مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۵ شماره ۴ صفحه‌های ۴۴۱ تا ۴۶۰ (۱۴۰۳)
مقاله پژوهشی

کاربرد پس از برداشت اسید سالیسیلیک و فسفیت پتاسیم در کاهش پوسیدگی و حفظ کیفیت میوه پرتقال والنسیا طی نگهداری در انبار سرد

Postharvest Application of Salicylic Acid and Potassium Phosphite in Reducing Decay and Maintaining the Quality of Valencia Orange (*Citrus sinensis* L.) Fruit During Cold Storage

مجید راحمی*، محدثه میرشکاری، زهرا دلاوراردکانی
بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
*نویسنده مسئول، پست الکترونیک (rahemi@shirazu.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۵

چکیده

مواد شیمیایی مانند اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH)، مواد شیمیایی دفاعی هستند که به عنوان مواد شیمیایی القائی باعث تشدید مقاومت میوه پرتقال به پوسیدگی کپک سبز ناشی از *Penicillium digitatum* L. می‌شوند. هدف از این پژوهش بررسی SA و PPH بر کاهش پوسیدگی و حفظ کیفیت و کمیت پس از برداشت پرتقال والنسیا در طول نگهداری در انبار سرد بود که آزمایش اول به صورت طرح کاملاً تصادفی و آزمایش دوم به صورت آزمایش فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل SA (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و PPH (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌لیتر در لیتر) بود. در آزمایش اول میوه‌ها در محلول‌های SA و PPH به مدت ۱۰ دقیقه غوطه‌ور شدند، سپس بعد از دو هفته نگهداری در دمای ۵ °C با ایجاد زخم در میوه‌ها، با اسپور قارچ کپک سبز مایه‌زنی شدند و دو هفته دیگر در انبار سرد نگهداری گردید. در آزمایش دوم میوه‌ها در محلول‌های ذکر شده غوطه‌ور (۱۰ دقیقه) و سپس به مدت ۳ و ۶ هفته در سردخانه (۸۵٪ رطوبت نسبی و دمای ۵ °C) نگهداری شدند. نتایج نشان داد که SA در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و PPH در غلظت ۰/۵میلی‌لیتر در لیتر به طور معنی‌داری پوسیدگی را کاهش دادند. فسفیت پتاسیم در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌لیتر در لیتر میزان فنول کل را به طور معنی‌داری افزایش داد همچنین فسفیت پتاسیم در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌لیتر در لیتر باعث جلوگیری از کاهش وزن در طول نگهداری در انبار سرد گردید. همچنین PPH به طور معنی‌داری باعث افزایش فسفر و پراکسید هیدروژن در پوست پرتقال والنسیا گردید. از این پژوهش نتیجه گرفته شد که می‌توان از فسفیت پتاسیم در غلظت ۰/۵ میلی لیتر در لیتر برای جلوگیری از پوسیدگی میوه مرکبات در انبار سرد استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: مواد شیمیایی دفاعی، پوسیدگی، ویژگی‌های کمی و کیفی میوه.

مقدمه

پرتقال با نام علمی *Citrus sinensis* L. یکی از میوه‌های مهم تجاری است که به علت داشتن ویتامین ث بالا و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن، به صورت تازه‌خوری یا آب میوه به طور گسترده مصرف می‌شود. یکی از رقم‌های آن، رقم والنسیا می‌باشد که رقمی پیشاهنگ در دنیا است و در سال ۱۸۷۰ میلادی توسط نهالستان ریورز در انگلستان، که گیاه آن از منابع مدیترانه‌ای مانند اسپانیا و ایتالیا دریافت شده بود، تکثیر شد و به نقاط دیگر ارسال گردید (Jackson., 1991). رقم والنسیا از ارقام پرمحصول و دیررس می‌باشد و همه ساله کم و بیش محصول می‌دهد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

در شمال ایران کشت پرتقال والنسیا به علت دمای زیر صفر، گسترش چندانی نداشته است ولی در جنوب به ویژه در ناحیه جیرفت عملکرد رضایت‌بخشی داشته است (Fotoohi Qazvini., 2015). میوه بهترین کیفیت را از اواخر اسفند ماه بتدریج تا اواسط بهار خواهد داشت. پرتقال والنسیا در اواخر زمستان به علت کاهش دمای هوا به رنگ زرد متمایل به نارنجی تغییر رنگ می‌دهد، ولی در خرداد ماه رنگ آن سبز می‌شود. میوه این رقم هم روی درخت و هم در انبار خاصیت نگهداری بسیار خوبی دارد (Fotoohi Qazvini., 2015). در مرکبات عوامل بیماریزای مختلفی باعث فساد ۵۰ درصد محصول، در هنگام برداشت و در مراحل مختلف انبار می‌شود. مهمترین عامل بیماری قارچی مرکبات کپک سبز ناشی از *Penicillium digitatum* L. می‌باشد که در مناطق مرطوب گسترش بیشتری دارد (Shi *et al*., 2018). قارچ‌کش‌هایی مانند پروکلراز، ایمازالیل، تیابندازول و پریمتانیل در دنیا برای کنترل بیماری کپک سبز در پس از برداشت مرکبات استفاده می‌شود (Hao *et al*., 2011). به علت ایجاد مقاومت در عامل بیماری و آگاهی از مسائل امنیت غذایی در اثر باقی ماندن قارچ‌کش در میوه نیاز به کشف مواد غیر سمی و راه‌های موثر در کنترل امراض پس از برداشت می‌باشد. در سال‌های اخیر مواد طبیعی که از لحاظ بیولوژیکی فعال هستند، جایگزین قارچ‌کش‌ها شده‌اند. کنترل رشد میکروبی با استفاده از متابولیت‌های درونی گیاه، اگر چه به نظر یک تیمار شیمیایی می‌رسد ولی از لحاظ مصرف قابل قبول‌تر هستند. بسیاری از این ترکیب‌ها به عنوان مواد شیمیایی بی‌خطر[۱](GRAS) طبقه‌بندی می‌شوند و یا به عنوان مواد افزودنی قابل قبول در مواد غذایی هستند (Rahemi., 2022). مواد شیمیایی دفاعی (Elicitors) را می‌توان قبل یا بعد از برداشت استفاده نمود. ترکیبات سیگنالی مانند جاسمونات‌ها و اسید سالیسیلیک فرایندهای طبیعی را تحریک می‌کنند (Jackson., 1991).

اسید سالیسیلیک[۲](SA) یک هورمون گیاهی می‌باشد که نقش کلیدی در جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه دارد و همچنین در القای تولید مواد شیمیایی دفاعی در گیاه، مانند پلی‌فنول‌ها و پروتئین‌های مربوط به بیماریزایی نقش اساسی دارد (Asghari *et al*., 2010 & Yang *et al*., 2011). پژوهش‌ها در چند سال گذشته نشان می‌دهد که کنترل زیستی عوامل در مقابل کپک سبز توسط کاربرد SA در مرکبات القا می‌شود (Moscoso-Ramfez., 2013 & Shi *et al*., 2018).

در پژوهشی که از ترکیب کیتوزان و SA برای کنترل کپک سبز در گریپ فروت استفاده شد، دریافتند که ترکیب این دو ماده شیمیایی باعث ایجاد مقاومت میوه در مقابل کپک سبز گردید ولی هر کدام از مواد شیمیایی فوق به تنهایی قادر به کنترل بیماری کپک سبز نبودند (Asghari *et al*., 2010). پتاسیم از عناصر مهم در مرکبات است که در صورت بهینه بودن غلظت آن ریزش میوه را در هنگام برداشت (پاییز) کاهش می‌دهد و موجب افزایش عملکرد و کیفیت میوه می‌شود. نتایج پژوهش‌ها در مورد کاربرد کودهای محتوی فسفیت پتاسیم نشان می‌دهد که این کودها موجب کنترل پوسیدگی فیتوفترا در لیمو شده است (Zhou *et al*., 2014). فسفیت پتاسیم[۳] در پرتقال مقاومت به پوسیدگی کپک آبی را از طریق انگیزش تولید اسکوپارن افزایش می‌دهد. اسکوپارن‌ها متابولیت‌های گیاهی هستند که به وسیله مرکبات تولید می‌شوند و باعث مقاومت در مقابل عامل بیماریزا می‌شود (Rahemi., 2022). با توجه به مطالب ذکر شده هدف از این پژوهش بررسی تاثیر کاربرد پس از برداشت SA و فسفیت پتاسیم در کاهش پوسیدگی کپک سبز و بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال والنسیا بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش شامل دو آزمایش به طور جداگانه می‌باشد که آزمایش اول به صورت طرح کاملا تصادفی و آزمایش دوم به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی به اجر درآمد. در آزمایش اول اسید سالیسیلیک و فسفیت پتاسیم بر میزان پوسیدگی و میزان فنول کل و در آزمایش دوم تاثیر این دو ماده بر کیفیت و میزان فعالیت آنزیم‌ها در دو زمان (۳ و ۶ هفته) مورد بررسی قرار گرفت.

۱- Generally Recognized as Safe
۲- Salicylic acid
۳- Potassium phosphate

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

آزمایش اول

تهیه میوه

میوه‌های پرتقال والنسیا از درختان بالغ از یک باغ تجاری در شهرستان داراب، استان فارس برداشت و به آزمایشگاه بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز انتقال داده شد. قبل از اعمال تیمارها میوه‌ها در محلول ۱ درصد هیپوکلریت سدیم برای ضدعفونی سطحی به مدت ۲ دقیقه غوطه‌ور شده و سپس میوه‌ها با آب دیونیزه شستشو داده شدند و در دمای اتاق خشک شدند.

اعمال تیمار

میوه‌ها در محلول‌های ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ماده موثر اسیدسالیسیلیک (MERK) و فسفیت پتاسیم (شرکت ادنا دشت)، در غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌لیتر در لیتر به مدت ۱۰ دقیقه غوطه‌ور شدند و پس از خشک شدن درهوای آزاد، تعداد ۵ میوه در کیسه‌های پلاستیکی ۱۶ سوراخ قرار داده شدند و به مدت ۲ هفته در انبار سرد با دمای ۵°C با رطوبت نسبی[1] ۸۵ درصد نگهداری شدند.

مایه زنی میوه با اسپور قارچ

پرتقال‌های آلوده به عنوان منبع اسپور، برای جداسازی پاتوژن‌های قارچ مولد کپک سبز *P. digitatum* استفاده شدند. کشت قارچ روی محیط کشت که شامل دکستروز، آگار و سیب زمینی (PDA) (حاوی ۳۰۰ گرم عصاره سیب زمینی ۲۰ گرم دکستروز و ۱۵ گرم آگار در یک لیتر آب مقطر) می‌باشد کشت داده شد. سوسپانسیون اسپور پاتوژن توسط قارچ فعال کپک سبز با ۱۰۰ سانتی‌مترمکعب آب مقطر استریل تهیه شد. سپس غلظت اسپور با دستگاه هماسایتومتر[2] شمارش شد و سوسپانسیون قارچ محتوی 10^6 ml^{-1} اسپور برای مایه زنی پرتقال والنسیا تهیه شد.

ایجاد زخم و مایه زنی

میوه‌ها بعد از ۲ هفته نگهداری در سردخانه، خارج شدند و سطح آنها با اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی گردید، سپس در سطح استوایی میوه‌ها ۴ عدد زخم به عمق ۳ و عرض ۳ میلی‌متر ایجاد شد و در هر زخم ۱۰میکرولیتر از سوسپانسیون اسپور قارچ با غلظت 10^6 ml^{-1}عدد اسپور قارچ کپک سبز، تزریق گردید. میوه‌ها پس از آلوده شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۲۵°C قرار داده شدند مجدداً به مدت ۲ هفته دیگر در سردخانه با شرایط قبلی نگه‌داری شدند، و پس از خروج از سردخانه و نگهداری به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق، درصد پوسیدگی در محل زخم‌ها و میزان فنول آب میوه اندازه‌گیری شد.

پوسیدگی میوه

با شمارش تعداد میوه های پوسیده و میزان درصد پوسیدگی تیمارها مطابق فرمول زیر اندازه گیری شد.

$$\text{درصد میزان پوسیدگی} = \frac{\text{تعداد میوه پوسیده}}{\text{تعداد میوه کل}} \times ۱۰۰$$

محتوای فنول کل

در این روش، ۳۲ میکرولیتر از آب میوه با ۹۰۰ میکرولیتر سدیم کربنات ۲٪ ترکیب گردید و هم زده شد و ۳ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، ۱۸۰ میکرولیتر فولین ۵۰٪ به آن اضافه و پس از مخلوط کردن، ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی نگه داشته شد. در نهایت ۲۵۰ میکرولیتر از آن درون میکروپلیت ریخته شد و میزان جذب در طول موج ۷۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفوتومتر Microplat Spectrophotometer Epoch, Biotek Instruments, Inc ساخت آمریکا خوانده شد (Mohammadi *et al*., 2015).

آزمایش دوم

میوه‌های پرتقال والنسیا مطابق آزمایش اول ضدعفونی شدند و سپس تیمارها به شرح زیر اعمال گردید.

میوه‌ها در محلول‌های ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ماده موثر اسید سالیسیلیک و فسفیت پتاسیم ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌لیتر در لیتر به مدت ۱۰ دقیقه غوطه‌ور شدند و پس از خشک شدن درهوای آزاد، ۵ عدد میوه در کیسه‌های ۱۶ سوراخ قرار داده شدند و پس از وزن کردن، کیسه‌ها در دمای ۵°C با رطوبت نسبی ۸۵ درصد به مدت ۳ و ۶ هفته نگهداری شدند.

۱- Relative humidity

۲- Hemacytometer

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

پس از خارج شدن کیسه‌ها از سردخانه به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد و سپس پارامترهای کاهش وزن، مواد جامد محلول، ویتامین ث، اسیدیته کل، میزان پتاسیم و فسفر اندازه‌گیری شدند.

همچنین میزان مالون‌دی‌آلدهید، پراکسید هیدروژن و آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و سفتی نیز اندازه‌گیری گردید (قبل از نگهداری میوه‌ها در سردخانه، ویتامین ث، اسیدیته، سفتی میوه، میزان پتاسیم و فسفر آنها در پوست و گوشت میوه اندازه‌گیری شد).

کاهش وزن

کاهش وزن بر اساس اختلاف وزن میوه‌ها در زمان قبل از آزمایش و پس از پایان آزمایش بر حسب درصد به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱گرم مشخص و با استفاده از فرمول زیر درصد کاهش وزن، محاسبه شد (Navarro *et al.*, 2011).

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن ثانویه - وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری سفتی میوه

با استفاده از دستگاه سفتی سنج مدل FG-50005 ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد و میزان سفتی به صورت نیوتن محاسبه گردید.

مواد جامد محلول کل [1](TSS)

جهت اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل، از قند سنج دستی مدل (ATC-1e,China) استفاده گردید. ابتدا عصاره خالص میوه‌ها گرفته شد و مقدار مواد جامد محلول به صورت درجه بریکس گزارش گردید (شبانی و همکاران، ۱۳۹۰).

مقدار اسید آسکوربیک

برای اندازه‌گیری این شاخص از محلول‌های بافر متافسفریک‌اسید و ایندوفنول استفاده شد. به این صورت که مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از آب میوه با ۱۰ میلی‌لیتر متافسفریک‌اسید مخلوط شد و پس از ورتکس کردن، ۱۰۰ میکرولیتر از آن با ۹ میلی‌لیتر ایندوفنول مخلوط و ورتکس گردید و در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Microplat Spectrophotometer Epoch, Biotek Instruments, Inc ساخت آمریکا ، عدد جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد (Ranganna, 1977).

اسیدیته قابل تیتراسیون[2](TA)

در این روش، ۵ میلی‌لیتر آب‌میوه را با استفاده از هیدروکسید سدیم (۱٪) به pH ۸/۲ رسانیده شد و حجم سود مصرفی محاسبه گردید و در نهایت با استفاده از فرمول زیر مقدار اسیدکل، محاسبه گردید (شبانی و همکاران، ۱۳۹۰).

$$\text{درصد اسید تیتراسیون} = \frac{\text{وزن اکی والان اسید سیتریک} \times \text{نرمالیته سود مصرفی} \times \text{حجم سود مصرفی}}{\text{حجم نمونه آب میوه}} \times ۱۰۰$$

روش اندازه‌گیری پتاسیم

برای اندازه‌گیری پتاسیم یک گرم نمونه پوست خشک شده در کوره سوزانده شد و سپس اسید هیدروکلریک به خاکستر حاصله اضافه شد. پس از عصاره‌گیری میزان پتاسیم براساس میزان جذب با دستگاه نورسنج شعله‌ای مدل PEP7 ساخت شرکت JENWAY آمریکا و در طول موج‌های ۵۸۹ و ۴۰۴ نانومتر خوانده شد (Bor *et al.*, 2006).

روش اندازه‌گیری فسفر

برای اندازه‌گیری فسفر، آمونیم مولبیدات و آمونیم وانادات را به طور جداگانه در آب جوش حل کرده پس از خنک شدن با هم مخلوط شدند و سپس اسید نیتریک به آن اضافه شد. عصاره میوه را در یک فلاسک ریخته و محلول آماده شده را اضافه کرده و جذب در طول موج ۴۶۰ با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Microplate Spectrophotometer Epoch, Biotek Instruments, Inc ساخت آمریکا خوانده شد (Murphy & Riley, 1962).

۱- Total soluble solids ۲- Total acidity ۳- Malon di aldehyde

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید[۳](MAD)

مقدار ۰/۱ گرم از بافت میوه را در نیتروژن مایع کاملا ساییده و به پودر حاصل محلول تری کلرو اسید استیک اضافه و در هاون به خوبی همگن گردید سپس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت rpm ۱۵۰۰۰ سانتریوفیوژ شدند. به محلول رویی، ملول تری‌کلرواسیداستیک و اسیدتیوباربیتیوریک اضافه و بخوبی مخلوط شد. سپس در حمام گرم قرار داده بعد از آن روی یخ خورد شده ریخته شد و خنک گردید. سپس میزان جذب با دستگاه اپوچ در۲ طول‌موج ۵۳۲ و۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از ضریب خاموشی $155\ mM^{-1}cm^{-1}$ محاسبه و به صورت نانو مول بر گرم وزن تازه بیان شد (Rao & Sresty, 2000).

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز[۱](SOD)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم، عصاره آنزیمی به بافر فسفات‌پتاسیم، ال متیونین، ریبوفلاوین، اضافه شد. واکنش با افزودن ریبوفلاوین و قرار دادن کووت‌ها در زیر منبع نوری (۲ عدد لامپ فلورسنت ۱۵وات) به مدت ۱۵ دقیقه آغاز شد. یک کووت که حاوی مخلوط واکنش بدون عصاره آنزیمی بود به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. یک کووت دیگر که حاوی مخلوط واکنش کامل و در تاریکی قرار گرفته بود به‌عنوان بلانک در نظر گرفته شد. میزان جذب هر نمونه در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر خوانده شد و یک واحد فعالیت آنزیم معادل با مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که توان کاهش در میزان جذب را به میزان ۵۰ درصد جذب خوانده شده توسط شاهد دارا بود. فعالیت آنزیم به صورت واحد به ازای یک گرم وزن تازه نمونه گزارش شد (Giannopolitis & Ries, 1977).

Inhibition of NBT reduction by SOD (%) = Control OD- Treatment OD/ control X100 =X% inhibition

Y unit =X% × (1/50)

SOD (units/g) = Y/(DF × FW)

FW: وزن نمونه تازه (بر حسب گرم)

DF: فاکتور رقیق سازی: مقدار عصاره آنزیمی نسبت به کل حجم نمونه خوانده شده توسط دستگاه

Control OD: میزان جذب نمونه شاهد

Treatment OD: میزان جذب نمونه

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز[۲](CAT)

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، بافر فسفات پتاسیم (۲۹۰۰ میکرولیتر) ، پراکسید هیدروژن (۵۰ میکرولیتر) و عصاره آنزیمی (۵۰ میکرولیتر) تهیه شد. واکنش با افزودن عصاره آنزیمی به مخلوط واکنش شروع شد. فعالیت آنزیم کاتالاز با بررسی میزان کاهش جذب نوری به دلیل تجزیه پراکسیداز هیدروژن در مدت ۱ دقیقه و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد یک واحد فعالیت آنزیم بر حسب میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه شده در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان شد. میزان فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی $۳۹/۴mM^{-1}cm^{-1}$ و فعالیت این آنزیم بر اساس واحد آنزیمی در گرم وزن‌تر گزارش گردید (Sun *et al*., 2013).

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسید هیدروژن[۳](H_2O_2)

مقدار ۰/۱ گرم از بافت میوه را در نیتروژن مایع کاملا ساییده و تبدیل به پودر شد. سپس محلول تری‌کلرواستیک‌اسید به آن اضافه شد و در هاون به خوبی همگن شد سپس نمونه‌ها سانتریفیوژ شدند. روی محلول شناور، بافر فسفات و یدید پتاسیم اضافه شد و در طول موج ۳۹۰ نانومتر با دستگاه اپوچ اندازه‌گیری شد (Velikova *et al*., 2000).

واکاوی آماری

واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

۱- Superoxide dismutase ۲- Catalase ۳- Hydrogen peroxide

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

نتایج و بحث

آزمایش اول : بررسی اثرات اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم بر درصد پوسیدگی و میزان فنول

درصد پوسیدگی

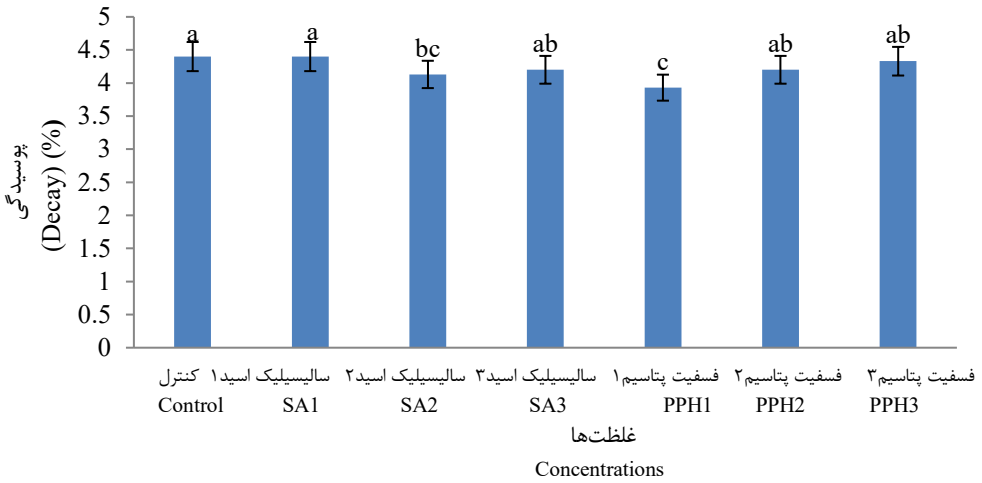
همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است SA در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری باعث کاهش درصد پوسیدگی پرتقال والنسیا که با اسپور قارچ کپک سبز مایه‌زنی شده بودند، گردید. این پژوهش نشان داد که SA پتانسیل جلوگیری از وقوع بیماری کپک سبز در مرکبات را دارد. نتایج این پژوهش با نتایج دیگران در مورد کاربرد SA بر کاهش بیماری کپک سبز در پس از برداشت مطابقت دارد. امینی فرد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که SA در غلظت ۵ میلی‌مولار به طور معنی‌داری باعث کاهش آلودگی کپک سبز در پرتقال خونی گردید. همچنین SA به تنهایی به‌طور موثری باعث کاهش آلودگی پس از برداشت گریپ فروت گردید (Shi *et al*., 2018). همچنین کاربرد قبل از برداشت SA نیز در غلظت یک میلی‌مولار به طور معنی‌داری باعث کاهش پوسیدگی کپک سبز در پرتقال والنسیا شده است (Shoala *et al*., 2021).

اسید سالیسیلیک یک مولکول پیام‌آور درون‌زای گیاهی است که نقش مهمی در مکانیسم مقاومت در مقابل بیماری‌ها را دارد (Yang *et al*., 2011). تجمع SA درون‌زا رابطه نزدیکی به توانایی مقاومت میوه به بیماری دارد و گزارش شده است کاربرد بیرونی SA باعث افزایش سطح SA درون‌زا می‌شود که مقاومت در برابر بیماری را تحریک می‌کند (Saikia *et al*., 2003).

گزارش شده است که کاربرد SA بر میوه پرتقال در غلظت ۱ میلی‌مولار باعث تغییر در ساختار کنیدی و هیف قارچ کپک سبز و چروکیدگی و کاهش در ضخامت غشاء سیتوپلاسم و نشت یونی اندام‌های سیتوپلاسم سلول قارچ کپک سبز می‌شود (Shoala *et al*., 2021).

یکی دیگر از ترکیبات معدنی القا کننده مقاومت به بیماری فسفیت پتاسیم می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که فسفیت پتاسیم باعث کاهش پوسیدگی در میوه پرتقال والنسیا که با اسپور قارچ *Penicillium degitatum* مایه‌زنی شده بودند، گردید (شکل ۱). فسفیت پتاسیم در غلظت ۰/۵ میلی لیتر در لیتر به طور معنی‌داری میزان پوسیدگی را در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. نتایج این پژوهش با نتایج محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2022) که از فسفیت پتاسیم برای جلوگیری از پوسیدگی میوه روی درخت قبل از برداشت، محلول‌پاشی کرده بودند مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که فسفیت پتاسیم در غلظت ۳ گرم در لیتر در ماه سوم انبار پرتقال تامسون ناول، میزان پوسیدگی را به ۱۳/۳ درصد کاهش داد. فسفیت پتاسیم یکی از محرک‌های زیستی گیاه می‌باشد که علاوه بر افزایش عملکرد، دفاع گیاه را در مقابل بیماری‌ها از جمله گونه پنسیلیوم افزایش می‌دهد و کاربرد این ترکیبات ثابت کرده است که می‌توان فسفیت پتاسیم را به عنوان جایگزین قارچ‌کش‌ها در پوسیدگی میوه مرکبات استفاده نمود (La Spada *et al*., 2021).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



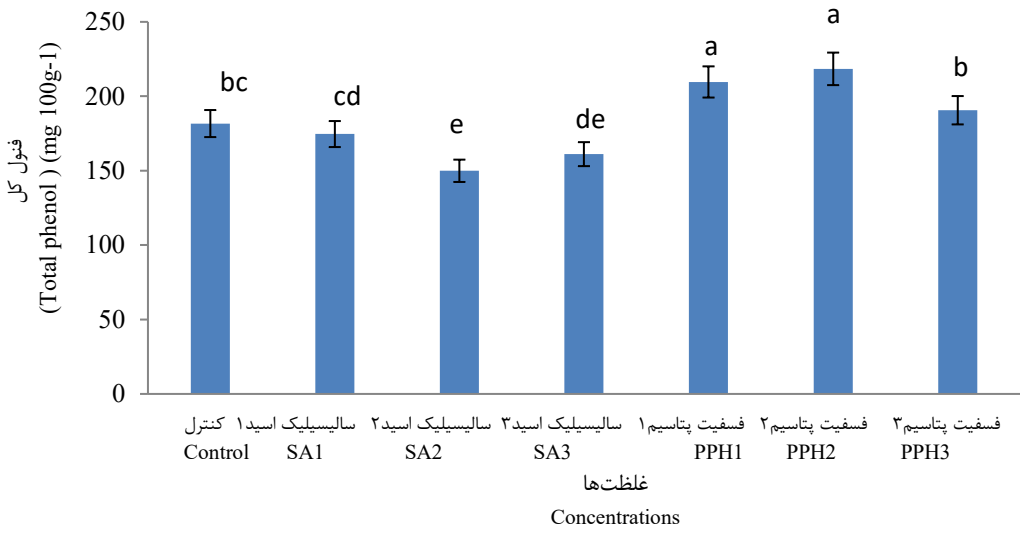
شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بر درصد پوسیدگی پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (شاهد =۰، ۱=۵۰۰mg L^{-1}، ۲ = ۱۰۰۰ mg L^{-1}، ۳= ۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌هایPPH (شاهد=۰، ۱= ۰/۵ ml L^{-1}، ۲= ۱ ml L^{-1}، ۳= ۲ml L^{-1}).

Fig.1. The effect of different concentrations of salicylic acid and potassium phosphate on the decay percentage of Valencia oranges. The columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500mg L^{-1}, 2=1000mg L^{-1}, 3=2000mg L^{-1}), Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1}, 2= 1ml L^{-1}, 3=2ml L^{-1}).

محتوای فنول کل

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است بیشترین محتوای فنول کل در تیمار فسفیت پتاسیم یک میلی‌لیتر در لیتر مشاهده گردید که با تیمار ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر فسفیت پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت ولی نسبت به شاهد و تیمارهای SA تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین میزان فنول مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر SA می‌باشد که با شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد. فسفیت پتاسیم باعث افزایش میزان فنول کل آب میوه پرتقال والنسیا گردید و با افزایش غلظت آن محتوای فنول کل افزایش یافت. بیشترین محتوای فنول کل در تیمارهای فسفیت پتاسیم ۰/۵و ۱ میلی‌لیتر در لیتر مشاهده شد (شکل۲). فنول در سیستم آنتی‌اکسیداتیو در میوه‌ها موثر است و با تغییر در بیان ژن و فعالیت پروتئین‌ها بر فعالیت‌های آنزیمی سیستم آنتی‌اکسیداتیو موثر می‌باشد (Mohammadi *et al*., 2022).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بر میزان فنول کل پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (شاهد=۰، ۱= ۲mg L^{-1}=۵۰۰، ۱۰۰۰ mgL^{-1}=۳، ۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌های PPH (شاهد=۰، ۱= ۰/۵ ml L^{-1}، ۲= ۱ ml L^{-1}، ۳= ۲ ml L^{-1}).

Fig. 2. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the amount of total phenol in Valencia orange. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500 mg L^{-1}, 2=1000 mg L^{-1}, 3=2000 mg L^{-1}), Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1}, 2= 1ml L^{-1}, 3=2ml L^{-1}).

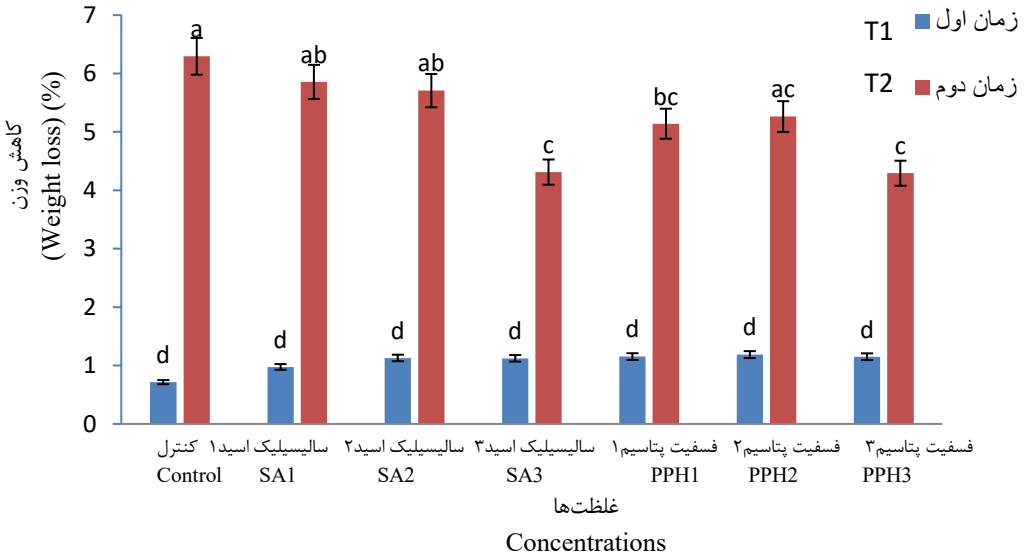
آزمایش دوم: بررسی اثرات SA و فسفیت پتاسیم بر تولید آنزیم‌ها و کیفیت میوه

درصد کاهش وزن

با توجه به شکل ۳ تیمارها تاثیر معنی‌داری بر میزان کاهش وزن در زمان اول (سه هفته در سردخانه) نداشتند ولی در زمان دوم SA در تمام غلظت‌ها میزان کاهش وزن را نسبت به شاهد کاهش داد ولی کمترین میزان کاهش وزن مربوط به تیمار SA در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و فسفیت پتاسیم ۲ میلی‌لیتر در لیتر مشاهده شد و با شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند. Ennab و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که غوطه‌وری میوه نارنگی مورکات در محلول SA موجب کاهش از دست دادن وزن میوه می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. SA از طریق کاهش تنفس و به دنبال آن کاهش سوخت و ساز سبب کنترل کاهش وزن می شود (Zheng *et al*., 2004).

همچنین امینی‌فرد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تیمار پرتقال خونی با ۵ میلی‌مول SA، درصد کاهش وزن را در طول انبار به ۵/۷۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داده که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. میوه در طول نگهداری در انبار به علت زنده بودن به فعالیت حیاتی خود ادامه می‌دهد و از طریق، تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی وزن آنها کم می‌شود (Ardakani *et al*.,2013).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



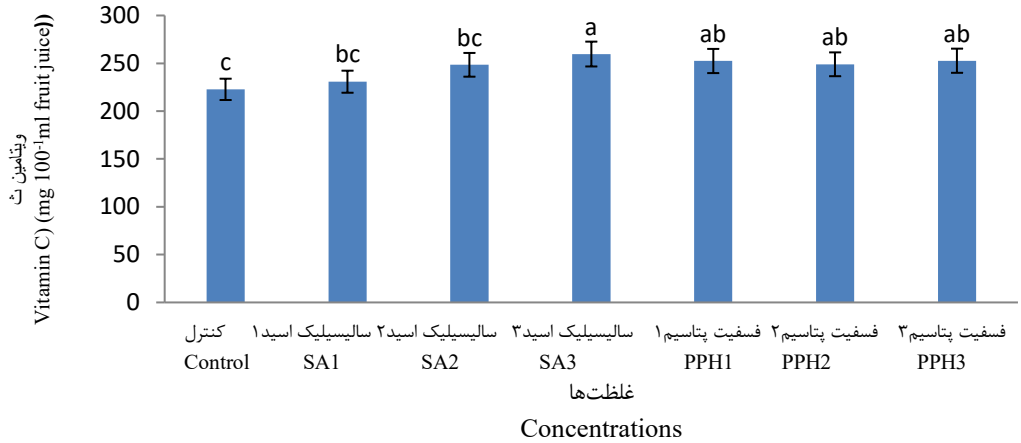
شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بر درصد کاهش وزن پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (شاهد=۰، ۱=۵۰۰mg L^{-1} ، ۲=۱۰۰۰ mg L^{-1} ، ۳=۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌های PPH (شاهد=۰، ۱= ۰/۵ ml L^{-1} ، ۲= ۱ ml L^{-1} ، ۳= ۲mg L^{-1}) زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 3. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the weight loss percentage of Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500 mg L^{-1}, 2=1000 mg L^{-1}, 3=2000 mg L^{-1}), Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1}, 2=1ml L^{-1}, 3=2ml L^{-1}). T1=3 and T2=6 weeks.

ویتامین ث

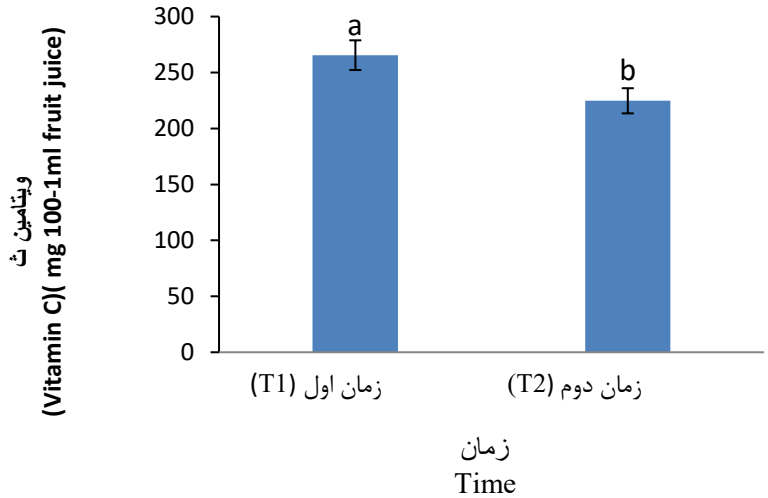
با توجه به شکل ۴ درصد ویتامین‌ث در شاهد کمترین و در تیمارهای SA با افزایش غلظت میزان آنها در طول انبار در آب میوه‌ها افزایش یافت. بیشترین میزان ویتامین ث در تیمار SA، ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۴). تیمار فسفیت پتاسیم در تمام غلظت‌ها میزان ویتامین‌ث میوه پرتقال والنسیا را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. میزان ویتامین‌ث در زمان اول (سه هفته در انبار) نسبت به زمان دوم (۶ هفته در انبار) به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۵). SA آنزیم اسکوربات پراکسیداز را غیر فعال می‌کند و باعث تجمع اسید اسکوربیک در میوه‌ها می‌شود (Ennab *et al*., 2020). افزایش توانایی ضداکسیدکنندگی و ضد تنش در گیاهان توسط کاربرد SA از تخریب ویتامین‌ث جلوگیری می‌نماید. اسید سالیسیلیک در غلظت ۵ میلی‌مولار باعث افزایش ویتامین‌ث در پرتقال خونی گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Aminifard *et al*., 2013). محمدی و دیگران (۱۴۰۱) گزارش کردند که تیمار فسفیت پتاسیم موجب افزایش ویتامین ث در پرتقال خونی رقم سانکن در ماه اول نگهداری گردید. همچنین تیمار فسفیت پتاسیم ۳ در هزار در ماه دوم باعث افزایش ویتامین‌ث در پرتقال تامسون ناول گردید (Mohammadi *et al*., 2022). ویتامین‌ث در طول مدت انبارمانی کاهش یافت به طوری که در ۳ هفته اول بیشترین و بعد از ۶ هفته نگهداری در سردخانه به شدت کاهش یافت. علت این کاهش می تواند در نتیجه استفاده اسکوربات پراکسیداز برای واکنش کاتالیزی خود از اسید اسکوربیک به عنوان کوفاکتور استفاده می نماید (Fattahi Moghadam *et al*., 2014).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بردرصد ویتامین ث در پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (شاهد=۰، ۱=۵۰۰mg L^{-1}، ۲=۱۰۰۰ mg L^{-1}، ۳= ۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌هایPPH (شاهد =۰، ۱= ۰/۵ ml L^{-1}، ۲= ۱ ml L^{-1}، ۳= ۲ ml L^{-1}).

Figure4- The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the percentage of vitamin C in Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500 mg L^{-1}, 2=1000 mg L^{-1}, 3=2000 mg L^{-1}), Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1},2= 1 ml L^{-1}, 3=2ml L^{-1}).



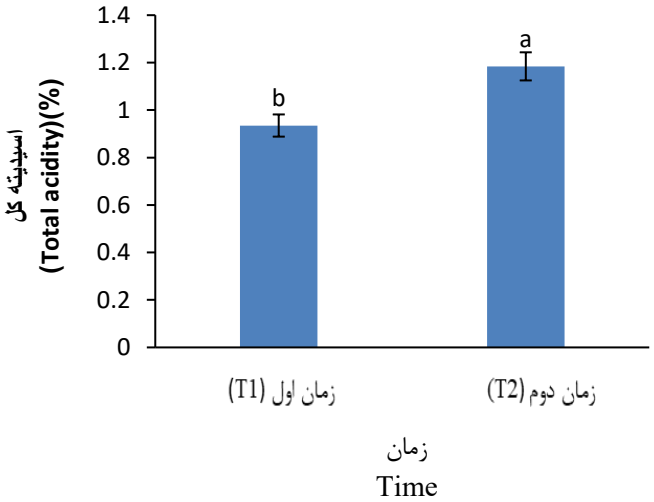
شکل ۵- اثر زمان‌های نگهداری در انبار۵°C بردرصد ویتامین ث پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 5. The effect of storage times in the storage of 5°C vitamin C of Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level.T1=3 and T2=6 weeks.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

اسیدیته کل

با توجه به جدول تجزیه واریانس که درصد اسیدیته کل بین تیمارها و اثر بر همکنش تیمار و زمان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (نشان داده نشد) درصد اسیدیته کل بین زمان اول (سه هفته در سردخانه) و زمان دوم (۶ هفته در سردخانه) درشکل ۶ نشان داده شده است. درصد اسیدیته کل در زمان اول کمتر از زمان دوم بود و تفاوت آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود(نمودار۶). کاربرد SA اسید ۳ میلی‌مولار بر روی میوه لیمو شیرین باعث حفظ اسیدهای آلی نسبت به شاهد گردید (Hosseini Farahi *et al*., 2017). که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. اسید سالیسیلیک باعث کاهش تنفس در میوه‌های تیمار شده می‌شود در نتیجه اسیدهای آلی که در تنفس سوخته می‌شوند کاهش می‌یابند (Zhou *et al*., 2014). بنابراین تیمار پرتقال والنسیا (نافرازگرا) با SA دارای اثر مثبت در جلوگیری از تجزیه اسیدهای آلی را داشته است.



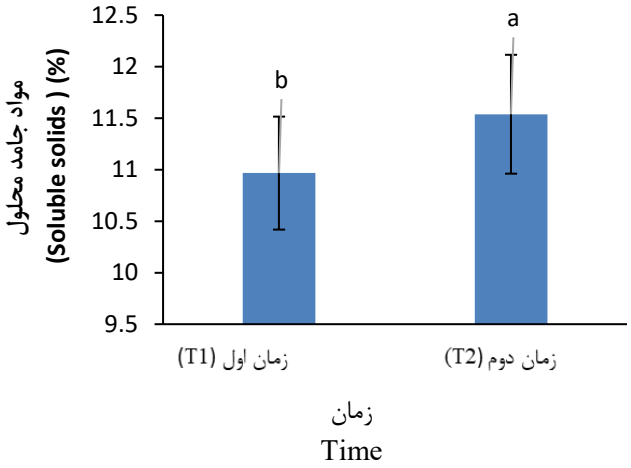
شکل ۶ - اثر زمان‌های نگهداری در انبار۵C° بر درصد اسیدیته کل پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 6. The effect of storage times in 5°C storage on the total acidity percentage of Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. T1=3 and T2=6 weeks.

مواد جامد محلول کل

با توجه به جدول تجزیه واریانس درصد مواد جامد محلول بین تیمارها و اثر متقابل تیمار و زمان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، درصد مواد جامد محلول بین زمان اول (سه هفته در سردخانه) و زمان دوم (۶ هفته در سردخانه) در شکل ۷ نشان داده شده است. میزان درصد مواد جامد محلول در زمان دوم بیشتر از زمان اول می‌باشد و تفاوت بین این دو زمان معنی‌دار می‌باشد (شکل ۷). فسفیت پتاسیم به سبب داشتن دو عنصر پتاسیم و فسفر نقش مهمی در کیفیت میوه و عمر پس از برداشت دارد. پتاسیم در مرکبات علاوه بر جلوگیری از ریزش میوه در پاییز موجب افزایش عملکرد و کیفیت میوه از جمله TSS می‌شود (Marschener *et al*., 1995). گزارش شده است که کاربرد پس ازبرداشت SA روی پرتقال خونی باعث افزایش معنی‌داری در میزان TSS بین میوه‌های تیمار شده و شاهد شده است (Aminifard *et al*., 2013). که با نتایج این پژوهش در طول زمان مطابقت دارد. در پژوهش دیگری گزارش شده است که با افزایش زمان انبارداری، میزان مواد جامد محلول میوه‌های تیمار شده با فسفیت پتاسیم افزوده می شود و بیشترین مقدار TSS در تیمار ۳ در هزار فسفیت پتاسیم به میزان ۱۰/۲ درجه بریکس در ماه دوم انبار میوه تامسون ناول شده است (Mohammadi *et al*., 2022) که با پژوهش حاضر مطابقت دارد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



شکل۷- اثر زمان‌های نگهداری در انبار۵°C بر درصد مواد جامد محلول پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 7. Effect of storage times in 5°C storage on soluble solids percentage of Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. T1=3 and T2=6 weeks.

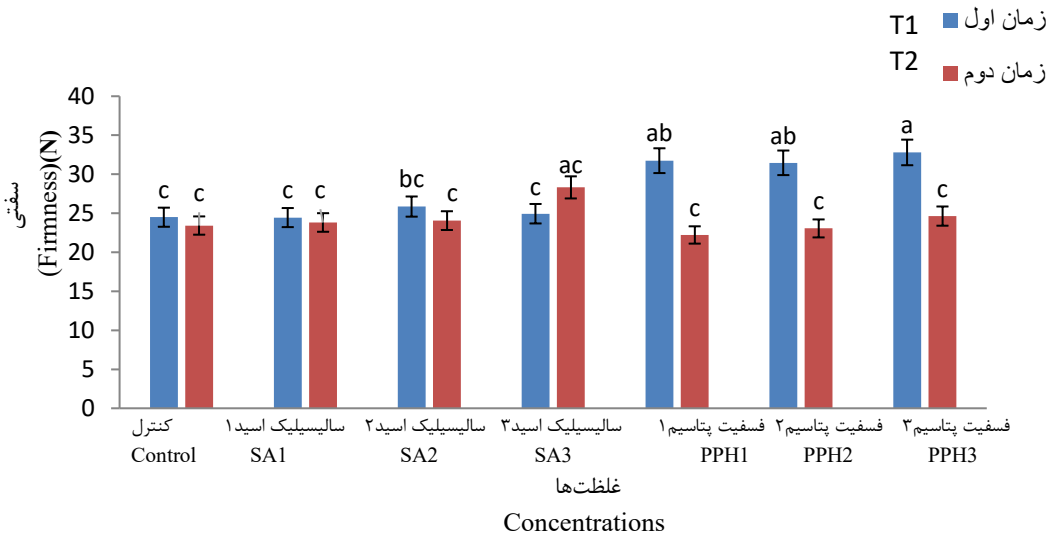
سفتی میوه

با توجه به شکل ۸ میزان سفتی میوه در زمان دوم (۶ هفته در سردخانه) نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. سفتی میوه‌های والنسیا تیمار شده با SA بعد از ۳ هفته نگهداری در انبار ۵°c کاهش یافت ولی کلیه غلظت‌های فسفیت پتاسیم تا سه هفته بعد از تیمار سفتی میوه را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند (شکل۸) اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری در افزایش سفتی میوه در طول انبارمانی نداشت. اسید سالیسیلیک با جلوگیری از بیوسنتز یا عمل اتیلن مانع فعالیت آنزیم‌های تحریک‌کننده دیواره سلولی و غشاء می‌شود. عدم فعالیت این آنزیم ها سبب کند شدن، رسیدن و حفظ سفتی میوه می‌شود (Babalar *et al*., 2007). احتمالا عدم افزایش سفتی توسط آن دراین پژوهش، به دلیل کافی نبودن غلظت آن و یا در مدت نگهداری در انباراسید سالیسیلیک اکسید شده است.

میزان پتاسیم

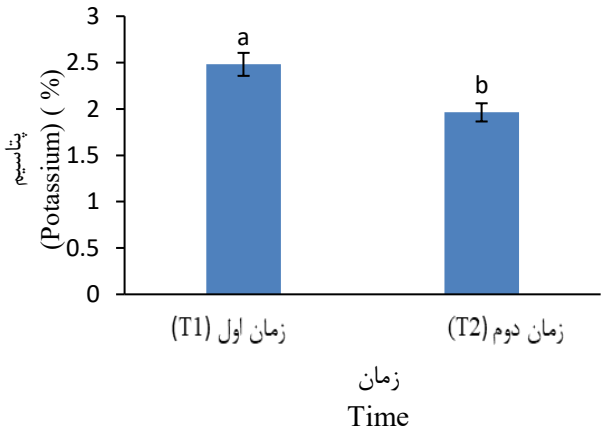
با توجه به جدول تجزیه واریانس میزان پتاسیم بین تیمارها و اثر بر همکنش تیمار و زمان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان پتاسیم بین زمان اول (سه هفته در سردخانه) و زمان دوم (۶ هفته در سردخانه) در شکل ۹ نشان داده شده است. میزان پتاسیم در زمان اول بیشتر از زمان دوم بود و تفاوت بین آنها معنی‌دار بود (شکل ۹). در پژوهشی که اثرات نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم روی عناصر غذایی پرتقال خونی رقم سانکن در انبار بررسی شده است، نشان می‌دهد که میزان پتاسیم پوست به تدریج از ماه اول تا ماه سوم کاهش می یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Mohammadi *et al*., 2022).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بر میزان سفتی پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (شاهد=۰، ۱ = $mg\ L^{-1}$ ۵۰۰، ۲ = $mg\ L^{-1}$ ۱۰۰۰، ۳= $mg\ L^{-1}$ ۲۰۰۰)، غلظت‌های PPH (شاهد=۰، ۱ = $ml\ L^{-1}$ ۰/۵، ۲ = $ml\ L^{-1}$ ۱، ۳= $ml\ L^{-1}$ ۲) زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 8. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the firmness of Valencia orange. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500mg L^{-1}, 2=1000mg L^{-1}, 3=2000mg L^{-1}), Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1}, 2= 1ml L^{-1}, 3=2ml L^{-1}) T1=3 and T2=6 weeks.



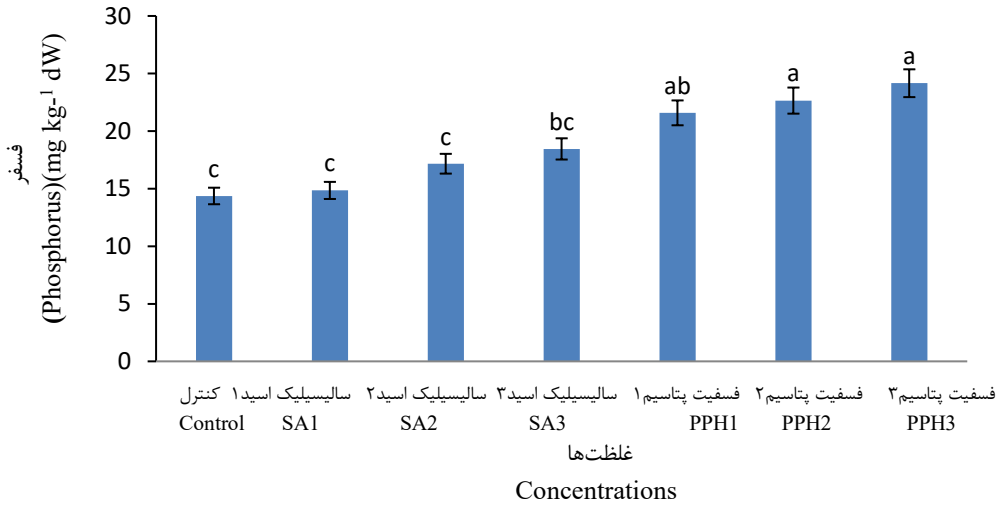
شکل ۹- اثر زمان‌های نگهداری در انبار ۵°C بر میزان پتاسیم میوه پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 9. The effect of storage times in 5°C storage on the potassium content of Valencia oranges. The columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. T1=3 and T2=6 weeks.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

میزان فسفر

با توجه به جدول تجزیه واریانس و شکل ۱۰ بیشترین افزایش میزان فسفر در پوست میوه در تیمارهای ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌لیتر در لیتر فسفیت پتاسیم مشاهده شد، ولی تیمار SA تاثیر معنی‌داری بر افزایش میزان فسفر پوست میوه نداشت (شکل۱۰). همچنین با توجه به شکل ۱۱ میزان فسفر پوست میوه با گذشت زمان در انبار افزایش یافت میزان فسفر پوست میوه در زمان دوم نسبت به زمان اول به طور معنی‌داری افزایش یافت. کاربرد قبل و پس از برداشت فسفیت پتاسیم موجب افزایش کیفیت میوه لیمو و افزایش مقاومت در مقابل امراض خواهد شد (Ramallo *et al*., 2019). نتایج این پژوهش با یافته‌های محمدی و همکاران (۲۰۲۲) نیز در این زمینه مطابقت دارد.



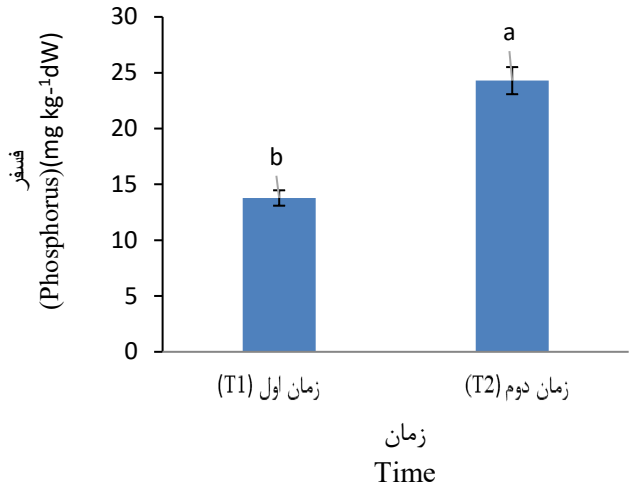
شکل ۱۰- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بر میزان فسفر پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (۱=۵۰۰mg L^{-1}، ۲= ۱۰۰۰mg L^{-1}، ۳= ۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌های PPH(۱= ۰/۵ mg L^{-1}، ۲= ۱ mg L^{-1}، ۳= ۲ mg L^{-1}).

Fig. 10. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the amount of phosphorus in Valencia orange. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500 mg L^{-1}, 2=1000 mg L^{-1}, 3=2000 mg L^{-1}), Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1}, 2=1ml L^{-1}, 3=2ml L^{-1}).

میزان آنزیم کاتالاز(CAT)

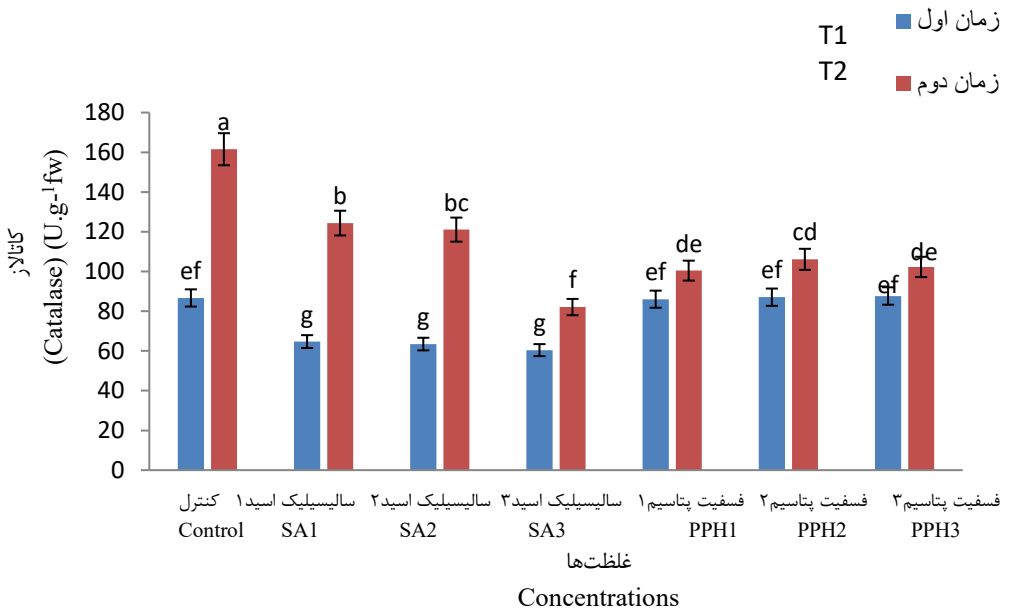
با توجه به شکل ۱۲فعالیت CAT در زمان اول (سه هفته در انبار) تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. در میوه‌های تیمار شده با SA فعالیت این آنزیم کاهش یافت. در زمان دوم (۶ هفته در انبار) SA در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش فعالیت CAT شدند ولی نسبت به شاهد کمتر بود. همچنین فسفیت پتاسیم نتوانست باعث افزایش فعالیت این آنزیم شود(شکل ۱۲). در پژوهشی که روی پرتقال ناول رقم کارا-کارا صورت گرفته، تیمار پس از برداشت با SA، فعالیت CAT، به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافته است که با نتایج این پژوهش هماهنگ می‌باشد (Huang *et al*., 2008).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



شکل ۱۱- اثر زمان‌های نگهداری در انبار ۵°C بر میزان فسفر میوه پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 11. The effect of storage times in 5°C storage on the amount of phosphorus in Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. T1=3 and T2=6 weeks.



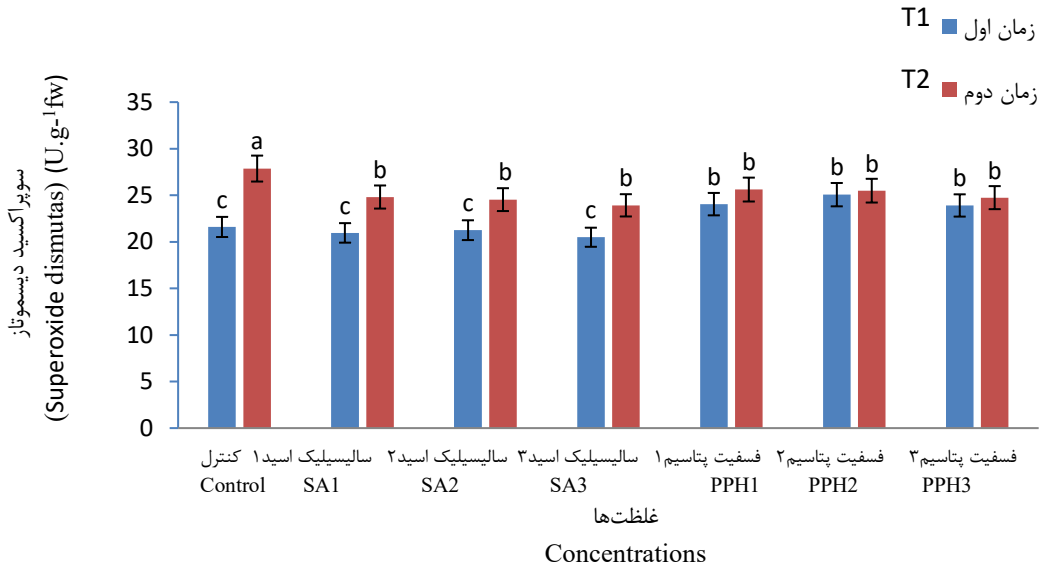
شکل ۱۲- اثر غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بر میزان کاتالاز پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA(شاهد=۰، ۱= mg ۵۰۰ L^{-1}، ۲= ۱۰۰۰ mg L^{-1}، ۳= ۲۰۰۰ mg L^{-1})،غلظت‌های PPH (شاهد=۰، ۱= ۰/۵ ml L^{-1}، ۲= ۱ ml L^{-1}، ۳= ۲ ml L^{-1}) زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته.

Fig. 12. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the amount of catalase in Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1= 500 mg L^{-1}, 2=1000 mg L^{-1}, 3=2000 ml L^{-1}), Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1},2=1ml L^{-1},3=2ml L^{-1}) T1=3 and T2=6 weeks .

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز(SOD)

همان‌طور که در شکل ۱۳ نشان داده شد، تیمار SA در زمان اول (سه هفته نگهداری در انبار) تاثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر فعالیت آنزیم SOD نداشت ولی فسفیت پتاسیم در تمام غلظت‌ها به طور معنی‌داری نسبت به شاهد در زمان اول باعث افزایش فعالیت آنزیم SOD در زمان اول انبارمانی گردید (شکل ۱۳). در زمان دوم انبارمانی (۶ هفته نگهداری در انبار) تیمارهای SA و فسفیت پتاسیم فعالیت آنزیم SOD را نسبت به زمان اول افزایش دادند ولی نسبت به شاهد، فعالیت این آنزیم کمی کاهش یافت. در پژوهشی که قبل از برداشت درختان پرتقال تامسون ناول یا فسفیت پتاسیم تیمار شده‌اند، میزان فعالیت آنزیم SOD در بافت میوه با افزایش مدت انبارمانی به تدریج نسبت به شاهد افزایش یافته است (Mohammadi *et al*., 2022). که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.



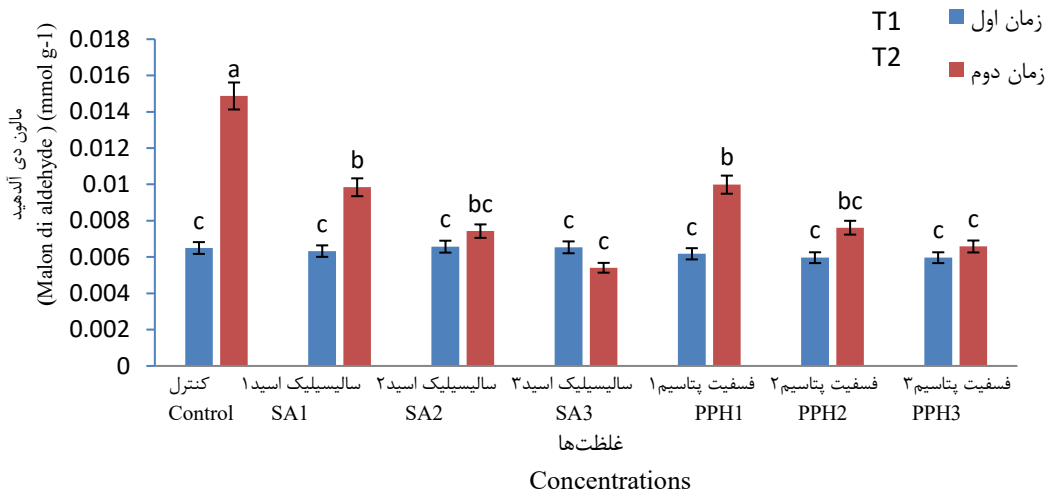
شکل ۱۳- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) برمیزان سوپر اکسید دیسموتاز پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA(شاهد=۰، ۱=۵۰۰mg L^{-1}، ۲=۱۰۰۰ mg L^{-1}، ۳=۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌های PPH (شاهد=۰، ۱=۰/۵ ml L^{-1}، ۲=۱ ml L^{-1}، ۳=۲ ml L^{-1}) زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته .

Fig. 13. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on Superoxide dismutase of Valencia orange. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500 mg L^{-1}, 2=1000 mg L^{-1}, 3=2000 mg L^{-1}) ,Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1},2=1ml L^{-1},3=2ml L^{-1}) T1=3 and T2=6 weeks.

مالون دی آلدئید (MAD)

با توجه به شکل۱۴ تیمارهای SA و فسفیت پتاسیم در زمان اول تاثیر معنی‌داری بر افزایش فعالیت آنزیم MDA نداشتند. در زمان دوم بیشترین میزان فعالیت آنزیم MDA در تیمار شاهد مشاهده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت کمترین میزان فعالیت آنزیم MDA مربوط به تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA بود. در پژوهشی که پرتقال ناول با SA تیمار شده بود محتوای MDA به‌طور معنی‌داری در طول نگهداری در دمای۶°C کاهش یافته است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Huang *et al*., 2008). کاهش محتوای MDA در میوه‌های تیمار شده با SA کمتر از شاهد می‌باشد که احتمالا در دمای ۵°C میزان متابولیسم در پرتقال والنسیا کاهش می‌یابد و با پژوهش Huag و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



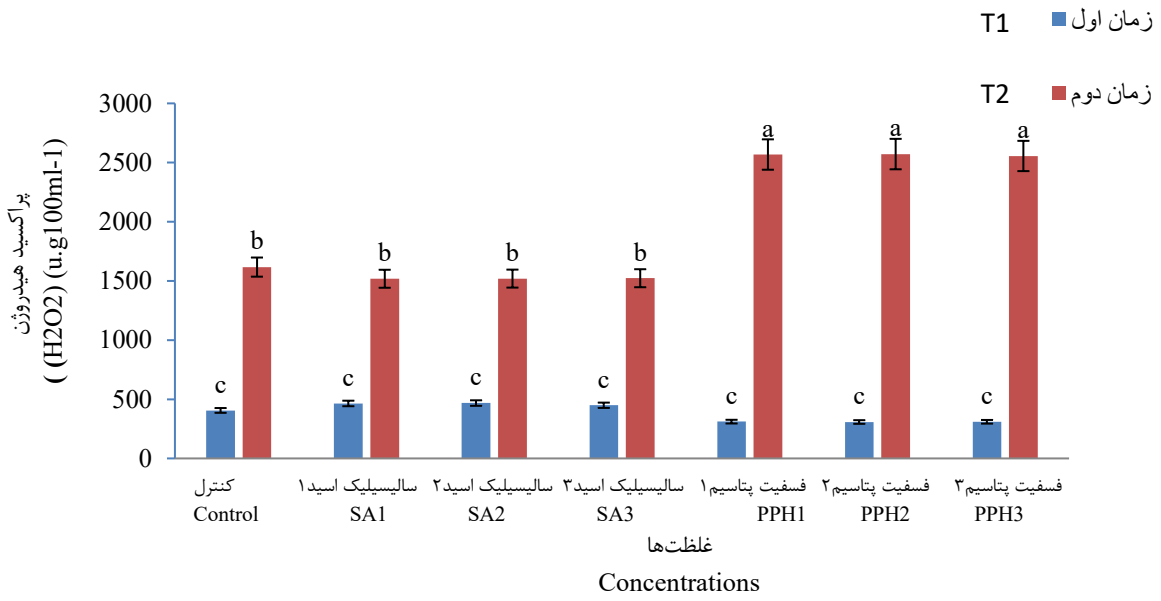
شکل ۱۴- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) بر میزان مالون دی آلدئید پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (شاهد=۰، ۱=۵۰۰mg L^{-1}، ۲=۱۰۰۰ mg L^{-1}، ۳=۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌های PPH (شاهد=۰، ۱ =۰/۵ ml L^{-1}، ۲ =۱ ml L^{-1}، ۳=۲ ml L^{-1}) زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته .

Fig. 14. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the amount of malon di aldehyde in Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500mg L^{-1}, 2=1000mg L^{-1}, 3=2000mgL^{-1}) ,Concentrations of PPH(control=0, 1= 0.5ml L^{-1} , 2=1 ml L^{-1}, 3=2ml L^{-1}) T1=3 and T2=6 weeks .

پر اکسید هیدروژن(H_2O_2)

همان طور که در نمودار ۱۵ نشان داده شده است محتوای H_2O_2 در زمان اول در میوه‌های تیمار شده با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و مقدار کمی در بافت میوه جمع گردید ولی در زمان دوم میزان H_2O_2 در تیمار SA افزایش یافت ولی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. محتوای H_2O_2 در بافت میوه‌های تیمار شده با فسفیت پتاسیم به شدت افزایش یافت و در کلیه غلظت‌های فسفیت پتاسیم تجمع H_2O_2 در بافت میوه نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت احتمالا متابولیسم این ترکیب با افزایش مدت نگهداری نسبت به شاهد افزایش یافته است و باعث افزایش تبدیل O_2 به H_2O_2 شده است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]



شکل ۱۵- اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و فسفیت پتاسیم (PPH) برمیزان پراکسید هیدروژن پرتقال والنسیا. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. غلظت‌های SA (شاهد=۰، ۱=۵۰۰mg L^{-1} ، ۲ = ۱۰۰۰ mg L^{-1}، ۳=۲۰۰۰ mg L^{-1})، غلظت‌هایPPH (شاهد=۰، ۱= ۰/۵ ml L^{-1} ، ۲= ۱ ml L^{-1} ، ۳= ۲ ml L^{-1}) زمان اول ۳ و زمان دوم ۶ هفته .

Fig. 15. The effect of different concentrations of salicylic acid (SA) and potassium phosphate (PPH) on the amount of hydrogen peroxide in Valencia oranges. Columns that have common letters are not statistically significant with the LSD test at the 5% level. Concentrations of SA (control=0, 1=500mg L^{-1},2=1000mg L^{-1} ,3=2000 mg L^{-1}) ,Concentrations of PPH (control=0, 1= 0.5ml L^{-1}, 2=1m L^{-1}, 3=2ml L^{-1}) T1=3 and T2=6 weeks T1=3 and T2=6 weeks .

نتیجه‌گیری

به منظور کاهش مصرف قارچ کش‌ها در کاهش پوسیدگی پس از برداشت میوه مرکبات می‌توان از مواد بی خطر مانند اسید سالیسیلیک و فسفیت پتاسیم استفاده نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو ترکیب قید شده در کنترل پوسیدگی کپک سبز موثر بودند ولی فسفیت پتاسیم در غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر بهتر از اسید سالیسیلیک پوسیدگی کپک سبز را کاهش داده است.

References منابع

Aminifard, M. H., Mohammadi, S., & Fatemi, H. (2013). Inhibition of green mould in blood orange (*Citrus sinensis* var. Moro) with salicylic acid treatment. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *46*(6), 695-703.

Ardakani, E., Davarinejad,GH., & Azizi, M. (2013). Impact of pre-harvest spray of salicylic acid on storability, postharvest quality and antioxidant activity of apricot (*Pronus armenica* L.). *Journal Horticultural Science*, *26*(4), 448- 459

Asghari, M., & Aghdam, M. S. (2010). Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science & Technology*, *21*(10), 502-509.

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*(2), 449-453.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

Bor, J. Y., Chen, H. Y., & Yen, G. C. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(5), 1680-1686

Ennab, H. A., El-Shemy, M. A., & Alam-Eldein, S. M. (2020). Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of murcott mandarin fruit. *Agronomy*, *10*(1), 115.

Fattahi Moghadam. J., Kiaeshkevarian, M., & Khazaiepol, Y. GH. (2014). Determination of harvesting time index of kiwifruit cv. Hayward in in central area of Mazandaran province. *Journal Plant Production*, *21*(2),1-23 (In Persian).

Fotoohi Qazvini, R., and Fatuhi Moghadam, J. (2015). Citrus cultivation in Iran. *Gilan University Publications*, 469 P (In Persian).

Giannopolitis, C. N., & Ries, S. K. (1977). Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, *59*(2), 309-314.

Hao, W., Li, H., Hu, M., Yang, L., & Rizwan-ul-Haq, M. (2011). Integrated control of citrus green and blue mold and sour rot by *Bacillus amyloliquefaciens* in combination with tea saponin. *Postharvest Biology and Technology*, *59*(3), 316-323.

Hosseini Farahi, M., & Haghanifard, Z. (2017). Effects of aloe-vera gel, salicylic acid and hot water on fruit decay and quality properties of sweet lemon fruit during storage. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, *7*(3), 63-78.

Huang, R. H., Liu, J. H., Lu, Y. M., & Xia, R. X. (2008). Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of 'Cara cara'navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures. *Postharvest Biology and Ttechnology*, *47*(2), 168-175.

Jackson, L. K. (1991). *Citrus Growing in Florida*. *University of Florida Press, Gainesville USA*. 222P.

La Spada, F., Aloi, F., Coniglione, M., Pane, A., & Cacciola, S. O. (2021). Natural biostimulants elicit plant immune system in an integrated management strategy of the postharvest green mold of orange fruits incited by *Penicillium digitatum*. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 684-722.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. *2nd Ed., Academic Press NewYork*.

Mohammadi, A. A., Shahabian, M., and Ramzanpour, R. (2022). Investigating the effects of calcium nitrate and potassium phosphate on storage life and some qualitative traits of Thomson Novel oranges. *Plant Products, 45 (2),* 181-192 (In Persian).

Mohammadi, M., Khademi, A., Saidi, M., and Bazgir, M. (2016). Preservation of post-harvest quality and control of fungal rot of capsicum (*Capsicum annum* L.) by edible chitosan coating. *Process and Performance Journal, 5(16),* 17-26(In Persian).

Mohammadi, A. A., Shahabian, M., and Ramzanpour, R. (2022). The effect of foliar application of calcium nitrate and potassium phosphite on antioxidant enzymes and nutritional elements of blood orange variety Sangin in storage. *Horticultural Sciences* and *Techniques of Iran*, *23 (3),* 146-437(In Persian).

Moscoso-Ramfez , P., & Palou, L. (2013). Evaluation of postharvest treatments with chemical resistance inducers to control green and blue molds on orange fruit. *Postharvest Biology Technology*. *28*, 67-74.

Murphy, J. A. M. E. S., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, *27*, 31-36.

Navarro, D., Díaz-Mula, H. M., Guillén, F., Zapata, P. J., Castillo, S., Serrano, M., & Martínez-Romero, D. (2011). Reduction of nectarine decay caused by *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* and *Penicillium digitatum* with Aloe vera gel alone or with the addition of thymol. *International Journal of Food Microbiology*, *151*(2), 241-246.

Pishwai, A., and Rostgar, S. (2018) The effect of foliar spraying of salicylic acid and gibberellic acid on the quantitative and qualitative characteristics of Kino tangerine fruit, *Process, Performance*, *8(33)* 377-398. (In Persian).

Qutbi, F. (2009). The effects of salicylic acid, jasmonic acid and calcium chloride treatments on reducing frost damage of pomegranate fruit. (*Punica granatum* L.), master's thesis, *Valiasr University, Rafsanjan*, 135 P (In Persian).

Rahemi .M (2022). Physiology after harvesting, an introduction to the physiology and transportation of fruits and vegetables. Authors, Gran, B. H. and John B. Golding. Fourth translation, correction and revision, *Eighth Edition. Shiraz University Press.* 288 P (In Persian).

Ramallo, A. C., Cerioni, L., Olmedo, G. M., Volentini, S. I., Ramallo, J., & Rapisarda, V. A. (2019). Control of Phytophthora brown rot of lemons by pre and postharvest applications of potassium phosphite. *European Journal of Plant Pathology*, *154*, 975-982.

Ranganna, S. (1977). Manual of analysis of fruit and vegetable products *American Journal of Plant Sciences*, *11*, 2208-2218.

Rao, K. M., & Sresty, T. V. S. (2000). Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. *Plant Science*, *157*(1), 113-128.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

Shabani, T., Sahid, G., and Elfati, J. (2011). Investigating the effect of cultivation media on quantitative and qualitative traits of three varieties of bell pepper in soilless cultivation system, *Journal of Greenhouse Cultivation Science and Technology*, *2(6),* 153-161(In Persian).

Saikia, R., Singh, T., Kumar, R., Srivastava, J., Srivastava, A. K., Singh, K., & Arora, D. K. (2003). Role of salicylic acid in systemic resistance induced by *Pseudomonas fluorescens* against *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceri in chickpea. *Microbiological Research*, *158*(3), 203-213.

Shi, Z., Wang, F., Lu, Y., & Deng, J. (2018). Combination of chitosan and salicylic acid to control postharvest green mold caused by *Penicillium digitatum* in grapefruit fruit. *Scientia Horticulturae*, *233*, 54-60.

Shoala. T., Monir, G. A., & Amin, B. H. (2021) Effects of salicylic acid in the normal and nano form against selected fungi that infect citrus trees (*Citrus sinensis*). Internet. Journal. Scientific Research. *Sustainable Development*, *4*, 1-14.

Sun, Y., Wang, Z., Fu, P., Jiang, Q., Yang, T., Li, J., & Ge, X. (2013). The impact of relative humidity on aerosol composition and evolution processes during wintertime in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, *77*, 927-934.

Velikova, V., Yordanov, I., &Edreva, A. J. P. S. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. *Plant Science*, *151*(1), 59-66.

Wiśniewska, H., & Chełkowski, J. (1999). Influence of exogenic salicylic acid on *Fusarium* seedling blight reduction in barley. *Acta Physiologiae Plantarum*, *21*, 63-66.

Yang, Z., Cao, S., Cai, Y., & Zheng, Y. (2011). Combination of salicylic acid and ultrasound to control postharvest blue mold caused by *Penicillium expansum* in peach fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *12*(3), 310-314.

Yousefi, M., Nazouri, F., Mirdehghan, S. H. and Shamshiri, M. H. (2017). Evaluation of the effect of salicylic acid on CV lime fruit storage. Mexican lime. Citrus aurantifolia. *Horticultural Sciences of Iran 49(4),*1059-1045(In Persian).

zheng, Y. and Q. Zhang (2004). Effect of polyamines and salicylic acid on postharvest storage of Ponkan mandarin *Acta Horticulturae*, *632*,317-320.

Zhou, Y., Ming, J., Deng, L., & Zeng, K. (2014). Effect of *Pichia membranaefaciens* in combination with salicylic acid on postharvest blue and green mold decay in citrus fruits. *Biological Control*, *74*, 21-29.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (4):441-460 (2024)
Research article

Postharvest Application of Salicylic Acid and Potassium Phosphite in Reducing Decay and Maintaining the Quality of Valencia Orange (*Citrus sinensis* L.) Fruit During Cold Storage

Majid Rahemi*, Mohadeseh Mirshekari, Zahra Delavar Ardekani

The Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
*Corresponding Author, Email: (rahemi@shirazu.ac.ir)

Chemical compounds such as salicylic acid (SA) and potassium phosphite can be used as chemical elicitors that induce resistance in orange fruit to *Penicillium digitatum* L. The purpose of this research was to evaluate the effects of SA and potassium phosphite (PPH) on postharvest decay, quantitative and qualitative traits of Valencia orange during cold storage. The experiments were conducted as completely randomized design (first experiment) and factorial arrangement based on a completely randomized design (second experiment) with three replications. Treatments were SA (0, 500, 1000 and 2000 mg L^{-1}) and PPH (0, 0.5, 1 and 2 ml L^{-1}). In the first experiment, fruit was immersed in SA and PPH solutions and stored at 5°C for 2 weeks and then wounded and inoculated with suspension spores of green mold and return to the cold storage for 2 more weeks. In the second experiment, fruit were immersed in the same solutions of SA and PPH and stored at 5°C for 3 and 6 weeks. The results showed that SA at 1000 mg L^{-1} and PPH at 0.5 ml L^{-1} significantly reduced decay percentage. Potassium phosphite at 0.5 and 1 ml L^{-1} significantly increased total phenol content of fruit juice and reduced weight loss of fruit after 6 weeks storage at 5 °C. Salicylic acid at 2000 mg L^{-1} and PPH increased vitamin C. Potassium phosphite significantly increased phosphorus and H_2O_2 in the peel of Valencia orange after 6 weeks storage at 5°C. We concluded that PPH at 0.5ml L^{-1} can be used to control postharvest decay of citrus fruits during cold storage.
Keyword: Defense chemicals, Decay and qualitative and quantitative treats of fruits.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-02]