان شده که اسید سالیسیلیک با بستن روزنه‌ها و کاهش سرعت فرایندهای متابولیکی و کاهش تنفس باعث کاهش درصد افت وزن میوه‌ها می‌شود (۴۹). این نتایج در میوه هلو (۳۵) نیز گزارش شده است. این یافته‌ها با نتایج ما نیز مطابقت دارد.



شکل ۳- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگی (چپ) و دوره انبارداری (راست) بر افت وزن و نشت یونی میوه تازه زرشک بی دانه. (SA_1: اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA_3: اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، Ca_1: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca_2: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 3- Simple effects of foliar spray treatments (left) and storage time (right) on weight loss and electrolyte leakage of fresh seedless Barberry fruit. (SA_1, Salicylic acid 1mM; SA_3, Salicylic acid 2mM; Ca_1, Calcium chloride 1%; and Ca_2, Calcium chloride 2%)

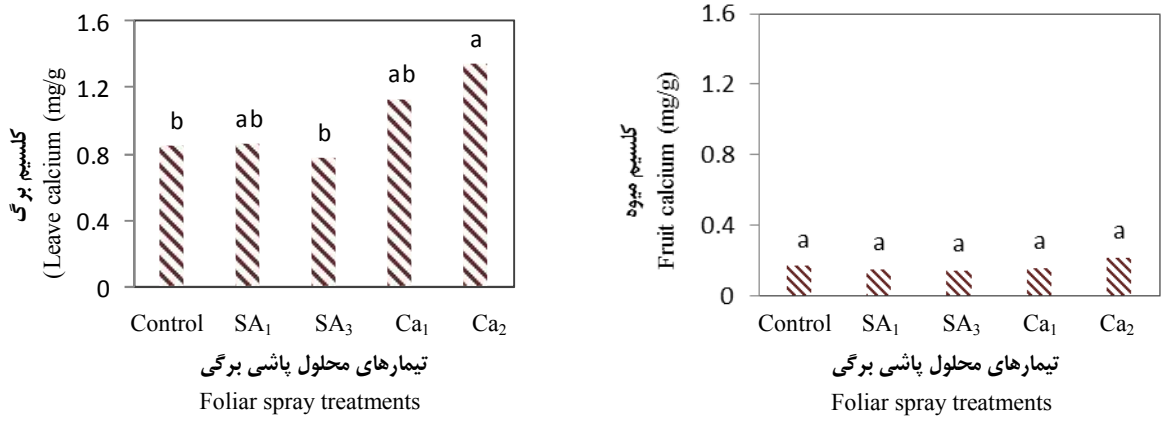
نشت یونی میوه

اثر تیمارهای محلول پاشی بر درصد نشت یونی میوه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). اسید سالیسیلیک در غلظت کمتر باعث افزایش میزان نشت یونی میوه شده است به طوری که بیشترین مقدار نشت یونی میوه در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار مشاهده شد، اما با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از مقدار نشت یونی میوه به طور

معنی‌داری کاسته شد و کمترین مقدار در تیمار اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار مشاهده شد (شکل ۳). همچنین تیمار کلرید کلسیم باعث کاهش مقدار نشت یونی میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه شاهد شد اما بین غلظت‌های متفاوت کلرید کلسیم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. دوره انبارمانی تفاوت معنی‌داری در درصد نشت یونی در میوه تازه داشت به طوری که بیشترین میزان نشت یونی در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین در زمان برداشت ثبت شد. اثر متقابل دوره انبارمانی × تیمار در مقدار نشت یونی در میوه تازه معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین مقدار در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار در زمان برداشت وجود داشت. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که اثر اسید سالیسیلیک در کاهش خسارت سرمازدگی میوه‌ها در طول دوره انباری به علت توانایی آن در کاهش تجمع پروتئین‌های شوک حرارتی (۹) و تقویت سیستم آنتی اکسیدانی (۴۸) مؤثر می‌باشد. در تحقیق حاضر با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک درصد نشت یونی نسبت به شاهد کاهش قابل توجهی داشت که با تیمار اسید سالیسیلیک در میوه‌های انار (۳۹) و توت فرنگی (۲۱) نیز مطابقت دارد. همچنین محققان اظهار داشتند که در نمونه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم نشت یونی کمتر و در نتیجه درصد خسارت سرمایی نسبت به شاهد کمتر بوده است. در بسیاری از مشاهدات مشخص شده که کلسیم می‌تواند استحکام غشای پلاسمایی را تقویت کند و به دنبال آن خسارت سرمایی را کاهش دهد (۵). نتایج مشابه در خصوص کاربرد محلول پاشی کلرید کلسیم در انار (۳۲) و آووکادو (۵) گزارش شده که با نتایج آزمایش ما نیز مطابقت دارد، به طوری که میوه‌های تیمار شده با کلسیم کلرید ۲ درصد کمترین میزان نشت یونی را داشتند.

کلسیم برگ و میوه

اثر محلول پاشی قبل از برداشت بر درصد کلسیم برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (شکل ۴) به طوری که بیشترین مقدار کلسیم در برگ میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد مشاهده شد که با مقدار کلسیم در کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین مقدار کلسیم در برگ تیمار شاهد و اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار ثبت شد. اثر تیمارهای محلول پاشی قبل از برداشت بر درصد کلسیم میوه معنی‌دار نبود، اگرچه افزایش در میزان کلسیم میوه در تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد نسبت به شاهد وجود داشت.



شکل ٤- اثرات ساده تیمارهای محلول پاشی برگی بر مقدار کلسیم برگ (چپ) و میوه (راست) زرشک بی دانه در زمان برداشت. (SA_1: اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA_3: اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار، Ca_1: کلرید کلسیم ۱ درصد و Ca_2: کلرید کلسیم ۲ درصد)

Figure 4- Simple effects of foliar spray treatments on calcium content of leave (left) and fruit (right) of seedless Barberry at harvest time. (SA_1, Salicylic acid 1mM; SA_3, Salicylic acid 2mM; Ca_1, Calcium chloride 1%; and Ca_2, Calcium chloride 2%)

پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که غلظت عناصر در بافت برگ و میوه به نیاز گیاه بستگی دارد اما غلظت عناصر غیر متحرکی (مانند کلسیم و منیزیم) در برگ نسبت به میوه بسیار بیشتر است (۲۳). نتایج آزمایش حاضر نیز وجود چنین تفاوتی را در میزان کلسیم برگ و میوه تایید می‌کند. با افزایش غلظت کلرید کلسیم در محلول پاشی مقدار کلسیم در بافت گیاه نیز افزایش یافت که با محلول پاشی کلرید کلسیم در انار (۳۳) هم مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است که مقدار کلسیم با محلول پاشی کلرید کلسیم یک درصد در توت فرنگی افزایش معنی‌داری در میزان کلسیم برگ گیاه نشان داده است، اما مقدار افزایش کلسیم در میوه از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده

است (۴۴). حرکت کلسیم در گیاهان با جریان تعرق همراه است و کلسیم به نقاطی می‌رود که میزان تعرق بیشتر است، از آنجایی که در میوه تعرق کمتری وجود دارد جریان شیره خام حاوی کلسیم نیز به طرف میوه کاهش پیدا می‌کند (۲۳). انتقال کند کلسیم به اندام‌های کم تعرق دلیل اصلی کاهش تجمع کلسیم در میوه‌ها تلقی می‌شود این اثر ممکن است به علت محدود بودن ظرفیت گیاه برای تنظیم توزیع داخلی کلسیم باشد (۴۶). نتایج مشابهی در مقدار کلسیم میوه سیب (۲۲) وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی

محلول پاشی قبل از برداشت اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم می‌تواند عامل مهمی در حفظ کیفیت فیزیکی و شیمیایی میوه زرشک بی‌دانه در طی دوره نگهداری در انبار سرد باشد. زیرا محلول پاشی اثر معنی‌داری بر مقدار وزن تر، حجم، افت وزن، نشت یونی، pH، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتر و اسید آسکوربیک میوه‌های تیمار شده داشت. حداقل مقدار افت وزن در نمونه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۲ درصد ثبت گردید که این تیمار می‌تواند یک عامل مناسب برای حفظ کمیت میوه در طول انبارمانی باشد. این آزمایش نشان داد که اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار به طور چشمگیری مقدار نشت یونی میوه را نسبت به سایر تیمارها کاهش داد که می‌توان بعنوان یک عامل مناسب برای مقابله با سرمازدگی تلقی کرد. نتایج آنالیز برگ و میوه نیز نشان داد که محلول پاشی موجب افزایش میزان کلسیم شد اگرچه بنظر می‌رسد افزایش در تعداد دفعات و انجام زودتر محلول پاشی در طی تابستان می‌تواند اثرات سودمند بیشتری در کیفیت میوه‌های تازه زرشک و همچنین در طی دوره انبار سرد داشته باشد.

منابع

1- Aghdam M., Mostofi Y., Motallebiazar A., Ghasemnezhad M., and Moghaddam J. F. 2009. Effects of MeSA vapor treatment on the postharvest quality of Hayward kiwifruit. p. 473-478. In M. Erkan and U. Aksoy (ed.) Proceeding of the 6th International Postharvest Symposium. 8-12 April. 2009. Antalya, Turkey.

2- Ahrendt L.W.A. 1961. Berberis and Mahonia – a taxonomic revision. Journal of the Linnean Society of London, Botany, 57: 67–68.

3- Asghari M., and Aghdam M.S. 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. Trends in Food Science and Technology, 21: 502-509.

4- Babalar M., Asghari M., Talaei A., and 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: 449-453.

5- Chaplin G.R., and Scott K.J. 1980. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored avocados. Horticultural Science, 15: 514-522.

6- Cheour F., Willemot C., Arul J., Makhlouf J., and Desjardins Y. 1991. Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of $CaCl_2$. HortScience, 26: 1186–1188.

7- Cioroi M. 2007. Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. Cercetari Agronomice Moldova, 1: 23-27.

8- Ding C.K., Chachin K., Hamauzu Y., Ueda Y., and Imahori Y. 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology, 14(3): 309-315.

9- Ding Z.S., Tian S.P., Zheng X.L., Zhou Z.W., and Xu Y. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. Physiologia Plantarum, 130(1): 112-121.

10- Esteves M.T., Carvalho V.D., Chitarra M.I., and Paula M.B. 1984. Characteristics of fruits of six guava (*Psidium guajava* L.) cultivars during ripening. II. Vitamin C and tannins contents Annal do VII Congreso Brasileiro de Fruticultura, 490-500.

11- Fallahi E., Conway W.S., Hickey K.D., and Sams C.E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. Horticultural Science, 32: 831-835.

12- Ferguson I.B., and Boyd L.M. 2002. Inorganic nutrients and fruit quality In: Fruit Quality and Its Biological Basis (Knee M. ed.). Sheffield Academic Press, Sheffield, UK. 17-45.

13- Ferguson I. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. Plant, Cell and Environment, 7(6): 477-489.

14- Gastol M., and Domagala-Swiatkiewicz I. 2006. Effect of foliar sprays on potassium, magnesium and calcium distribution in fruits of the pear. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14(2): 169-176.

15- Gundogdu M. 2013. Determination of antioxidant capacities and biochemical compounds of Berberis vulgaris L. fruits. Advances in Environmental Biology, 7(2): 344-8.

16- Hayat S., Fariduddin Q., Ali B., and Ahmad A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, 53: 433-437.
17- Hu Y., and Schmidhalter U. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4): 541-549.
18- Javaheri M., Mashayekhi K., Dadkhah A., and Zaker Tavallaee F. 2012. Effects of salicylic acid on yield and quality characters of tomato fruit (*Lycopersicum esculentum* Mill.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 1184-1187.
19- Kafi M., and Balandari A. 2004. Berberis (Production and Processing). Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran, p. 210.
20- Kalarani M.K., Thangaraj M., Sivakumar R., and Mallika V. 2002. Effects of salicylic acid on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) productivity. Crop Research, 23: 486-492.
21- Karlidag H., Yildirim E., and Turan M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Scientia Agricola, 66(2): 180-187.
22- Katsurayama J.M., Amarante C.V.T.d., Steffens C.A., and Pereira A.J. 2011. Preharvest spraying with commercial sources of calcium for bitter pit control in 'Catarina' apples. Revista Brasileira de Fruticultura, 33: 353-361.
23- Knee M. 2002. Fruit quality and its biological basis. Sheffield Academic Press (CRC Press).
24- Levy D., Poovaiah B.W., and Kolattukudy P.E. 1979. Effects of Calcium infiltration on membrane leakage and changes in phospholipid and fatty-acid content in apples during senescence. Plant Physiology, 63(5): 157-158.
25- Lu X., Sun D., Li Y., Shi W., and 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.
26- Moradinezhad F., and Khayyat M. 2014. Effects of intermittent warming and prestorage treatments (hot water, salicylic acid, calcium chloride) on postharvest life of pomegranate fruit cv. 'Shishe-Kab' during long-term cold storage. International Journal of Horticultural Science and Technology, 1(1): 43-51.
27- Moradinezhad F., Khayyat M., and Saeb H. 2013. Combination effects of postharvest treatments and modified atmosphere packaging on shelf life and quality of Iranian pomegranate fruit cv. Sheshi-kab. International Journal of Postharvest Technology and Innovation, 3(3): 244-256.
28- Neilsen G.H., and Neilsen D. 2001. Effect of foliar Zn, form and timing of Ca sprays on fruit Ca concentration in new apple cultivars. In International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants, 594: 435-443.
29- Padayatty, S.J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A., Dutta, S.K. and Levine, M. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. Journal of the American College of Nutrition, 22(1): 18-35.
30- Pila N., Gol N.B., and Rao T.V.R. 2010. Effect of post harvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during storage. American-Eurasian Journal Agriculture Environment Science, 9: 470-479.
31- Poovaiah B. 1986. Role of Calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technology, 40: 86-89.
32- Ramezanian A., and Rahemi M. 2011. Chilling resistance in pomegranate fruits with spermidine and calcium chloride treatments. International Journal of Fruit Science, 11: 276-285.
33- Ramezanian A., Rahemi M., and Vazifehshenas M.R. 2009. Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. Scientia Horticulturae, 121: 171-175.
34- Raskina I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43: 439-463.
35- Razavi F., Hajilou J., Dehgan G., Hassani R.N.B., and Turchi M. 2014. Enhancement of postharvest quality of peach fruit by salicylic acid treatment. International Journal of Biosciences, 4: 177-184.
36- Rehab 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: 920-927.
37- Saltveit M. 2002. The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures. Postharvest Biology and Technology, 26: 295-304.
38- Saure M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Scientia Horticulturae, 105: 65-89.
39- Sayyari M., Babalar M., Kalantari S., Serrano M., and Valero D. 2009. Effect of salicylic acid treatment on

reducing chilling injury in stored pomegranates. Postharvest Biology and Technology, 53: 152-154.

40- Schuman G.E., Stanley M.A., and Knudsen D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. Soil Science Society of America Journal, 37(3): 480-481.

41- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation, 30: 157-161.

42- Shakirova F.M., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A., and Fatkhutdinova D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity, Plant Science, 164: 317-322.

43- Shokrollah F.S., Hajilou J., Zaare N.F., Tabatabaei S.J., and Naghshiband H.R. 2014. Effects of putrescine, calcium chloride and salicylic acid on quality and storage life of plum fruit cv. Shablon. Bioresource Technology, 5: 12-15.

44- Singh R., Sharma R.R., Kumar S., Gupta R.K., and Patil R.T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Bioresource Technology, 99: 8507-8511.

45- Supapvanich S. 2015. Effects of preharvest salicylic acid treatment on chilling injury alleviation and quality of Lemon basil and Holy basil during cold storage. Journal of Food Science, 6: 26-30

46- Taylor M.D., and Locascio S.J. 2004. Blossom-end rot: A calcium deficiency. Journal of Plant Nutrition, 27: 123-139.

47- Walsh L.M. 1971 .Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue. Soil Science Society of America. 5: 222-225.

48- Wang L., Chen S., Kong W., Li S., and Archbold D.D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 41: 244-251.

49- Zheng Y., and Zhang Q. 2004. Effects of polyamines and salicylic acid on postharvest storage of 'Ponkan' mandarin. Journal of Acta Horticulturae, 632: 317-320.

50- Zokaee Khosroshahi M.R.Z., Esna-Ashari M., and Ershadi A. 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar Selva. Scientia Horticulturae, 114(1): 27–32.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 1, Spring 2018, P. 61-74
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۷۴-۶۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Influence of Preharvest Spray of Calcium Chlorideand Salicylic Acid on Physicochemical and Quality Properties of Fresh Seedless Barberry Fruit

F. Moradinezhad[*1] - S. Hassanpour[2] - M. H. Sayyari[3]

Received: 23-11-2016
Accepted: 15-01-2018

Introduction: Seedless barberry (*Berberis vulgaris* L. var. asperma) **i**s one of the most important horticultural and medicinal crops and also valuable fruit in South Khorasan province. Fresh barberry fruit has a very short shelf life, due to the sensitive juicy fruit tissue in the ripening stage and decay during storage. Hence, most of the harvested fruits are dried traditionally or processed as juice, jam, and other products. However, the quality of both fresh and dried fruit is low due to different environmental stresses such as drought and salt stress and consequently deficiency of minerals during growth and development and also at harvest and during storage. It has been reported that pre-harvest foliar spray of calcium salts and salicylic acid can improve resistance to pathogens before harvest and reduce physiological disorders during handling and storage in many fruits. However, there is no information regarding the effect of calcium and salicylic acid spray as well as storage duration on fresh seedless barberry fruit. The objective of the current study, therefore, was to investigate the effects of the preharvest application of calcium chloride and salicylic acid on physiological attributes and postharvest quality of barberry fruits during long-term cold storage.

Materials and Methods: The experiment was conducted as split-plot in time and in a randomized complete block design with five treatments and in three replicates in the Research Orchard of Agricultural Faculty of the University of Birjand during 2014. Fifteen similar and 25-years old trees were used for the experiment. Pre-harvest treatments of foliar spraying were salicylic acid (1 and 3 mM) and calcium chloride (1 and 2%) and distilled water as control. Sprays were applied at 30 and 15 days before harvest. Fruits were harvested at commercial ripening stage, packed in plastic boxes and stored at cold room at 4±0.5 °C and 85±5 RH. Physicochemical and quality evaluations including fruit fresh weight and volume, and juice volumes of 100 berries, pH, total soluble solids (TSS), titrable acidity (TA), ascorbic acid, weight loss, electrolyte leakage of fruit and calcium content of leave and fruit were measured at harvest and after 30, 60 and 90 days of storage. Analysis of data was performed using Gen Stat program (ver 12) and comparison of means was done by LSD test at 5% probability.

Results and Discussion: The analysis of variance showed that the main effects of foliar spray with calcium chloride, salicylic acid and interaction of treatments were significant in storage time. The results showed that 1 mM of salicylic acid increased the fruit fresh weight, fruit volume and fruit juice, pH, total soluble solids, ascorbic acid and titrable acidity compared to other treatments. It has been reported that salicylic acid increases cell division and growth resulting in greater yield. It was also observed that application of salicylic acid at 3mM reduced electrolyte leakage significantly that can be useful to reduce chilling injury. The lowest weight loss was obtained in sprayed fruit with calcium chloride (2%) during cold storage, in agreement with the previouswork on plum. Foliar application of calcium chloride increased the calcium content of leave and fruit, although calcium application was not a significant effect in fruit tissue. Generally, using of chemical treatments increased the physicochemical characteristics of the fruit in seedless barberry, among them calcium chloride 2% and salicylic acid at 1 mM were most effective.

Conclusions: It can be concluded that pre-harvest spraying of seedless barberry shrub with salicylic acid and calcium chloride can improve the quality of fruit as well as extend the storage life. This is because a foliar application with salicylic acid and calcium chloride significantly affected fresh fruit weight, weight loss, fruit volume, electrolyte leakage, pH, TSS, TA and ascorbic acid in treated fruit compared to the control. Salicylic acid at 3 mM significantly decreased electrolyte leakage, which can be used as a useful tool for increasing resistance to chilling injury during long-term storage. However, further studies are needed as the effect of chemical sprays on fruit quality and quantity properties depend on different factors such as tree age and types, environmental conditions during and after the spray and also chemical concentration.

Keywords: Ascorbic acid, Losses reduction, Postharvest, Storage period

1, 2- Associate Professor and MSc. Graduate, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran
(*-Corresponding Author Email: fmoradinezhad@birjand.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran