تأثیر کاربرد پس از برداشت سالیسیلیک اسید، اگزالیک اسید و نیتریک اکسیددر بهبود خواص کیفی و افزایش ماندگاری میوه تازه زردآلو رقم « شاهرودی»

مریم درستکار[۱]، فرید مرادی‌نژاد[۲*]، الهام انصاری‌فر[۳]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱٤ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۰۱)

چکیده

میوه زردآلو جزو محصولات فرازگرا و با میزان تنفس بالا می‌باشد کهدر مرحله پس از برداشت بسرعت رسیده و ضایعات زیادی دارد و به همین دلیل دارای ماندگاری کوتاهی می‌باشد. لذا استفاده از ترکیب‌های سازگار با محیط زیست جهت تأخیر در روند رسیدگی یکی از روش‌های سالم جهت افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات این میوه محسوب می‌شود. از این‌رو تأثیر برخی تیمارهای شیمیایی بر صفات کیفی و ماندگاری میوهزردآلو رقم «شاهرودی» در قالب طرح کاملا تصادفی با ۸ تیمار و ٤ تکرار انجام شد. تیمارها عبارت‌بودند از غوطه‌وری میوه در محلول‌هایی جداگانه یا ترکیبی از سالیسیلیک اسید، اگزالیک اسید و نیتریک اکسید به ترتیب باغلظت‌های ۲،۲ و۱ میلی‌مولار. میوه‌ها سپس بسته‌بندی شده و در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی۵ ± ۸۵ درصد منتقل شدند و پس از ٤ هفته نگهداری خواص شیمیایی، حسی و کیفی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین سفتی بافت میوه در تیمار سالیسیلیک اسید (۱۱/٤٦N) و نیتریک اکسید (۹/۸۵N) بدست آمد. مواد جامد محلول نیز در تیمار سالیسیلیک اسید و تیمارهای ترکیبی به ترتیب کمترین مقادیر را دارا بودند. از نظر ارزیابی حسی چشایی، تیمار با سالیسیلیک اسید و نیتریک اکسید به نحو مطلوبی بافت، طعم و ظاهر میوه را حفظ کرد. بیشترین ماندگاری در میوه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید (۲۷/۵۰روز) و نیتریک اکسید (۲۵/۷۵روز) حاصل شد، در حالی که شاهد فقط ١٤ روز ماندگاری داشت. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت سالیسیلیک اسید و اکسید نیتریک بهترین تیمارها بودند.

کلید واژگان: آنتی‌اکسیدان، اگزالیک اسید،زردآلو، سالیسیلیک اسید، ماندگاری

*مسئول مکاتبات: fmoradinezhad@birjand.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

۱- مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها از مهم‌ترین بخش‌های هرم غذایی هستند که دارای انواع ویتامین‌ها، آنتی اکسیدان‌ها، آب فراوان، کالری کم و فیبر بالا هستند و به منظور حفظ سلامتی و بالا بردن سطح ایمنی بدن مصرف آنها ضروری می‌باشد. اما مسأله مهم در خصوص میوه‌ها و سبزی‌ها مدت زمان نگه‌داری آنهاست. با کمی تغییر و به کار بستن ترکیباتی که با محیط و بدن انسان سازگاری دارد می‌توان علاوه بر افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات موجود میوه‌هاو سبزیجات به حفظ بیشتر ارزش غذایی آنها کمک کرد [۱].

زردآلو با نام علمی *Prunusarmeniaca*.L یکی از میوه‌های مهم مناطق معتدله و ارزشمند از لحاظ ارزش غذایی است که متعلق به خانواده Rosaceae می‌باشد. این میوه نرم و آبدار بوده و عمر پس از برداشت کوتاهی داردو در دمای اتاق، فقط ۳ تا ۵ روز دوام می‌آورد [۲ و۳] و همچنین دارای الگوی تنفس فرازگرا[1] می‌باشد و در زمان رسیدگی محصول، تولید اتیلن و سرعت تنفس افزایش می‌یابد و به همین دلیل درجه فساد پذیری بالایی دارد. با توجه به این ویژگی‌ها نگه‌داری این میوه در شرایط کنترل شده اجتناب ناپذیر است [٤ و ٥].

سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنولی ساده است که به طور طبیعی توسط گیاهان مختلف ساخته می‌شود. این ماده در فرایندهایی نظیر تنفس، باز و بسته شدن روزنه‌ها، سنتز اتیلن، جوانه زنی و تنظیم رشد و نمو تأثیر گذار است [٦] در بررسی‌های انجام شده مشخص شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید در آلو [۷]، هلو [۸] و توت فرنگی [۹] موجب کاهش چروکیدگی، تأخیر در پیری میوه، کاهش پوسیدگی و افزایش عمر انباری آن‌ها می‌شود.در پژوهشی به منظور افزایش عمر انبارمانی میوه زردآلو، اثر تیمارهای شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد؛ سالیسیلیک اسید باعث کاهش افت وزن میوه، بهبود طعم و مزه، افزایش کیفیت ظاهری و ماندگاری در مقایسه با شاهد شد [۱۰].

کاربرداگزالیک اسید یکی دیگراز روش‌های نوین در تیمارهای پس از برداشت محصولات تازه است که به منظور افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه‌ها مورد توجه محققین مختلفی در سال‌های اخیر بوده است. این ماده نوعی اسید آلی بوده ویک جزء طبیعی بسیاری از گیاهان می‌باشد و همچنین به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی نقش مهمی در ممانعت از فعالیت آنزیم‌های اکسید کننده و رشد عوامل میکروبی مخصوصا بر روی سطح برش خورده محصولات تازه دارد [۱۱]. استفاده از اگزالیک اسید در آلو باعث شد که استحکام بافت میوه افزایش و میزان اتیلن تولید شده کاهش پیدا کند. همچنین موجب افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله فنول‌ها، کارتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها گردید[۱۲].

نیتریکاکسید یک رادیکال آزاد گازی شکل و بسیار واکنش پذیر است. گزارش شده است کاربرد این ترکیب در غلظت‌های کم، عمرانباری برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها را افزایش می‌دهد[۱۳]. همچنین مشخص شده است که این ماده نقش حیاتی و مهمی را در تنظیم فعالیت‌های فیزیولوژیکی عادی گیاهان نظیر بسته شدن روزنه‌ها و رشد و نمو ایفا می‌کند[١٤].

بررسی منابع نشان می‌دهد که اطلاعات اندکی در مورد کاربرد سالیسیلیک اسید جهت حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه زردآلو وجود دارد و همچنین در خصوص کاربرد پس از برداشت اگزالیک اسید و نیتریک اکسید بر کیفیت و ماندگاری زردآلوی تازه گزارشی وجود ندارد. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی تاثیر تیمارهای سالیسیلیک اسید، اگزالیک اسید و نیتریک اکسید و همچنین تاثیر تیمارهای ترکیبی این مواد بر ماندگاری و حفظ خواص کیفی میوه زردآلو رقم «شاهرودی» بود.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی بهار و تابستان ۱۳۹۷ انجام گرفت. رقم مورد مطالعه، زردآلو «شاهرودی» می‌باشد که از باغات اطراف بیرجند (باغ رحیم آباد) تهیه شدند. درختان هم سن و هم اندازه واقع در یک قطعه باغ در شرایط مشابه باغی انتخاب شدند و برداشت میوه‌های رسیده و سفت در هوای خنک به هنگام صبح و بر اساس شاخص رنگ پوست (رنگ زمینه سبز روشن با لکه‌های کرم رنگ) و تعیین قند (14°Brix) در نمونه‌های اولیهصورت گرفت. میوه‌ها پس از چیدن به آزمایشگاه فیزیولوژی باغبانی دانشکده کشاورزی بیرجند منتقل و سپس میوه‌های یکسان از نظر شکل و اندازه و رنگ جهت آزمایش انتخاب شدند.

1.Climacteric

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

۲-۱- تیمارهای آزمایش

از محلول کلسیم کلراید ۰/۵ درصد به عنوان پیش تیمار استفاده شد، بدین منظور میوه‌ها به مدت دو دقیقه در این محلول غوطه‌ور شدند و سپس در دمای اتاق به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفته تا خشک شوند.

تیمارهای استفاده شده در این آزمایش عبارت بودند از: سالیسیلیک اسید (شرکت مرک آلمان با وزن مولکولی ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول)، اگزالیک اسید (شرکت مرک آلمان با وزن مولکولی ۱۲۸/۰۷ گرم بر مول) و نیتریک اکسید (جهت دست‌یابی به نیتریک اکسید از ماده سدیم نیتروپروساید استفاده گردید که نوعی آزاد کننده نیتریک اکسید می‌باشد) به ترتیب در غلظتهای ۲، ۲ و۱ میلی‌مولار، این تیمارها به صورت جداگانه و ترکیبی بر میوه‌ها اعمال شدند. میوه‌ها در هر محلول به صورت غوطه‌وری و به مدت ۲ دقیقه قرار داده شدند و سپس در دمای اتاق قرار گرفته تا خشک شوند.

پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها داخل ظروف درب‌دار (ارتفاع ۸۵ میلی‌متر، قطر دهانه ۱۲۵ میلی‌متر، گنجایش ۷۰۰ میلی لیتر و ضخامت ۱/۳ میلی‌متر) از جنس پلی‌پروپیلن بسته‌بندی شدند. بطوریکه تعداد ٦ میوه داخل هر ظرف به عنوان یک تکرار قرار گرفت، قبل از بسته‌بندی، ظروف با هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد ضد عفونی شده و داخل آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه خشک شده بودند. پس از بسته‌بندی، میوه‌ها در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۸۵ درصد نگهداری شدند.

۲-۲-صفات مورد ارزیابی

۲-۲-۱- سفتی بافت میوه

آزمون سفتی میوه زردآلو با استفاده از دستگاه پنترومتر دیجیتالی (FHT200, Extech Co., USA) و با پروب ۲ میلی‌متری انجام گرفت. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ میله (پروب) در میوه بر حسب نیوتن بر سانتی‌متر مربع بیان گردید.

۲-۲-۲- مواد جامد محلول

مقدار مواد جامد محلول در آبمیوه معمولا بر اساس درجه بریکس اندازه‌گیری می‌شود. اندازه گیری میزان مواد جامد محلول با دستگاه رفرکتومتر دستی (Extech Co., USA, 0-32°Brix) قرائت شد. چند قطره از آبمیوه صاف شده در قسمت منشور دستگاه قرار گرفت و مقدار آن بر حسب درجه بریکس قرائت شد.

۲-۲-۳- اسیدیته قابل تیتر

برای اندازه گیری اسیدیته قابل تیتر آب میوه زردآلو که نشان دهنده میزان اسیدهای آلی موجود در میوه می‌باشد از روش تیتراسیون با هیدرواکسید سدیم(NaOH)۰/۱ نرمالاستفاده شد[۱۵].

۲-۲-٤- محتوایفنول کل

برای اندازه‌گیری محتوای فنول کل از معرف فولین سیکالتو استفاده شد و مقادیر ترکیب بر اساس معادل اسید گالیک و بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیان گردیدوبا استفاده از فرمول (۱) انداره گیری شد[۱٦].

$$Y= (0.019_x + 0.621) \times 100 \qquad (۱)$$

۲-۲-۵-فعالیت آنتی اکسیدان

اندازه گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده ازروش خنثی سازی رادیکال‌های آزاد DPPHانجام گرفت و نتایجبا استفاده از فرمول (۲) به صورت درصد بازدارندگی رادیکال DPPH بیان گردید [۱۷].

(۲)

Antioxidant = (1- جذب نمونه /جذب شاهد)×100

۲-۲-٦- ارزیابی رنگ

برای اندازه گیری‌های مربوط به مؤلفه‌های رنگ پوست میوه مانند *L (میزان روشنایی)، *a (سبز تا قرمز)، *b (آبی تا زرد)، از دستگاه رنگ سنج (TES 135 - TAIWAN) استفاده شد. رنگ میوه توسط سنسور دستگاه آنالیز گردید و بر حسب درصد در صفحه مونیتور نمایش داده می‌شود. **با استفاده ازمؤلفه‌های*a** و *b(مشخص شده توسط دستگاه)،شاخص فام(Hue) و کروما(C) نیز از فرمول‌های مربوطه مورد محاسبه قرار گرفت.

۲-۲-۷-ارزیابی حسی چشایی

ارزیابی حسی میوه‌های زردآلو با روش نظر خواهی از پنج داوطلب در آزمایشگاه و با استفاده از آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای صورت گرفت. ویژگی‌های بافت، طعم و ظاهر میوه‌ها توسط ارزیاب‌ها مورد بررسی قرار گرفت به این صورت که برای میوه‌های خیلی خوب امتیاز ۵ و برای میوه‌های خیلی بد امتیاز ۱ در نظر گرفته شد. امتیاز ۳ به عنوان آستانه تعریف شد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

به گونه‌ای که امتیاز ۳ به بالا دارای کیفیت مطلوب بوده و قابل قبول برای مصرف کننده و عرضه به بازار فروش بود[۱۸].

۲-۲-۸- فساد

فساد میوه‌های زردآلو در طی دوره انبارداری توسط مشاهدات بصری تعیین شد. به این منظور تعداد میوه‌های آلوده که دارای علایمی مانند رشد کپک و پوسیدگی بودند در هر بسته شمارش شده و با استفاده از فرمول (۳) درصد فساد محاسبه گردید [۱۹].

(۳)

$$\text{درصد فساد} = \frac{\text{تعداد میوه های آلوده در هر بسته}}{\text{تعداد میوه های کل در هر بسته}} \times ۱۰۰$$

۲-۲-۹- ماندگاری

ماندگاری یا طول عمر مطلوب میوه‌ها، بر اساس مشاهده بصری و شمارش تعداد روز از زمان بسته‌بندی تا هنگامی که دارای حداکثر کیفیت خوراکی برای مصرف کننده و عرضه به بازار باشد مورد بررسی قرار گرفت و بر حسب روز بیان گردید [۱۰].

۲-۳- آنالیز آماری

آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی و با ۷ تیمار انجام شد. هر تیمار دارای چهار تکرار و هر تکرار دارای ٦ میوه بود. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از برنامه آماری (Genstat, version 9.2, 2009, VSN, International, UK) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD ($P \leq 0.05$) انجام شد و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- سفتی بافت

سفتی بافت یکی از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی در فرایند رسیدگی میوه می‌باشد. نتایج نشان داد اثر تیمارهای مختلف شیمیایی بر سفتی بافت میوه در سطح پنج درصد معنی دار بود(جدول۱). بیش‌ترین سفتی میوه (N ۱۱/٤٦) در تیمار سالیسیلیک اسید مشاهده گردید و پس از آن تیمار نیتریک اکسید نیز همچنین موجب افزایش معنی‌داری در سفتی بافت میوه نسبت به شاهد شد. با این وجود اثر تیمار اگزالیکاسید و تیمارهای ترکیبی بر سفتی بافت معنی دار نبود. مهم‌ترین عامل در تنظیم نرم شدن میوه‌ها اتیلن می‌باشد چرا که اتیلن باعث فعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی و در نهایت باعث کاهش سفتی بافت میوه در طول دوره انبارداری می‌شود [۲۰]. سالیسیلیک اسید و نیتریک اکسید نیز از جمله ترکیبات ضد اتیلن بوده و باعث افزایش سفتی بافت میوه می‌شوند؛ که این اثر آنها مربوط به جلوگیری از سنتز اتیلن می‌شود و به اینگونه عمل می‌کنند که با جلوگیری از بیان ژن‌های مسئول تولید آنزیم آمینو سیکلو پروپان کربوکسیلیک اسید (ACC Synthase) باعث کاهش تولید اتیلن شده و از فعالیت اتیلن جلوگیری می‌کنند [۲۱]. گزارش شده است که در میوه‌های هلو تیمار شده با نیتریک اکسید فعالیت آنزیم‌های هضم کننده دیواره سلولی مانند اگزو پلی‌گالاکتروناز و اندو پلی‌گالاکتروناز کاهش می‌یابند همچنین تیمار بانیتریک اکسید باعث حفظ سفتی بافت میوه می‌شود [۲۲]. در تحقیقی دیگر نیز تاثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات کیفی میوه هلو مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد سالیسیلیکاسید با کاهش تنفس و جلوگیری از هیدرولیز نشاسته باعث حفظ سفتی بافت میوه‌ها می‌شود[۲۳]. دیگر محققان نیز با بررسی اثر سالیسیلیکاسید بر میوه‌های زردآلو نشان دادند این ترکیب سفتی بافت میوه را به حد مطلوبی حفظ می‌کند و دلیل آن را نیز تاثیر سالیسیلکاسید بر کاهش تنفس و سایر فعالیت‌های متابولیکی میوه بیان کردند، که نتایج این آزمایش با آن مطابقت دارد[۲٤].

۳-۲- مواد جامد محلول

بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، اثیر تیمارهای مختلف بر میزان مواد جامد محلول میوه‌ها در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول۱). به طوری که بیشترین مقدارمواد جامد محلول در تیمار شاهد (۱۸/۵ درجه بریکس) و کمترین میزان آن در تیمارهای سالیسیلیک اسید (۱۲/۵ درجه بریکس) و تیمار ترکیبی سالیسیلیک اسید و اگزالیک اسید (۱۳/۲ درجه بریکس) به دست آمد این در صورتی بود که ارزیابی‌های اولیه نشان داد میزان مواد جامد محلول در روز برداشت ۱۲ درجه بریکس بود. این موضوع بیانگر این است که دو تیمار ذکر شده توانستند به خوبی میزان مواد جامد محلول را در طی دوره ۲۸ روزه انبارداری حفظ نمایند. مطالعات نشان می‌دهند بیشترین تغییراتی که هنگام رسیدن میوه صورت می‌گیرد به شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری خصوصا قندهای موجود در دیواره سلولی مربوط می‌باشد که موجب تغییر مزه و تغییر در بافت محصول می‌شود و به همین دلیل میزان مواد جامد محلول

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

با رسیدن میوه افزایش می‌یابد [۲۵]. نتایج آزمایش نشان داد کمترین میزان مواد جامد محلول از نمونه‌های تیمارشده با سالیسیلیک اسیدحاصل شدکه به دلیل تأثیر این ماده در کاهش روند رسیدگی میوه، این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد. ارزیابی داده‌ها همچنین نشان داد در بین تیمارهای ترکیبی، در تیمار سالیسیلیک اسید و اگزالیک اسید نیز میزان مواد جامد محلول کم بود به گونه‌ای که این تیمار با تیمار سالیسیلیک اسید از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. نکته جالب این است که ارزیابی‌ها نشان داد تمامی تیمارها موجب کاهش در سرعت رسیدگی میوه شدند. گزارش شده است در میوه‌های سیب و نیز استفاده ازسالیسیلیک اسیددر طی دوره انبارداری موجب کاهش مواد جامد محلول شده است [۲۶]. مطالعات قبلی نشان داد کاربرد اگزالیک اسید در میوه انبه سرعت تنفس را کاهش داده و باعث کاهش معنی‌داری در مواد جامد محلول نسبت به شاهد شد [۲۷].

نتایج به دست آمده از تأثیر سالیسیلیک اسید بر مواد جامد محلول در این آزمایش منطبق با نتایج محققان دیگر می‌باشد؛ آنها نیز بیان کردند سالیسیلیک اسید باعث کاهش مواد جامد محلول در میوه‌های زردآلو شده و دلیل این امر را جلوگیری ازسنتز آنزیم‌های مربوط به تبدیل قند به نشاسته (مانند، ساکارز فسفاتاز و سنتتاز) بیان کردند[۲٤].

۳-۳- اسیدیته قابل تیتر

وجود اسیدهای آلی همراه با قند اثر مهمی بر طعم میوه دارد. همانطور که در جدول (۱) دیده می‌شود اثر تیمارهای مختلف بر میزان مواد جامد محلول در بافت میوه زردآلو در طول دوره انبارداری معنی‌داری شده است($P \leq 0.05$) به طوری که بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر میوه‌ها مربوط به سالیسیلیکاسید (۳/۷) بود که با تیمار ترکیبی (سالیسیلیک اسید و اگزالیک اسید ونیتریک اکسید) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند.

بر اساس نتایج به دست آمده در تحقیقات پیشین اسیدهای آلی در هنگام رسیدن میوه‌ها در طی فرایند تنفس مصرف می‌شوند و در واقع اسیدها به عنوان یک منبع اندوخته انرژی میوه محسوب می‌شوند و در هنگام رسیدن در فرآیند سوخت و ساز کاهش می‌یابند. گزارش شده کاربرد سالیسیلیک اسید به دلیل تأثیر در کاهش تنفس و تولید اتیلن باعث حفظ اسیدهای آلی میوه سیب رقم رد دلیشز می‌شود[۲۸]. اسیدیته نشان دهنده میزان غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه است و معمولا در هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن درفرایند تنفس کاهش می‌یابد درنتیجه کاهش اسیدیته قابل تیتر نشان دهنده زوال میوه می‌باشد[۲۹، ۳۰]. نتایج حاصل از تحقیقات قبلیدر مورد تأثیر سالیسیلیک اسید برکاهش اسیدیته قابل تیتر مطابقت دارد، این آزمایش که بر روی میوه آلو انجام شده بود نشان داد، با افزایش غلظت سالیسیلک اسید میزان اسیدیته قابل تیتر نیز کاهش می‌یابد و دلیل آن‌را کنترل رسیدگی میوه توسط سالیسیلیک اسید بیان کردند[۳۱].

۳-٤- محتوای فنولکل

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تیمارهای مورد آزمایش اثر معنی‌داری بر میزان فنول‌کل نداشت (جدول۱). اما با این حال میزان فنول در تمامی تیمارها بالاتر از شاهد گزارش شد. ترکیبات فنولی با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌توانند نقش مهمی را در نگه‌داری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفا نمایند به طور کل محتوای فنول کل طی رشد و نمو کاهش می‌یابد که منجر به کاهش تلخی و گسی می‌گردد [۳۲]. فنول‌ها در طول دوره نگهداری محصولات به‌دلیل این‌که سوبسترای آنزیم پلی فنل اکسیداز هستند کاهش می‌یابند ولی در حضور ترکیبات اسیدی این کاهش خیلی به آهستگی صورت می‌گیرد این نتیجه ممکن است وابسته به pH باشد که با اسیدی کردن محیط و کلاته کردن یون مس که در ساختار آنزیم پلی فنول اکسیداز می‌باشد منجربه غیر فعال کردن این آنزیم و جلوگیری از قهوه‌ای شدن میوه‌ها می‌شود زیرا این آنزیم در pH پایین غیر فعال شده و در نتیجه تیمارهای اسیدی موجب حفظ بهتر محتوای فنول کل در ظول دوره انبارداری می‌شود [۳۳]. همانطور که نتایج نشان می‌دهد کاربرد تیمارهای اسیدی مانند سالیسیلیک اسید و اگزالیک اسید (به صورت ترکیبی و جداگانه) باعث حفظ محتوای فنول کل در میوه زردآلو شد.

۳-۵- آنتی اکسیدان

اثر تیمارهای مختلف بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد فعالیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها در تمام تیمارها نسبت به شاهد بیشتر بود به گونه‌ای که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها در تیمارهای شاهد و سالیسیلیک اسید مشاهده شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

طی فرآیند رسیدن میوه‌ها به خصوص میوه‌های فرازگرا، افزایش اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد در اثر تنفس سلولی و اکسیداتیو باعث ایجاد خسارت به غشاهای سلولی می‌شود. در واقع توسعه سیستم آنتی اکسیدانی در سلول‌ها برای جلوگیری از خسارت ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌باشد [۳٤].

در این بررسی مشاهده شد که میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در تیمار سالیسیلیک اسید و همچنین تیمارهای ترکیبی که در آنها سالیسیلیک اسید وجود دارد نسبت به تیمار شاهد پایین‌تر بودند. به نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید با کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی باعث افزایش H_2O_2 و اکسیژن فعال می‌شود که این ملکول‌ها برای فعال کردن ژن مقاومت به تنش‌ها عمل می‌کند که بعد از فعال شدن ژن‌های عامل مقاومت، رادیکال‌های آزاد باید از سلول حذف شوند که در تیمار سالیسیلیک اسید ترکیبات آنتی اکسیدانی برای حذف آن‌ها مصرف شده و میزان آنها کاهش می‌یابد [۳۵]. سالیسیلیک اسید به عنوان دهنده الکترون برای کاتالاز و پراکسیداز (عوامل اکسید کننده عمل می کند و از فعالیت آنجلوگیری می‌کند، از طرف دیگر در مقابل H_2O_2 به عنوان گیرنده الکترون عمل می‌کند به همین دلیل فرایند اکسیداسیون را در سلول‌هاتحت تأثیر قرار داده و از آسیب به غشاء سلولی جلوگیری می‌کند [۳٦]. این ترکیب به دلیل فعال نمودن سیستم دفاعی گیاه و افزایش پتانسیل ضد استرس گیاه به واسطه افزایش هورمون اکسین و سایتوکینین، گیاه را در مقابل تنش‌های مختلف مقاوم می‌سازد که نتیجه آن عدم تولید رادیکال‌های آزاد در گیاه است زیرا گیاهان حساس به تنش در شرایط نامساعد رادیکال‌های آزاد بیشتری را تولید می‌کنند که فعالیت رادیکال‌های آزاد با آسیب به غشاهای سلولی و افزایش تولید اتیلن و تنفس منجر به مسمومیت سلول‌ها و در نتیجه پیری و مرگ سول‌های گیاه و میوه می‌شود [۳۷]. کاربرد سالیسیلیک اسید هم به طور مستقیم ظرفیت آنتی اکسیدانی محصول را افزایش می‌دهد و هم به طور غیر مستقیم پتانسیل محصول را در تولید ترکیبات آنتی اکسیدان به واسطه افزایش خاصیت ضد تنش و هورمون‌های اکسین و سیتوکینین و فعال نمودن سیستم مقاومت القایی در گیاه، افزایش ویتامین ث و کاهش میزان تولید اتیلن افزایش می‌دهد و به همین دلیل کاربرد سالیسیلیک اسید در مراحل مختلف رشد گیاه و میوه و بعد از برداشت به صورت مداوم باعث افزایش قدرت آنتی اکسیدانی میوه نسبت به تیمارهای دیگر و شاهد می‌شود.

Table 1 Effect ofdifferent pre-storage treatments onphysico-chemical characteristics of fresh apricot fruit cv.'Shahroudi' after 28 days of cold storage at 2˚C

Pre-storage Treatment	Firmness (N)	TSS (˚Brix)	TA (%)	Phenol	Antioxidants (%)
Control	3.9±0.4^{cd}	18.5±0.3^{a}	2.1±0.1^{de}	62.3±0.02^{a}	70.3±0.3^{e}
NO	9.8±0.4^{b}	15.2±0.3^{b}	3.0±0.2^{bc}	62.3±0.03^{a}	75.3±0.2^{c}
SA	11.4±0.3^{a}	12.5±0.2^{e}	3.7±0.1^{a}	62.6±0.0^{6a}	78.2±0.0^{a}
OA	3.6±0.2^{d}	13.7±0.3^{cd}	2.4±0.1^{cd}	62.4±0.1^{a}	72.4±0.4^{d}
NO + SA	4.5±0.4^{cd}	14.5±0.2^{bc}	2.3±0.1^{de}	62.6±0.1^{a}	77.0±0.3^{b}
NO + OA	4.8±0.2^{c}	13.7±0.4^{cd}	2.1±0.08^{de}	62.6±0.2^{a}	75.2±0.2^{c}
SA + OA	4.1±0.4^{cd}	13.2±0.4^{de}	1.8±0.04^{e}	62.6±0.05^{a}	77.1±0.4^{b}
NO + SA + OA	5.0±0.1^{c}	14.2±0.2^{c}	3.5±0.1^{ab}	62.6±0.03^{a}	77.2±0.1^{b}

In each column different letters indicate significant differences at $P \leq 0.05$ according to LSD test.
Control (dipped in water), NO (Nitric Oxide), SA (Salicylic Acid), OA (Oxalic Acid

۳-٦- ارزیابی رنگ

رنگ و ویژگی‌های ظاهری سطح یک ماده غذایی به عنوان اولین پارامترهایی هستند که توسط مصرف کننده مورد قضاوت قرار گرفته و مبنای رد یا پذیرش آن ماده غذایی می‌باشد. آنالیز واریانس نشان داد که اثر تیمارهای شیمیایی مختلف تنها بر میزان روشنایی(L^*) در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودو بر مؤلفه‌های a^*، b^*، شاخص فام (هیو) و کروما معنی‌دار نبود (جدول ۲). مولفه L^*، بیانگر میزان روشنایی در سطح محصول استو مقادیر پایین L^* نشان دهنده تیرگی رنگ است. مطابق

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

جدول (۲) تیمار اگزالیک اسید (۴۲/۱۲) و نیتریک اکسید بیشترین L^* (یا روشنایی پوست بالاتری) و تیمار ترکیبی (نیتریک اکسید، سالیسیلیک اسید و اگزالیک اسید) کمترین (L^*) (۲۳/۲۶) را نشان دادند که نشان دهنده تیره شدن رنگ پوست در این تیمار می‌باشد. این پدیده می‌تواند به این دلیل باشد کهاگزالیک اسید و نیتریک اکسید بهتر توانسته‌اند واکنش‌های مایلارد را کنترل کرده و از تیره شدن رنگ زردآلوها در طی دوره نگهداری جلوگیری کنند.اما در تیمارهای ترکیبی، اسیدهای به کاربرده شده باعث تیرگی رنگ پوست میوه شده که با در نظر گرفتن زمان غوطه‌وری بیشتر نمونه‌ها در این تیمار، نتایج منطقی به نظر می‌رسد.در مطالعات قبلی صورت گرفته در میوه ازگیل ژاپنی مشخص شد تیمار اگزالیک اسید باعث روشن شدن رنگ پوست میوه‌هانسبت به شاهد شد [۳۸] که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

Table 2 Effect ofdifferent pre-storage treatments oncolorcharacteristics of fresh apricot fruit cv.'Shahroudi' after 28 days of cold storage at 2°C

Pre-storage Treatment	L^*	a^*	b^*	Chroma	Hue
Control	33.5±0.1[bc]	6.2±0.2 [a]	11.3±0.2[a]	12.9±0.1[a]	61.3±1.5[a]
NO	37.8±0.1[ab]	6.6±0.3[a]	11.7±0.4[a]	13.5±0.4[a]	60.5±0.6[a]
SA	31.6±0.6[cd]	6.0±0.3[a]	11.6±0.5[a]	13.1±0.4[a]	62.3±2.2[a]
OA	41.3±0.4[a]	6.1±0.4[a]	11.5±0.5[a]	13.1±0.6[a]	61.8±1.7[a]
NO + SA	32.0±0.7[cd]	6.4±0.3[a]	11.9 ±0.3[a]	13.5±0.1[a]	61.6±1.9[a]
NO + OA	28.8±0.2[de]	6.3±0.4[a]	11.6±0.6[a]	13.2±0.6[a]	61.3±1.7[a]
SA + OA	29.7±0.2[d]	5.9±0.2[a]	13.0±0.5[a]	13.4±0.4[a]	63.6±2.0[a]
NO + SA+OA	21.7±0.7[e]	5.2±0.4 [a]	11.4±0.4[a]	12.6±0.5[a]	65.3±1.7[a]

In each column different letters indicate significant differences at $P \leq 0.05$ according to LSD test.
Control (dipped in water), NO (Nitric Oxide), SA (Salicylic Acid), OA (Oxalic Acid)

۳-۷- ارزیابی حسی چشایی

ارزیابی‌های حسی برای دست‌یابی به اهدافی مانند پذیرش مصرف کننده، انتخاب بهترین تیمار و تعیین سطح کیفی محصولات مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده تیمارهای مورد آزمایش، بافت و ظاهر میوه را از نظر ارزیابی‌های حسی به طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$)تحت تاثیر قرار دادند (جدول۳).

تیمارهایسالیسیلیک اسید و نیتریکاکسید توانستند بافت میوه را تا حد مطلوبی حفظ نمایند که این امر احتمالا به دلیل تأثیر این دو ترکیب در کاهش سنتز آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی و کاهش تولید اتیلن می‌باشد. بافت میوه یکی از صفات کلیدی محصولات است که برای تعریف کیفیت و پذیرش محصول استفاده می‌شود. مواد تشکیل دهنده دیواره سلولی که عامل استحکام سلول هستند شامل سلولز، همی سلولز و پکتین می‌باشد که در طی رسیدگی به وسیله آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی(مانند ACC Oxidase)، تجزیه شده و باعث نرمی بافت میوه می‌شوند [۳۹]. گزارش شده است در میوه‌های هلو تیمار شده با نیتریکاکسید فعالیت آنزیم آ. سی. سی اکسیداز کاهش یافته که این امر باعث کاهش تولید اتیلن می‌شود[۴۰]. همچنین تیمار میوه‌های هلو با سالیسیلیک اسید نیز توانست بافت میوه را تا حد مطلوبی حفظ کند که علت آن را جلوگیری از هیدرولیز شدن نشاسته و پیری بافت میوه بیان کردند [۲۳] ارزیابی حسی انجام گرفته در خصوص بافت میوه با نتایج سفتی بافت نشان داده شده در دستگاه پنترومتر مطابقت دارد.

مهم‌ترین شاخص بازارپسندی برای محصولات باغی وضعیت ظاهری آن بوده و مصرف کنندگان اغلب با ارزیابی ظاهری به انتخاب محصول مناسب اقدام می‌کنند. شکل، اندازه، رنگ، آسیب‌های مکانیکی و بیماری به طور مستقیم بر ظاهر میوه تاثیر گذار است [۴۱]در این آزمایش تمامی میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد کیفیت بهتری را نشان دادند. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۳) سالیسیلیک اسید دارای بیشترین امتیاز ظاهری از نظر ارزیاب‌ها بود، این امر احتمالا به دلیل خاصیت تحریک کنندگی پاسخ دفاعی بافت میزبان به حمله پاتوژن‌ها و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

همچنین حفظ استحکام بافت توسط سالیسیلیک اسید می‌باشد. بابالار و همکاران گزارش کردند که کاربردسالیسیلیک اسید در میوه‌های گیلاس با کاهش فعالیت‌های متابولیسمی باعث کاهش تنفس و تأخیر در رسیدگی می‌شود که در نهایت منجربه حفظ خصوصیات ظاهری و پذیرش محصول می‌گردد[٤٢]. نتایج به دست آمده از این آزمایش با گزارشات قبلی در میوه زردآلو مطابقت دارد؛ مرادی‌نژاد و جهانی گزارش کردند کاربرد پس از برداشتسالیسیلیک اسید در میوه‌های زردآلو باعث حفظ خصوصیات ظاهری، مانند رنگ شده و دلیل آن را نیز اثر این ترکیب بر کاهش تولید اتیلن و روند رسیدگی بیان کردند [١٠].

٣-٨- فساد

فساد به عنوان یکی از عوامل ضایعات پس از برداشت در محصولات خام مانند میوه‌ها می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثر تیمارها بر صفت فساد معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$)همانطور که در جدول (٣) مشاهده می‌شود تیمار با سالیسیلیکاسید توانست میزان آلودگی‌ناشی از فساد را نیز به حداقل برساند.گزارش شده کاربرد سالیسیلیک اسید باعث بیان ژن‌های مربوط به کیتیناز و بتا١-٣ گلوکناز می شودکه باعث جلوگیری از رشد قارچ‌ها و خسارت پاتوژن‌ها می‌شود [٤٣].سالیسیلیک اسید به دو طریق می‌تواند از بیماری و فساد در محصولات جلوگیری کند. از یک سو سالیسیلیک اسید اثرات مستقیم ضد قارچی نشان داده و رشد میسیلیوم و جوانه‌زنی اسپور قارچ را کم می‌کند و از طرف دیگر باعث القای مقاومت سیستمیک در برابر پاتوژن‌ها می‌شود و در نتیجه باعث فعال شدن آنزیم‌های دفاعی می گردد [٤٤]. بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد سالیسیلیک اسید با سنتز آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالی از به افزایش متابولیتهای ثانویه کمک کرده که به طور مستقیم از رشد پاتوژن جلوگیری می‌کنند و باعث افزایش بازارپسندی میوه‌ها می‌شود [٤٥]. محصولات پس از برداشت، در طی تنفس نشاسته یا قند ذخیره‌ای را مصرف می‌کنند و زمانی که مواد ذخیره‌ای تمام شود تنفس متوقف خواهد شد که فرسودگی، مرگ و فساد محصول را به دنبال خواهد داشت.

٣-٩- ماندگاری

افزایش ماندگاری یکی از مهم‌ترین اهداف مورد مطالعه در علم پس از برداشت می‌باشد. نتایج نشان داد تمامی تیمارهای اعمال شده موجب افزایش معنی‌دار ماندگاری میوه نسبت به شاهد شدند، به طوری که بیشترین (٢٧/٥ روز) ماندگاری مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید و کمترین (١٤/٢٥روز) در نمونه‌های شاهد مشاهده شد. همچنین تیمارهای نیتریک اکسید(٢٢/٧٥روز) و تیمار ترکیبی نیتریک اکسید به همراه اگزالیکاسید (٢٠روز) و تیمار ترکیبی سالیسیلیکاسید به همراه اگزالیکاسید (١٩/٢٥روز) توانستند میزان ماندگاری را به طور قابل توجهی افزایش دهند که این امر احتمالا به دلیل برهمکنش مثبت تیمارهای ترکیبی با یکدیگر می‌باشد. جالب اینکه تیمار سالیسیلیک اسید موجب افزایش دو برابری ماندگاری میوه‌های زردآلو نسبت به شاهدشد، که این امر به احتمال زیاد در اثر عملکرد سالیسیلیک اسید بر کاهش سنتز اتیلن و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی مانند پکتین متیل استراز، پلی گالاکتروناز و سلولاز می‌باشد. سالیسیلیک اسید موجب حفظ سفتی بافت و تاخیر در روند رسیدگی می‌گردد که در نهایت افزایش ماندگاری میوه را در پی دارد [٤٦].ماندگاری عبارت است از مدت زمانی که محصول برداشت و انبار می‌شود تا زمانی که در بالاترین کیفیت خود جهت پذیرش مصرف کننده قرار می‌گیرد. ماندگاری میوه‌ها تحت تاثیر عوامل زیادی نظیر، دما، رطوبت، فشارهای مکانیکی، آنزیم‌ها و همچنین اتیلن می‌باشد. اتیلن نقش مهمی در کیفیت میوه‌ها داشته و به روشنی پذیرفته شده که فرایند رسیدگی در میوه‌های فرازگرا توسط اتیلن کنترل می‌شود. در تحقیقات قبلی مشخص شد تیمار میوه‌های زردآلو با سالیسیلیک اسید توانست ماندگاری را نسبت به شاهد به مدت ١٠ روز افزایش دهد که این افزایش در ماندگاری را به دلیل ضد اتیلن بودن این ترکیب و جلوگیری از روند رسیدگی میوها بیان کردند [١٠]. همچنین گزارش مشابهی در میوه‌های گیلاس نیز ارایه شده است [٤٧]. نتایج پژوهش حاضر با مطالعات قبلی در این خصوص هم‌خوانی دارد؛ وانگ و همکاران گزارش کردند، سالیسیلیک اسید با کاهش فعالیت آنزیم‌های اصلی تخریب دیواره سلولی باعث حفظ سفتی و تأخیر در رسیدگی میوه‌های زردآلو شده است که این امر موجب افزایش دوره انبار مانی این میوه می‌شود [٥]. نتایج آزمایش حاضر به خوبی نشان داد شرایط دمایی مناسب و استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید و نیتریک اکسید می‌تواند عمر مفید میوه‌ها را افزایش دهد. بنابراین می‌تواند روشی مفید و امیدوار کننده در جهت نگه‌داری میوه زردآلو با حداقل ضایعات باشد (شکل ١).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

Table 3 Effect ofdifferent pre-storage treatments onsensory assessments, decay and shelf-life offresh apricot fruit cv.'Shahroudi' after 28 days of cold storage at 2˚C

Pre-storage Treatment	Texture	Taste	Appearance	Decay (%)	Shelf-life (day)
Control	1.5±0.2^{b}	1.7±0.2^{a}	1.7±0.2^{d}	15.6±1.1^{ab}	14.2±0.8^{f}
NO	3.5±0.2^{a}	3.0±0.4^{a}	3.2±0.2^{bc}	6.2±1.6^{bc}	22.7±0.8^{b}
SA	4.2±0.2^{a}	3.0±0.08^{a}	4.7±0.2^{a}	0.0±0.0^{c}	27.5±0.2^{a}
OA	2.2±0.2^{b}	2.2±0.4^{a}	2.7±0.2^{bc}	12.5±1.5^{ab}	15.2±0.4^{f}
NO + SA	1.7±0.2^{b}	2.2±0.7^{a}	2.5±0.2^{cd}	9.4±1.2^{abc}	17.2±0.4^{de}
NO + OA	1.7±0.4^{b}	2.7±0.2^{a}	3.0±0.0^{bc}	18.8±1.6^{a}	20.0±0.9^{c}
SA + OA	2.2±0.6^{b}	2.7±0.4^{a}	3.5±0.2^{b}	9.4±1.4^{abc}	19.2±0.4^{cd}
NO + SA+ OA	1.7±0.2^{b}	2.0±0.4^{a}	2.7±0.4^{bc}	12.5±1.2^{ab}	16.0±0.4^{ef}

In each column different letters indicate significant differences at $P \leq 0.05$ according to LSD test. Control(dipped in water), NO (Nitric Oxide), SA (Salicylic Acid), OA (Oxalic Acid

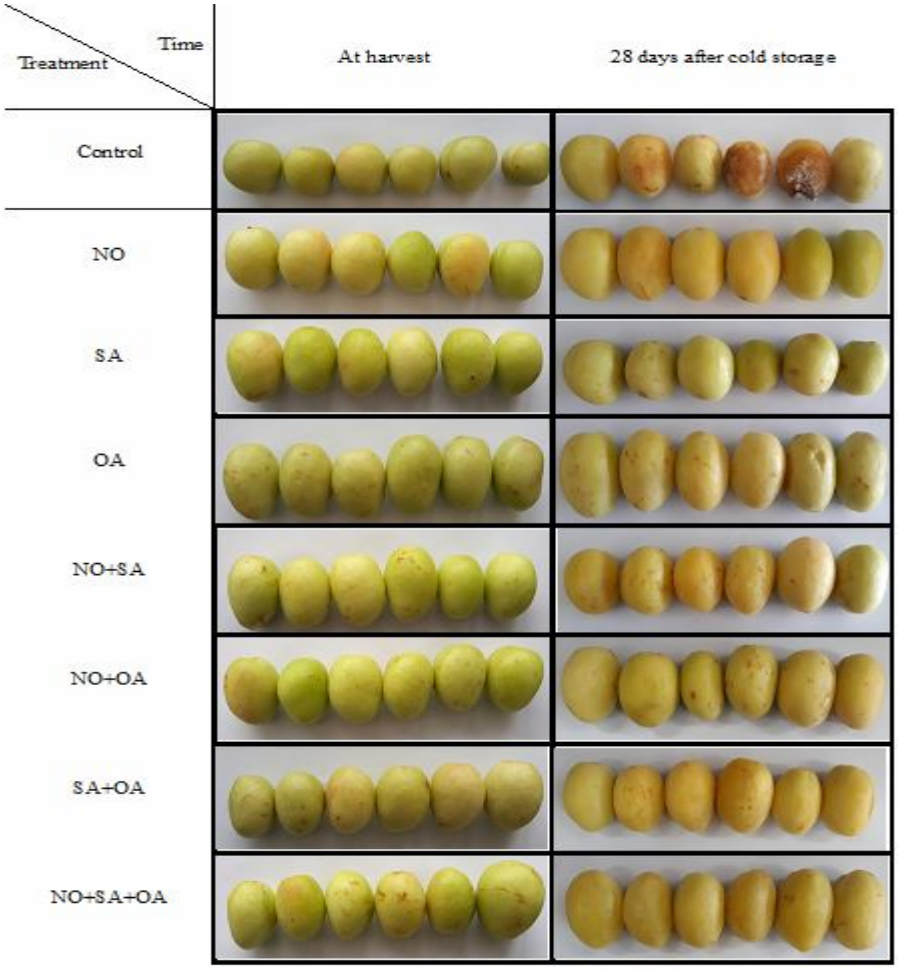

Fig 1 Appearance of treated apricot fruit cvltivarShahroudi at harvest and after 28 days of cold storage. Control: (dipped in water), NO: Nitric oxide at 1 mM, SA: Salicylic acid at 2 mM, OA: Oxalic acid at 2 mM concentration.

٤-نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از اینپژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که تیمارهای پس از برداشت سالیسیلیکاسید۲ میلی مولار و نیتریکاکسید ۱ میلی مولار به طور بالقوه می‌توانند رسیدگی را در میوه زردآلو به تأخیر انداخته و باعثافزایشسفتیبافت و میزاناسیدیتهقابلتیترمیوهگردند و از طرف دیگر با برقراری توازن بین اسید و قند به افزایش کیفیت طعم

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

میوه نیز کمک کرده و از طرفی نیز همچنین علاوه بر افزایش مدت ماندگاری موجب کاهش فساد و ضایعات میوه‌زردآلو و همچنین بهبود خواص ظاهری در طی دوره انبارسرد شوند.با بررسی تیمارهای ترکیبی مشخص شد که این تیمارها نیز می‌توانند در بهبود صفات کیفی و انبارمانی محصول مفید باشند که در بین تیمارهای ترکیبی، تیمار نیتریکاکسید به همراه اگزالیکاسید نتایج بهتری داشت. اما به طور کل بر طبق مشاهدات ما (شکل۱) تمامی تیمارها توانستند نسبت به شاهد از کیفیت نسبی بالاتری برخوردار باشند. با وجود این، مطالعات بیشتری لازم است تا اثر تیمارهای ترکیبی این آزمایش در غلظت‌ها و برای مدت زمان متفاوت غوطه‌وری به عنوان دو عامل بسیار مهم مورد بررسی قرار گیرند.

۵- منابع

[1] Li, T. S. C., 2008,*Vegetables and fruits:* nutritional and therapeutic values: CRC Press.

[2] Stanley, J., Marshall, R., Ogwaro, J., Feng, R., Wohlers, M., & Woolf, A. B, 2010. Postharvest storage temperatures impact significantly on apricot fruit quality.ISHSActaHorticulturae, 880.

[3] Pretel, M.T, Souty, M.,&Romojaro, F, 2000. Use of passive and active modified atmosphere packaging to the prolong the postharvest life of three varieties of apricot (*Prunusarmeniaca* L.). European Food Research Technology, 211, 191-198.

[4] Roussos, P. A., Sefferou, V., Denaxa, N.-K., Tsantili, E., &Stathis, V, 2011. Apricot (*Prunusarmeniaca*L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load.ScientiaHorticulturae, 129, 472-478.

[5] Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J., & Jiang, W, 2015.The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit.ScientiaHorticulturae, 181, 113-120.

[6] Wang, Y., Luo, Z., Khan, Z. U., Mao, L., & Ying, T, 2006.Effect of nitric oxide on energy metabolism in postharvest banana fruit in response to chilling stress. Postharvest Biology and Technology, 108, 21-27.

[7] Luo, Z., Chen, C., &Xie, J, 2011.Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai'plum fruit.Postharvest Biology and Technology, 62, 115-120.

[8] Yang, T.-t., Zhu, X., Xiang, Y.-j., &Shu, Z, 2012.Impact of Harvest Maturity on Storage Quality of Apricot Fruits.Modern Food Science and Technology, 7, 044.

[9] Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., &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.

[10] Moradinezhad, F., &Jahani, M., 2016.Quality improvement and shelf life extension of fresh apricot fruit (*Prunusarmeniaca*cv. Shahroudi) using postharvest chemical treatments and packaging during cold storage.International Journal of Horticultural Science and Technology,3, 9-18.

[11] Zheng, X., &Tian, S., 2006.Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit.Food Chemistry, *96*(4), 519-523.

[12] Martínez-Esplá, A., Serrano, M. a., Domingo Martínez-Romero, D., Valero, D., & Zapata, P. J., 2018. Oxalic acid preharvest treatment increases antioxidant systems and improves plum quality at harvest and during postharvest storage. Journal of the Science of Food and Agriculture,99, 235-243.

[13] Corpas, F. J., & Palma, J. M.,2018. NO on/off in fruit ripening.Plant Biology, 20, 805-807.

[14] Zhu, S., Liu, M., & Zhou, J., 2006. Inhibition by nitric oxide of ethylene biosynthesis and lipoxygenase activity in peach fruit during storage.Postharvest Biology and Technology, 42, 41-48.

[15] A. O. A. C., 1980.Officinal methos of analysis, 13th Ed., Washington, D.C.

[16] Chuah, A. M., Lee, Y.-C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.-J., &Matoba, T., 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of colouredpeppers.Food Chemistry, 111,20-28.

[17] Turkmen, N., Sari, F., &Veliglu, Y, S., 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. Food Chemistry, 93, 713-718

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

[18] Panou, A. A., Karabagias, I. K., &Riganakos, K. A., 2018.The effect of different gaseous ozone treatments on physicochemical characteristics and shelf life of apricots stored under refrigeration.Journal of Food Processing and Preservation, 42(5).e 13614.

[19] Mandal, D., Pachuau, L., Hazarika, T. K., &Shukla, A. C., 2019. Post-harvest application of salicylic acid enhanced shelf life and maintained quality of local mango cvRangkuai of Mizoram at ambient storage condition. Environment and Ecology, 36, 1057-1062.

[20] Prasana, V., Prabha, T.N., and Tharanthan, R.N., 2007.Fruit ripening phenomena an overview. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 47, 1-19.

[21] Aghdam, M. S., Asghari, M., Babalar, M., &Sarcheshmeh, M. A. A., 2016. Impact of salicylic acid on postharvest physiology of fruits and vegetables.In Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality (pp. 243-268): Elsevier.

[22] Zhu, L. Q., Zhou J., Zhu, S. H. &Guo L. H., 2009.Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid. Food Chemistry, 114, 174–179.

[23] Tareen, M., Abbasi, N. & Hafiz, A., 2012.Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits CV. 'FLORDAKING'. Pakistan Journal of Botany, 44, 119-124.

[24] El-Abbasy, U. K., El-Khalek, A. F. A., & Mohamed, M. I., 2018. Postharvest applications of 1methylcyclopropene and salicylic acid for maintaining quality and enhancing antioxidant enzyme activity of apricot fruits cv. "caninoa" during cold storage .Acta Horticulture, 880,525-532.

[25] Fattahi, J., Fifall, R., &Babri, M., 2010. Postharvest quality of kiwifruit (*Actinidiadeliciosa* cv. Hayward) affected by pre-storage application of salicylic acid. South Western Journal Horticulture. Biology and Environment, 1, 175-186.

[26] Mo, Y., Gong, D., Liang, G., Han, R., Xie, J., & Li, W., 2008. Enhanced preservation effects of suger apple fruit by salicylic acid treatment during postharvest storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88, 2693-2699.

[27] Razzaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M., &Ullah, S., 2015.Effect of oxalic acid application on Samar BahishtChaunsa mango during ripening and postharvest. Food Science and Technology, 63, 152-160.

[28] Asghari, M.R., GhafariBaktash, H., &Farokhzad, A. (2018). Changes in quality of apple fruit (cv. Red Delicious) in response to postharvest salicylic acid and nitric oxide treatments.Plant Production Technology, 18(2), 107-124.

[29] Ezzat, A., Ammar, A., Szabo Z. n., Nyeki, J. z., &Holb, I. J., 2017.Postharvest treatments with methyl jasmonate and salicylic acid for maintaining physico-chemical characteristics and sensory quality properties of apricot fruit during cold storage and shelf-life.Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 67, 159-166.

[30] Zheng X., Tian S.H., Meng X., & Li B., 2007.Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature.Food Chemistry, 104, 156-162.

[31] Davarynejad, G. H., Zarei, M., Nasrabadi, M. E., &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, 2053-2062.

[32]Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., &Sirichakwal, P. P., 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits.Journal of Food Composition and Analysis, 21, 241-248.

[33] Altunkaya, A., &Gökmen, V., 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (Lactuca sativa). Food Chemistry, 107(3), 1173-1179.

[34] Spinardi A. M. 2005. Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears.ActaHorticulturae, 682:655-662

[35]Hernandez J. A., Ferrer M. A., Jimenez A., Barcelo A. R., and Sevilla F. 2001. Antioxidantsystems and 02-/H202production the apoplast of pea leaves. Its relation with salt- induced necrotic lesions in minor veins. PlantPhysiol, 127: 827-831

[36] Wolucka B. A., Goossens A., Inzé D. 2005. Methyl jasmonate stimulates the de navo biosynthesis of vitamin C inplant cell suspensions. Journal of Experimental Botany. 56: 2527-2538.

[37] Shakirova F. M., Sakhabutdinova A. R., Brzukova M. V., Fatkhutdinova R. A., and

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

Fatkhutdinova D. R.2003.Changein the hormonal status of Wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity.Plant Science, 164: 317-322.

[38] Oz, A.T., Kafkas, E., &Bozdgan, A., 2016. Combined effects of oxalic acid treatment and modified atmosphere packaging on postharvest quality of loquats during storage. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40, 433-440.

[39] Terefe, N. S., Buckow, R., &Versteeg, C., 2017. Quality-related enzymes in fruit and vegetable products: effects of novel food processing technologies, part 1: high-pressure processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54, 24-63.

[40] Zhua S, Liu M &Zhou J., 2006.Inhibition by nitric oxide of ethylene biosynthesis and lipoxygenase activity in peach fruit during storage.Postharvest Biology and Technology, 42, 41–48.

[41] Simson, S.P., and Straus, M.C., 2010. Post-harvest Technology of Horticultural Crops.OxfordBook.pp: 507.

[42] Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., &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.

[43] Poole, P. R., & McLeod, L. C., 1994. Development of resistance to picking wound entry Botrytis cinema storage rots in kiwifruit. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science,22, 387-392.

[44] Aghdam, M. S., Asghari, M., Babalar, M., &Sarcheshmeh, M. A. A. 2016. Impact of salicylic acid on postharvest physiology of fruits and vegetables.In Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality (pp. 243-268).Academic Press.

[45] Milosevic, N. & A. J. Slusarenko., 1996.Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. Physiological and Molecular Plant Pathology, 49, 143–157.

[46] Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S., & Ferguson, I., 2003.The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit.Postharvest Biology and Technology, 28, 67-74.

[47] Gimenez, M. J., Serrano, M. a., Valverde, J. M., Martinez Romero, D., Castillo, S., & Valero, D., 2017.Preharvest salicylic acid and acetylsalicylic acid treatments preserve quality and enhance antioxidant systems during postharvest storage of sweet cherry cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97, 1220-1228.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]

Effect of postharvest application of salicylic acid, oxalic acid and nitric oxide on improving qualitative properties and extending the shelf life of fresh apricot fruit cv. 'Shahroudi'

Dorostkar, M. [1], Moradinezhad, F. [2*], Ansarifar, E. [3]

1. MSc. student in Horticultural Science
2. Associate Professor, University of Birjand, Faculty of Agricultural Science
3. Assistant Professor, University of Medical Sciences of Birjand

(Received: 2019/02/03 Accepted:2019/10/23)

Apricot is a climacteric fruit withhigh respiration rate,which ripen quickly during the postharvest stage and has a short shelf life. Therefore, the use of environmentallyfriendly compounds for delaying the ripening process is one of the safe methods for extending the shelf life and reducing the postharvest losses of this fruit. Hence, the effect of some chemical treatments on quality and shelflife of apricot fruit cultivar 'Shahroudi' was carried out in a completely randomized design with seven treatments and four replications. The treatments were fruit immersion in individual or combination solutions of salicylic acid, oxalic acid and nitric oxide at concentrations of 2, 2 and 1 mM, respectively. The fruits were then packed and transferred to 2°C with relative humidity of about 85 ± 5%. After 4 weeks of storage, their chemical, sensorial and qualitative properties were evaluated. The results showed that the highest fruit firmness was obtained in salicylic acid (11.46N) and nitric oxide treatment (9.85N). Solublesolids content had the highest values in salicylic acid and combined treatments, respectively. In terms of organoleptic evaluation, salicylic acid and nitric oxide treatments significantly preserved the texture, taste and appearance of the fruits. The highest shelf life was observed in salicylic acid (27.5 days) and nitric oxide (25.5 days) treated fruits, while it was only 14 days in control. In general, it can be concluded that salicylic acid and nitric oxide were the best treatments.

Keywords: Antioxidants, Apricot, Oxalic acid, Salicylic acid, Shelf life

* Corresponding Author E-Mail Address: fmoradinezhad@birjand.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-19]