مقاله پژوهشی

اثر کاربرد پس از برداشت اسیدکلروژنیک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی میوه خرمالو (*Diospyros kaki*. Thunb)

بهناز سلیمانی[۱]*، ولی ربیعی[۲]، فرهنگ رضوی[۳]، غلامرضا مهدوی‌نیا[۴] و فهیمه نصر[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۶- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۲۰)

چکیده

خرمالو به‌علت خواص آنتی‌اکسیدانی بالا نقش مهمی در بهبود سیستم ایمنی و سلامتی بدن ایفا می‌کند. این میوه به‌دلیل داشتن شدت تنفس و تعرق بالا، عمرانباری محدودی دارد. امروزه استفاده از مواد طبیعی به‌عنوان یک تکنیک جدید برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات باغبانی رواج یافته است. با توجه به اثرات مفید اسیدکلروژنیک در حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی میوه‌ها، در پژوهش حاضر تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی میوه خرمالو رقم محلی کرج بررسی شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار با دو فاکتور اسیدکلروژنیک در چهار سطح ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار و زمان انبارمانی در سه سطح (۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز) انجام شد. میوه‌های تیمارشده در دمای یک درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد به‌مدت ۴۵ روز نگهداری شدند. نتایج نشان داد که اسیدکلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار، غلظت بهینه برای حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی میوه خرمالو هستند. در پایان دوره انبارمانی، تیمار اسیدکلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار به‌طور معنی‌داری موجب جلوگیری از کاهش وزن (به‌ترتیب ۲۹/۴۶ و ۲۱/۹۵ درصد) و جلوگیری از کاهش اسید قابل تیتراسیون (۱۵/۱و ۱۵/۴ درصد) شدند. بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید (۸/۹ نانومول بر گرم وزن تر) و پراکسیدهیدروژن (۲۴/۲ نانومول بر گرم وزن تر) در پایان دوره انبارمانی در تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت‌های۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار در برخی صفات بیوشیمیایی بررسی شده، استفاده از اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار برای کاهش ضایعات، حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه خرمالو در پس از برداشت قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: اسید قابل تیتراسیون، پراکسیدهیدروژن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، مالون‌دی‌آلدهید

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان،زنجان، ایران.

۴- استاد گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مراغه، مراغه ، ایران.

۵- دانش آموخته دکترای فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

* پست الکترونیک: soleimanibeh5@gmail.com

مقدمه

خرمالو با نام علمی (*Diospyros kaki*. Thunb) منبع خوبی از ترکیبات فعال زیستی مانند اسیدآسکوربیک، تانن‌ها، پکتین، ویتامین‌ها و پلی‌فنل می‌باشد. این میوه به‌دلیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا و خاصیت ضدالتهابی برای سلامتی بدن مفید می‌باشد (لی[1] و همکاران، ۲۰۱۰). خرمالو از میوه‌های فرازگرا است که رسیدگی سریع و کاهش سفتی از مهمترین مشکلات آن در دوره پس از برداشت است که منجر به افزایش حساسیت به آسیب‌های مکانیکی، پوسیدگی و کوتاهی عمر میوه خرمالو می‌شود (خادمی[2] و همکارن، ۲۰۱۵). از مهمترین اهداف محققین حفظ سفتی و تأخیر در رسیدگی و کاهش ضایعات و افزایش عمر پس از برداشت خرمالو با استفاده از ترکیبات و روش‌های امن برای سلامتی انسان و محیط زیست می‌باشد (وبریک[3] و همکاران، ۲۰۱۰). از جمله تیمار سالم و بی‌خطر، اسیدکلروژنیک می‌باشد که به‌طور موفقیت آمیزی در حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده شده است (زی[4] و همکاران، ۲۰۱۷؛ مایو و زیانگ[5]، ۲۰۲۰؛ شانگ[6] و همکاران، ۲۰۲۲). اسیدکلروژنیک، یک ترکیب فنلی مهم متعلق به خانواده اسید هیدروکسی‌سینامیک بوده که در میوه سیب، گلابی، بلوبری، آناناس، آفتابگردان و قهوه از طریق مسیر فنیل پروپانوئید تولید می‌شود (دارت[7] و همکاران، ۲۰۱۰؛ کاشیک[8]، ۲۰۲۰).

اسیدکلروژنیک دارای خواص ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدالتهابی است (لیانگ[9] و همکاران، ۲۰۱۶؛ مارتنیز[10] و همکاران، ۲۰۱۷). کاربرد اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار با کاهش رادیکال‌های آزاد پیری را به تأخیر انداخته و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون‌ردوکتاز را در میوه شلیل بهبود بخشیده است (زی و همکاران، ۲۰۱۷a). در مطالعه دیگری (زی و همکاران، ۲۰۱۷b) اسیدکلروژنیک کیفیت پس از برداشت میوه شلیل را از طریق بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش محتوی مالون‌دی‌آلدهید حفظ کرد، به‌طوریکه غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید کلروژنیک در طی ۸ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش خسارت اکسیداتیوی در طی پس از برداشت شد. تیمار ترکیبی کیتوسان-اسیدکلروژنیک[12] به‌عنوان یک پوشش خوراکی کیفیت پس از برداشت هلو را از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، حفظ سفتی، جلوگیری از کاهش وزن میوه بهبود بخشید (جائو[11] و همکاران، ۲۰۱۹). مطالعه ژانگ[12] و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که غلظت ۳ گرم در لیتر اسیدکلروژنیک فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در کیوی از طریق مسیر کلسیم/کالمودلین در مهار تنش‌های اکسیداتیو و کاهش مالون‌دی‌آلدهید افزایش داد. همچنین اسیدکلروژنیک در کنترل کپک خاکستری در توت‌فرنگی اثربخش بوده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳). در پژوهش دیگری غلظت ۲۵-۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدکلروژنیک در کنترل کپک پنیسیلیوم در میوه هلو استفاده شد که از طریق تحریک فعالیت مسیر سیگنالی اسید سالیسیلیک در ایجاد مقاومت به بیماری‌گیاهی موثر بود (جائو و همکاران، ۲۰۱۸). ژانگ[2] و همکاران (۲۰۲۳) با تیمار اسیدکلروژنیک در توت‌فرنگی نشان دادند که این تیمار از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های درگیر در بیوسنتز اتیلن و افزایش آدنوزین‌تری‌فسفات، آدنوزین کلسیم تری فسفات، سوکسینیک‌دهیدروژناز و سیتوکروم C اکسیداز باعث حفظ کیفیت میوه در دوره پس از برداشت می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳). با توجه به ارزش غذائی و اهمیت میوه خرمالو که ایران یکی از بزرگترین تولیدکننده آن در منطقه می‌باشد حفظ کیفیت و کاهش ضایعات پس از برداشت آن ضروری به‌نظر می‌رسد. از این رو هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش تیمار پس از برداشت اسیدکلروژنیک بر حفظ شاخص‌های فیزیکو شیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه خرمالو و افزایش عمرانبارمانی

1. Li
2. Khademi
3. Veberic
4. Xi
5. Miao and Xiang
6. Shuang
7. Duarte
8. Kaushik
9. Liang and Kitts
10. Martínez
11. Jiao
12. Zhang

آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارها

میوه‌ها در مرحله بلوغ (ابتدای تشکیل رنگ نارنجی) از باغ تجاری (درختان ۱۵ ساله با فاصله کشت ۴ در ۴ رقم کرج) واقع در اطراف شهرستان کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۴۰ متر از سطح دریا برداشت شدند (نصر[1] و همکاران، ۲۰۲۲). پس از حذف میوه‌های صدمه دیده و زخمی، میوه‌های سالم و هم اندازه به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشگاه زنجان منتقل شدند. میوه‌ها بعد از شست و شو در آب مقطر و خشک شدن با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار از اسیدکلروژنیک (خریداری شده از شرکت سیگما) تیمار شدند. میوه‌ها بعد از ۲۰ دقیقه غوطه‌وری در محلول فوق در دمای اتاق (۲۵) درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس میوه‌ها (۵ عدد) داخل ظروف پلی‌اتیلنی قرار داده شد و در انبار با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰- ۸۵ درصد به‌مدت ۴۵ روز انبار شدند. هر ۱۵ روز، سه تکرار از هر تیمار از انبار خارج و پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بررسی صفات جهت استفاده قرار گرفت.

ارزیابی صفات

درصد کاهش وزن

کاهش وزن میوه‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی مدل (CANDGL300) با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. میوه‌ها قبل از ورود به انبار و پس از بیرون آوردن از آن وزن شدند (بایتستا-بانوز[2] و همکاران، ۲۰۰۶).

مالون‌دی‌آلدهید و محتوی پراکسیدهیدروژن

مالون‌دی‌آلدهید بر اساس روش تیوباربیوتیک توصیف شده توسط هس و پاکر[3] (۱۹۶۸) انجام شد. برای محاسبهٔ مالون‌دی‌آلدهید از ضریب خاموشی معادل $mmol^{-1}cm^{-1}$ ۱۵۵ طبق رابطه استفاده شد.

$MDA= [A532 -A600/155] \times 1000$

و نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری برحسب نانومول برگرم وزن تر محاسبه گردید. محتوی پراکسیدهیدروژن به روش پترسون[4] و همکاران (۱۹۸۴) انجام شد. سپس جذب در ۳۹۰ نانومتر خوانده شد. محلول‌های پراکسیدهیدروژن در غلظت‌های بین ۲ تا ۱۰ میلی‌مولار تهیه شده و نمودار استاندارد رسم شد. نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری برحسب نانومول برگرم وزن تر محاسبه شد.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون و شاخص طعم

برای اندازه‌گیری درصد مواد جامد محلول کل از رفراکتومتر دیجیتالی مدل ATago-ATC-20(E) استفاده شد. اندازه‌گیری اسیدهای آلی با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۲ انجام گرفت. درصد اسید قابل تیتراسیون براساس اسید غالب یعنی اسیدمالیک و بر طبق رابطه زیر محاسبه شد. اکی‌والان اسیدمالیک برابر ۰/۰۶۸ می‌باشد و شاخص طعم نیز از تقسیم TSS بر TA بدست آمد (رامین و طباطبائی[5]، ۲۰۰۳).

× نرمالیته سود مصرفی × ۰/۰۶۸= درصد اسیدیته قابل تیتراسیون
۱۰۰ × حجم نمونه تیترشده/حجم سود مصرفی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌ها به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر بر طبق رابطه بدست آمد (دهقان و خوشکام[6]، ۲۰۱۲).

$RSA= 100 (Ac - As)/Ac$

RSA:% ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، AS: جذب نمونه حاوی عصاره، AC: جذب شاهد

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز)

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات‌پراکسیداز، پراکسیداز به روش ژانگ[7] و همکاران (۲۰۱۳) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز با اندازه‌گیری ممانعت آن از احیای نیتروبلوتترازولیوم وابسته به رادیکال سوپراکسید بر اساس روش ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) تعیین شد. بدین منظور، از

1. Nasr
2. Bautista-Baños
3. Heath and Packer
4. Patterson
5. Ramin and Tabatabaei
6. Dehghan and Khoshkam
7. Zhang

مقایسه افزایش جذب مربوط به تولید فرمازان[1] در اثر احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر بین حالت‌های وجود و عدم وجود عصاره آنزیمی استفاده شد. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با اندازه‌گیری کاهش جذب مربوط به مصرف پراکسیدهیدروژن در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر طبق روش ژانگ[2] و همکاران (۲۰۱۳) تعیین شد. فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز با اندازه‌گیری کاهش جذب مربوط به اکسیدشدن و مصرف آسکوربات در طول موج ۲۹۰ نانومتر بر اساس روش ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) تعیین شد. فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز به صورت واحد بر گرم وزن تر بیان گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول تیمار اسیدکلروژنیک در سه سطح (۲۵ ،۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و شاهد (آب مقطر)، فاکتور دوم زمان انبارمانی در سه زمان (۱۵، ۳۰، ۴۵) روز بود. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد کاهش وزن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، زمان بررسی در سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان بررسی در سطح پنج درصد بر درصد کاهش وزن میوه خرمالو معنی‌دار شد (جدول۲). طبق نتایج پژوهش با گذشت زمان میزان درصد کاهش وزن تمامی نمونه‌ها افزایش یافت. پس از ۳۰ روز انبارمانی کمترین درصد کاهش وزن در تیمار اسیدکلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار مشاهده شد. در پایان دوره انبارمانی تیمار اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار ۲۹/۴۶ درصد و تیمار اسیدکلروژنیک ۱۰۰ میکرومولار ۲۱/۹۵ درصد موجب جلوگیری از کاهش وزن میوه خرمالو شدند (شکل۱). در دوره پس از برداشت، قطع شدن رابطه آبی میوه با گیاه مادری و افزایش تعرق از سطح میوه موجب کاهش وزن میوه می‌شود (آپادای[3] و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از مهمترین اهداف افزایش عمر انبارمانی میوه خرمالو جلوگیری از کاهش وزن و چروکیدگی میوه است که با کاهش سرعت تعرق و تنفس امکان‌پذیر است. اسیدکلروژنیک به‌عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی، پوششی روی سطح میوه ایجاد می‌کند و موجب کاهش تنفس در میوه می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳). زای و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند اسیدکلروژنیک از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیم ان.آ.دی.پی‌مالیک (NADP-ME) موجب جلوگیری از کاهش وزن میوه شده است و کلروژنیک‌اسید ۵۰ میکرومولار به‌طور معنی‌داری با کاهش تنفس موجب جلوگیری از کاهش وزن گوجه فرنگی و انگور شده است (دیاکو[4] و همکاران، ۲۰۰۰؛ کای[5] و همکاران، ۲۰۲۱) که منطبق با نتایج پژوهش حاضر است.

مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون و شاخص طعم

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار در سطح پنج درصد و زمان بررسی سطح یک درصد بر مواد جامد محلول میوه خرمالو معنی‌دار شد ولی اثر متقابل تیمار و زمان بررسی معنی‌دار نشد (جدول۲). نتایج نشان داد میزان مواد جامد محلول کل در زمان صفر (۱۶/۲ درصد) بود که در طی انبارمانی در همه تیمارها افزایش یافت (جدول۱). در زمان ۱۵ روز انبارمانی اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمارها و شاهد از نظر میزان مواد جامد محلول کل مشاهده نشد. در زمان‌های۳۰ و ۴۵ روز انبارمانی کمترین میزان مواد جامد محلول کل در تیمار اسیدکلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار (۱۴/۸ و ۱۵/۱ درصد) مشاهده شد. بیشترین میزان مواد جامد محلول در پایان انبارمانی در شاهد (۱۷/۵ درصد) مشاهده شد (شکل۲). نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، زمان بررسی سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان بررسی در سطح پنج درصد در میزان اسید قابل تیتراسیون معنی‌دار شد (جدول۲). همچنین روند کاهشی معنی‌داری در میزان اسید قابل تیتراسیون در انتهای دوره

1. Formazan
2. Zhang
3. Upadhyay
4. Diakou
5. Kai

انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده شد. در زمان ۳۰ و ۴۵ روز انبارمانی بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون در تیمار اسیدکلروژنیک ۱۰۰ میکرومولار (۰/۳۲ و ۰/۲۲ درصد) مشاهده شد.

در پایان دوره انبارمانی کمترین میزان اسید قابل تیتراسیون در شاهد (۰/۱۴ درصد) مشاهده شد (شکل۳). براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار و زمان بررسی در سطح یک درصد بر شاخص طعم معنی‌دار شد (جدول۲). نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون در طی دوره انبارمانی افزایش یافت. بیشترین میزان نسبت قند به اسید کل در پایان دوره انبارمانی در شاهد ۱۶۲ درصد و کمترین میزان نسبت قند به اسیدکل در تیمار اسیدکلروژنیک ۱۰۰ میکرومولار ۷۳/۳ درصد مشاهده شد (شکل۴). مواد جامد محلول کل و اسید قابل تیتراسیون صفات مهمی هستند که در طعم، عطر و مزه میوه خرمالو تأثیر زیادی دارند. کاهش اسید قابل تیتراسیون و افزایش مواد جامد محلول کل به‌دلیل تجزیه اکسیداتیو و افزایش تنفس در پس از برداشت صورت می‌گیرد (رامین و طباطبائی، ۲۰۰۳). تنفس موجب شکسته شدن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آنها به ترکیبات ساده‌تر و افزایش مواد جامد محلول می‌شود، همچنین با افزایش تنفس و تبدیل اسیدهای آلی به قند از میزان آنها در عصاره میوه کاسته می‌شود. تیمار اسیدکلروژنیک با کاهش تنفس و کاهش تجمع یودی‌پی گلوکز پیروفسفوریلاز (UDGPase) که آنزیم موثر بیوسنتز ساکاروز است، موجب جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول کل و کاهش اسید قابل تیتراسیون در میوه سیب شده است (زای و همکاران، ۲۰۱۶). اسیدکلروژنیک به‌طور معنی‌داری موجب کاهش نسبت قند به اسید کل در میوه سیب شده است که منطبق با نتایج این پژوهش است

جدول ۱- صفات کیفی و بیوشیمیایی میوه خرمالو رقم کرج در زمان صفر (برداشت)

درصد کاهش وزن	مواد جامد محلول (٪)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	شاخص طعم
۰	۱۶/۲	۰/۴۶	۳۲

ادامه جدول ۱- صفات کیفی و بیوشیمیایی میوه خرمالو رقم کرج در زمان صفر(برداشت)

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (٪)	کاتالاز (U/g FW)	سوپراکسیددیسموتاز (U/g FW)	پراکسیداز (U/g FW)
۸۸/۵	۱۴/۱	۳۹/۶	۱۲/۵

جدول ۲ - تجزیه واریانس اثر تیمار اسیدکلروژنیک بر صفات کیفی و عمر ماندگاری میوه خرمالو در طی دوره انبارمانی

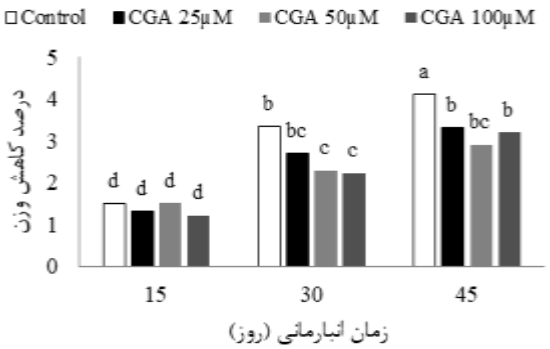
		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	کاهش وزن	مواد جامد محلول	اسید قابل تیتراسیون	شاخص طعم	مالون‌دی‌الدهید
(تیمار)	۳	۱/۸۷**	۲/۹۷*	۰/۰۰۹**	۱۷۲۲/۳**	۱۳/۲۵**
(زمان انبارمانی)	۲	۱۳/۹۴**	۵۱/۷۳**	۰/۰۸۲**	۹۴۹۹/۲**	۲۹/۹۳**
(تیمار×زمان انبارمانی)	۶	۰/۴۲*	۰/۶۶ns	۰/۰۰۲*	۴۳۵/۹**	۲/۲۴*
خطا	۲۴	۰/۱۵	۱/۱۰	۰/۰۰۱	۷۲/۲	۱/۰۴
ضریب تغییرات ٪		۱/۷	۱/۵	۲/۴	۵/۸	۱۱/۹

ns، * و :** به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

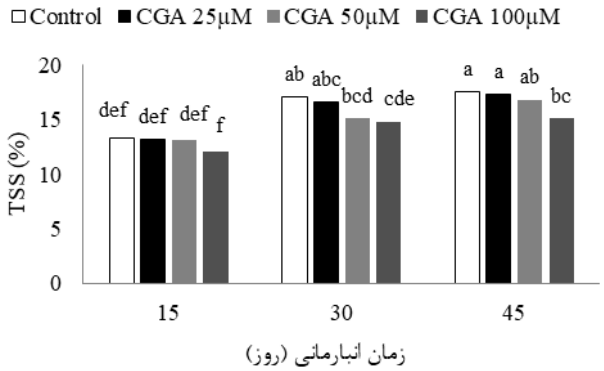
ادامه جدول ۲ -تجزیه واریانس اثر تیمار اسیدکلروژنیک بر صفات کیفی و عمر ماندگاری میوه خرمالو در طی دوره انبارمانی

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	سوپراکسیددیسموتاز	پراکسیداز	کاتالاز	آسکوربات اکسیداز	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل
(تیمار)	۳	۱۰۴/۳**	۶/۱۵**	۶۵/۵۹**	۶۲۹/۹**	۲۲۰/۷**
(زمان انبارمانی)	۲	۱۷۸/۳**	۹۸/۴**	۶۹/۴۵**	۱۴۵۲/۲**	۹۹۶/۰۲**
(تیمار×زمان انبارمانی)	۶	۱۰/۳*	۰/۲۶ns	۲/۸۶*	۲۹۸/۸**	۵۶/۵**
خطا	۲۴	۴/۹۳	۰/۵۳	۰/۸۲	۶۰/۰۱	۱۱/۹۱
ضریب تغییرات ٪		۴/۲	۱۴/۸	۱۷/۲	۴/۱	۵/۸

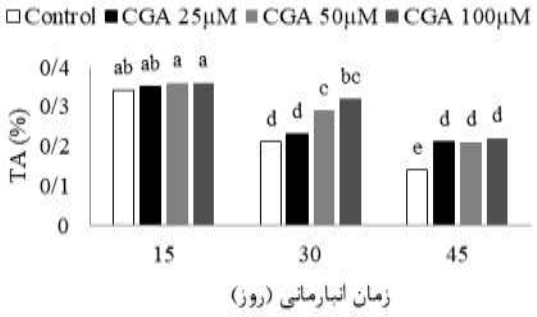
ns، * و :** به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد



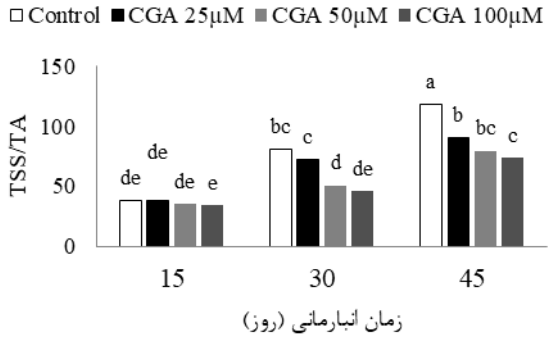
شکل۱- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر درصد کاهش وزن عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز.
Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ($P<0.05$) است.



شکل۲- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر کاهش مواد جامد محلول عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای یک درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۵ روز. Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰ میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ($P<0.05$) است.



شکل۳- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر اسید قابل تیتراسیون عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز. Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ($P<0.05$) است.



شکل۴- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر شاخص طعم عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز

Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ($P<0.05$) است.

(شو[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

مالون‌دی‌الدهید (MDA) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2)

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار و زمان در سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان بررسی در سطح پنج درصد بر مالون‌دی‌الدهید معنی‌دار شد و اثر تیمار، اثر متقابل تیمار و زمان بررسی در سطح یک درصد و زمان بررسی سطح پنج درصد بر پراکسیدهیدروژن معنی‌دار شد (جدول۲). نتایج نشان داد میزان مالون‌دی‌آلدهید و پراکسیدهیدروژن طی دوره انبارمانی در میوه خرمالو افزایش یافت. تیمارهای اسیدکلروژنیک به‌طور معنی‌داری موجب جلوگیری از افزایش میزان مالون‌دی‌آلدهید و پراکسیدهیدروژن میوه خرمالو در طی انبارمانی شدند. در زمان ۳۰ و ۴۵ روز انبارمانی کمترین میزان مالون‌دی آلدهید در تیمار اسیدکلروژنیک ۱۰۰ میکرومولار (۴/۱ نانومول بر گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۵). در پایان دوره انبارمانی تیمارهای اسیدکلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار (۳۲/۶ و ۴۴/۸ درصد) موجب جلوگیری از افزایش پراکسیدهیدروژن نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان پراکسیدهیدروژن در پایان دوره انبارمانی (۲۴/۵ نانومول برگرم وزن تر) در شاهد مشاهده گردید (شکل ۶). اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدهید به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی در نظر گرفته می‌شود. پراکسیدهیدروژن که توسط بتاپراکسیداسیون اسیدهای چرب در گلی‌اکسی‌زوم یا تنفس نوری در پراکسی‌زوم تولید می‌شود در مقادیر بالا برای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی مضر است (جائو و همکاران، ۲۰۱۸). مالون دی‌آلدهید محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع غشا است که به‌عنوان شاخصی از پراکسیداسیون چربی‌های غشا می‌باشد (دهقان و خوشکام[2]، ۲۰۱۲). مالون‌دی‌آلدهید می‌تواند پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و سایر ملکول‌های سلولی را به‌طور نامناسبی تحت تأثیر قرار دهد (توسویک[3] و همکاران، ۲۰۱۷). اسیدکلروژنیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل کرده و موجب کاهش رادیکال‌های آزاد و کاهش مالون‌دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن در میوه گوجه‌فرنگی (کای و همکاران، ۲۰۲۱)، شلیل (زی و همکاران، ۲۰۱۷) و هلو (جائو و همکاران، ۲۰۱۸) شده است که منطبق با نتایج این پژوهش است.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز (CAT)، سوپراکسیددیسموتاز (SOD)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و پراکسیداز (POD)

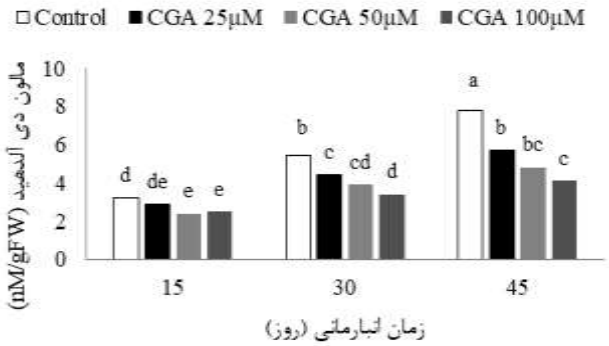
نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، زمان بررسی در سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان بررسی در سطح پنج درصد بر فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز معنی‌دار شد و اثر تیمار، زمان بررسی و اثر متقابل تیمار و زمان بررسی در سطح یک درصد بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار شد. همچنین اثر تیمار، زمان بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل تیمار و زمان بررسی عدم معنی‌داری بر فعالیت پراکسیداز را نشان داد

1. Shu

2. Dehghan and Khoshkam

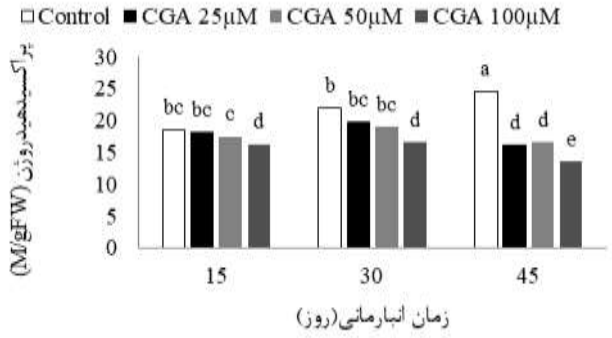
3. Tošović

(جدول۲). میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز در طی دوره انبارمانی کاهش یافت. در طی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز انبارمانی بیشترین میزان کاتالاز (۲۴/۷ U/g FW) در تیمار کلروژنیک‌اسید ۱۰۰ میکرومولار مشاهده گردید. کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۴/۷ U/g FW) در پایان دوره انبارمانی در شاهد مشاهده شد (شکل ۷). در طی دوره انبارمانی اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمارهای اسیدکلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار از نظر میزان سوپراکسیددیسموتاز مشاهده نشد. تیمارهای اسید کلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار (۲۲/۵ و ۲۵/۱۱ درصد) نسبت به شاهد موجب جلوگیری از کاهش سوپراکسید دیسموتاز در پایان دوره انبارمانی شدند. (شکل ۸). میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در طی دوره انبارمانی کاهش یافت ولی کاهش فعالیت تیمارهای اسیدکلروژنیک بیشتر از شاهد بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در پایان دوره انبارمانی در شاهد (۸/۹ U/g FW) مشاهده شد. تیمارهای اسیدکلروژنیک ۱۰۰ و ۵۰ میکرومولار به ترتیب (۳۱/۴ و ۱۹/۱۰ درصد) موجب جلوگیری از افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به شاهد در طی ۴۵ روز انبارمانی شد (شکل ۹). طی ۱۵ روز اول انبارمانی اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمارها و شاهد از نظر میزان آسکوربات پراکسیداز مشاهده نشد. در زمان‌های بررسی ۳۰ و ۴۵ روز بیشترین میزان آسکوربات‌پراکسیداز (U/g FW ۱۲۹/۶ و ۱۲۶/۴) در تیمارهای اسیدکلروژنیک ۱۰۰ و ۵۰ میکرومولار مشاهده شد. اسیدکلروژنیک ۱۰۰ میکرو مولار (۵۱/۳۲ درصد) موجب جلوگیری از کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در پایان دوره انبارمانی شد. کمترین فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در طی ۴۵ روز انبارمانی در شاهد (۸۳U/g FW) مشاهده شد (شکل۱۰). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات‌پراکسیداز با حذف رادیکال‌های آزاد



شکل ۵-تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر مالون‌دی‌الدهید عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز

Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.



شکل۶ - تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر پراکسیدهیدروژن عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز

Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.

در زمان تنش موجب تأخیر در پیری و افزایش عمر انبارمانی شد (آذربخت[1] و همکاران، ۲۰۲۲). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با انتقال یک اتم هیدروژن به رادیکال‌های آزاد اکسیژن، آن را خنثی می‌کند در نتیجه از فرآیندهای اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند (زی و همکاران، ۲۰۱۶). سوپراکسیددیسموتاز رادیکال سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن مولکولی تبدیل می‌کند و کاتالاز و پراکسیدازها، پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کنند (شارما[2] و همکاران، ۲۰۱۲).

آنزیم پراکسیداز در اکسیداسیون فنولیک‌ها، گلوتاتیون و اسیداسکوربیک نقش دارد. افزایش میزان پراکسید هیدروژن در طی دوره انبارمانی موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز و افزایش ترکیبات کینون شده و قهوه‌ای شدن بافت را ایجاد می‌کند (شو و همکاران، ۲۰۲۰). اسیدکلروژنیک دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی است که با توانایی مهار رادیکال‌های آزاد موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (زی[3] و همکاران، ۲۰۱۶). اسیدکلروژنیک ۵۰ میلی‌گرم در لیتر با حذف رادیکال‌های آزاد موجب حفظ فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) در گوجه‌فرنگی (کای و همکاران، ۲۰۲۱) و هلو (زی و همکاران، ۲۰۱۷) شده است که منطبق با نتایج این پژوهش است. اسیدکلروژنیک با تحکیم دیواره سلولی و کاهش تولید اتیلن موجب جلوگیری از افزایش فعالیت پراکسیداز در هلو (جائو و همکاران، ۲۰۱۷) شده است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر اسیدکلروژنیک با افزایش پروتئین‌های دفاعی و کاهش خسارت اکسیداتیو موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در میوه شلیل شده است (زی و همکاران، ۲۰۱۷).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

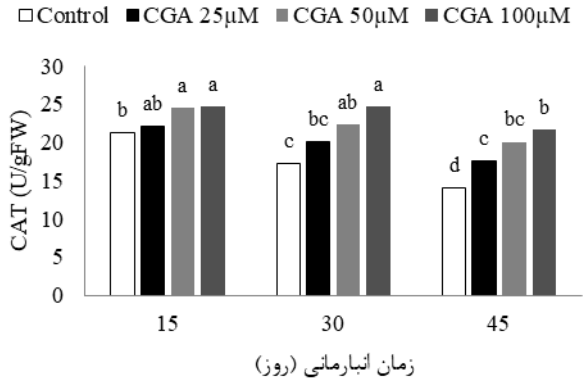
بررسی نتایج بدست آمده از اثر اسیدکلروژنیک بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه خرمالو نشان داد تفاوت معنی‌داری میان تیمارها با شاهد دیده شد و در طی ۴۵ روز انبارمانی غلظت ۵۰ میکرومولار اسیدکلروژنیک مؤثر در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بود (شکل ۱۱).

پژوهش‌های پیشین ارتباط مثبتی بین ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل ایجاد که بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با بیشترین ترکیبات فنلی همراه است (مبارک[4] و همکاران، ۲۰۲۳). اسیدکلروژنیک یک مکانیسم کامل آنتی‌اکسیدانی دارد. ساختار پلی‌هیدروکسیل آن جمع‌کننده رادیکاهای آزاد می‌باشد و مسیر سیگنالی آنتی‌اکسیدانی فعال، بیان ژن‌های مربوطه و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را بالا و فعالیت سیستم‌های اکسیداز درونی را همراه با پروتئین‌ها تنظیم می‌کنند (زی و همکاران، ۲۰۱۶). یافته‌های زی و همکاران (۲۰۱۷) موید نقش اسیدکلروژنیک در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه شلیل بود. مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۲۰) مسیر سیگنالی Ca^{2+}/calmodulin در میوه کیوی را در جمع کردن رادیکال‌های آزاد با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت تیمار اسیدکلروژنیک موثر دانستند. پژوهش دیگر هم نقش ترکیبی اسیدکلروژنیک و سدیم آلژینات را در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش رادیکال‌های آزاد از طریق فعالیت اسیدآبسیزیک، بنزوتیادیازول کربوتیائوئیک (BTH) و اسیدسالیسیلیک با فعال‌سازی مسیر فنیل‌پروپان و تنظیم تعادل بین سلولی گونه‌های واکنش‌پذیر در سلامتی پس از برداشت گلابی موثر دانسته است (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳).

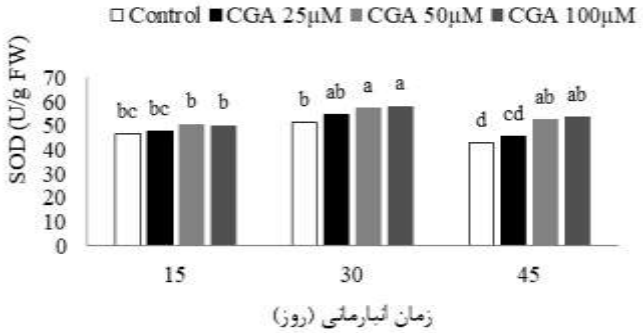
نتیجه‌گیری کلی

استفاده از تیمارهای سالم و بدون اثرات مخرب برای محیط زیست مانند اسیدکلروژنیک بر افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه خرمالو طی دوره انبارمانی سرد کمک می‌کنند. تیمار اسیدکلروژنیک به‌طور معنی‌داری موجب حفظ وزن، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در مقایسه با شاهد در طی دوره انبارمانی شد. همچنین میوه‌های تیمارشده با اسیدکلروژنیک کمترین میزان مالون‌دی‌آلدهید، پراکسیدهیدروژن و درصد کاهش وزن را نشان دادند. تیمار اسیدکلروژنیک ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار در حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی میوه خرمالو مؤثرتر بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که میوه‌های شاهد پس از ۴۵ روز انبارمانی از نظر اکثر شاخص‌های

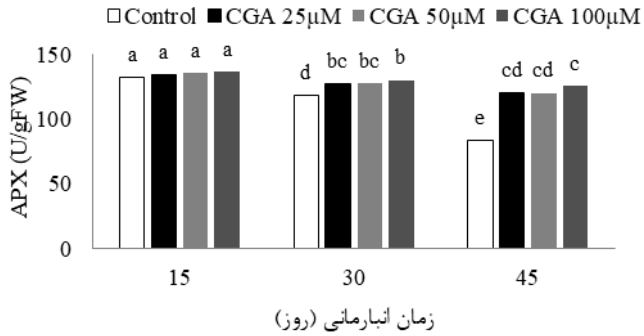
1. Azadbakht
2. Sharma
3. Xi
4. Mubarok



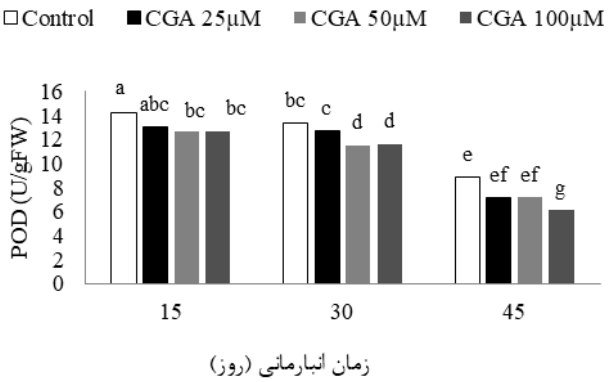
شکل ۷- تأثیر تیماراسید کلروژنیک برفعالیت آنزیم کاتالاز عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز.
Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.



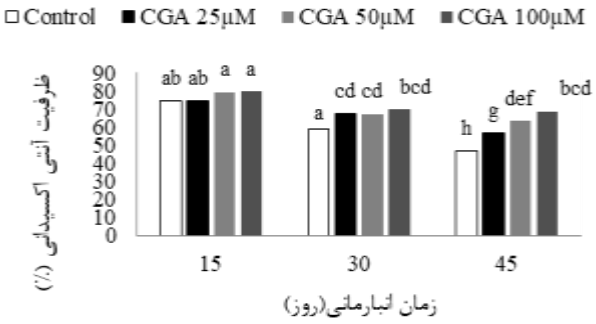
شکل ۸- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز. Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.



شکل۹- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک‌اسید بر فعالیت آنزیم آسکوربات‌اکسیداز عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز. Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.



شکل۱۰- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک ا بر فعالیت آنزیم پراکسیداز عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز. Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.



شکل۱۱- تأثیر تیمار اسیدکلروژنیک بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه طی دوره انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز. Control: شاهد، CGA 25µM: اسیدکلروژنیک ۲۵ میکرومولار، CGA 50µM: اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرومولار، CGA 100µM: اسیدکلروژنیک ۱۰۰میکرومولار، حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح (P<0.05) است.

کیفی مورد بررسی، افت قابل توجهی داشتند، در حالی که میوه‌های تیمارشده بعد از ۴۵ روز انبارمانی قابل عرضه به بازار بودند. براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد اسیدکلروژنیک ۵۰ میکرو مولار به‌صورت تجاری برای انبارمانی میوهٔ خرمالو قابل توصیه است.

منابع

Azadbakht, M., Jafarzadeh, S., Varasteh, F. and Torshizi, M.V. 2022. The antioxidant properties of compressed persimmon fruit using putrescine coatings and polyamine films. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 24(2).

Bautista-Baños, S., Hernandez-Lauzardo, A.N., Velazquez-Del Valle, M.G., Hernández-López, M., Barka, E.A., Bosquez-Molina, E. and Wilson, C.L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop protection, 25(2): 108-118.

Dehghan, G. and Khoshkam, Z. 2012. Tin (II)–quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. Food Chemistry, 131(2): 422-426.

Diakou, P., Svanella, L., Raymond, P., Gaudillère, J.P. and Moing, A. 2000. Phosphoenolpyruvate carboxylase during grape berry development: protein level, enzyme activity and regulation. Functional Plant Biology, 27(3): 221-229.

Duarte, G.S., Pereira, A.A. and Farah, A. 2010. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. Food Chemistry, 118(3): 851-855.

Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photo peroxidation in isolated chloroplasts. Archives Biochemistry Biophysics, 125: 850-857.

Jiao, W., Li, X., Wang, X., Cao, J. and Jiang, W. 2018. Chlorogenic acid induces resistance against Penicillium expansum in peach fruit by activating the salicylic acid signaling pathway. Food Chemistry, 260: 274-282.

Jiao, W., Shu, C., Li, X., Cao, J., Fan, X. and Jiang, W. 2019. Preparation of a chitosan-chlorogenic acid conjugate and its application as edible coating in postharvest preservation of peach fruit. Postharvest Biology and Technology, 154: 129-136.

Kai, K., Wang, R., Bi, W., Ma, Z., Shi, W., Ye, Y. and Zhang, D. 2021. Chlorogenic acid induces ROS-dependent apoptosis in Fusarium fujikuroi and decreases the postharvest rot of cherry tomato. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 37: 1-9.

Kaushik, P. 2020. Transcriptome analysis of the eggplant fruits overexpressing a gene of chlorogenic acid pathway. BioRxiv, 20-10.

Khademi, O., Zamani, Z., Mostofi, Y., Kalantari, S. and Ahmadi, A. 2012. Extending storability of persimmon fruit cv. Karaj by postharvest application of salicylic acid. Journal of Agricultural Science, 14: 67-74.

Li, C., Leverence, R., Trombley, J.D., Xu, S., Yang, J., Tian, Y., Reed, J.D. and Hagerman, A.E. 2010. High molecular weight persimmon (*Diospyros kaki* L.) proanthocyanidin: a highly galloylated, A-linked tannin with an unusual flavonol terminal unit, myricetin. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(16): 9033-9042.

Liang, N. and Kitts, D.D. 2015. Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions. Nutrients, 8(1): 16-23.

Martínez, G., Regente, M., Jacobi, S., Del Rio, M., Pinedo, M. and de la Canal, L. 2017. Chlorogenic acid is a fungicide active against phytopathogenic fungi. Pesticide Biochemistry and Physiology, 140: 30-35.

Miao, M. and Xiang, L. 2020. Pharmacological action and potential targets of chlorogenic acid. Advances in Pharmacology, 87: 71-88.

Mubarok., S., Suminar, E., Husnul, A., Setyawati, C. and Buswar.A. 2023 Overview of Melatonin's Impact on Postharvest Physiology and Quality of Fruits. Horticulturae. 9: 586-595.

Nasr, F., Razavi, F., Rabiei, V., Gohari, G., Ali, S. and Hano, C., 2022. Attenuation of chilling injury and improving antioxidant capacity of persimmon fruit by arginine application. Foods, 11(16): 2419.

Patterson, B.D., MacRae, E.A. and Ferguson, I.B. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). Analytical Biochemistry, 139(2): 487-492.

Ramin, A.A. and Tabatabaei, F. 2003. Effect of various maturity stages at harvest on storability of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.). Journal of Agricultural Science and Technology, 5: 113-123.

Sharma, P., Jha, A.B., Dubey, R.S. and Pessarakli, M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. Journal of Botany, 2012(1): 217037.

Shu, C., Zhang, W., Zhao, H., Cao, J. and Jiang, W. 2020. Chlorogenic acid treatment alleviates the adverse physiological responses of vibration injury in apple fruit through the regulation of energy metabolism. Postharvest Biology and Technology, 159: 110997.

Shuang, F.F., Zong, C.M., Wang, C.C., Hu, R.Z., Shen, Y.S., Ju, Y.X., Yao, X.H., Chen, T., Zhao, W.G. and Zhang, D.Y. 2022. Chlorogenic acid and cellulose nanocrystal–assisted crosslinking preparation of a silk-based film to extend the shelf life of strawberries. LWT- Food Science and Technology, 172: 114218.

Tošović, J., Marković, S., Marković, J.M.D., Mojović, M. and Milenković, D. 2017. Antioxidative mechanisms in chlorogenic acid. Food Chemistry, 237: 390-398.

Upadhyay, R. and Mohan Rao, L.J. 2013. An outlook on chlorogenic acids—occurrence, chemistry, technology, and biological activities. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53(9): 968-984.

Veberic, R., Jurhar, J., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F. and Schmitzer, V. 2010. Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). Food Chemistry, 119(2): 477-483.

Xi, Y., Cheng, D., Zeng, X., Cao, J. and Jiang, W. 2016. Evidences for chlorogenic acid—A major endogenous polyphenol involved in regulation of ripening and senescence of apple fruit. PLoS One, 11(1): 6-12.

Xi, Y., Fan, X., Zhao, H., Li, X., Cao, J. and Jiang, W. 2017a. Postharvest fruit quality and antioxidants of nectarine fruit as influenced by chlorogenic acid. LWT-Food Science and Technology, 75: 537-544.

Xi, Y., Jiao, W., Cao, J. and Jiang, W. 2017b. Effects of chlorogenic acid on capacity of free radicals scavenging and proteomic changes in postharvest fruit of nectarine. PLoS One, 12(8): 0182494.

Zhang, D., Bi, W., Kai, K., Ye, Y. and Liu, J. 2020. Effect of chlorogenic acid on controlling kiwifruit postharvest decay caused by Diaporthe sp. LWT- Food Science and Technology, 132: 18-21.

Zhang, D., Ma, Z., Kai, K., Hu, T., Bi, W., Yang, Y., Shi, W., Wang, Z. and Ye, Y. 2023. Chlorogenic acid induces endoplasmic reticulum stress in Botrytis cinerea and inhibits gray mold on strawberry. Scientia Horticulturae, 318: 112091.

Zhang, Z., Huber, D. J., and Rao, J. 2013. Antioxidant systems of ripening avocado (*Persea americana* Mill.) fruit following treatment at the preclimacteric stage with aqueous 1 - methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology, 76: 58e64.