مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۹ شماره ۴ صفحه‌های ۴۴۵ تا ۴۵۸ (۱۳۹۷)

اثر سالسیلیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های میوه لیموآب (*Citrus aurantifolia* L.) در انبار[1]

Effect of Salicylic Acid on Some Characteristics of Lime Fruits (*Citrus aurantifolia* L.) in Storage

مژده یوسفی، فاطمه ناظوری*، سید حسین میردهقان و محمد حسین شمشیری[2]

چکیده

لیموآب دارای ارزش غذایی و اقتصادی بالایی می‌باشد ولی به‌دلیل انبارمانی کوتاه، مصرف تازه‌خوری آن در مقایسه با روش‌های فرآوری کمتر است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سالسیلیک‌اسید (صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) بر ویژگی‌های کمی و کیفی لیموآب در مدت انبارمانی (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز) صورت گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه به‌طورکامل تصادفی با ۴ تکرار (۱۰میوه در هر تکرار) انجام شد. بعد از غوطه‌وری میوه‌ها به‌مدت ۵ دقیقه در محلول سالسیلیک‌اسید و بسته‌بندی در ظرف‌های یک‌بار مصرف پلاستیکی در سردخانه با دمای ۴±۱ °C و رطوبت نسبی ۸۵±۵٪ نگه‌داری شدند. نتیجه‌ها نشان از کاهش ترشی، عطر و افزایش تلخی میوه در مدت انبارمانی داشت. میوه‌های تیمارشده با سالسیلیک‌اسید ۳ و ۲ میلی‌مولار بیشترین (۶۰٪) مقدار ترشی را در روز ۶۰ انبار نسبت به شاهد داشتند. سالسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار توانست کمترین میزان تلخی میوه (۲۰٪)، قهوه‌ای شدن فلاودو و مالون‌دی‌آلدهید را نسبت به شاهد در ۶۰ روز انبارمانی داشته باشد. سالسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار کمترین میزان پوسیدگی و سرمازدگی و بیشترین میزان ترشی میوه و ترکیب‌های فنولی (۶۶٪) را داشت. تیمار سالسیلیک‌اسید باعث حفظ ترشی میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کنترل پوسیدگی، سرمازدگی، قهوه‌ای شدن فلاودو و مالون‌دی‌آلدهید شد. در کل، کاربرد سالسیلیک‌اسید ۲ و ۱ میلی‌مولار باعث حفظ برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی میوه لیموآب در مدت ۶۰ روز نگه‌داری در دمای °C ۴±۱ شد.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی، انبارمانی، سرمازدگی، قهوه‌ای شدن فلاودو.

مقدمه

میوه مرکبات به‌دلیل داشتن آسکوربیک‌اسید، ترکیب‌های فنولی و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی دارای اهمیت غذایی و دارویی بر سلامت انسان است (۳۱). درخت لیموآب دارای میوه‌های کشیده و گاهی گرد با پوست نازک و رنگ زرد مایل به سبز می‌باشد. رنگ داخل میوه نیز کمی متمایل به سبز و طعم آن ترش است (۸). بیشترین مقدار مصرف میوه مرکبات به صورت تازه‌خوری است ولی به‌دلیل عمر انبارمانی کم لیموآب، بیشتر به‌صورت آب لیمو، لیمو خشک، اسانس، ترشی و مربا مصرف می‌شود (۱۷). آب لیمو یکی از فرآورده‌های پرمصرف لیموآب

۱- تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۶

۲- به‌ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (fatemehnazoori@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

در ایران بوده و دارای ظاهری بسیار دلچسب و عطر و طعمی کم‌نظیر است. ویتامین C یا آسکوربیک‌اسید یکی از مهم‌ترین ترکیب‌های مغذی در لیموآب می‌باشد. آسکوربیک‌اسید به‌دلیل ساختار خاص خود، به‌سرعت اکسیده شده و در طول مدت نگه‌داری کاهش می‌یابد. ویژگی‌های کمی و کیفی این فرآورده مانند رنگ و ویتامین C در مدت دوره نگه‌داری به شدت متأثر از شرایط محیطی است (۳۱) و تأثیر مهمی در بازارپسندی محصول دارد. آب‌لیمو فرآورده‌ای است تخمیر نشده ولی قابل تخمیر که به روش‌های مکانیکی از درون‌بر میوه تازه، رسیده و سالم لیمو (*Citrus aurantifolia*) تهیه و در بسته‌بندی مناسب نگه‌داری می‌شود (۵). بررسی نتیجه‌ها نشان از کاهش کیفیت آب لیمو در مدت نگه‌داری دارد به‌طوری‌که در مدت انبارمانی میزان pH، آسکوربیک‌اسید و بریکس کاهش و شاخص قهوه‌ای شدن رنگ عصاره افزایش یافت (۴۰). ویژگی‌های کمی و کیفی میوه لیموآب در مدت نگه‌داری توسط برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله تنفس، تبخیر و عوامل بیماری‌زا دچار کاهش می‌شود ولی از آن‌جایی‌که مصرف میوه تازه ارزش غذایی بالایی نسبت به دیگر روش‌های فرآوری دارد بنابراین استفاده از راهکارهایی هم‌چون بسته‌بندی، انبار سرد و پوشش‌های خوراکی در کاهش دورریز و حفظ کیفیت این محصول قابل بررسی می‌باشد (۳۳).

مصرف ترکیب‌های طبیعی برای کنترل دورریز میوه‌ها و سبزی‌ها در حال گسترش است. نتیجه‌های پژوهش‌های مختلف حاکی از آن است که با به کارگیری تیمارهایی با ترکیب‌های طبیعی، می‌توان عمر نگه‌داری محصولات را افزایش داد. از جمله ترکیب‌هایی که چنین نقشی دارد، سالسیلیک‌اسید است (۲۷). سالسیلیک‌اسید یک ترکیب فنولیکی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرآیندهای رشد و نمو گیاهان، از جمله رسیدن و پیری نقش دارد و دارای پتانسیل بالا در کنترل دورریز پس از برداشت محصولات باغبانی می‌باشد. این ترکیب نقش محوری در واکنش‌های مخصوص به تنش‌های زنده، غیر زنده و فرآیندهای نمو گیاهان شامل تولید گرما، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تبخیر، مقاومت به بیماری و عملکرد محصول دارد (۹).

براساس نتیجه‌های بررسی‌ها، تیمار سالسیلیک‌اسید ۴ میلی‌مولار در نارنگی باعث کاهش معنی‌دار پوسیدگی انباری و جلوگیری از کاهش وزن (۳۹) و در هلو باعث کاهش آسیب سرمازدگی، پوسیدگی‌های قارچی و حفظ یا کاهش سرعت نرم شدن میوه‌ها (۳۵) گردید. میوه‌های پرتقال تیمار شده با سالسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد میزان ترکیب مالون‌دی‌آلدهید کم‌تری داشتند (۱۵). تیمار میوه گیلاس با سالسیلیک‌اسید سبب تحریک ساخت آنزیم‌های ضداکسیدانی و بیان ژن‌های فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز شده و در نتیجه به کاهش پراکسیداسیون لیپیدها منجر شد (۹). کاربرد سالسیلیک‌اسید در میوه‌های پرتقال میزان مالون‌دی‌آلدهید کم‌تری نسبت به شاهد نشان داد (۱۰). در میوه هلو، سالسیلیک‌اسید از راه القای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و تحریک تولید پروتئین‌های شوک حرارتی سبب کاهش خسارت سرمازدگی شد (۳۵). نتیجه‌ها حاصل از پژوهش‌ها نشان داده است که تیمار سالسیلیک‌اسید تاثیر قابل‌توجهی بر کاهش نشت یونی در میوه‌های حساس به سرمازدگی دارد و در کاهش حساسیت به سرمازدگی در میوه انار تأثیرگذار است (۲۶). سالسیلیک‌اسید دارای اثرهای مهمی در انبارمانی محصولات باغبانی از جمله افزایش عمر انباری، کاهش تولید اتیلن و حفظ کیفیت میوه می‌باشد. تیمار سالسیلیک‌اسید در میوه‌های شاه بلوط چینی با کاهش و تأخیر در افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنول‌اکسیداز، از افزایش فعالیت این آنزیم‌ها جلوگیری کرده و در نتیجه فرآیند رسیدن، پیری و قهوه‌ای شدن میوه را کنترل می‌کند (۲۳). رایج‌ترین علت تلفات بعد از برداشت میوه لیموآب از دست‌دهی آب، نرم شدن بیش از حد، پوسیدگی و کاهش کیفیت ظاهری است. نظر به اثرهای مثبت سالسیلیک‌اسید بر حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات باغبانی یقین می‌رود قادر به افزایش عمر انبارمانی این محصول باارزش باشد. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف این ماده بر ماندگاری میوه لیموآب طراحی شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۵ به‌منظور یافتن راهکار جدید و مناسب برای افزایش عمر پس از برداشت میوه لیموآب صورت گرفت. میوه‌های مورد ارزیابی به‌طور تصادفی از باغ چدرویه از توابع شهرستان جهرم جمع‌آوری شده و بعد از انتقال به آزمایشگاه توسط سالسیلیک‌اسید با غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار و ۴ تکرار تیمار شدند. هر تیمار به مدت ۵ دقیقه در محلول‌های سالسیلیک‌اسید غوطه‌ور و بعد از خشک شدن سطح میوه‌ها به‌صورت ۱۰ تایی درون ظرف‌های یک‌بار مصرف درب‌دار بسته‌بندی شده و به سردخانه با دمای C° ۱±۴ و رطوبت نسبی ۵±۹۰ منتقل شدند. به فاصله هر ۲۰ روز یک‌بار (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز انبارمانی) نمونه‌ها از انبار بیرون آورده و ویژگی‌های کمی و کیفی به روش زیر مورد بررسی قرار گرفتند.

درصد نشت یونی با استفاده از روش رستگاری و همکاران (۲) اندازه‌گیری و توسط فرمول زیر محاسبه گردید.

۱۰۰×(هدایت الکتریکی ثانویه / هدایت الکتریکی اولیه) = نشت یونی (درصد)

آزمون پانل (ارزیابی حسی)، به‌منظور بررسی اثر تیمارها روی طعم، بو و تلخی میوه‌ها پس از تیمار، توسط پنج نفر از دانشجویان خانم (رشته فیزیولوژی پس از برداشت) و از روش نمره‌دهی انجام شد. چهار عدد میوه از هر تکرار در ظرف‌های مخصوص پلاستیکی قرار داده شد و افراد بعد از ارزیابی میوه‌ها از نظر طعم، بو و تلخی میوه‌ها (عدم وجود نشانه‌های سوختگی، چروکیدگی و بدشکلی) نمرات خود را از یک تا پنج ثبت کردند. ۱: بسیار کم، ۲: کم، ۳: متوسط، ۴: زیاد و ۵: بسیار زیاد بود. کسب نمرات نزدیک به ۵ به منزله بهترین عطر و طعم و بیشینه تلخی بود. سپس از بررسی نمره‌ها میزان اثر تیمارها بر ویژگی‌های بالا بیان گردید (۳۴).

شاخص سرمازدگی، پوسیدگی و قهوه‌ای شدن فلاودو، ۲۴ ساعت بعد از انتقال نمونه‌ها به دمای آزمایشگاه، وجود لکه‌های قهوه‌ای سطحی به عنوان نشانه‌های قهوه‌ای شدن فلاودو، لکه‌های فرو رفته به عنوان نشانه‌های پوسیدگی و وجود لکه‌های تاول‌مانند و آبکی به عنوان نشانه‌های سرمازدگی در نظر گرفته و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\Sigma (ni.i) / (N.6)$$

در این رابطه، ni تعداد میوه‌هایی که نشانه‌های قهوه‌ای شدن فلاودو، پوسیدگی و سرمازدگی درجه i را نشان دادند، N تعداد میوه‌های کل در هر تیمار و i درجه قهوه‌ای شدن فلاودو، پوسیدگی و سرمازدگی (بر اساس میزان قهوه‌ای شده، لکه‌های تاول‌مانند، فرو رفته و لکه‌ها تاول‌مانند) از صفر تا پنج است. صفر: بدون نشانه‌های قهوه‌ای شدن فلاودو، پوسیدگی و سرمازدگی، یک: ۲۰-۱٪، دو: ۴۰-۲۰٪، سه: ۶۰-۴۰٪، چهار: ۸۰-۶۰٪ و پنج: بیشتر از ۸۰٪ است (۳۵).

برای اندازه‌گیری ترکیب‌های فنولی کل از روش فولین سیوکالتو استفاده شد. مقادیر ترکیب‌ها بر اساس معادل گالیک‌اسید بر حسب میلی‌گرم در صد گرم اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد ($y = 0.1887x - 0.2587$) با استفاده از گالیک‌اسید استاندارد تهیه گردید (۱۸). فعالیت آنتی‌اکسیدانی، با استفاده از DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhidrazel) به روش شرح داده شده توسط Serrano و همکاران (۲۸) انجام شد. ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ به ۱ گرم میوه افزوده و پس از ورتکس، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. پس از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۹۰۰ میکرولیتر از محلول (DPPH ۵۰۰ میکرومولار در اتانول) آمیخته و ورتکس شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت. نمونه شاهد هم به همین صورت تهیه شد ولی با این تفاوت که به جای عصاره از آب مقطر استفاده گردید با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

۱۰۰×عدد کنترل/(عدد ضریب تصحیح-عدد نمونه)-۱= فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد بازدارندگی)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

برای اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید، ابتدا ۰/۲۵ گرم میوه را در ۵ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۰/۱٪ داخل هاون چینی ساییده و به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شده بعد از آن ۱ میلی‌لیتر از عصاره‌رویی را با ۴ میلی‌لیتر از تری‌کلرواستیک اسید ۲۰٪ که حاوی تیوباربیتوریک اسید ۰/۵٪ بود، افزوده شد. سپس آمیخته مورد نظر را در دمای ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه درون حمام آب گرم گذاشته و بی‌درنگ آن را سرد کرده و با دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج‌های ۴۵۰، ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر شدت جذب را خوانده و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۳۸).

$$MAD\ (nmol\ g^{-1}\ FW) = 6.45\ (OD_{532} - OD_{600}) - 0.56\ OD_{450}$$

واکاوی آماری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با چهار تکرار (هر تکرار ده میوه) انجام شد. فاکتور اول غلظت سالسیلیک‌اسید در چهار سطح و فاکتور دوم دوره انبارمانی در سه سطح بود.واکاوی داده‌های آماری حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹ انجام گرفت و پس از آن مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد و ترسیم نمودارها توسط نرم افزار اکسل ۲۰۱۶ انجام گرفت. داده‌های توصیفی مربوط به ارزیابی حسی با استفاده از آزمون ناپارامتری Kruskal Wallis در برنامه SPSS نسخه ۱۹ اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

ترکیب‌های فنولی

نتیجه‌های مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که در مرحله پایانی انبارمانی مقدار ترکیب‌های فنولی نسبت به زمان برداشت کاهش پیدا کرد. در روز ۴۰ انبارمانی میزان ترکیب‌های فنولی افزایش و سپس کاهش یافت. سالسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار قادر به حفظ بهتر ترکیب‌های فنولی شد (شکل ۱).

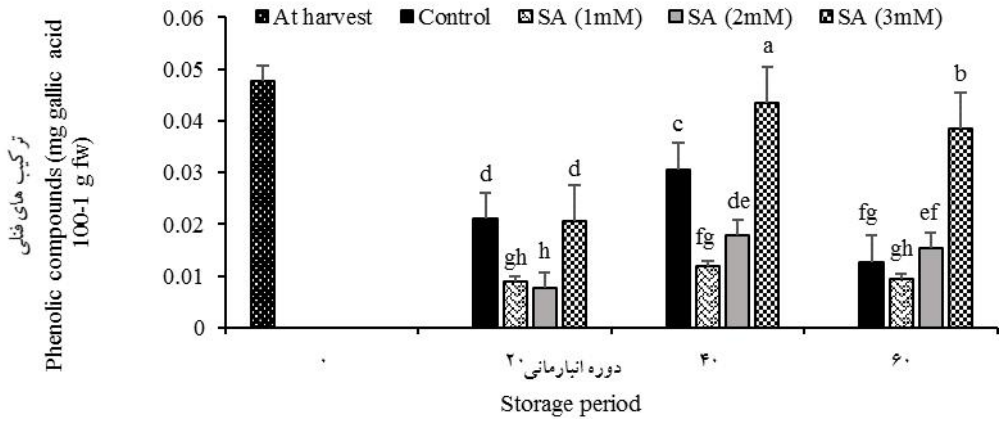

Fig. 1. Effect of salicylic acid on phenolic compound of lime fruit during storage. Mean with same letter are not significantly different at $P<0.05$ according to the Duncan test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

شکل ۱- تأثیر سالسیلیک‌اسید (SA) بر میزان ترکیب‌های فنولی میوه لیموآب در مدت دوره انبارمانی. حروف مشترک بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است ($P<0.05$). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

ترکیب‌های فنولی متابولیت‌های ثانویه هستند که توسط گیاهان ساخته می‌شوند و مسئول طعم و رنگ میوه‌ها می‌باشند. ترکیب‌های فنولی محلول بیشتر در واکوئل یاخته‌های میوه تجمع می‌یابند (۳۲) و نقش مؤثری در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه‌ها دارند و میوه‌های با میزان ترکیب‌های فنولی بالا ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند (۱۲).

نتیجه‌های این آزمایش نشان داد که مقدار ترکیب‌های فنولی در مرحله پایانی انبارمانی کاهش پیدا کرد و بیشترین میزان ترکیب‌های فنولی مربوط به سالسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار بود و بین بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری نبود. سالسیلیک‌اسید عامل تحریک‌کننده تولید ترکیب‌های فنولی در گیاهان است و با تأثیر بر آنزیم‌های مؤثر در تولید ترکیب‌های فنولی باعث افزایش تولید آن‌ها می‌گردد (۱۱). شاید علت کاهش ترکیب‌های فنولی، شرکت این ترکیب‌ها در سوخت‌وساز و یا در نتیجه واکنش‌های آنزیمی و غیرآنزیمی در مدت انبارمانی باشد (۲۲). سالسیلیک‌اسید، فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز را که آنزیم مهمی در تولید پلی‌فنول‌ها می‌باشد، تحریک می‌کند. از سوی دیگر در سیب‌های انبار شده فعالیت پلی‌فنول‌اکسیداز بسیار پایین دیده شده است که ممکن است باعث کاهش اکسیداسیون پلی‌فنول‌ها گردد. کاهش مقدار پلی‌فنول‌ها در روز آخر به‌دلیل پیری و از بین رفتن بافت میوه می‌باشد (۱۶). مطابق با نتیجه‌های این پژوهش (مرحله پایانی و سالسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار) سالسیلیک‌اسید از راه افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز سبب تحریک ساخت ترکیب‌های فنولی در میوه گیلاس شد (۳۶). گزارش مشابهی مبنی بر افزایش فنول کل پرتقال‌های تیمار شده با غلظت‌های بالای سالسیلیک‌اسید وجود دارد (۱۵). عدم تأثیر معنی‌دار تیمار سالسیلیک‌اسید بر محتوای فنول میوه انار در مدت انبارمانی (۲۷) مطابق با نتیجه‌های این پژوهش (غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار در مرحله پایانی) است.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مدت انبارمانی تغییرهای چشمگیری نداشت (شکل ۲). منتهی در روز ۴۰ انبارمانی سالسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را ثبت کرد.

فرآورده‌ها پس از برداشت و در مدت انبارمانی متحمل تنش می‌شوند و ادامه شرایط تنش منجر به کاهش ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی شده و این مسأله سبب تخریب یاخته و گسترش نا بسامانی های پس از برداشت می‌شود (۱۳). گیاه در شرایط تنش سطوح آنتی‌اکسیدان‌های مختلف از جمله آنزیم کاتالاز خود را بالا می‌برد (۳۰). سالیسلیک‌اسید در میوه‌های تیمار شده عامل کاهش تنفس و تولید اتیلن بوده و با افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی محصول از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کند که نتیجه آن کاهش مصرف قندها و حفظ ماده‌های جامد محلول است (۲۵). بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی توسط سالسیلیک‌اسید تحریک می‌شوند، درحالی‌که اثر بازدارندگی روی فعالیت آنزیم کاتالاز دارد (۲۰). نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که سالسیلیک‌اسید تأثیر چشمگیری روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی در انبارمانی نداشت و به‌تقریب ثابت ماند. تأثیر تیمار سالسیلیک‌اسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی کیوی نشان داد که سالسیلیک‌اسید در حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی اثر قابل‌توجهی دارد (۳). کاربرد قبل از انبار سالسیلیک‌اسید در پرتقال فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز، دهیدرواسکوربیت ردوکتاز و هم‌چنین میزان آسکوربیت و گلوتاتیون را افزایش می‌دهد و از این راه پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء را به تأخیر می‌اندازد (۱۹). گزارش کرده‌اند که کاربرد پس از برداشت سالسیلیک‌اسید موجب تجمع mRNA پروتئین‌های آنتی‌اکسیدانی در انگور می‌شود (۲۶).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

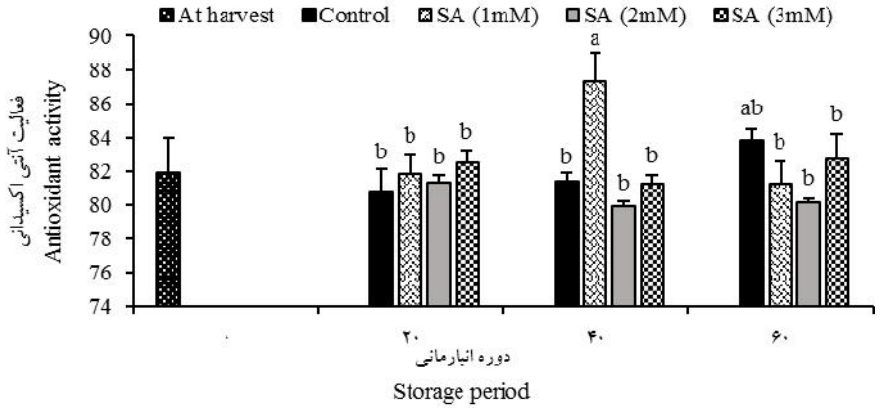

Fig. 2. Effect of salicylic acid on antioxidant activity of lime fruit during storage. Mean with same letter are not significantly different at $P<0.05$ according to the Duncan test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

شکل ۲- تأثیر سالسیلیک‌اسید (SA) بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه لیموآب در مدت دوره انبارمانی . حروف مشترک بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است ($P<0.05$). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

مالون‌دی‌آلدهید

نتیجه‌های مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش دوره انبارمانی میزان مالون‌دی‌آلدهید افزایش پیدا کرد. در روز ۶۰ انبارمانی ، نمونه شاهد میزان مالون‌دی‌آلدهید بیشتری نسبت به تیمار سالسیلیک‌اسید از خود نشان داد. کمترین میزان مالون‌دی‌آلدهید این دوره مربوط به سالسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار بود (شکل ۳).

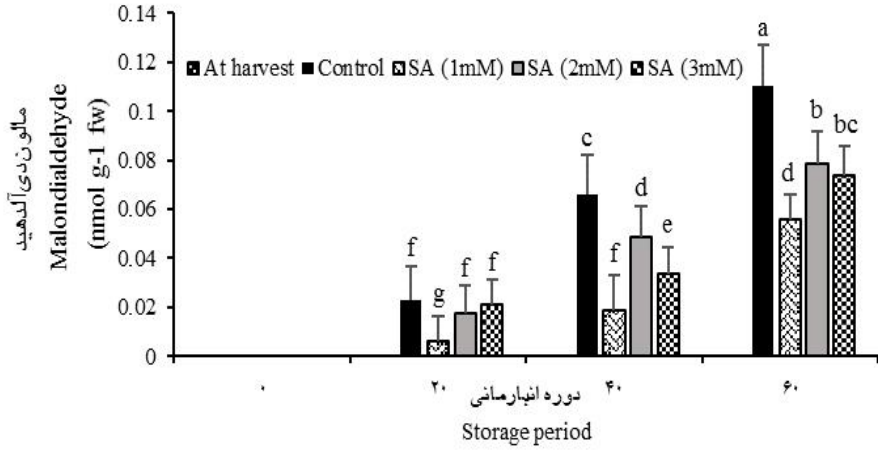

Fig. 3. Effect of salicylic acid on malondialdehyde of lime fruit during storage. Mean with same letter are not significantly different at $P<0.05$ according to the Duncan test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

شکل ۳- تأثیر سالسیلیک‌اسید (SA) بر میزان مالون‌دی‌آلدهید میوه لیموآب در مدت دوره انبارمانی. حروف مشترک بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است ($P<0.05$). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

تنش سرما از راه تأثیر بر نفوذپذیری غشاء یاخته‌ای سبب افزایش نشت محلول‌های یاخته‌ای و افزایش رادیکال‌های آزاد می‌شود (۲۳). بررسی غلظت مالون‌دی‌آلدهید بافت گیاهی می‌تواند بیانگر میزان تخریب غشاء یاخته‌ای باشد زیرا این ترکیب در اثر خسارت مکانیکی به غشاء و پراکسیده شدن لیپیدهای غشاء تولید می‌شود. تغییرات در سطح مالون‌دی‌آلدهید نشان‌گر خوبی برای حفظ تمامیت غشاء در میوه‌ها می‌باشد (۲۱). سالسیلیک‌اسید با جلوگیری از تولید اتیلن و نرم شدن میوه موجب جوان ماندن یاخته‌ها و تأخیر در پیری آن‌ها می‌شود (۱۴). سرمازدگی در بافت‌های گیاهی باعث تغییرهای لیپیدهای غشاء و در نتیجه افزایش نفوذپذیری غشاء می‌شود (۲۳). همسو با نتیجه‌های این پژوهش میوه‌های پرتقال تیمار شده با سالسیلیک‌اسید میزان ترکیب مالون‌دی‌آلدهید کم‌تری در مقایسه با شاهد داشتند (۱۵). تیمار میوه گیلاس با سالسیلیک‌اسید ساخت آنزیم‌های ضداکسیدانی را تحریک می‌کند و باعث بیان ژن‌های فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز می‌شود و در نهایت پراکسیداسیون لیپیدها را کاهش می‌دهد (۱۴). سرمازدگی موجب خسارت به غشاء میوه‌ها می‌شود، هرچه خسارت سرمازدگی بیش‌تر باشد میزان مالون‌دی‌آلدهید بالاتر خواهد بود. سالسیلیک‌اسید با حفظ تمامیت غشاء و در نتیجه با جلوگیری از خسارت سرمازدگی سبب کاهش در میزان مالون‌دی‌آلدهید می‌شود.

نشت یونی

نتیجه‌های مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد با طولانی شدن مدت زمان انبارمانی نشت یونی به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد و در روز ۶۰ انبارمانی، تمام غلظت‌های سالیسلیک‌اسید ۱۷٪ بیشتر از شاهد نشت یونی را ثبت کردند که تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری با هم نداشتند و کمترین میزان متعلق به زمان برداشت و تیمارهای شاهد بود (شکل ۴).

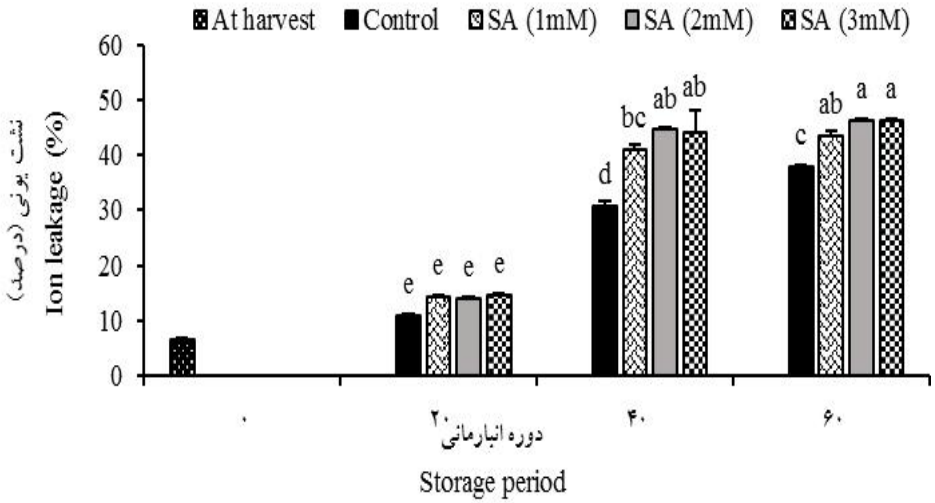

Fig. 4. Effect of salicylic acid on ion leakage of lime fruit during storage. Mean with same letter are not significantly different at $P<0.05$ according to the Duncan test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

شکل ۴- تأثیر سالسیلیک‌اسید (SA) بر میزان نشت یونی میوه لیموآب در مدت دوره انبارمانی. حروف مشترک بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون دانکن است ($P<0.05$). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

دما نقش کلیدی در سوخت‌وساز میوه و سبزی‌ها دارد. کاهش دما موجب کاهش سوخت و ساز و در نتیجه طولانی شدن عمر انبارمانی محصولات و حفظ کیفیت میوه و سبزی است اما شوربختانه برخی از بافت‌ها حساس به دمای پایین بوده و دچار سرمازدگی می‌شوند. اولین آسیب تنش سرمایی اختلال در عملکرد غشای یاخته‌ای و نفوذپذیری انتخابی آن می‌باشد که به دنبال آن نشت یون‌ها به خارج از یاخته اتفاق می‌افتد. نشت یونی به‌عنوان شاخص آسیب غشای یاخته‌ای مطرح است (۲۵). مکزیکن لایم یکی از گونه‌های حساس به سرماست. یکی از راه‌های جلوگیری از صدمه سرما، ذخیره‌سازی در دمایی بالاتر از دمای بحرانی (دمای ۱۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس) است (۱۲).

بر اساس نتیجه‌های به دست آمده از این پژوهش سالسیلیک‌اسید سبب افزایش نشت یونی در مدت دوره انبارمانی شد. بر خلاف نتیجه‌های این پژوهش، نتیجه‌های حاصل از پژوهش‌ها نشان داد که تیمار سالسیلیک‌اسید تاثیر قابل‌توجهی بر کاهش نشت یون، در میوه‌های حساس به سرمازدگی دارد و در کاهش حساسیت به سرمازدگی در میوه انار (۲) و هلو (۳۵) تاثیرگذار بود. کاربرد خارجی سالسیلیک‌اسید از راه تحریک تولید پروتئین‌های شوک حرارتی و انگیزش سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی سبب ایجاد تحمل به سرمازدگی می‌گردد (۹، ۳۵). نتیجه‌های مشابهی در هلو گزارش شده است که در آن کاهش نشت یونی در غلظت ۱ میلی‌مولار سالسیلیک‌اسید به‌دست آمد اما در غلظت‌های کمتر از آن مؤثر نبود (۳۵). به‌احتمال به‌دلیل ساختار فیزیولوژی پوست میوه و خشک شدن سطح آن میزان نشت یونی افزایش یافته ولی از آن‌جا که نمونه شاهد هیچ تیماری دریافت نکرده لایه مومی روی آن بیشتر از پوست محافظت کرده بنابراین امکان دارد غلظت مطلوب برای کنترل نشت یونی میوه لیموآب بالاتر از ۳ میلی‌مولار باشد.

آزمون پانل (ارزیابی حسی)

نتیجه آزمون آماری نشان داد که مقدار کای اسکوار همه ویژگی‌های حسی در سطح متناظر معنی‌دار بود که نشان دهنده قبول فرض H1 مبنی بر تغییر معنی دار این شاخص‌ها در دوره نگهداری بود (جدول ۱). با افزایش مدت انبارمانی ترشی میوه لیموآب کمتر شد. بیشترین میزان ترشی میوه مربوط به زمان برداشت و کمترین میزان مربوط به مرحله پایانی دوره انبارمانی و تیمار شاهد و سالسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار بود. میوه‌های لیموآب در زمان برداشت و روز ۲۰ انبارمانی کمترین میزان تلخی را داشت و تیمارها از لحاظ آماری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند و با گذشت دوره انبارمانی شاخص تلخی افزایش یافت و در این دوره کمترین میزان تلخی مربوط به تیمار سالسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار بود.

با افزایش مدت انبارمانی عطر میوه لیموآب کمتر شد. بیشترین میزان عطر میوه مربوط به زمان برداشت و نمونه شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار سالسیلیک‌اسید ۲ و ۳ میلی‌مولار در روز ۶۰ انبارمانی بود.

یکی از عوامل مؤثر در بازاررسانی میوه‌ها حفظ کیفیت ظاهری است. کاهش عطر و طعم، ترشی و افزایش میزان تلخی یکی از معایب مهم انبارمانی لیموآب بود. دلیل تلخی مرکبات، نارنجین از گروه فلاونوئیدها و لیمونین از گروه لیمونوئیدها است. در هنگام استخراج آب لیمو ترش، مقداری روغن از پوست آن خارج می‌شود که ترکیب اصلی آن لیمونین است. لیمونین بیشتر در محیط اسیدی بوجود می‌آید و از یک ترکیب اولیه به نام لیمونین مونولاکتون به‌دست می‌آید. وجود این ترکیب به میزان ۲/۷ ppm تلخ و به مقدار ۲۰ تا ۱۵ ppm به‌شدت تلخ می‌باشد. تلخی حاصل از لیمونین به تلخی مؤخر معروف است و در اثر مجاورت پیش ساز غیرتلخ لیمونین با آنزیم لاکتون هیدرولاز در هنگام آبگیری بوجود می‌آید (۲۱). با توجه به این مطالب این احتمال وجود دارد تیمار سالسیلیک‌اسید با کنترل آنزیم نام برده شده در کاهش تلخی میوه مؤثر باشد. لیموآب در مقایسه با دیگر مرکبات پوسته نازکی داشته بنابراین خروج آب میوه در مدت انبارمانی و ابتلا به آلودگی منجر به خشکی پوست،

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

زوال زیست‌شیمیایی، قهوه‌ای شدن، تغییر طعم و کاهش کیفیت ظاهری آن می‌گردد (۶). سالسیلیک‌اسید با کاهش تنفس، کنترل تبخیر و تعرق، کاهش تولید اتیلن باعث افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت، عطر و طعم میوه کیوی (۳)، نارنگی (۳۹)، برش‌های میوه شاه بلوط چینی (۲۳)، هلو (۳۵) و پرتقال (۱۵) شد. بر اساس نتیجه‌های آزمون پانل تیمار سالسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار در مقایسه با دو تیمار دیگر از نظر پانلیست‌ها مقبولیت زیادی نداشت و نتیجه‌های مشابه از این غلظت روی رقم‌های سیب نیز ثبت شده که باعث افزایش سوختگی پوست میوه گردیده است (۴) ولی غلظت‌های ۱ و ۲ میلی مولار توانایی بهتری در کاهش تلخی و حفظ تازگی پوست داشتند. بر اساس نتیجه‌های پژوهشگران، سالسیلیک‌اسید از راه تأخیر در پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، مهار زیست‌ساخت اتیلن و در نتیجه تأخیر در پیری (۹)، جلوگیری از کاهش وزن (۳۹) و کاهش خسارت سرمازدگی (۳۵) منجر به حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات در مدت دوره انبارمانی می‌شود.

شاخص پوسیدگی

با افزایش زمان انبارمانی شاخص پوسیدگی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان پوسیدگی در میوه‌های شاهد که به مدت ۶۰ روز در شرایط انبار نگه‌داری شده بودند مشاهده گردید. هم‌چنین تیمار سالسیلیک‌اسید سبب کاهش میزان پوسیدگی در مدت انبارمانی شده است. کمترین میزان پوسیدگی مربوط به تیمار سالسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار بود (جدول۱).

بر اساس نتیجه‌های پژوهشگران، تیمار قبل از برداشت گیلاس با سالسیلیک‌اسید شیوع بیماری را کاهش می‌دهد. این انگیزش مقاومت و محافظت سیستمیک به تدریج با گذشت زمان ایجاد شده و به مرحله رسیدگی میوه بستگی دارد. تیمار سالسیلیک‌اسید از دو راه می‌تواند بر جلوگیری از بیماری اثر بگذارد. از یک سو سالسیلیک‌اسید اثرهای مستقیم ضد قارچی نشان داده و رشد میسیلیوم و جوانه‌زنی اسپور قارچ را کم می‌کند و از سوی دیگر انگیزش مقاومت در برابر بیماری‌زا به وسیله سالسیلیک‌اسید در نتیجه انگیزش فعالیت آنزیم‌های دفاعی شامل پراکسیداز و بتا ۱-و ۳-گلوکوناز است (۳۶). سالسیلیک‌اسید با حفظ سفتی بافت میوه توت‌فرنگی (۱۰) و جلوگیری از ساخن اتیلن در میوه هلو (۲۰) در شرایط انبار سبب کاهش قابل‌توجهی در پوسیدگی میوه می‌گردد. تأثیر سالسیلیک‌اسید بر حفظ کیفیت و کاهش پوسیدگی قارچی در مدت انبارمانی میوه هلو همسو با نتیجه‌های این پژوهش است (۳۵).

شاخص سرمازدگی

لیموهای نگه‌داری شده تا روز ۴۰ انبارمانی هیچ خسارت سرمازدگی نشان ندادند. ولی در روز ۶۰ انبارمانی نمونه شاهد بیشترین میزان خسارت سرمازدگی را نسبت به بقیه تیمارها نشان داد (جدول۱).

سرمازدگی در بافت‌های گیاهی باعث تغییرات لیپیدهای غشاء از فرم مایع کریستالی به فرم جامد ژله‌ای می‌شود، در نتیجه منجر به افزایش نفوذپذیری غشاء می‌شود (۱۹). مهم‌ترین آسیب‌های تنش سرمایی اختلال در عملکرد غشای یاخته‌ای و نفوذپذیری انتخابی آن و وقوع پراکسیداسیون در لیپیدهای غشاء است که سبب تغییر سیالیت، پایداری و نفوذپذیری غشا می‌شود (۲۱). با توجه به نتیجه‌های پژوهش حاضر، سالسیلیک‌اسید سبب کاهش خسارت سرمازدگی میوه لیموآب شده است. گزارش‌های بسیاری مبنی بر نقش سالسیلیک‌اسید در کاهش اثرات ناشی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی از جمله سرمازدگی وجود دارد (۳۵). سالسیلیک‌اسید از راه سازوکارهای مختلفی مانند فعال کردن بیان ژن مسیر جایگزین در تنفس (۲)، کاهش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز در انار (۲۶) و تحریک تولید پروتئین‌های شوک حرارتی در هلو (۳۵) شده و مقاومت به سرمازدگی را افزایش می‌دهد. مطابق با نتیجه‌های این پژوهش استفاده از سالسیلیک‌اسید قبل از انبارمانی موجب کاهش سرمازدگی در نارنگی (۱) و انار (۲۶) شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

جدول ۱- تأثیر سالسیلیک‌اسید (SA) بر ویژگی‌های حسی، میزان قهوه‌ای شدن فلاودو، سرمازدگی و پوسیدگی میوه لیموآب در زمان برداشت و در دوره انبارمانی.

Table 1. Effect of salicylic acid on sensory properties, felavdo browning, chilling injury and decay of lime fruit at harvest time and during storage.

مدت انبارمانی (روز) Storage period (day)	تیمارها Treatment	Felavdo browning قهوه‌ای شدن فلاودو	Chilling injury سرمازدگی	Decay پوسیدگی	Flavor عطر	Bitterness تلخی	Acidity ترشی
زمان برداشت Harvest time	SA_0	10.50 ± 0.00	18.50 ± 0.00	14.50 ± 0.00	48 ± 0.00	11.50 ± 0.00	47 ± 0.00
20	SA_0	10.50 ± 0.00	18.50 ± 0.00	14.50 ± 0.00	48 ± 0.00	11.50 ± 0.00	39.13 ± 0.30
	SA_1	10.50 ± 0.00	18.50 ± 0.00	14.50 ± 0.00	37.13 ± 0.10	11.50 ± 0.00	42.38 ± 0.25
	SA_2	10.50 ± 0.00	18.50 ± 0.00	14.50 ± 0.00	35 ± 0.12	11.50 ± 0.00	39.75 ± 0.18
	SA_3	10.50 ± 0.00	18.50 ± 0.00	14.50 ± 0.00	35.38 ± 0.18	11.50 ± 0.00	25.38 ± 0.41
40	SA_0	23.25 ± 0.02	18.50 ± 0.00	41.88 ± 0.00	34.50 ± 0.25	38.75 ± 0.18	33.13 ± 0.25
	SA_1	25.75 ± 0.01	18.50 ± 0.00	30.50 ± 0.00	27.38 ± 0.25	34 ± 0.00	33.25 ± 0.12
	SA_2	32.25 ± 0.01	18.50 ± 0.00	14.50 ± 0.00	14.25 ± 0.29	24.38 ± 0.20	14.50 ± 0.00
	SA_3	42.25 ± 0.02	18.50 ± 0.00	14.50 ± 0.00	24.75 ± 0.29	21.13 ± 0.10	21.50 ± 0.29
60	SA_0	49.75 ± 0.01	50.50 ± 0.00	50.38 ± 0.00	16.88 ± 0.25	42.25 ± 0.20	6.25 ± 0.25
	SA_1	33 ± 0.01	46.50 ± 0.00	46.63 ± 0.01	9 ± 0.00	34 ± 0.00	6.25 ± 0.25
	SA_2	38.50 ± 0.01	40.50 ± 0.00	39.13 ± 0.00	7.13 ± 0.25	42.25 ± 0.20	14.50 ± 0.00
	SA_3	47.25 ± 0.01	40.50 ± 0.00	34.50 ± 0.00	7.13 ± 0.25	50.25 ± 0.10	21.50 ± 0.29
Chi Square		50.407	50.671	50.754	46.385	47.591	40.863
Sig.		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

قهوه‌ای شدن فلاودو

با افزایش دوره انبارمانی میزان قهوه‌ای شدن افزایش پیدا کرد. در روز ۴۰ انبارمانی ، تیمار سالسیلیک‌اسید میزان قهوه‌ای شدن بیشتری نسبت به شاهد از خود نشان داد ولی در روز ۶۰ انبارداری میزان قهوه‌ای شدن تیمارهای سالسیلیک‌اسید نسبت به شاهد کم شد. در پایان دوره انبارمانی سالسیلیک‌اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار کمترین میزان قهوه‌ای شدن را نشان دادند (جدول ۱).

قهوه‌ای شدن بافت و سطح میوه می‌تواند از یک سو به نوع و محتوای ترکیب‌های فنولی و از سوی دیگر به فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول‌اکسیداز، پراکسیداز و فنیل‌آلانین آمونیالیاز مرتبط باشد. پژوهشگران این عوامل را وابسته به مرحله فیزیولوژیکی میوه‌ها می‌دانند که باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای میوه‌ها می‌شود (۱۴). آسیب اکسایشی فرآیند اولیه‌ای است که به‌دلیل ترکیب شدن ترکیب‌های فنولی با اکسیژن در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی‌فنول‌اکسیداز ایجاد می‌شود. اکسیداسیون فنول‌ها منجر به قهوه‌ای شدن می‌شوند (۳۷). افزایش پلی‌فنول‌ها را می‌توان به عملکرد و افزایش اتیلن و کاهش مقدار پلی‌فنول‌ها را در روز آخر به پیری و از بین رفتن بافت میوه نسبت داد (۱۶). قهوه‌ای شدن سطحی به‌طور معمول در اثر آسیب به میوه و در پی آن به سبب فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز رخ می‌دهد (۳۷). نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که تیمار سالسیلیک‌اسید در روز ۴۰ انبارمانی سبب افزایش و روز ۶۰ انبارمانی سبب کاهش قهوه‌ای شدن شد. سالسیلیک‌اسید با کاهش یا تأخیر در افزایش فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول‌اکسیداز و پراکسیداز، به‌طور محسوسی از افزایش این آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند و بدین ترتیب فرآیند رسیدن میوه، قهوه‌ای شدن و پیری را در میوه‌های شاه بلوط چینی تیمار شده کنترل می‌کند (۲۳). نتیجه‌های به‌دست آمده پژوهش حاضر در روز ۶۰ انبارمانی در ارتباط با تأثیر سالسیلیک‌اسید در کاهش قهوه‌ای شدن با بررسی‌های انجام شده بر میوه‌های شاه بلوط چینی (۲۳) و انار (۲۶) مطابقت دارد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

نتیجه‌گیری

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده سالسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار توانست کمترین میزان تلخی میوه، قهوه‌ای شدن پوست و مالون‌دی‌آلدهید را داشته باشد. تیمارهای سالسیلیک‌اسید کمترین میزان سرمازدگی نسبت به شاهد داشتند. سالسیلیک‌اسید ۳ میلی‌مولار کمترین میزان پوسیدگی و سرمازدگی و بیشترین میزان ترشی میوه و ترکیب‌های فنولی را داشت. عطر میوه در مدت انبارمانی کاهش یافت و سالسیلیک‌اسید نسبت به نمونه شاهد قادر به حفظ عطر و طعم مطلوب میوه لیمو ترش نشد ولی عوارضی مانند پوسیدگی، سرمازدگی، قهوه‌ای شدن فلاودو و مالون‌دی‌آلدهید را کاهش داد. با توجه به نتیجه‌های این بررسی به نظر می‌رسد امکان نگهداری میوه لیموآب بدون هیچ تیماری ولی در بسته بندی درب‌دار و دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ روز وجود دارد ولی برای حفظ اغلب صفات کمی و کیفی، کاربرد غلظت های ۱ و ۲ میلی مولار سالسیلیک‌اسید و بسته بندی میوه تا ۶۰ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس امکان‌پذیر است. با این حال پیشنهاد می‌گردد کاربرد قبل از برداشت این ترکیب بر ویژگی‌های کمی و کیفی لیموآب مورد بررسی قرار گیرد.

منابع References

۱. ابراهیم زاده، م.، ابوطالبی، ع.، کمال منش، م. و کاوند، ع. ر. ۱۳۹۱. اثر سالیسیلیک اسید بر خسارت سرمازدگی و برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی نارنگی ماندارین (*Citrus reticulate* Blanco, CV Kinnow). فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت محصولات باغبانی، ۲۹-۱:۱۳.

۲. رستگاری، ح.، تهرانی‌فر، ع.، نعمتی، س. ح. و وظیفه‌شناس، م. ر. ۱۳۹۳. کاربرد اسید سالیسیلیک قبل از برداشت میوه بر ویژگی‌های پس از برداشت انار و نگه‌داری در انبار سرد. علوم و صنایع کشاورزی، ۳۶۸-۳۶۰: (۳) ۲۸.

۳. روحی، ز.، اصغری، م. ر.، رسمی، ی. و اصلانی، ز. ۱۳۸۹. بررسی اثر پس از برداشت اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های کیفی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی رقم هایوارد. نشریه علوم باغبانی، ۱۰۸-۱۰۲: (۱)۲۴.

۴. صداقتی، ز. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی میوه ارقام سیب لبنانی زرد و قرمز در طی رسیدن و مقایسه انبارمانی آن‌ها تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ولیعصر رفسنجان، دانشکده کشاورزی گروه علوم باغبانی. ۱۵۹ صفحه.

۵. صداقت، ن. و حسینی، ف. ۱۳۸۹. تاثیر بسته بندی و دمای ذخیره‌سازی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب لیمو. مجله علوم و فنون غذایی ایران، ۸-۱:۶۱.

۶. فتوحی‌قزوینی، ر. و فتاحی‌مقدم، ج. ۱۳۸۵. پرورش مرکبات در ایران. انتشارات دانشگاه گیلان. ۴۶۹ صفحه.

۷. کلانتری، س.، محمدخانی، ع. ا. و فدایی تهرانی، ع. ا. ۱۳۹۶. بررسی اثر کیتوزان، موسیلاژ اسفرزه و اسانس چویل بر حفظ فاکتورهای کمی و کیفی لیموترش در طی دوره پس از برداشت. نخستین کنفرانس بین‌المللی و دهمین کنگره علوم باغبانی ایران. ۱۶-۱۳ شهریور ماه. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

8. Abeysinghe, D. C., X. Li, C. D. Sun, W. S. Zhang, C. H. Zhou and K. S. Chen. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chem. 104:1338-1344.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

9. Asghari, M. A. and M. Soleimaniaghdam. 2010. Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops. Food Sci. Tech. 21:502-509.
10. Babalar, M., M. Asghari, A. Talaei and A. Khosroshahi. 2007. Effect pre and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production fungal decay and overall quality of Selava strawberry fruit. Food Chem. 105: 449-453.
11. Chen, J. Y., P. E. Wen, W. F. Kong, Q. H. Pan, J. C. Zhan, J. M. Li, S. B. Wan and W. D. Huang. 2006. Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvest grape berries. Postharvest Biol. Technol. 40: 64-72.
12. Fang, Z., Y. Zhang, Y. Lu, G. Ma and J. Chen. 2009. Phenolic compound and antioxidant capacities of bayberry juices. Food Chem. 113: 884-888.
13. Halliwell, B. 2006. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. J. Plant Physiol. 141: 312-322.
14. Harel, E., A. M. Myer, and Y. Shain. 1964. Catechol oxidase from apples, their properties, sub cellular location and inhibition. Physiol. Plant. 17: 921-930.
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. Laja, M., A. Mareczek, and J. Ben. 2003. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. Food Chem. 80: 303-307.
17. Manie, A. S. 1997. Scientific fundamentals of fruit trees. Iran Technical Publishing. 996 P.
18. Meyers, K. J., C. B. Watkins, M. P. Pritts and R. H. Liu. 2003. Antioxidant and ant proliferative activities of strawberries. J. Agr. Food Chem. 51: 6887-6892.
19. Mirdehghan, S. H., M. Rahemi, D. Martinez-Romero, F. Guillen and J. M. Valverde. 2006. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat temperature. Postharvest Biol. Technol. 44: 19-25.
20. Molassiotis, A., G. Diamantidis, I. Therios and K. Dimassi. 2005. Effect of salicylic acid on ethylene induction and antioxidant activity in peach rootatock regenerants. Bio. Plant. 49:609-612.
21. Parkin, K. L., A. Marangoni, R. L. Jackman, R. Y. Yada and D. W. Stanley. 1989. Chilling injury. A review of possible mechanisms. J. Food Bio. 13: 127-153.
22. Patthamakanokporn, O. 2004. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits and their juices. Mahidol University, Thailand. 82 p.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

23. Peng, L. and Y. Jiang. 2006. Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut. Food Chem. 94: 535-540.
24. Ranjbaran, E., H. Sarikhani, A. Wakana and D. Bakhshi. 2011. Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Bidaneh Sefid). Faculty of Agriculture, Kyushu University, 56: 263-269.
25. Raskin, I. 1992. Salicylate, a new plant hormone. Plant Phy. 99: 799-803.
26. Sayyari, M., M. Babalar, S. Kalantari, M., Serrano and D. Valero. 2009. Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. Postharvest Biol. Technol. 53: 152-154.
27. Sayyari, M., S. Castillo, D. Valero, H. M. Diaz-Mula and M. Serrano. 2011. Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. Postharvest Biol. Technol. 60: 136-142.
28. Serrano, M., F. Guillen, D. Martinez-Romero, S. Castillo and D. Valero. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening storages. J. Agr. Food Chem. 53: 2741-2745.
29. Shokrollahfam, S., J. Hajilou, F. Zaare Nahandy, S.J. Tabatabaie, R. Naghshiband hasani. 2014. Effects of putrescine, calcium chloride and salicylic acid on quality and storage life of plum fruit cv. "Shablon. The Plant Pro. (Sci. J. Agr.): 15-26.
30. Srivastava, M. K. and U. N. Dwivedi. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Sci. 158: 87-96.
31. Suntornsuk, L., W. Gritsanapun, S. Nilkamhank and A. Paochom. 2002. Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. J. Pharm. Biomed Anal. 28: 849-855.
32. Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant Physiology. 3rd edition.
33. Thumula, P. 2006. Studies on Storage Behaviour of Tomatoes Coated with Chitosan-Lysozyme Films. Master of Science Thesis Department of Bioresource Engineering Faculty of Agricultural an Environmental Sciences. McGill University Montreal, Quebec, Canada. pp: 128.
34. Valero, D., J. M. Valverde, D. Martinez-Romero, F. Guillen, S. Castillo and M. Serrano. 2006. The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. Postharvest Biol. Technol. 41:317-327.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

35. Wang, L., S. Chen, W. Kong, S. Li and D. D. Archbold. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biol. Technol. 41:244-251.
36. Yao, H. J. and S. P. Tian. 2005. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. Postharvest Biol. Technol. 35: 253-262.
37. You, Y. L., Y. M. Jiang, X. W. Duan, X. G. Su, L. L. Song, H. Liu, J. Sun and H. M. Yang. 2007. Browning inhibition and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut by anoxia treatment. J. Food Pro. Pre. 31: 595-606.
38. Zhao, S. J., C. C. Xu and Q. Zou. 1994. Improvements of the method for measurement of malondialdehyde in plant tissue. Plant. Phy. Comm. 30: 207-210.
39. Zheng, Y. and Q. Zhang. 2004. Effects of polyamines and salicylic acid postharvest storage of Ponkan mandarin. Acta Hort. 632: 317-320.
40. Ziena, H. M. S. 2000. Quality attributes of Bearss seedless Lime (*Citrus latifolia* Tan) Juice during storage. Food Chem. 71: 167-170.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19 (4): 445-458 (2018)

Effect of Salicylic Acid on Some Characteristics of Lime Fruits (*Citrus aurantifolia* L.) in Storage

M. Yousefi, F. nazoori, S.H. Mirdehghan and M.H. Shamshiri[1]

Lime fruits have economic and nutritional value but the fresh consumption of this fruit compared with processing methods is less, because of its low storage capacity. This research was designed to study the effects of different concentrations of salicylic acid (0, 1, 2 and 3 mM) on quantitative and qualitative characteristics of lime fruit in storage period (0, 20, 40 and 60 days). The experiment was as factorial based on completely randomized design with four replications (10 fruit per each replication). Each treatment was immersed in salicylic acid for 5 minutes and after drying, was packed in disposable containers and transferred to storage with temperature of 4±1 ° C and relative humidity 85 ± 5 ° C. The results showed during storage, fruit acidity and aroma were decreased and fruit bitterness increased. Sixty days after storage, salicylic acid 3 and 2 mM, compare to the control recorded the highest fruit acidity (60%). At the end of the storage salicylic acid 1 mM compare to the control had the lowest fruit bitterness (20%), flavedo browning and malondialdehyde. After 60-day storage, the lowest chilling percentage and decay and highest acidity and phenolic compound (66%) belonged to salicylic acid 3 mM compare to control. Salicylic acid maintained fruit acidity and antioxidant activity and prevented decay, chilling injury, browning and malondialdehyde. It seems that the use of salicylic acid 2 and 1 mM can maintain some qualitative and quantitative properties of lime fruit during 60 days of storage at 4 ± 1 °C.

Keywords: Browning felavdo, Chilling injury, Citrus, Decay, Storage.

1. Former M.Sc. Student, Assistant Professor, Professor and Associate Professor of Horticultural Science, Department of Horticulture, Vali-e-Asr University of Rafsajan, Rafsanjan, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (fatemehnazoori@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.3.9]