مطالعه برهمکنش تیمارهای پس از برداشت اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک در حفظ کیفیت و افزایش بازارپسندی میوه سیب رقم لبنانی قرمز

محمدرضا اصغری[۱]، هاجر غفاری بگتاش[۱*]، یوسف رسمی[۲] و علیرضا فرخزاد[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳)

چکیده

در این پژوهش تأثیر کاربرد تیمارهای اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک و تلفیق این دو تیمار در غلظت‌های مختلف بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیب رقم رد دلیشیز بررسی شد. میوه‌ها با سدیم نیتروپروساید (ماده آزاد کننده نیتریک اکسید) در غلظت‌های صفر، ۳، ۵ و ۷ میکرومولار و اسید سالیسیلیک در غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار و نیز تلفیق این تیمارها، تیمار و سپس در دمای ۱-۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ≥ ۸۵% به‌مدت ۵ ماه نگهداری شدند و پس از خروج از انبار صفاتی چون سفتی بافت، فنل کل، درصد کاهش وزن، میزان پوسیدگی و بازار پسندی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که همهٔ تیمارها موجب حفظ سفتی میوه‌ها در مقایسه با شاهد شدند. تیمار ترکیبی ۵ میکرو مولار اکسید نیتریک و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بهترین تیمار در بین تیمارهای اعمال شده در حفظ سفتی بافت بود. میوه‌های تیمار شده با اکسید نیتریک میزان فنل بالاتری در مقایسه با شاهد داشتند. بالاترین میزان فنل کل مربوط به تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و اکسید نیتریک ۳ میکرو مولار بود. کمترین کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با اکسید نیتریک ۳ میکرومولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار بود. تیمار میوه‌ها با ۳ میکرومولار اکسید نیتریک و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌طور مؤثری از پوسیدگی‌های قارچی جلوگیری کرد و باعث حفظ کیفیت میوه‌ها شد. همه تیمارهای اعمال شده موجب حفظ بهتر بازارپسندی میوه‌ها در مقایسه با شاهد شدند. بنابراین و براساس نتایج این پژوهش کاربرد تیمارهای اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک به‌خصوص در تلفیق با یکدیگر می‌تواند جایگزین مناسبی برای مواد شیمیایی مضر در تکنولوژی پس از برداشت سیب باشند.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی، سالیسیلیک اسید، سیب، فنل کل، نیتریک اکسید

۱. به‌ترتیب استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲. دانشیار علوم پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه ارومیه

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hajarghafari24@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]

مقدمه

نگهداری، حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار است که به‌طور عمده با وضعیت بازار فروش ارتباط دارد. بنابراین برای افزایش سود تجاری، حفظ کیفیت محصولات ضروری می‌نماید. هم‌چنین تأمین تقاضای مصرف‌کننده برای انواع میوه‌ها در طول سال تنها از طریق انبارداری طولانی مدت محصولات میسر است. بخش زیادی از محصولات کشاورزی قبل از این‌که به دست مصرف‌کننده برسد، به‌صورت ضایعات دور ریخته می‌شود (۲). ضایعات محصولات کشاورزی خسارت بزرگی برای منابع غذایی در جهان به شمار می‌آید. در کشورهایی که دانش و امکانات کافی برای برداشت، حمل و نقل و نگهداری محصولات کشاورزی وجود ندارد، حجم ضایعات به‌ویژه برای میوه و سبزی‌های تازه زیادتر است (۱۷).

ایران با ۲۶۶ هزار تن ضایعات سیب درختی، مقام دوم را در دنیا دارد (۱۳). بخشی از این ضایعات اجتناب‌ناپذیر است، ولی بخش مهمی از آن را می‌توان با آگاهی از ماهیت محصول و عوامل فساد و با بهره‌گیری از روش‌های مناسب برداشت، عملیات بعد از برداشت، تیمارهای فیزیکی و شیمیایی و انبارداری در دمای سرد به حداقل رساند (۷). امروزه با توجه به مضرات استفاده از سموم شیمیایی برای انسان و محیط زیست رویکردهای جدید در استفاده از موادی که آثار سوء و زیان‌آوری در انسان و محیط به همراه نداشته باشند در صنعت پس از برداشت حائز اهمیت است (۲۱). از این رو یکی از زمینه‌های مهم کشاورزی و باغبانی ارگانیک که توجه زیادی را به خود جلب کرده است استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در تولید و نگهداری محصول است که به این ترتیب نه تنها محصول بدون استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و مضر تولید می‌شود، بلکه دارای ارزش غذایی و دارویی بالاتری نیز خواهد بود (۵). اکسید نیتریک یک مولکول هشداردهنده (Signalling) مهم و بسیار واکنش‌پذیر با عمر کوتاه است که توسط گروهی از آنزیم‌های شناخته شده به‌نام اکسید نیتریک سنتتازها تولید می‌شود (۳۱). اکسید نیتریک به‌عنوان یک عامل ضد پیری در سلول‌های گیاهی شناخته می‌شود و اثر مثبتی در پاسخ به استرس اکسیداتیو مربوط به پیری میوه‌ها دارد (۲۳) این ترکیب به‌عنوان فعال‌کننده بسیاری از سیستم‌های دفاعی در سلول‌های گیاهی شناخته شده و هم‌چنین ثابت شده که از تولید و اثر اتیلن جلوگیری کرده و به این ترتیب سرعت رسیدن و پیری محصول برداشت شده را کاهش می‌دهد (۳). تیمار میوه‌های توت‌فرنگی با اکسید نیتریک با کاهش تولید اتیلن و کاهش سرعت تنفس پیری میوه‌ها را به تأخیر انداخته و از تغییر مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته جلوگیری نمود (۳). پاسخ فوق حساسیت (Hypersensitive response) به‌وسیله تیمار با اسید سالیسیلیک در حضور پاتوژن‌ها ایجاد می‌شود ولی مدارکی نیز وجود دارد که اکسید نیتریک به‌عنوان مولکول سیگنالی در ایجاد پاسخ‌های فوق حساس با تجمع اسید سالیسیلیک نقش دارد (۳). تیمار میوه‌های توت‌فرنگی با اکسید نیتریک باعث جلوگیری از نرم شدگی میوه‌ها شد. اکسید نیتریک از فعالیت اگزو پلی گالاکتروناز و اندو پلی گالاکتروناز جلوگیری کرد و فعالیت پکتین متیل استراز را کاهش داد (۳). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی ساده است که در بسیاری از فرآیندهای رشد و نمو گیاهی دخالت می‌کند (۲۱).

اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی (هورمون گیاهی) شناخته شده است و کاربرد بیرونی آن در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان مثل فتوسنتز، تنفس، تبخیر، تعرق، باز و بسته شدن روزنه‌ها، رسیدن و پیری میوه‌ها، پیری برگ‌ها، فعال شدن سیستم‌های مقاومت به بیماری‌ها و تنش‌های مختلف، سنتز متابولیت‌ها و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی دخالت می‌کند (۲۱). تیمار میوه‌های گلابی با ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک از پوسیدگی میوه‌ها در طول ۵ ماه نگهداری در سردخانه جلوگیری کرد. تیمار گیاهان توت‌فرنگی با ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مرحلهٔ رشد و توسعه میوه‌ها، به‌طور مؤثری از پوسیدگی میوه‌ها جلوگیری کرد و عمر پس از برداشت آنها را افزایش داد، هم‌چنین تیمار انگورهای رومیزی با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]

اسید سالیسیلیک قبل از پوشش‌دهی با کیتوزان (Chitosan) باعث افزایش اثر پوشش و کاهش پوسیدگی شد (۴). در این تحقیق اثر تیمارهای مختلف اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک در افزایش مدت نگهداری و حفظ خواص کیفی میوه سیب رقم رد دلیشیز بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

میوه سیب رقم رد دلیشز (لبنانی قرمز) در مرحله بلوغ تجاری از باغی در اطراف شهر ارومیه برداشت و سریعاً به آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه منتقل شد. میوه‌های سالم و هم اندازه برای اعمال تیمار مورد استفاده قرار گرفتند. اسید سالیسیلیک لازم را پس از توزین در آب حل و غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار آماده شد و سپس دمای محلول به ۴۸ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. سپس میوه‌ها به‌مدت ۲ دقیقه در داخل محلول اسید سالیسیلیک گرم غوطه‌ور شدند. به‌منظور تهیه محلول‌های ۳، ۵ و ۷ میکرومولار سدیم نیتروپروساید با وزن مولکولی ۲۹۸ گرم بر مول، بعد از توزین مقدار مورد نیاز برای هر محلول حجم آنها با آب مقطر به ۱ لیتر رسیده و محلول‌ها در زمان تیمار میوه‌ها تهیه شدند. سپس میوه‌ها به‌مدت ۲ دقیقه با غلظت‌های مختلف اکسید نیتریک تیمار شدند. بعد از خشک شدن، میوه‌ها به ظروف پلاستیکی منتقل و به سردخانه با دمای ۱±۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۸۵% منتقل شدند. خواص کیفی میوه‌ها شامل سفتی، فنل کل، کاهش وزن، پوسیدگی و بازارپسندی در زمان برداشت و نیز پس از ۲ و ۵ ماه نگهداری در سردخانه، مورد بررسی قرار گرفتند.

سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه، پس از جدا نمودن پوست میوه توسط سفتی‌سنج (penetrometer) دستی مدل (FT327) با قطر پیستون ۸ میلی‌متری اندازه‌گیری و میزان سفتی بافت براساس کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بیان شد (۱۶).

اندازه‌گیری محتوای فنل کل

فنل کل توسط معرف فولین سیوکالتو اندازه‌گیری شد. ابتدا آب میوه سیب به نسبت یک به ده با آب مقطر رقیق و از کاغذ صافی عبور داده شد و سپس مورد استفاده قرار گرفت. یک میلی‌لیتر آب میوه سیب و مقادیر مختلف استاندارد اسید گالیک در بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و ۷۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه شد، به دنبال آن ۵ میلی‌لیتر واکنشگر فولین سیوکالتو با مخلوط مورد نظر مخلوط گردید و به‌مدت ۳ تا ۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد سپس ۱۵ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن اضافه شد و با آب به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتری رسانده شد و به‌مدت ۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. چهار میلی‌لیتر محلول تهیه شده در دستگاه اسپکتروفتومتر (Pharmacia LKB. Novaspec II) با طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت گردید و میزان فنل از معادلهٔ به‌دست آمده از منحنی استاندارد تعیین شد ($y = 0.0478x + 0.0284$, $r^2=0.9967$) و به‌صورت معادل اسید گالیک بیان شد (۳۲).

درصد کاهش وزن میوه

کاهش وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل CANDGL300 انجام شد. درصد کاهش وزن میوه‌ها که در واقع ناشی از کاهش رطوبت میوه‌ها می‌باشد از فرمول زیر محاسبه شد (۲۶).

درصد کاهش وزن = وزن میوه قبل از نگهداری - وزن میوه در انتهای نگهداری / وزن میوه قبل از انبار کردن × ۱۰۰

پوسیدگی

میزان پوسیدگی هر خوشه با بررسی ظاهری خوشه تعیین شد و از روش نمره‌دهی استفاده گردید و نتایج به‌صورت درصد بیان شد (۳۵).

ارزیابی بازارپسندی میوه

برای ارزیابی بازار پسندی میوه‌ها به‌صورت پانل تست و از روش نمره‌دهی استفاده شد. میوه‌ها در ۵ دسته طبقه‌بندی شده و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]

جدول ۱. جدول تجزیه واریانس آزمایش اثر تیمارهای پس از برداشت اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک و برهمکنش بین آنها بر برخی صفات فیزیکوشیمیایی میوه سیب رقم رد دلیشیز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سفتی	بازارپسندی	پوسیدگی	کاهش وزن	فنل کل
سالیسیلیک اسید	۲	۳۳/۸**	۱۶/۵**	۰/۹**	۰/۰۳**	۶۵/۶**
اکسید نیتریک	۳	۲۵/۴**	۱۶/۱**	۱/۱**	۰/۰۱**	۴۵/۱**
زمان نگهداری	۱	۳۱/۶**	۶/۳**	۰/۶**	۰/۰۹**	۶۴/۴**
اکسید نیتریک × اسید سالیسیلیک	۶	۳/۸**	۵/۷**	۰/۳۳**	۰/۰۰۵**	۱/۹**
زمان نگهداری × اسید سالیسیلیک	۲	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۳**	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۲/۲*
زمان نگهداری × اکسید نیتریک	۳	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۱۹**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱**	۰/۹^{ns}
زمان × اکسید نیتریک × اسید سالیسیلیک	۶	۰/۵**	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۱**	۰/۰۰۹**	۰/۳^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۲۰	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۲	۰/۵۷
ضریب تغییرات (%)		۶/۱	۶/۳	۹/۹	۷/۹	۷/۶

ns، ** و *: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱% و معنی‌دار در سطح احتمال% ۵ هستند.

نمرات ۱ تا ۵ به آنها اختصاص داده شد: ۱= غیرقابل فروش، ۲= ضعیف، ۳= قابل قبول، ۴ =خوب و ۵ =عالی (۹).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تکرار و در هر تکرار ۵ میوه انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل؛ غلظت‌های اسید سالیسلک، غلظت‌های اکسید نیتریک و دو زمان بررسی بود و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمال ۵% انجام شد.

نتایج و بحث

سفتی بافت میوه

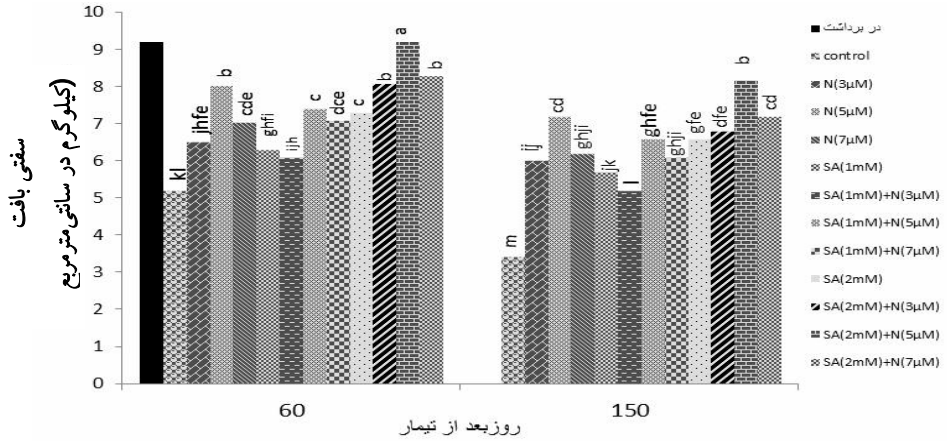
اثرات اصلی تیمارهای نیتریک اکسید، سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری و نیز اثر برهمکنش بین تیمارهای اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک و اثر برهمکنش سه گانه بین تیمارهای نیتریک اکسید، اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر سفتی بافت میوه معنی‌دار بود (جدول۱). سفتی بافت میوه‌ها در طول نگهداری کاهش یافت. در این بین بیشترین سفتی میوه در تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ۵ میکرومولار اکسید نیتریک ثبت شد. در درجه بعدی از نظر سفتی مناسب تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۷ میکرومولار و اکسید نیتریک ۵ میکرومولار قرار داشت (شکل۱).

محتوای فنل کل

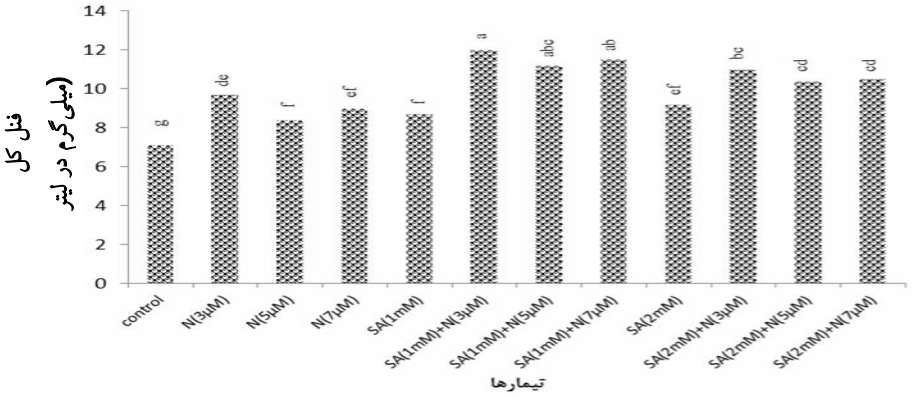
اثر اصلی تیمارهای اسید سالیسیلیک اکسید نیتریک و زمان نگهداری و اثر برهمکنش بین تیمارهای اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر بر همکنش تیمار اسید سالیسیلیک و زمان در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فنل کل معنی‌دار بود (جدول۱). همه تیمارهای اعمال شده میزان فنل بالاتری نسبت به شاهد داشتند. بیشترین میزان فنل در تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۳ میکرومولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۷ میکرومولار در لیتر مشاهده شد و این دو تیمار با تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۵ میکرومولار نیز اختلاف معنی‌داری ندارد. تیمارهای ترکیبی دارای فنل بیشتری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]



شکل۱. اثر برهمکنش تیمارهای نیتریک اکسید، اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر سفتی میوه سیب رقم رد دلیشیز. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% آزمون دانکن بین میانگین‌ها است. SA مخفف تیمار اسید سالیسیلیک و N مخفف تیمار اکسید نیتریک می‌باشد. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.



شکل۲. اثر برهمکنش بین تیمارهای اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک بر محتوای فنل کل میوه سیب رقم رد دلیشیز. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% آزمون دانکن بین میانگین‌ها است. SA مخفف تیمار اسید سالیسیلیک و N مخفف تیمار اکسید نیتریک می‌باشد. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.

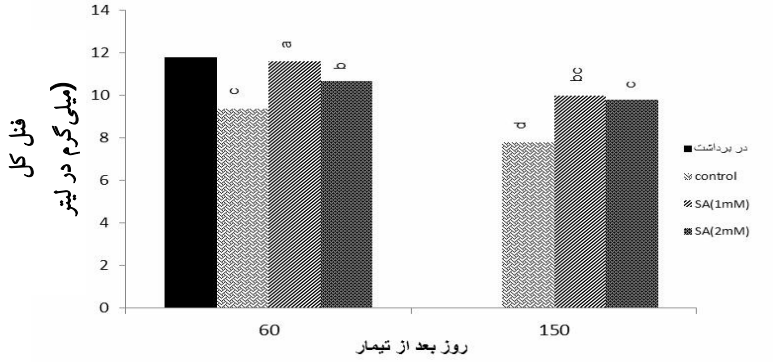
در مقایسه با تیمارهای منفرد غیرترکیبی هستند. اختلاف معنی‌داری بین تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۳ میکرومولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۵ میکرومولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۳ میکرومولار دیده نشد (شکل۲). با گذشت زمان میزان فنل در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک در مقایسه با میزان فنل در زمان برداشت کاهش یافت که این کاهش در شاهد بیشتر از تیمارهای اعمال شده بود (شکل۳). میوه‌های تیمار شده با اکسید نیتریک میزان فنل بالاتری در مقایسه با شاهد داشتند (شکل۴).

درصد کاهش وزن میوه

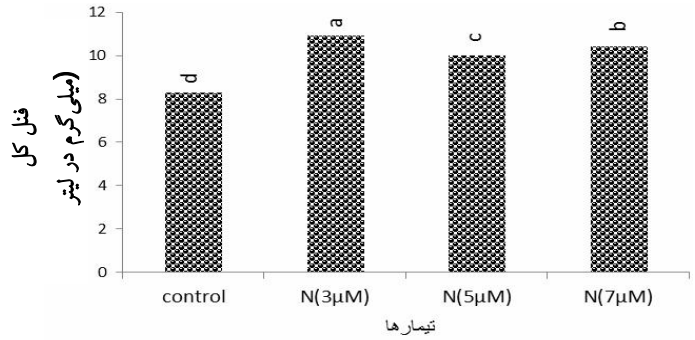
براساس جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی اسید سالیسیلیک، نیتریک اکسید، زمان بررسی و اثر برهمکنش بین تیمارهای اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک و اثر برهمکنش تیمار اکسید نیتریک و زمان و نیز اثر برهمکنش سه گانه بین تیمارهای اسید سالیسیلیک، نیتریک اکسید، زمان بررسی در سطح احتمال ۱% بر درصد کاهش وزن معنی‌دار شد. کمترین کاهش وزن میوه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]



شکل۳. اثر برهمکنش اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر محتوای فنل کل میوه سیب، رقم رد دلیشیز. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن است. SA مخفف تیمار اسید سالیسیلیک می‌باشد. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.



شکل۴. اثر اکسید نیتریک بر محتوای فنل کل میوه سیب رقم رد دلیشیز حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌باشند. N مخفف تیمار اکسید نیتریک است. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.

به‌ترتیب مربرط به تیمار ترکیبی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ۳ میکرومولار اکسید نیتریک و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود. همه تیمارهای اعمال شده از کاهش وزن میوه‌ها در مقایسه با شاهد جلوگیری کردند ولی تیمارهای ترکیبی تأثیری بیشتری بر این صفت در مقایسه با تیمارهای منفرد غیر ترکیبی داشتند (شکل۵).

درصد پوسیدگی

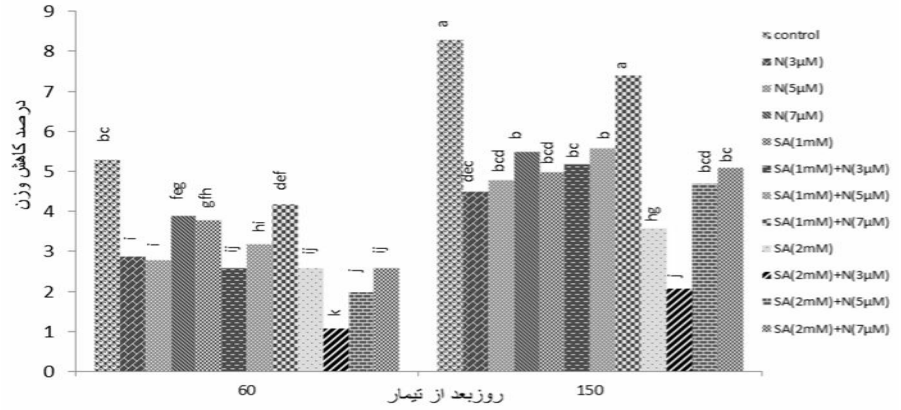
براساس جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی اسید سالیسیلیک، نیتریک اکسید، زمان بررسی و اثر برهمکنش بین تیمارهای اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک و نیز اثر برهمکنش سه گانه بین تیمارهای اسید سالیسیلیک، نیتریک اکسید، زمان بررسی در سطح احتمال ۱% بر درصد پوسیدگی معنی‌دار شد. در طول مدت نگهداری میزان پوسیدگی افزایش یافت ولی این افزایش در تیمارهای ترکیبی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ۳ میکرومولار اکسید نیتریک و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ۵ میکرومولار اکسید نیتریک کمتر بود. همه تیمارهای اعمال شده باعث کاهش پوسیدگی نسبت به شاهد شدند ولی تیمارهای ترکیبی تأثیری بیشتری بر این صفت داشتند. در تیمارهای ترکیبی درصد پوسیدگی در مقایسه با تیمارهای منفرد غیرترکیبی کمتر است (شکل۶).

شاخص بازار پسندی میوه

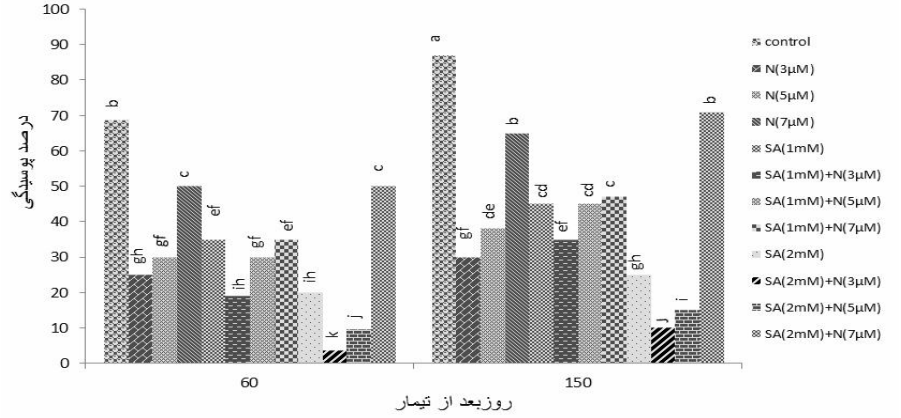
اثر اصلی تیمارهای اسید سالیسیلیک، اکسید نیتریک و زمان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]



شکل۵. اثر برهمکنش تیمارهای نیتریک اکسید، اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر کاهش وزن میوه سیب رقم رد دلیشیز.حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن هستند. SA مخفف تیمار اسید سالیسیلیک و N مخفف تیمار اکسید نیتریک است. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.



شکل۶. اثر برهمکنش تیمارهای نیتریک اکسید، اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر میزان پوسیدگی میوه سیب رقم رد دلیشیز.حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن است. SA مخفف تیمار اسید سالیسیلیک و N مخفف تیمار اکسید نیتریک است. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.

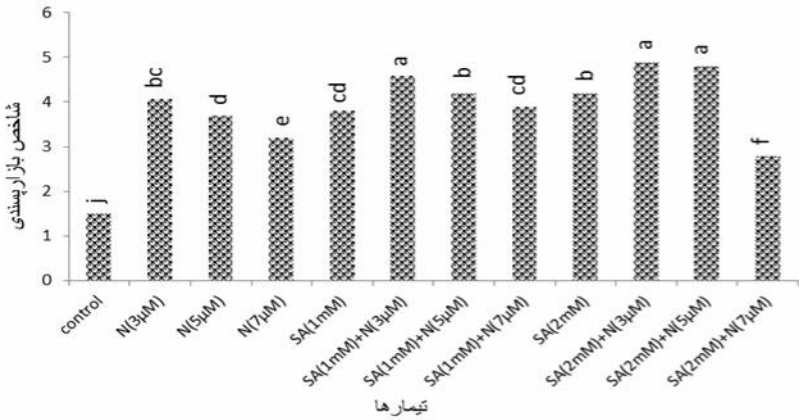
نگهداری و اثر برهمکنش بین تیمارهای اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک و هم‌چنین اثر برهمکنش تیمار اسید سالیسیلیک و زمان و اثر برهمکنش تیمار اکسید نیتریک و زمان در سطح احتمال ۱ درصد بر بازارپسندی معنی‌دار بود (جدول۱). همه تیمارهای اعمال شده میزان بازارپسندی بالاتری نسبت به شاهد داشتند. بیشترین میزان بازارپسندی در تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۳ میکرومولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۳ میکرومولار در لیتر مشاهده شد و این دو تیمار با تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۵ میکرومولار نیز اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل۷). با گذشت زمان میزان بازارپسندی در مقایسه با میزان بازارپسندی در زمان برداشت کاهش یافت که این کاهش در شاهد بیشتر از تیمارهای اعمال شده بود (شکل۸).

بحث

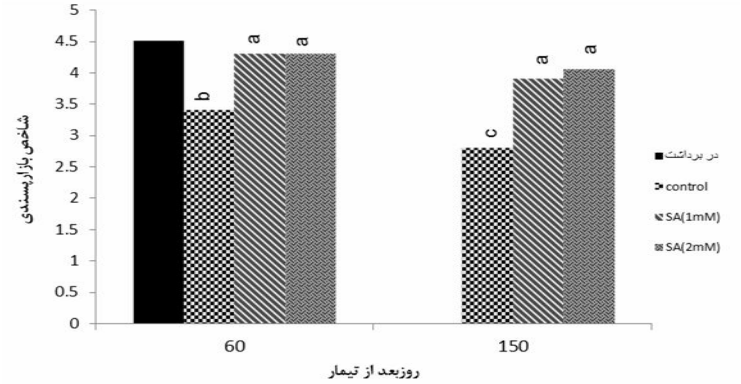
سفتی یکی از ویژگی‌های مهم میوه‌ها است که باعث افزایش پتانسیل نگهداری میوه درطی انبارداری، افزایش مقاومت در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]



شکل۷. اثر برهمکنش بین تیمارهای اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک بر بازارپسندی میوه سیب رقم رد دلیشیز. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن است. SA مخفف تیمار اسید سالیسیلیک و N مخفف تیمار اکسید نیتریک است. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.



شکل۸. اثر برهمکنش اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر بازارپسندی میوه سیب رقم رد دلیشیز. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵% در بین میانگین‌ها در آزمون دانکن هستند. SA مخفف تیمار اسید سالیسیلیک می‌باشد. M به معنی مولار یا همان مول بر لیتر است.

برابر بیماری‌ها و هم‌چنین افزایش مقاومت در برابر آسیب‌های مکانیکی می‌شود که با پیشرفت فرآیندهای رسیدگی سفتی کاهش می‌یابد (۱۴). مهم‌ترین عامل در تنظیم نرم شدن میوه‌های سیب اتیلن می‌باشد. اتیلن با تنظیم بیان ژن‌های آنزیم‌های هضم‌کنندهٔ دیواره سلولی باعث نرم‌شدگی آنها می‌شود. فعالیت آنزیم‌های هضم‌کننده دیواره سلولی مثل گلوکاناز و اندوپلی گالاکترونیاز وابسته به اتیلن است (۸). در میوهٔ انبه، اکسید نیتریک با کاهش محتوای ACC و فعالیت‌های ACC سنتاز و ACC اکسیداز باعث کاهش تولید اتیلن می‌شود و هم‌چنین باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های پلی گالاکترونیاز و گالاکتاناز می‌شود (۲۹). تیمار میوه‌های توت‌فرنگی با اکسید نیتریک باعث جلوگیری از نرم شدگی میوه‌ها شد. اکسید نیتریک از فعالیت اگزوپلی گالاکترونیاز و اندو پلی گالاکترونیاز جلوگیری کرد و فعالیت پکتین متیل استراز را کاهش داد (۳). سفتی بافت میوه‌ها در طول انبارداری کاهش یافت اما میزان سفتی بافت میوه‌های تیمار شده با اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک و به‌خصوص در تیمارهای تلفیقی در مقایسه با میوه‌های شاهد بیشتر بود.

تیمار میوه‌های هلو با اسید سالیسیلیک سفتی میوه‌ها را در سطح بالاتری حفظ کرد که به‌دلیل جلوگیری از هیدرولیز شدن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]

نشاسته و پیری میوه‌هاست (۳۰). گزارش شده که میوه‌های سیب تیمار شده با اسید سالیسیلیک دارای سفتی بیشتری بودند. اسید سالیسیلیک با جلوگیری از فعالیت ACC اکسیداز و تبدیل ACC به اتیلن باعث حفظ سفتی میوه‌های سیب می‌شود (۱۸). در این بررسی محتوای فنل کل در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک و ترکیبات مختلف آنها بیشتر از میوه‌های شاهد بود. بیشترین میزان فنل در تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۳ میکرومولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار با اکسید نیتریک ۷ میکرومولار در لیتر دیده شد. ترکیبات فنلی دارای اثرات بیولوژیکی چند گانه‌ای هستند که از جملهٔ این آثار می‌توان به فعالیت آنتی اکسیدانی آنها اشاره کرد. فعالیت آنتی اکسیدانی ترکیبات فنلی به خواص کاهندگی آنها وابسته می‌باشد (۲۴). که آنها به‌عنوان عامل‌های کاهنده برای آزاد کننده‌های هیدروژن و به‌عنوان خنثی‌کنندهٔ اکسیژن‌های فعال عمل می‌کنند. هم‌چنین آنها پتانسیل کلاته کردن فلزات سمی را دارند (۶). اسید سالیسیلیک و اکسید نیتریک هردو فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) و پراکسیداز را کاهش می‌دهند و بدین طریق محتوای ترکیبات فنلی را حفظ می‌نماید. هم‌چنین هر دوی این ترکیبات با کاهش تنفس و تولید اتیلن پیری را به تأخیر انداخته و با کاهش تولید رادیکال‌های آزاد منجر به حفظ فنل می‌شوند چرا که فنل‌ها به‌عنوان ترکیبات آنتی اکسیدان برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد ضروری‌اند. هم‌چنین این تیمارها باعث کاهش مصرف اسیدهای آلی شده و در نتیجه pH عصارهٔ سلولی را در حد پایین نگه می‌دارند، پلی‌فنل‌اکسیدازها در pHهای پایین فعالیت کمتری داشته و نمی‌توانند فنل‌ها را اکسید نمایند (۱۰، ۱۱و۱۲).

کاهش وزن میوه‌ها در طول دوره نگهداری در نتیجه تبخیر آب از سطح میوه‌ها، تنفس و فعالیت‌های متابولیکی است (۱۹). در این آزمایش کمترین کاهش وزن مربوط به تیمارترکیبی اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مول بر لیتر و اکسید نیتریک ۳ میکرومول بر لیتر بود. تیمار با اکسید نیتریک باعث جلوگیری از تولید اتیلن و کاهش تنفس شده و از اتلاف آب جلوگیری می‌کند و در نتیجه مانع کاهش وزن می‌شود (۲۸). گزارش شده که اسید سالیسیلیک باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و به این طریق سرعت تنفس را کاهش می‌دهد و میزان کاهش وزن میوه‌ها را به حداقل می‌رساند نتایج مشابهی در میوه‌های سیب تیمار شده با اسید سالیسیلیک به‌دست آمده است (۱).

در این آزمایش، تیمار با اکسید نیتریک به‌طور قابل توجهی باعث کاهش پوسیدگی و کاهش صدمات وارده به سلول‌ها می‌شود و ماندگاری میوهٔ سیب را افزایش می‌دهد. اکسید نیتریک پاسخ‌های دفاعی بافت میزبان را تحریک می‌کند که ممکن است هم تأثیر مستقیم روی رشد پاتوژن داشته باشد و یا این‌که به‌طور غیرمستقیم مقاومت میزبان را به پاتوژن افزایش دهد (۲۱). گزارش شده است که کاربرد اکسید نیتریک در آغاز تولید سطوح داخلی H_2O_2 را تحریک و از تجمع آن در مراحل آخر جلوگیری می‌کند که در نتیجه باعث فعال شدن پاسخ‌های دفاعی سلول‌ها در مقابل پاتوژن‌ها می‌شود (۷). در این آزمایش همه تیمارها باعث کاهش پوسیدگی شدند. در تیمارهای ترکیبی درصد پوسیدگی در مقایسه با تیمارهای منفرد غیر ترکیبی کمتر است. اسید سالیسیلیک باعث بیان ژن‌های مربوط به کیتیناز و بتا ۱-۳ گلوکاناز می‌شود که در جلوگیری از رشد اسپور قارچ‌ها نقش دارند و خسارت پاتوژن‌ها را کاهش می‌دهند. فنیل آلانین آمونیالیاز یک آنزیم کلیدی در سنتز متابولیت‌های ثانویه مانند فایتوالکسین‌ها و ترکیبات فنلی می‌باشد که به‌طور مستقیم از رشد پاتوژن‌ها جلوگیری می‌کنند، اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت فنیل آلانین آمونیالیاز می‌گردد (۲۰ و۲۷). مهم‌ترین شاخص بازارپسندی برای محصولات باغی وضع ظاهری محصول می‌باشد و مصرف کنندگان اغلب با ارزیابی ظاهری نسبت به انتخاب محصول مناسب اقدام می‌کنند (۲۲). میوه‌های تیمار شده با اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک دارای بیشترین بازارپسندی بودند. اتیلن نقش مهمی در کیفیت میوه‌ها دارد و باعث کاهش عمر انباری و پیری میوه‌ها می‌شود. اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک با جلوگیری از تولید اتیلن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]

نرم‌شدگی میوه‌ها را کاهش می‌دهند و از کاهش محتوای فنل جلوگیری می‌کنند و ظرفیت آنتی اکسیدانی و کیفیت میوه‌ها را حفظ می‌کنند نتایج مشابه این در میوه‌های کیوی فروت نیز گزارش شده است (۳۴). تجمع گونه‌های اکسیژن فعال باعث از بین رفتن کیفیت و بازارپسندی میوه‌ها و سبزیجات می‌شود (۱۵). اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک فعالیت کاتالاز و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را در سطح بالاتری حفظ می‌کنند. بنابراین اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک با کاهش گونه‌های فعال اکسیژن، بیان ژن‌های آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، کاهش تولید اتیلن و کاهش پوسیدگی باعث حفظ کیفیت میوه‌ها و افزایش بازارپسندی آنها می‌شود (۳۴).

نتیجه‌گیری

تیمارهای اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک اثرات مثبتی بر حفظ صفات اندازه‌گیری شده داشتند و فرآیند رسیدن و پیری را به تأخیر انداختند و درنتیجه منتج به حفظ کیفیت درونی میوهٔ سیب شدند. استفاده از اکسید نیتریک و اسید سالیسیلیک به‌خصوص در تلفیق با یکدیگر با جلوگیری از نرم شدن بافت میوه و با کاهش پوسیدگی باعث حفظ ظاهر و بازارپسندی و ماندگاری بهتر میوه سیب شدند. تیمارهای ترکیبی ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ۳ میکرومولار اکسید نیتریک و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ۵ میکرومولار اکسید نیتریک نتایج برتری را داشتند که برای استفاده در پس از برداشت سیب توصیه می‌شوند.

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, N. A., Z. Singh and A. Sattar Khan. 2010. Dynamics of anti-oxidant levels and activities of reactive oxygen-scavenging enzymes in 'Pinklady' apple fruit during maturation and ripening. *Plant Biology* 42: 2605-2620.
2. Abdollahi, R., H. Doulati Baneh and E. Masoumi. 2012. Effect of nitric oxide on qualitative traits of grapevine (*Vitis vinifera*) Askari cultivar in cold storage. *Journal of Small Fruits* 2: 1-14. (In Farsi).
3. Asghari, M. R. and R. Abdollahi. 2012. Changes in quality of strawberries during cold storage in response to postharvest nitric oxid and putrescine treatments. *Acta Alimentaria* 12:1-13.
4. Asghari, M. R. and M. Babalar. 2010. Use of salicylic acid to increase strawberry fruit total antioxidant activity. *Acta Horticulture* 877: 1117-1122.
5. Asghari, M. 2006. Determining the effect of salicylic acid on total anti-oxidant, ethylene production and some qualitative and quantitative attributes of strawberry (Selva variety). MSc. Thesis, Tehran Univ., Tehran, Iran. (In Farsi).
6. Ashraf, M. A. 2012. Waterlogging stress in plants. *African Journal of Agricultural Research* 7: 1976-1981.
7. Asnaashari, M. and M. R. Zokaee Khosroshahi. 2008. Postharvest Physiology and Technology. Hamedan Univ. Pub., (In Farsi).
8. Atkinson, R. G., K. M. Bolithho, M. A. Wright, T. Iturriagagaoitia, S. Reid and F. Ross. 1998. Apple ACC-oxidase and polygalacturonase: : ripening specific gene expression and promoter analysis in transgenic tomato. *Plant Molecular Biology* 38: 449-460.
9. Ayala-Zavala, J. F., S. H. Y. Wang, C. Y. Wang and G. A. González-Aguilar. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology* 452: 166–173.
10. Chen, J. Y., P. F. Wen, W. F. Kon, Q. H. Pan, J. H. Zhan, J. M. Li, S. B. Wan and W. D. Huang. 2006. Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. *Postharvest Biology and Technology* 40: 64–72.
11. Durner, J., D. Wendehenne and D. F. Klessig. 1998. Defense gene induction in tobacco by nitric oxide, cyclic GMP, and cyclic ADP-ribose. *Plant Biology* 95: 10328–10333.
12. Dutilleul, C., M. Garmier, G. Noctor, C. Mathieu, P. Che trit, C. Foyer and R. Paepe. 2003. Leaf mitochondria modulate whole cell redox homeostasis, set antioxidant capacity and determine stress resistance through altered signaling and diurnal regulation. *Plant Cell* 15: 1212–1226.
13. FAO. 2008. URL: Http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.
14. Fisher, R. L. and A. B. Bennett. 1991. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Plant Physiology* 42: 675-703.
15. Hodges, D. M., G. E. Lester, K. D. Munro and P. T. A. Toivonen. 2004. Oxidative stress: importance for postharvest quality. *Horticulture Science* 39: 924–929.
16. Jalili Marandi, R. 2004. Postharvest Physiology (transportation and maintenance of fruit, vegetable and plants). Jahade Daneshgahi Pub., Urmia. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]

17. Kader, A. A. 2003. Quality parmeters of fresh-cut fruit and vegetable products. PP. 11-20. *In*: lamikanra, O. (Ed.), Fresh-Cut Fruit and Vegetable: Science, Technology, and Market. CRC Press, Boca Raton.
18. Kazemi, M., M. Aran and S. Zamani. 2012. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. *American Journal Plant Physiology* 6: 113-119.
19. Martinez-Romero, D., D. Valero, M. Serrano, F. M. Sanches and F. Riquelme. 2000. Effects of post- harvest putrescine and calcium treatments on reducing mechanical damage and polyamines and abscisic acid levels during lemon storage. *Agricultural and Food Science* 79: 1589-1595.
20. Milosevic, N. and A. J. Slusarenko. 1996. Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 49: 143–157.
21. Qadir, A. and F. Hashinaga. 2001. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. *Postharvest Biology and Technology* 22: 279–283.
22. Rahemi, M. 2005. Postharvest Physiology (Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables and Ornamental Plants). Shiraz Univ. Pub., Shiraz (In Farsi).
23. Raskin, I. 1992. Salicylic, a new plant hormone. *Plant Physiology* 99: 799-803.
24. Raskin, C. A., N. J. Miller, P. G. Bolwell, P. M. Bramley and J. B. Pridham. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Research* 22: 375-383.
25. Romani, R. J., B. M. Hess and C. A. Leslie. 1989. Salicylic acid inhibition of ethylene production by apple discs and other plant tissues. *Journal of Plant Growth Regulation* 8: 63-69.
26. Scandalios, J. G. 1993. Effect of nitric oxide on ethylene production in strawberry fruit during storage. *Plant Physiology* 101: 7–12.
27. Schneider, S. and W. Ullrich. 1994. Differential induction of resistance and enhanced enzyme activities in cucumber and tobacco caused by treatment with various abiotic and biotic inducers. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 45: 291–304.
28. Shuhua, Z., S. Lina, L. Mengchen and Z. Jie. 2008. Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 13: 2324-2331.
29. Stow, J. 2000.The involvement of calcium in maintenance of apple fruit tissue structure. *Journal of Experimental Botany* 40: 1053-1057.
30. Tareen, M., N. Abbasi and A. Hafiz. 2012. Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv. 'Flordaking *Pakistan Journal of Biological Sciences* 44: 119-124.
31. Tun, N. N., C. Santa-Catarina, T. Begum, V. Silveira, W. Handro, E. Floh and G. F. E. Scherer. 2006. Polyamines induce rapid biosynthesis of nitric oxide (NO) in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Plant Cell Physiology* 47: 346–354.
32. Waterhouse, A. L. 2002. Determination of total phenolics. *In*: Wrolstad, R. E. (Ed.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley and Sons Pub., New York.
33. Wendehenne, D., A. Pugin, D. Klessig and J. Durner. 2001. Nitric oxide: comparative synthesis and signaling in animal and plant cells. *Trends in Plant Science* 6: 177–183.
34. Wu, F., H. Yang, Y. Chang, J. Cheng, S. Bai and J. Yin. 2012. Effects of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant capacity in Chinese Bayberry during storage. *Scientia Horticulturae* 135: 106–111.
35. Yu, Z., C. K. Song, C. Q. Jun, Z. S. Long and R. Y. Ping. 2003. Effects of acetylsalicylic Acid (ASA) and ethylene treatments on ripening and softening of postharvest kiwifruit. *Acta Botanica Sinica* 45: 1447-1452.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.5.3]