

اثر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات بیوشیمیایی و کیفیت پس از برداشت میوه گنار هندی (*Zyziphus mauritiana* Lamk)

حسین میغانی^{۱*} و ابوذر هاشم‌پور^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۱)

چکیده

عمر انبارمانی میوه‌های گنار هندی نسبتاً کوتاه است. بنابراین، در این پژوهش تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) بر عمر انبارمانی و کیفیت پس از برداشت میوه‌های انبار شده در دمای 4 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی ارزیابی شد. کیفیت پس از برداشت و خصوصیات بیوشیمیایی میوه در طول ۳۰ روز نگهداری میوه‌ها در انبار با فواصل زمانی ۱۰ روز یک‌بار اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش مدت انبارمانی میزان سفتی بافت میوه، اسیدیته قابل عیارسنجی (TA)، اسید آسکوربیک و فنل کل در میوه‌های تیمار شده و شاهد کاهش یافت، اما میزان کاهش وزن، پوسیدگی، مواد جامد محلول (TSS) و نسبت TSS/TA افزایش یافت. میزان تغییرات شاخص‌های فوق در مقایسه با زمان برداشت در میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف SA کمتر از میوه‌های گروه شاهد بود. همچنین میزان فعالیت پاداکسندگی کل و فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT در میوه‌های تیمار شده با SA به طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های شاهد بود. به‌طور کلی غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار SA بهترین تیمارها در حفظ ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی میوه گنار هندی در شرایط پس از برداشت بودند. در مجموع، نتایج نشان داد که تیمار SA می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر و کارآمد در تکنولوژی پس از برداشت میوه گنار هندی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های پاداکسند، پس از برداشت، سفتی، فعالیت پاداکسندگی، فنل کل

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت

۲- استادیار پژوهش پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر

* پست الکترونیک: hmeighani@ujiroft.ac.ir

مقدمه

گنار یکی از میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری نیمکره شمالی و متعلق به خانواده راناسه است. در این خانواده دو گونه مهم عناب و گنار هندی وجود دارد. گنار یکی از قدیمی‌ترین میوه‌ها است که سلطان میوه‌های مناطق خشک نیز نامیده می‌شود (کاویتا^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). میوه گنار هندی از ارزش غذایی بالایی برخوردار است و دارای مقادیر قابل توجهی از ترکیب‌های فیتوشیمیایی و مواد معدنی مثل آمینواسیدها، کربوهیدرات، آسکوربیک اسید، فنل‌ها و فلاونوئیدها، ویتامین‌های A و B و عنصرهای فسفر، کلسیم و آهن است و به دلیل وجود این ترکیب‌ها، گنار هندی به سبب فقرا نیز معروف است. میوه گنار هندی شیرین و خوشمزه و دارای گوشتی لطیف و آبدار است که عمدتاً مصرف تازه‌خوری دارد اما فرآورده‌هایی مانند میوه خشک، آب میوه، مربا و کنسرو نیز از آن تهیه می‌شود. میوه گنار خون را تصفیه کرده و به هضم غذا نیز کمک می‌کند (پاریک و یحیی، ۲۰۱۳).

گنار میوه‌ای نسبتاً فسادپذیر است که از عمر پس از برداشت کوتاهی برخوردار است و در دمای محیط ماندگاری آن حدوداً ۴-۵ روز است (پاریک و یحیی، ۲۰۱۳). میوه‌ای فرازگرا است که هورمون اتیلن فرآیند رسیدن و پیری آن را تسریع کرده و منجر به کاهش عمر انباری و پارامترهای کیفی مثل سفتی گوشت میوه، محتوی کلروفیل و مواد مغذی و بروز پوسیدگی و طعم نامطلوب می‌شود (کیوپینگ و ونشویی، ۲۰۰۷). گنار هندی در حال حاضر در مناطق جنوبی کشور کشت می‌شود که از نقطه نظر اقتصادی برای کشاورزان منطقه اهمیت دارد. اما به دلیل ارسال حجم زیادی از میوه‌های تازه برداشت شده به بازارهای محلی و داشتن عمر انباری کوتاه مقدار قابل توجهی از میوه‌ها از بین می‌رود و منجر به ضایعات سنگین می‌شود. بنابراین، مدیریت صحیح و یافتن روش‌های مناسب برای کنترل ضایعات پس از برداشت میوه گنار امری ضروری به نظر می‌رسد.

استفاده از ترکیب‌های سالم و سازگار با محیط زیست و سلامت انسان، یکی از دغدغه‌های مهم پژوهش‌گران تکنولوژی پس از برداشت محصولات باغی است. در

سال‌های اخیر روش‌های مختلفی مانند دمای پایین، اتمسفر کنترل شده، پوشش‌های نگهدارنده، اشعه و مواد شیمیایی برای افزایش ماندگاری و حفظ ارزش تغذیه‌ای میوه گنار در شرایط پس از برداشت استفاده شده است (پاریک و یحیی، ۲۰۱۳). سالیسیلیک اسید یکی از ترکیباتی است که در دهه‌های اخیر توجه محققان را به خود جلب کرده است. سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک ترکیب فنلی ساده طبیعی در گستره وسیعی از گیاهان یافت می‌شود و به‌عنوان یک ترکیب هورمونی در تنظیم مراحل مختلف رشد و نمو گیاهان از جمله رسیدن و پیری دخالت دارد و به‌عنوان القاء‌کننده مکانیسم دفاعی گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده شناخته شده است و نقش مؤثری در القای مقاومت سیستمیک نیز دارد (کای و ژانگ^۴، ۱۹۹۹). گزارش‌های قبلی نشان می‌دهد که سالیسیلیک اسید پتانسیل بالایی در کنترل ضایعات پس از برداشت محصولات باغی دارد و در غلظت‌های غیرسمی فرآیند رسیدن و نرم شدن میوه را به تأخیر انداخته، پراکسیداسیون لیپید را کاهش داده و مقاومت به بیماری‌های پس از برداشت را افزایش می‌دهد (لو^۵ و همکاران، ۲۰۱۱). کاربرد پس از برداشت سالیسیلیک اسید با کاهش تنفس و تولید اتیلن و تأخیر در پیری از کاهش وزن و سفتی بافت میوه در مدت انبارمانی جلوگیری می‌کند (ژانگ^۶ و همکاران، ۲۰۰۳) و در حفظ میزان فنل کل، آسکوربیک اسید و فعالیت پاداکسندگی نیز مؤثر بوده است (داوری‌نژاد^۷ و همکاران، ۲۰۱۵). گزارش شده است کاربرد سالیسیلیک اسید میزان فعالیت آنزیم‌های پاداکسندنده سوپراکسید دیسموتاز (SOD) کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (POD) را در میوه‌های سیب و هلو طی مدت انبارمانی افزایش می‌دهد (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷؛ تارین^۸ و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین تیمار میوه هلو با سالیسیلیک اسید سبب کاهش تغییرات وزن، pH، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون در طول دوره انبارمانی شده و میوه‌های تیمار شده از فعالیت پاداکسندگی بیشتر و پوسیدگی کمتری برخوردار بوده‌اند (تارین و همکاران، ۲۰۱۲).

4. Cai and Zheng
5. Luo
6. Zhang
7. Davarynejad
8. Tareen

1. Kavitha
2. Pareek and Yahia
3. Qiuping and Wenshui

سفتی بافت میوه

برای تعیین سفتی بافت میوه از دستگاه سفتی‌سنج دستی مدل FT 011 با نوک (پروپ) ۸ میلی‌متر استفاده شد و نتایج بر حسب نیوتن بیان شد.

صفات کیفی و فیتوشیمیایی

میزان مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی (Euromex RD 635, Holland)، اسیدیته قابل عیار (TA) به روش عیارسنجی با استفاده از هیدروکسید سدیم یک دهم نرمال تا رسیدن به pH برابر ۸/۲ اندازه‌گیری شد و شاخص طعم از تقسیم TSS به TA محاسبه شد. آسکوربیک اسید به روش عیارسنجی با استفاده از معرف ۲ و ۶- دی‌کلروفنل‌ایندوفنل اندازه‌گیری و نتایج بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بافت میوه بیان شد.

میزان فنل کل با استفاده از روش فولین-سیکالچو در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (PG Instrument T80+ England) اندازه‌گیری و با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید محاسبه و نتایج بر حسب میلی‌گرم معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت میوه بیان شد (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۵). ظرفیت پادآکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) با استفاده از روش رادیکال آزاد DPPH در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری و نتایج بر حسب درصد بازدارندگی بیان شد (براندویلیمز^۲ و همکاران، ۱۹۹۵).

آنزیم‌های پادآکسنده

استخراج عصاره آنزیمی بر پایه روش بیوجمپ و فریدوویچ^۳ (۱۹۷۱) صورت گرفت. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) به روش چنس و ماهلی^۴ (۱۹۹۵) با قرائت میزان جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر انجام شد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) با اندازه‌گیری میزان تغییر فتوشیمیایی نیتروبلوتترازولیموم (NBT) در طول موج ۵۶۰ نانومتر تعیین شد (جیانوپولیتیس و ریس^۵، ۱۹۷۷). فعالیت آنزیمی بر حسب میکرومول بر گرم تر میوه در دقیقه ($\mu\text{Mol/g FW.min}$) بیان شد.

با توجه به گزارش‌های فوق مطالعه حاضر با هدف ارزیابی پتانسیل تیمار پس‌از برداشت سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک ترکیب سالم بر ماندگاری و ویژگی‌های بیوشیمیایی و کیفی میوه کُنا رهندی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

میوه‌های کُنا رهندی از درختان ۵ ساله پیوند شده بر روی پایه کُنا معمولی (*Ziziphus spina-christi*) واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب استان هرمزگان در مرحله سبز رسیده (تغییر رنگ از سبز تیره به سبز روشن و زرد) در اواسط بهمن ماه برداشت شدند. میوه‌ها به‌طور تصادفی از چهار جهت جغرافیایی درختان برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه گیلان انتقال داده شدند. میوه‌های آسیب دیده و دارای شکل غیرطبیعی حذف و میوه‌های سالم و یکنواخت پس از تمیز کردن سطح‌شان به ۴ گروه برای اعمال تیمار تقسیم شدند. میوه‌ها در غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۰/۰۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به مدت ۵ دقیقه به روش غوطه‌وری تیمار شدند. میوه‌های گروه شاهد نیز به مدت ۵ دقیقه در آب مقطر قرار داده شدند (کوماری^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). پس از خشک شدن، میوه‌ها درون پاکت‌های پلی‌اتیلنی زیپ‌دار بسته‌بندی و به سردخانه با دمای 4 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد منتقل شدند و با فاصله ۱۰ روز صفات زیر مورد بررسی قرار گرفت.

کاهش وزن میوه

نمونه‌ها قبل از قراردادن در سردخانه و همچنین در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند و میزان کاهش وزن به صورت درصد محاسبه شد.

میزان پوسیدگی میوه

در پایان هر مرحله نمونه‌برداری تعداد میوه‌های آلوده و پوسیده هر بسته بدون توجه به شدت آلودگی شمارش و میزان پوسیدگی بر حسب درصد از رابطه زیر به‌دست آمد (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵).

= پوسیدگی (%)

$100 \times (\text{تعداد کل میوه‌های هر بسته} / \text{تعداد میوه‌های آلوده در هر$

بسته)

2. Brand-Williams
3. Beauchamp and Fridovich
4. Chance and Maehly
5. Giannopolitis and Ries

1. Kumari

طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل شامل غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و مدت انبارمانی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. هر تیمار در هر مرحله نمونه‌برداری شامل ۳ بسته (تکرار) حاوی ۲۰۰ گرم میوه (۱۶-۱۴ عدد) بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

کاهش وزن

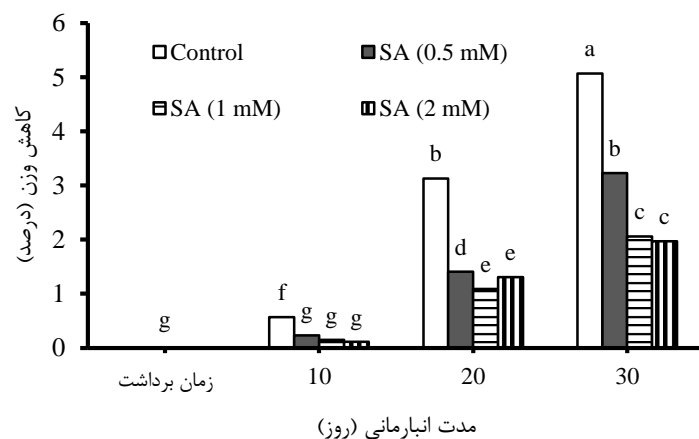
اثر ساده تیمارهای SA و مدت انبارمانی و اثر متقابل آنها بر میزان کاهش وزن میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن میوه‌های گروه شاهد و تیمار شده با غلظت‌های مختلف SA در طول دوره انبارمانی به تدریج کاهش یافت. بیشترین کاهش وزن در پایان دوره انبارمانی با میانگین ۵/۰۷ درصد از میوه‌های گروه شاهد به دست آمد که به طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های تیمار شده با SA بود. کمترین میزان کاهش وزن در پایان دوره انبارمانی با میانگین ۲/۰۶ درصد از تیمار ۲ میلی‌مولار SA به دست آمد.

همانطور که شکل ۱ نشان می‌دهد از نظر میزان کاهش وزن اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار SA در تمام مراحل نمونه‌برداری وجود نداشت.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر SA بر برخی صفات کمی و کیفی میوه گنار هندی

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
شاخص طعم	اسیدیته قابل عیارسنجی	مواد جامد محلول	پوسیدگی	سفتی بافت	کاهش وزن		
۲۰۵/۳۰**	۰/۰۲**	۱/۱۵**	۳/۹۰**	۲۷/۸۹**	۵/۰۸**	۳	سالیسیلیک اسید (a)
۶۲۱/۷۲**	۰/۱۱**	۴/۶۸**	۲۶/۳۵**	۱۶۷/۸۳**	۲۴/۳۴**	۳	مدت انبارمانی (b)
۷۱/۵۳**	۰/۰۱**	۰/۲۰ ^{ns}	۱/۴۵**	۶/۵۸**	۱/۳۸**	۹	a*b
۴/۸۲۸	۰/۰۰۱	۰/۱۲۲	۰/۰۹۶	۰/۶۸۰	۰/۰۲۱	۳۲	خطای آزمایش
۷/۸۴	۶/۰۷	۲/۳۷	۲۷/۵۸	۵/۸۱	۱۱/۴۷		ضریب تغییرات (درصد)

** و ns به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل SA و مدت انبارمانی بر کاهش وزن میوه گنار هندی. حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

می‌گیرد. کاهش وزن میوه‌ها در شرایط پس از برداشت بیشتر نتیجه فعالیت‌های متابولیکی از جمله تنفس و تعرق می‌باشد که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نابسامانی‌های

میزان کاهش وزن میوه‌ها در انبار تحت تأثیر شرایط محیطی انبار (دما، رطوبت نسبی، مدت انبارمانی و سرعت جریان هوای انبار) و تیمارهای پس از برداشت قرار

دیواره سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌های ACC سینتاز و ACC اکسیداز و بیوسنتز اتیلن و به تأخیر انداختن رسیدن میوه می‌تواند از نرم‌شدن بافت میوه در شرایط پس از برداشت جلوگیری کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۳ و وانگ و همکاران، ۲۰۱۵).

در پژوهش حاضر میزان نرم شدن بافت میوه‌های گنار هندی تیمار شده با SA طی دوره انبارمانی در مقایسه با شاهد کمتر بود که با نتایج گزارش شده در میوه‌های کیوی (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۳)، زردآلو (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵) و آلو (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۵) مطابقت دارد.

پوسیدگی میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمار SA و مدت انبارمانی بر میزان پوسیدگی و آلودگی میوه گنار هندی است (جدول ۱). همانطور که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است تا ۱۰ روز پس از شروع انبارمانی آلودگی در میوه‌های تیمار شده و شاهد مشاهده نشد اما با افزایش زمان نگهداری میوه‌ها در سردخانه به تدریج علائم آلودگی و پوسیدگی ظاهر شد گرچه میوه‌های تیمار شده با غلظت ۲ میلی‌مولار SA تا ۲۰ روز انبارمانی علائمی پوسیدگی و آلودگی میکروبی نشان ندادند. در کل میزان پوسیدگی در میوه‌های گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف SA بود. در پایان دوره انبارمانی بیشترین و کمترین میزان آلودگی به ترتیب با میانگین ۱۹/۴ و ۵/۴ درصد از میوه‌های گروه شاهد و تیمار ۱ میلی‌مولار SA به‌دست آمد (جدول ۲).

اثر SA در تحریک سیستم مقاومت گیاه در برابر چندین عامل بیماری‌گزارش شده است. کاربرد پس از برداشت SA به‌عنوان یک مولکول سیگنالی در فعال‌سازی مقاومت سیستمیک گیاهان در برابر پاتوژن‌های گیاهی مؤثر است (کای و ژانگ، ۱۹۹۹). همچنین کاربرد SA موجب تحریک بیان ژن‌های ایجادکننده مقاومت (PR) در برابر عوامل بیماری‌زا (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵) و افزایش بیان و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیل‌یاز می‌شود که فعال شدن سیستم دفاعی گیاهان در مقابل پاتوژن‌ها را به همراه دارد و می‌تواند دلیل فعال شدن سیستم مقاومت القایی توسط SA باشد (ون^۳ و همکاران، ۲۰۰۵).

فیزیولوژیکی، کاهش کیفیت میوه را به‌همراه دارد (لوفو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین در این پژوهش با افزایش مدت انبارمانی میزان کاهش وزن در میوه‌های گروه شاهد و تیمار شده با SA افزایش یافت که با نتایج گزارش شده در میوه‌های آلو (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۵) و لیچی (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵) مطابقت دارد. کاربرد SA میزان کاهش وزن میوه را از طریق بستن روزنه‌ها (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵) و کاهش تنفس و به دنبال آن کاهش سوخت و ساز میوه (وانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۵) در طی مدت انبارمانی کاهش می‌دهد.

سفتی بافت میوه

نتایج آزمایش نشان داد که سفتی بافت میوه گنار به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید، مدت انبارمانی و اثر متقابل آنها قرار گرفت. میزان سفتی بافت در زمان برداشت (شروع انبارمانی) ۱۷/۸۱ نیوتن بر سانتی‌متر مربع بود که با افزایش مدت انبارمانی میزان استحکام گوشت میوه در همه میوه‌ها به تدریج کاهش یافت. در میوه‌های گروه شاهد پس از ۳۰ روز انبارمانی میزان استحکام بافت میوه با حدود ۶۵ درصد کاهش به ۶/۰۹ نیوتن رسید. تیمار SA در حفظ استحکام بافت میوه‌ها در طول دوره انبارمانی مؤثر بود به نحوی که میزان استحکام بافت میوه در میوه‌های تیمار شده با SA به‌طور محسوس و معنی‌داری بیشتر از میوه‌های گروه شاهد بود. در پایان دوره انبارمانی کمترین تغییر در میزان سفتی بافت میوه نسبت به زمان برداشت با ۳۹ درصد کاهش مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار SA بود (جدول ۲).

سفتی بافت میوه یکی از فاکتورهای تعیین‌کننده کیفی میوه است که نقش به‌سزایی در بازارپسندی و انتخاب مصرف‌کننده دارد. نرم‌شدن بافت میوه طی فرایند رسیدن و پیری نتیجه تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی بخصوص سلولز و پکتین توسط آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی از جمله سلولاز، پکتین‌متیل‌استراز و پلی‌گالاکتروناز است که فعالیت آنها توسط هورمون اتیلن افزایش می‌یابد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۳ و وانگ و همکاران، ۲۰۱۵). اما SA با مهار آنزیم‌های تخریب‌کننده

1. Lufu
2. Wang

3. Wen

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل SA و مدت انبارمانی بر برخی صفات کمی و کیفی میوه گنار هندی

شاخص طعم	اسیدیته کل (mg/100 g)	پوسیدگی (درصد)	سفتی بافت (نیوتن)	تیمار	
				مدت انبارمانی (روز)	سالیسیلیک اسید (میلی مولار)
۲۲/۱۶ f	۰/۶۴ a	۰ e	۱۷/۸۲ a	۰	زمان برداشت
۲۳/۷۹ f	۰/۶۱ ab	۰ e	۱۵/۲۴ cd	۱۰	
۳۷/۳۰ b	۰/۴۲ f	۹/۳۱ b	۸/۹۹ g	۲۰	شاهد
۵۳/۱۳ a	۰/۳۱ g	۱۹/۳۸ a	۶/۰۹ h	۳۰	
۲۳/۱۲ f	۰/۶۲ ab	۰ e	۱۶/۱۷ bc	۷	
۲۸/۲۵ de	۰/۵۳ cd	۳/۸۸ d	۱۴/۱۲ d	۱۴	۰/۵
۳۵/۲۳ bc	۰/۴۴ ef	۱۰/۳۸ b	۹/۴۴ gf	۲۱	
۲۲/۳۶ f	۰/۶۳ a	۰ e	۱۶/۰۴ bc	۷	
۲۵/۰۳ ef	۰/۵۸ abc	۰/۷۸ e	۱۵/۷۷ c	۱۴	۱
۳۰/۸۰ cd	۰/۴۹ de	۵/۴۳ cd	۱۰/۴۹ ef	۲۱	
۲۲/۸۰ f	۰/۶۲ ab	۰ e	۱۷/۲۲ ab	۷	
۲۶/۱۸ ef	۰/۵۶ bc	۰ e	۱۵/۹۱ c	۱۴	۲
۳۳/۲۶ bc	۰/۴۶ ef	۶/۹۸ bc	۱۰/۸۸ e	۲۱	

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

مقایسه با شاهد کندتر کرد. در پایان دوره انبارمانی میزان TA در میوه‌های گروه شاهد در مقایسه با زمان برداشت ۵۱/۶ درصد افزایش یافت، درحالی‌که کمترین افزایش (۲۳/۴ درصد) مربوط به تیمار ۱ میلی‌مولار SA بود. پس از ۳۰ روز انبارمانی کمترین و بیشترین میزان شاخص طعم به ترتیب با میانگین ۳۰/۸۰ و ۵۳/۱۳ مربوط به تیمارهای ۱ میلی‌مولار SA و شاهد بود (جدول ۲).

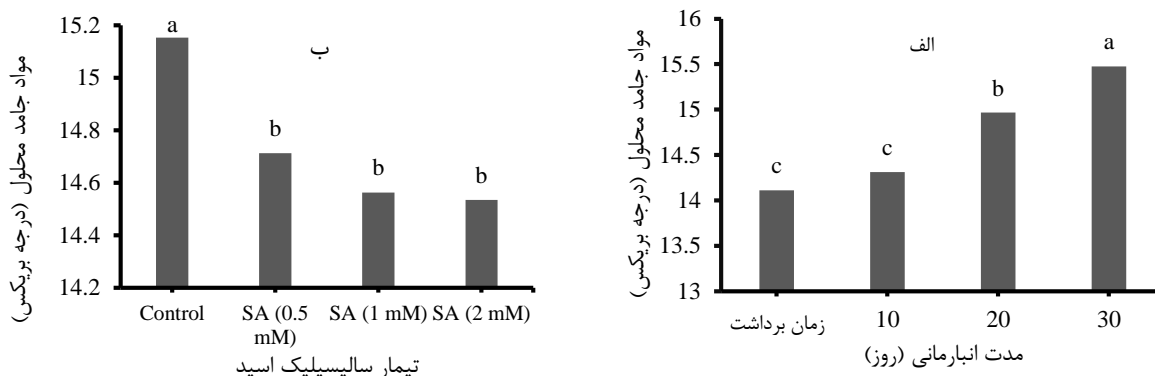
در میوه‌های فرازگرا مانند گنار هندی با رسیدن میوه میزان تنفس و تولید اتیلن افزایش می‌یابد که همگام با افزایش تولید اتیلن میزان فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی و به دنبال آن میزان TSS افزایش می‌یابد (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷؛ کوماری و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین افزایش میزان TSS طی مدت انبارمانی میوه گنار هندی می‌تواند نتیجه تبدیل نشاسته به قندهای محلول، هضم دیواره سلولی، کاهش رطوبت میوه و غلیظ شدن آب‌میوه باشد. در این پژوهش میزان افزایش TSS در میوه‌های تیمار شده با SA کمتر از میوه‌های گروه شاهد بود که با نتایج گزارش شده در میوه‌های سیب (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷)، زردآلو (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵) و لیچی (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵) همخوانی دارد. SA با به تأخیر انداختن فرآیند رسیدن و پیری، کاهش میزان تنفس و تولید اتیلن و حفظ تمامیت غشای سلولی از افزایش بیش از حد TSS طی مدت انبارمانی جلوگیری

یافته‌های قبلی نشان داد که SA به‌طور مستقیم از رشد و گسترش پوسیدگی قارچی در میوه گوجه‌فرنگی جلوگیری می‌کند (کای و ژانگ، ۱۹۹۹). بنابراین پوسیدگی و آلودگی کمتر در میوه‌های تیمار شده گنار هندی طی مدت انبارمانی را می‌توان به القای مقاومت به بیماری ایجاد شده توسط SA نسبت داد.

صفات حسی میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمارهای SA و مدت انبارمانی بر مقدار اسیدیته قابل عیارسنجی (TA) و شاخص طعم میوه گنار هندی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است در حالی‌که بر میزان مواد جامد محلول (TSS) اثر معنی‌داری نداشتند. اما اثر ساده تیمار SA و مدت انبارمانی بر میزان TSS معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش مدت انبارمانی میزان TSS و شاخص طعم روند افزایشی و میزان TA روند کاهشی داشت. میزان TSS در زمان برداشت ۱۴/۱۱ درجه بریکس بود و در پایان دوره انبارمانی به میزان ۱۰ درصد افزایش و به ۱۵/۴۷ درجه بریکس رسید (شکل ۲- الف). تیمار SA روند تغییرات TSS را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش داد اما بین غلظت‌های مختلف SA از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲- ب).

میزان TA طی مدت انبارمانی به تدریج کاهش و شاخص طعم روند افزایشی داشت. تیمار SA روند تغییرات را در



شکل ۲- اثر مدت انبارمانی (الف) و سالیسیلیک اسید (ب) بر میزان مواد جامد محلول میوه گنار هندی. حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

فوق در طعم و مزه میوه‌ها در پایان دوره انبارمانی نقش به‌سزایی دارد.

آسکوربیک اسید (AA)

اثر ساده تیمارهای SA و مدت انبارمانی و اثر متقابل آنها بر مقدار AA میوه گنار هندی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. (جدول ۳). مقدار AA در شروع آزمایش ۹۲/۴۶ میلی‌گرم بود اما با افزایش مدت انبارمانی مقدار آن به تدریج در همه تیمارها کاهش یافت. در پایان دوره انبارمانی مقدار AA میوه‌های گروه شاهد به ۳۶/۷۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم رسید که در مقایسه با زمان برداشت کاهش بیش از ۶۰ درصد را نشان می‌دهد. میزان کاهش AA در میوه‌های تیمار شده با SA کمتر از میوه‌های شاهد بود. در تمام مراحل نمونه‌برداری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار SA وجود نداشت. در پایان دوره انبارمانی بیشترین مقدار AA با میانگین ۵۶/۱۹ میلی‌گرم از تیمار ۲ میلی‌مولار SA به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های گروه شاهد و تیمار ۰/۵ میلی‌مولار SA بود (جدول ۴).

آسکوربیک اسید (AA) به‌عنوان یک پاداکسنده محلول در آب اهمیت زیادی در ارزش غذایی میوه‌ها و سبزی‌ها دارد اما در طی مراحل فرآوری و انبارمانی در مقایسه با سایر ترکیب‌های غذایی به تجزیه اکسیداسیونی حساس‌تر می‌باشد (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۵؛ یوسف‌پوردخانیه^۱ و همکاران، ۲۰۱۳) و در شرایط پس از برداشت نیز تحت

می‌کند (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷؛ کوماری و همکاران، ۲۰۱۵).

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) نشاندهنده مقدار تقریبی اسیدهای آلی موجود در میوه‌ها است که معمولاً همگام با رسیدن میوه از میزان آنها کاسته می‌شود (جلیلی‌مردی و شفائی، ۱۳۹۴). بنابراین کاهش میزان TA در طول مدت انبارمانی می‌تواند نتیجه انجام فعالیت‌های متابولیکی در میوه‌ها و استفاده از اسیدهای آلی به عنوان پیش‌ماده فرآیند تنفس و تبدیل به قند باشد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵). در این پژوهش میزان اسیدهای آلی میوه‌های تیمار شده با SA در طول دوره انبارمانی بیشتر از میوه‌های گروه شاهد بود که می‌تواند به نقش SA در کاهش میزان تنفس میوه‌های تیمار شده نسبت داده شود. در پژوهشی تیمار میوه گلایی با SA به‌طور معنی‌داری از کاهش اسیدهای آلی در طی مدت انبارمانی جلوگیری کرد (جلیلی‌مردی و شفائی، ۱۳۹۴). همچنین گزارش شده است که SA با کاهش تنفس در میوه‌های سیب (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷)، هلو (تارین و همکاران، ۲۰۱۲) و زردآلو (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵) از کاهش اسیدهای آلی جلوگیری کرد در حالی‌که تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدهای آلی میوه لیچی نداشت (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵). نسبت قند به اسید (TSS/TA) یا شاخص طعم تعیین‌کننده طعم و مزه میوه‌ها است. با توجه به تغییر میزان قند و اسیدهای آلی در طول مدت انبارمانی، مقدار شاخص طعم به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت که افزایش بیش از حد شاخص طعم کاهش کیفیت خوراکی میوه‌ها را به همراه دارد، لذا تیمار SA با کاهش نوسان شاخص‌های

1. Yousefpour Dokhanieh

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر SA و مدت انبارمانی بر ترکیب‌ها و آنزیم‌های پاداکسنده میوه گنار هندی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		آسکوربیک اسید	فنل کل	ظرفیت پاداکسندگی	سوپراکسید دیسموتاز
سالیسیلیک اسید (a)	۳	۲۹۸/۷۰**	۱۳۲۸/۴۶**	۱۲۳/۹۲**	۱۸/۶۸**
مدت انبارمانی (b)	۳	۴۲۸۱/۵۶**	۴۶۸۴/۱۵**	۱۵۲۷/۴۸**	۱۶۵/۲۰**
a*b	۹	۵۰/۸۷**	۳۷۲/۰۱*	۳۳/۹۲**	۹/۷۸**
خطای آزمایش	۳۲	۱۰/۵۷۶	۱۶۵/۴۵۹	۵/۹۳۴	۱/۰۸۰
ضریب تغییرات (%)		۴/۳۲	۶/۹۲	۴/۶۵	۶/۲۰
					۹/۶۸

** و * به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

نمونه‌برداری از نظر میزان فنل کل تفاوت آماری معنی‌داری بین میوه‌های گنار هندی تیمار شده با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار SA وجود نداشت. در پایان دوره انبارمانی بیشترین مقدار فنل کل با میانگین ۱۶۷/۴۹ میلی‌گرم از تیمار ۱ میلی‌مولار SA به‌دست آمد (جدول ۳).

فنل‌ها نقش مهمی در رنگ و طعم میوه‌ها و سبزی‌ها دارند. عمده‌ترین ترکیب‌های فنلی موجود در میوه گنار هندی کافئیک اسید، p- هیدروبنزوتیک اسید، فرولیک اسید و p- کوماریک اسید گزارش شده است (کویتا و همکاران، ۲۰۱۵). در این پژوهش میزان فنل کل صرف نظر از نوع تیمار، با افزایش مدت انبارمانی کاهش یافت که با نتایج گزارش شده در مورد میوه‌های لیچی (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵)، آلو (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۵) و سیب (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷) مطابقت دارد. همگام با رسیدن و پیر شدن میوه تولید رادیکال‌های آزاد و فعالیت آنزیم‌های PPO و POD افزایش می‌یابد که باعث تجزیه و تخریب فنل‌ها می‌شوند (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵). اما SA با کاهش فعالیت آنزیم‌های PPO و POD، کاهش سرعت فرآیند پیری (با کاهش نرخ تنفس و تولید اتیلن) و به‌دنبال آن کاهش تولید ROS می‌تواند در حفظ ترکیبات فنلی در طول دوره انبارمانی مؤثر باشد (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷؛ کای و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین SA با کاهش مصرف اسیدهای آلی در طول دوره انبارمانی در پایین نگهداشتن pH شیره سلولی مؤثر است که در چنین شرایطی پلی‌فنل‌اکسیدازها غیرفعال بوده و نمی‌توانند ترکیب‌های فنلی را اکسید کنند (اصغری و همکاران، ۱۳۹۷).

ظرفیت پاداکسندگی

تأثیر آنزیم آسکوربیک اسیداکسیداز (AAO) مقدار آن کاهش می‌یابد (یوسف‌پوردخانیه و همکاران، ۲۰۱۳). در این پژوهش کاربرد SA در حفظ AA در طول مدت انبارمانی نقش به‌سزایی داشت که با نتایج گزارش شده در میوه‌های لیچی (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵)، آلو (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۵) و زغال اخته (یوسف‌پوردخانیه و همکاران، ۲۰۱۳) مطابقت دارد. حفظ بیشتر AA در میوه‌های تیمار شده می‌تواند به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم AAO، فعال‌سازی غیرمستقیم بیوسنتز AA با تولید کربوهیدرات‌هایی مثل گلوکز و ساکارز، نقش ضدپیری، افزایش فعالیت پاداکسندگی و مقاومت القایی سیستمیک ایجاد شده توسط SA باشد که تخریب AA میوه‌ها را در طی مدت انبارمانی به‌تأخیر می‌اندازد (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵؛ یوسف‌پوردخانیه و همکاران، ۲۰۱۳).

فنل کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده تیمارهای SA و مدت انبارمانی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فنل کل میوه‌های گنار هندی معنی‌دار بود (جدول ۳). میزان فنل کل میوه‌های گنار هندی در طول دوره انبارمانی در همه تیمارها به‌تدریج کاهش یافت. همانطور که در جدول شماره ۴ نشان داده شده است میزان کاهش در میوه‌های گروه شاهد در مقایسه با میوه‌های تیمار شده با SA به‌طور معنی‌داری بیشتر بود به‌نحوی که در پایان دوره انبارمانی با کاهش حدود ۴۶ درصد به میانگین ۱۱۳/۱۹ میلی‌گرم معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت تر میوه رسید. در غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار SA تا ۲۰ روز پس از شروع انبارمانی اختلاف معنی‌داری در میزان فنل کل در مقایسه با زمان برداشت مشاهده نشد. همچنین در تمام مراحل

میوه‌های شاهد بود. در پایان دوره انبساطی بیشترین میزان ظرفیت پاداکسندگی با میانگین ۴۲/۱۵ درصد مربوط به تیمار ۱ میلی‌مولار SA و کمترین میزان آن با میانگین ۲۹/۴۳ درصد از میوه‌های گروه شاهد به دست آمد که کاهش ۵۲ درصدی در مقایسه با زمان برداشت نشان داد (جدول ۴).

ظرفیت پاداکسندگی میوه گنارهندی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای SA و مدت انبارمانی و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۳). میزان ظرفیت پاداکسندگی در زمان برداشت ۶۱/۳۶ درصد بود که به تدریج در طول دوره انبارمانی در همه تیمارها کاهش یافت اما میزان کاهش در میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف SA کمتر از

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل SA و مدت انبارمانی بر آسکوربیک اسید، فنل کل و فعالیت پاداکسندگی میوه گنار هندی

فعالیت پاداکسندگی (درصد بازدارندگی)	فنل کل (mg/100 g)	آسکوربیک اسید (mg/100 g)	تیمار	
			مدت انبارمانی (روز)	سالیسیلیک اسید (میلی‌مولار)
۶۱/۳۶ a	۲۰۸/۰۷ a	۹۲/۴۶ a	۰	زمان برداشت
۵۹/۴۶ ab	۱۹۷/۴۵ ab	۸۱/۳۵ cd	۷	شاهد
۴۱/۱۴ e	۱۶۵/۳۹ c	۶۳/۱۴ f	۱۴	
۲۹/۴۳ g	۱۱۳/۱۹ e	۳۶/۷۹ i	۲۱	
۶۱/۸۶ a	۲۰۵/۱۷ ab	۸۶/۰۹ bc	۷	۰/۵
۴۹/۶۱ d	۱۸۹/۱۴ b	۷۱/۳۲ f	۱۴	
۳۶/۱۶ f	۱۴۱/۹۶ d	۴۹/۲۳ h	۲۱	
۶۰/۹۸ a	۲۰۳/۶۳ ab	۸۸/۴۶ ab	۷	۱
۵۵/۵۸ bc	۱۹۷/۹۳ ab	۷۸/۴۸ d	۱۴	
۴۲/۱۵ e	۱۶۷/۴۹ c	۵۷/۴۸ g	۲۱	
۶۱/۰۸ a	۲۰۵/۷۳ ab	۸۹/۶۶ ab	۷	۲
۵۳/۹۶ cd	۱۹۶/۰۹ ab	۷۶/۳۹ d	۱۴	
۴۰/۵۷ ef	۱۵۹/۱۹ cd	۵۶/۱۹ g	۲۱	

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

۲۰۱۷). بنابراین ظرفیت پاداکسندگی بیشتر در میوه‌های تیمار شده با SA را می‌توان به حفظ ترکیب‌های فوق و افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی در میوه‌های تیمار شده نسبت داد.

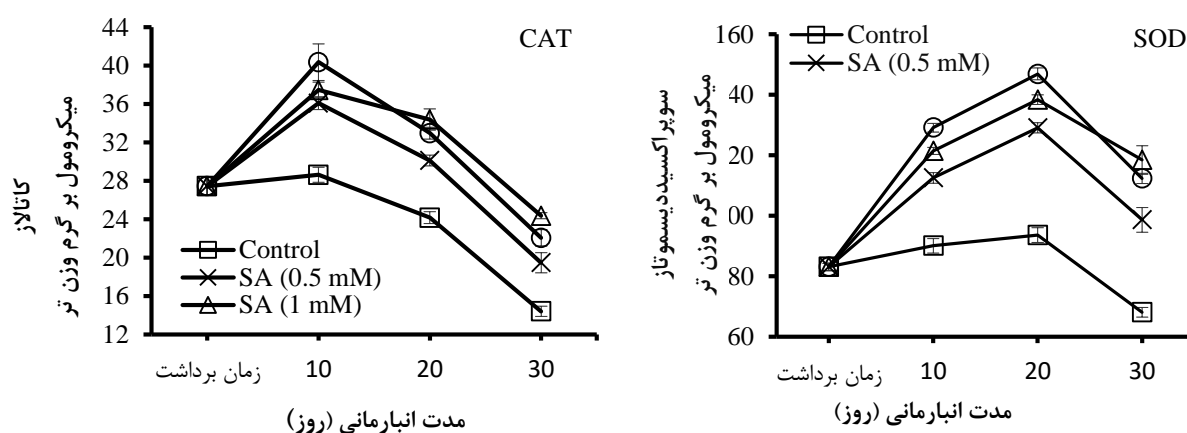
آنزیم‌های پاداکسندگی (SOD و CAT)

میزان فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای SA و مدت انبارمانی و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان فعالیت آنزیم SOD در میوه‌های گروه شاهد و تیمار شده با SA تا ۲۰ روز پس از شروع انبارمانی افزایش و سپس کاهش یافت. در میوه‌های گروه شاهد میزان فعالیت آنزیم SOD در پایان دوره انبارمانی (۶۸/۱۵ میکرومول بر گرم وزن تر) به‌طور معنی‌داری کمتر از زمان برداشت (۸۳/۰۹) بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم SOD با میانگین ۱۴۶/۸۵ میکرومول از تیمار ۲ میلی‌مولار SA پس از ۲۰ روز

فعالیت زدودن رادیکال‌های آزاد یکی از مکانیسم‌های شناخته شده‌ای است که به‌موجب آن پاداکسندگی‌ها از پراکسیدآسیون لیپیدها و تخریب غشای سلولی جلوگیری می‌کنند (کوماری و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهش انجام شده بر روی میوه آلو نشان داد که میزان ظرفیت پاداکسندگی میوه‌های شاهد و تیمار شده با پوترسین و SA طی مدت انبارمانی به تدریج کاهش یافت (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۷؛ کوماری و همکاران، ۲۰۱۵) که با یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. کاهش ظرفیت پاداکسندگی در طول مدت انبارمانی به کاهش میزان آسکوربیک اسید و ترکیب‌های فنلی (داوری‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۷؛ کوماری و همکاران، ۲۰۱۵) و کاهش فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی نسبت داده شده است (جلیلی‌مردی و شفائی، ۱۳۹۴). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ظرفیت پاداکسندگی با میزان آسکوربیک اسید و فنل کل گزارش شده است (داوری‌نژاد و همکاران،

کمترین میزان فعالیت آنزیم CAT با میانگین ۱۴/۴۰ میکرومول بر گرم وزن تر و کاهش ۴۸ درصد نسبت به زمان برداشت از میوه‌های گروه شاهد به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری کمتر از میوه‌های تیمار شده با SA بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم CAT با میانگین ۳۷/۴۶ میکرومول از تیمار ۱ میلی‌مولار SA ۱۰ روز پس از شروع انبارمانی به‌دست آمد. به‌طور کلی میزان فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT در تمام مراحل نمونه‌برداری در میوه‌های تیمار شده با SA بیشتر از میوه‌های گروه شاهد بوده است (شکل ۳).

انبارمانی به‌دست آمد که حدود ۷۷ درصد در مقایسه با زمان برداشت فعالیت آن افزایش یافت. همانطور که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است فعالیت آنزیم CAT در همه میوه‌ها تا ۱۰ روز پس از شروع انبارمانی افزایش یافت گرچه میزان افزایش در میوه‌های گروه شاهد از نظر آماری معنی‌دار نبود. اما با تداوم دوره انبارمانی میزان فعالیت آنزیم CAT به‌تدریج کاهش یافت هرچند میزان فعالیت آنزیم CAT در میوه‌های تیمار شده با SA تا مرحله دوم انبارداری در مقایسه با زمان برداشت بیشتر بود. در پایان دوره انبارمانی



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل SA و مدت انبارمانی بر فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT در میوه گنار هندی

لیپوکسیژناز، تولید کننده رادیکال سوپر اکسید، را کاهش داد (کائو^۲ و همکاران، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که کاربرد پس از برداشت SA باعث تأخیر در فرآیند رسیدن و پیری میوه گنار هندی طی مدت انبارمانی می‌شود و با حفظ رطوبت و سفتی بافت میوه نقش موثری در کیفیت خوراکی و بازاریابی آن دارد. همچنین SA با جلوگیری از کاهش میزان آسکوربیک اسید، پلی‌فنل‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده در حفظ فعالیت پاداکسنده‌گی کل میوه مؤثر بود. بنابراین تیمار SA به‌ویژه غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار آن می‌تواند به‌عنوان روشی سالم برای حفظ ویژگی‌های کمی، کیفی و افزایش عمر انبارمانی میوه گنار هندی مورد استفاده قرار گیرد.

افزایش تولید ROS طی فرآیند رسیدن میوه‌ها می‌تواند سبب ایجاد خسارت به غشاهای سلولی و افزایش سرعت پیری محصول گردد (جلیلی‌مردی و شفائی، ۱۳۹۴). در سیستم پاداکسنده آنزیمی، آنزیم SOD رادیکال سوپر اکسید (O_2^-) تولید شده در تنش‌های اکسیداتیو را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌کند و سپس حذف پراکسید هیدروژن توسط آنزیم‌های CAT، POD و APX انجام می‌شود (دینگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). در این پژوهش میزان فعالیت آنزیم‌های SOD و CAT در میوه‌های تیمار شده با SA همواره بیشتر از میوه‌های گروه شاهد بود که با نتایج گزارش در مورد میوه‌های انبه مطابقت دارد (دینگ و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین کاربرد SA در میوه هلو فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده را افزایش و فعالیت

منابع

- اصغری، م.، غفاری‌بکتاش، ه. و فرخزاد، ع. ۱۳۹۷. تغییر خواص کیفی میوه‌ی سیب رقم رد دلشیز در پاسخ به کاربرد پس از برداشت اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک. فناوری تولیدات گیاهی، ۱۱۸(۱): ۱۰۷-۱۲۴.
- جلیلی‌مردی، ر. و شفائی‌عباس‌آباد، ز. ۱۳۹۴. تأثیر تیمارهای پس از برداشت اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات کیفی میوه گلابی رقم سردرود در دوره انبارداری. تولیدات گیاهی، ۳۸(۱): ۱۳۱-۱۴۳.
- Beauchamp, C. and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. *Anal Biochemistry*, 44: 276-287.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Cai, X.Z. and Zheng, Z., 1999. Induction of systemic resistance in tomato by and incompatible race of *Cladosporium fulvum* and the accumulation dynamics of salicylic acid in tomato plants. *Acta Horticulture*, 29: 261-264.
- Cao, S., Hu, Z., Zheng Y. and Lu, B. 2010. Synergistic effect of heat treatment and salicylic acid on alleviating internal browning in cold-stored peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58: 93-97
- Chance, B. and Maehly, A.C. 1955. Assay of catalase and peroxidase. *Methods in Enzymology*, 2: 764-775.
- Davarynejad, G.H., Zarei, M., Nasrabadi, M.E. and Ardakani, E. 2015. Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4): 2053-2062.
- Ding, Z.S. Tiana, S.P., Zhenga, X.L., Zhoua, 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: 112-121.
- Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, 59: 309-314.
- Kavitha, C., Kuna, A., Supraja, T., Blessy-Sagar, S., Padmavathi, T.V.N. and Prabhakar, N. 2015. Effect of gamma irradiation on antioxidant properties of ber (*Zizyphus mauritiana*) fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5): 3123-3128.
- Kumari, P., Barman, K., Patel, V.B. Siddiqui, M.W. and Kole, B. 2015. Reducing postharvest pericarp browning and preserving health promoting compounds of litchi fruit by combination treatment of salicylic acid and chitosan. *Scientia Horticulturae*, 197: 555-563.
- Lufu, R., Ambaw, A. and Opara, U.L. 2020. Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 272, 109519.
- Luo, Z., Chen, C. and Xie, J. 2011. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 115-120.
- Pareek, S. and Yahia, E.M. 2013. Postharvest biology and technology of Ber fruit. In *Horticultural Reviews*, 41: 201-240.
- Qiuping, Z. and X. Wenshui. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating treatment on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit. *LWT-Food Science and Technology*, 40(3): 404-411.
- Tareen, M.J., Abbasi N.A. and Hafiz I.A. 2012. Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv. Flordaking. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1): 119-124.
- Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J. and Jiang, W. 2015. The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit. *Scientia Horticulturae*, 181: 113-120.
- Wen, F.P., Chen, J., Kong, W.F., Pan, Q.H., Wan, S.B. and Huang, W.D. 2005. Salicylic acid induced the expression of phenylalanine ammonia-lyase gene in grape berry. *Plant Science*, 169(3): 928-934.
- Yousefpour Dokhanieh, A., Soleimani Aghdam, M., Rezapour Fard, J. and Hassanpour, H. 2013. Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. *Scientia Horticulturae*, 154: 31-36.
- Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S. and Ferguson, I. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 67-74.