مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۹ شماره ۴ صفحه‌های ۴۸۳ تا ۴۹۶ (۱۳۹۷)

اثر محلول‌پاشی قبل از برداشت کلراید کلسیم بر حفظ ترکیب‌های زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه سه رقم مرکبات در دوره انبارداری[1]

Effect of Pre-Harvest Calcium Chloride Spraying on Maintaining Fruit Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Three Citrus Cultivars during Storage

جواد فتاحی مقدم* و ابوذر هاشم پور[2]

چکیده

حفظ ارزش غذایی و ترکیب‌های زیست‌فعال میوه‌ها در دوره انبارداری از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش، اثر محلول‌پاشی کلراید کلسیم (صفر، ۱، ۲ و ۴٪) طی سه مرحله (۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ روز پس از تمام گل) روی کیفیت میوه رقم‌های مرکبات شامل پرتقال‌های تامسون و مورو (*Citrus sinensis* cvs Thomson and Moro) و نارنگی پیج (*C. reticulata* cv. Page) بررسی شد. میوه‌ها پس از برداشت در دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵٪ به‌مدت ۶۰ روز نگهداری شدند. برخی شاخص‌های زیست‌شیمیایی گوشت و پوست در روزهای صفر، ۳۰ و ۶۰ انبارداری اندازه‌گیری شد. نتیجه‌ها نشان داد که مقدار اسکوربیک‌اسید، فلاونوئید کل، فنول‌کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بافت گوشت و پوست میوه‌های محلول‌پاشی شده طی انبارداری به‌طور معنی‌داری بالاتر از شاهد بود. افزون بر این، در بافت گوشت میوه‌های محلول‌پاشی شده با کلراید کلسیم (به‌ویژه تیمارهای ۲ و ۴٪) مقدار نارینجین (در تامسون)، هسپریدین (در تامسون و پیج)، نئوهسپریدین و کوئرستین (در تامسون و مورو) در پایان انبارداری بالاتر از شاهد بود. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان پیشنهاد کرد که محلول‌پاشی میوه‌های مرکبات با ۴٪ کلراید کلسیم می‌تواند راهکار مفیدی برای حفظ یا افزایش ترکیب‌های زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رقم‌های نام‌برده طی انبارداری باشد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب‌های فلاونوئیدی، پس از برداشت، نارینجین، نئوهسپریدین، هسپریدین.

مقدمه

مرکبات به‌دلیل داشتن ترکیب‌های زیست‌فعال مفید برای سلامتی انسان یکی از پرطرفدارترین میوه‌ها می‌باشند. دلیل آن مربوط به پروفایل ترکیب‌های فنولی، فلاونوئیدی، کاروتنوئیدها، اسکوربیک‌اسید و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره است که اثر حفاظتی در برابر بیماری‌های مختلف چون سرطان و بیماری‌های قلبی و عروقی دارند (۱۳). افزون‌بر این، ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی میوه مرکبات با خنثی کردن گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS)، پیری و مرگ یاخته گیاهی را به تاخیر می‌اندازد. ترکیب‌های فنولی میوه مرکبات شامل فلاونوئیدها و اسیدهای فنولی است و در این میان فلاونوئید گلیکوزیدها در مرکبات غالبیت دارند (۴). تمامی

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۷

۲- به‌ترتیب دانشیار و استادیار، گروه فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (j.fattahi@areeo.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

فلاونوئیدهای مرکبات مثل نئوهسپریدین، هسپریدین، نارینجین، نارینجنین، نئواریوسیترین، ناریروتین، کوئرستین، روتین و کاتچین دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی مهار رادیکال آزاد (ROS) هستند (۱۱، ۳۰).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه نیز می‌تواند زیر تاثیر عواملی چون درجه رسیدن میوه، نژادگان، روش‌های کشت، شرایط اقلیمی در دوره نمو میوه و هم‌چنین فرایندهای پس از برداشت باشد (۲۶). در این میان نقش کلراید کلسیم در حفظ کیفیت قبل و بعد از برداشت انواع میوه‌ها به‌دلیل نقشی که کلسیم در حفظ انسجام غشای یاخته‌ای و سفتی دیواره یاخته‌ای دارد، در دهه‌های پیشین مورد توجه پژوهشگران بوده است (۲۰). افزودن کلسیم، سفتی دیواره یاخته‌ای را افزایش داده و مانع تبدیل آنزیم‌هایی چون پلی‌گالاکتروناز به فرم فعال و به دنبال آن نرمی بافت میوه می‌شود (۱۸). کاربرد قبل و پس از برداشت کلسیم ضمن به تاخیر انداختن پیری و افزایش بازارپسندی، ماندگاری میوه را نیز بهبود می‌بخشد. افزایش مقدار کلسیم میوه به تاخیر در نرم شدن و کاهش آسیب‌های فیزیولوژی کمک می‌کند (۱۸). در پژوهشی، Joyce و همکاران (۱۶) نشان دادند که تیمار میوه‌های سیب با محلول ۶ درصدی کلراید کلسیم با کاهش از دست دادن آب و سرعت تنفس، کنترل فعالیت پراکسیدازها و حفظ سفتی میوه همراه بود.

گزارش‌های کمی در ارتباط با کاربرد قبل از برداشت کلراید کلسیم روی میوه مرکبات وجود دارد. پژوهش‌ها نشان داده است که تیمار با کلسیم باعث تاخیر در مرحله بلوغ نارنگی پونکن[۱] و افزایش قابلیت انبارداری میوه کلمانتین[۲] می‌شود (۱۲). نتیجه‌های پژوهشی دیگر نشان داد که کاربرد کلراید کلسیم آسیب‌های مکانیکی را کاهش و قابلیت انبارمانی لیموترش و نارنگی را افزایش داد (۲۰).

ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی میوه نیز ممکن است متاثر از تیمارهای قبل از برداشت باشند. مقدار آسکوربیک‌اسید در نارنگی بلادی تیمار شده با کلراید کلسیم ۶٪ کم‌تر از شاهد در ۷۵ روز انبارداری بود (۹). هم‌چنین پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد کلراید کلسیم سه بار در فصل رشد موجب جلوگیری از کاهش اسکوربیک‌اسید، ترکیب‌های فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی می‌شود (۲۵). در پژوهشی، Rahman و همکاران (۲۳) گزارش کردند که کاربرد کلراید کلسیم ۴٪ موجب افزایش اسکوربیک‌اسید در طول انبارداری میوه هلو گردید. محمودی و همکاران (۱) گزارش کردند که محلول پاشی کلراید کلسیم در دوره نمو میوه‌های پرتقال تامسون و نارنگی انشو موجب کاهش مقدار اسکوربیک‌اسید در میوه‌های برداشت شده، گردید.

در حال حاضر رقم‌های پرتقال تامسون[۳] و خونی مورو[۴] و نارنگی رقم پیج[۵] از جمله رقم‌های تجاری مهم مورد مصرف در ایران هستند. تمایل زیادی وجود دارد که بتوان سطح‌های غذایی گوشت میوه را طی مراحل پس از برداشت حفظ نمود. با توجه به پژوهش‌های پژوهشگران در گذشته، ترکیب‌هایی چون کلراید کلسیم این قابلیت را دارند. تاکنون واکنش مرکبات یا تغییر ویژگی‌هایی که تعیین کننده کیفیت میوه هستند با کاربرد این ترکیب‌ها به ویژه به صورت محلول‌پاشی به‌طور جامع در کشور مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی اثر کلراید کلسیم بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حفظ ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست رقم‌های پرتقال تامسون و مورو و نارنگی پیج در زمان برداشت و طی انبارداری بود.

مواد و روش‌ها

ماده‌های گیاهی

در این پژوهش از سه رقم مرکبات شامل دو رقم پرتقال تامسون‌ناول و خونی مورو و نارنگی رقم پیج با پایه نارنج استفاده شد. آزمایش در باغ‌های پژوهشی پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) انجام شد.

۱- *Citrus reticulata* cv. Ponkan
۲- *C. reticulata* cv. Clementine
۳- *C. sinensis* cv. Thomson
۴- *C. sinensis* cv. Moro
۵- *C. reticulata* cv. Page

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

محلول‌پاشی کلراید کلسیم

بر اساس آزمایش مقدماتی، افزون بر غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم، بارهای مختلف محلول‌پاشی نیز (سه مرحله) در نظر گرفته شد (داده‌ها ارائه نشده است). نتیجه‌های اولیه نشان داد که تاثیر این ترکیب‌ها با سه بار محلول‌پاشی بیش‌تر است. بنابراین، در سال دوم اقدام به سه بار محلول‌پاشی تیمارهای مختلف روی ماده‌های گیاهی مورد استفاده شد. در این آزمایش ابتدا غلظت‌های ۱، ۲ و ۴٪ کلراید کلسیم با استفاده از آب مقطر تهیه شد. برای هر تیمار، سه درخت (تکرار) و روی هر درخت سه شاخه مشخص و برای محلول‌پاشی نشانه گذاری شد. سپس با استفاده از یک محلول‌پاش دستی سه بار (۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ روز پس از تمام گل) عمل محلول‌پاشی میوه‌ها انجام شد. زمان‌های محلول‌پاشی بر اساس زمان گل‌دهی رقم مورد بررسی متفاوت بود. در تیمار شاهد میوه‌ها فقط با آب مقطر محلول‌پاشی شدند.

نمونه‌گیری

میوه‌های هر تکرار به‌طور جداگانه (اواخر آبان برای نارنگی پیج، نیمه آذر برای پرتقال‌های تامسون و مورو براساس شاخص TSS/TA) برداشت شدند و بی‌درنگ به سردخانه منتقل شدند. برای بررسی عمر انباری میوه‌ها، از هر تکرار (درخت)، ۳۰ عدد میوه برداشت شد (از هر شاخه نشانه‌گذاری شده روی یک درخت ۱۰ عدد میوه برداشت شد). هر ۳۰ عدد میوه در سبدهای جداگانه در سردخانه قرار داده شد. میوه‌ها به‌مدت ۶۰ روز در سردخانه با دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵٪ نگهداری شدند. افزون بر نمونه‌برداری در زمان برداشت، در روزهای ۳۰ و ۶۰ نگهداری نیز برای ارزیابی تغییرهای کیفی میوه طی انبارداری نمونه‌برداری (۱۰ میوه برای هر تکرار در هر مرحله نمونه برداری) انجام شد.

اسکوربیک‌اسید

غلظت اسکوربیک‌اسید عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲، ۶- دی کروفنول ایندوفنول (DCPIP) توسط اسکوربیک‌اسید اندازه‌گیری شد (۶). در این روش، مقدار یک گرم از بافت گوشت و پودر پوست با ۳ میلی‌لیتر اسید متافسفریک (۱٪) مخلوط شد. پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط فوق در دمای ۴ درجه سلسیوس و سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۵۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۲۰۰ میکرولیتر DCPIP اضافه شد. مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در سه تکرار خوانده شد. غلظت اسکوربیک‌اسید با استفاده از خط استاندارد ($y= 0.0005x+ 0.0952$) تهیه شده از غلظت‌های مختلف اسکوربیک‌اسید محاسبه شد.

فنول کل

استخراج ترکیب‌های فنولی

به منظور استخراج ترکیب‌های فنولی رقم‌های خونی (مورو) از حلال متانول و اسید استیک به نسبت ۱۵ : ۸۵٪ و برای رقم‌های غیرخونی (تامسون و پیج) از متانول به تنهایی استفاده شد. عصاره میوه همراه با گوشت به صورت دستی تهیه و به نسبت ۱:۳ به مدت ۱۸ ساعت در داخل حلال قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (مدل Hettich-Mikro 200R ساخت آلمان) شدند. قسمت روشناور نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری‌های فنول کل، فلاونوئید کل و ترکیب‌های فلاونوئیدی (نارینجین، هسپریدین، نئوهسپریدین، کوئرستین و کاتچین) در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

اندازه گیری فنول کل

تعیین مقدار فنول کل با روش فولین سیوکالتیو (Folin–Ciocalteu) انجام شد (۱۹). در این روش ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی آب میوه یا پوست میوه با ۱۲۵میکرولیتر معرف فولین (۵٪) آمیخته شده و پس از ۵ دقیقه، ۱۰۰ میکرولیتر محلول ۷٪ بی‌کربنات سدیم به آن افزوده شد. سپس مقدار جذب آمیخته واکنش بعد از ۱۲۰

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

دقیقه نگهداری در شرایط بدون نور، در طول موج ۷۶۵ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر نانودراپ (مدل ND-1000 ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد. مقدار فنول کل از روی منحنی استاندارد (y= 0.009x-0.0087) بر حسب میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم عصاره بیان شد.

فلاونوئید کل

مقدار فلاونوئید کل به روش کالریمتری کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد (۶). ۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی گوشت و پوست میوه با ۱۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم (۱۰٪)، ۱۰ میکرولیتر استات پتاسیم (۱ مولار) و ۲۸۰ میکرولیتر آب دیونیزه آمیخته شد. نمونه‌ها پس از به هم زده شدن در دمای اتاق به‌مدت ۴۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس جذب آمیخته واکنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. مقدار فلاونوئید کل بر اساس منحنی استاندارد کوئرستین (y= 0.0898x-0.0126) تعیین و نتیجه‌ها بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن تر پوست و گوشت میوه بیان شد.

اندازه‌گیری ترکیب‌های فلاونوئیدی به روش تجزیه HPLC

اندازه‌گیری ترکیب‌های فلاونوئیدی (نارینجین، هسپریدین، نئوهسپریدین، کوئرستین و کاتچین) گوشت و پوست میوه‌ها با استفاده از روش HPLC انجام شد. سیستم مورد استفاده مدل Waters 1525 با پمپ از نوع Binary و دتکتور با مشخصات Waters 2487, Dual λ Absorbance بود. نرم افزار نصب شده روی سیستم به نام Breeze version 3:20 بود. ستون این سیستم به طول ۱۷۰ میلی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر با منافذی به اندازه ۵ میکرومتر بود. حلال A شامل آب و حلال B محلول متانول بود. روش کار به صورت حلال با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه در دو طول موج ۲۸۰ و ۳۵۰ نانومتر تعریف شد. حجم تزریقی برابر ۶۰ میکرولیتر بود. شناسایی و کمی سازی هر یک از ترکیب‌ها بر اساس استانداردهای آن‌ها انجام شد.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش مهار رادیکال ABTS

در این روش، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از عصاره متانولی گوشت میوه برای هضم رادیکال‌های $ABTS^{\bullet+}$ (۲ و ۲-آزینوبیس – (۳- اتیل بنزوتیازولین-۶- سولفونیک اسید)، اندازه‌گیری شد (۱۷). رادیکال $ABTS^{\bullet+}$ با افزودن پرسولفات پتاسیم (۲/۴۵ میلی‌مول) به ABTS (۷ میلی‌مول) و قرار دادن در محیط تاریک به مدت ۱۶ ساعت، تشکیل شد. سپس این محلول پایه با افزودن اتانول تا رسیدن به جذب ۰/۷ در طول موج ۷۳۴ نانومتر رقیق شد. نمونه عصاره و رادیکال به نسبت ۵:۱۰۰ میکرولیتر آمیخته و جذب آن پس از ۷ دقیقه در طول موج ۷۳۴ نانومتر در سه تکرار خوانده شد. درصد بازدارندگی با استفاده از فرمول ($[(A_C - A_S)/A_C] \times$ = 100درصد بازدارندگی) محاسبه شد. در این معادله AC جذب رادیکال DPPH بدون عصاره به‌عنوان کنترل، AS جذب DPPH به‌علاوه نمونه بود.

واکاوی آماری داده‌ها

داده‌های حاصل از اثر کاربرد کلراید کلسیم بر ویژگی‌های کیفی (اسکوربیک‌اسید، فنول و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی)، به‌صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور (غلظت کلراید کلسیم و مدت انبارداری) به‌طور جداگانه برای هر رقم واکاوی شدند. داده‌های کیفیت سنجی ترکیب‌های فلاونوئیدی نیز به‌صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور (غلظت کلراید کلسیم و رقم) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی واکاوی شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی و در سطح احتمال متناظر انجام شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

نتایج و بحث

اثر محلول‌پاشی قبل از برداشت کلراید کلسیم بر ویژگی‌های کیفی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در انبار

اسکوربیک‌اسید گوشت و پوست

نتیجه‌های مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی درختان مرکبات با کلراید کلسیم باعث افزایش مقدار اسکوربیک‌اسید در مقایسه با شاهد شد و میوه‌های تیمار شده طی انبارداری مقدار اسکوربیک‌اسید بالاتری داشتند اما بین غلظت‌های محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در زمان برداشت، بالاترین مقدار اسکوربیک‌اسید در گوشت میوه‌های رقم‌های مورو (۷۰/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه در تیمار ۴٪ کلراید کلسیم) و پیج (۵۲/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه در تیمار ۲٪ کلراید کلسیم) موجود بود. در بافت پوست نیز مقدار اسکوربیک‌اسید در میوه‌های تیمار شده هر سه رقم در زمان برداشت و طی انبارداری بالاتر از شاهد بود. بیشترین مقدار اسکوربیک‌اسید پوست (۷۴/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) مربوط به تیمار ۱٪ کلراید کلسیم در زمان ۶۰ روز انبارداری رقم تامسون بود (جدول ۱). در شروع و پایان انبارداری تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمارشده با شاهد وجود داشت، اما در نمونه‌های گرفته شده پس از ۳۰ روز انبارداری، بین تیمار شده‌ها و شاهد تفاوت معنی‌داری در هر سه رقم مشاهده نشد. از سوی دیگر مقدار اسکوربیک‌اسید پوست میوه رقم تامسون بیشتر از رقم‌های مورو و پیج بود.

جدول ۱- اثرهای محلول‌پاشی درختان مرکبات با غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم بر مقدار اسکوربیک‌اسید در گوشت و پوست میوه در دوره انبارداری.

Table 1. Effects of citrus trees spraying with different $CaCl_2$ concentrations on ascorbic acid content in fruits peel and pulp during storage.

دوره انبارداری Storage duration (day)	کلراید کلسیم Calcium chloride (٪)	اسکوربیک‌اسید گوشت Ascorbic acid in pulp (mg $100g^{-1}$ FW)			اسکوربیک‌اسید پوست Ascorbic acid in peel (mg $100g^{-1}$ FW)		
		تامسون 'Thomson'	مورو 'Moro'	پیج 'Page'	تامسون 'Thomson'	مورو 'Moro'	پیج 'Page'
0	0	31.3d†	17.9e	34.8b	54.5c	48.1c	34.8bc
	1	36.7bc	45.3bc	50.3a	54.5c	67.1ab	50.3ab
	2	32.9cd	38.2cd	52.7a	70.5ab	70.5a	52.7a
	4	33.5cd	70.5a	52.1a	67.6ab	65.3ab	52.1a
30	0	41.9bc	43.7bc	50.9a	54.5c	55.7bc	50.9a
	1	58.1a	65.3ab	35.5a	65.3abc	65.9ab	53.5a
	2	61.1a	62.9ab	58.7a	32.9bc	65.9ab	58.7a
	4	57.5a	70.1a	55.7a	62.9bc	65.3ab	55.7a
60	0	48.1ab	20.9de	31.7c	55.1c	43.1c	31.7c
	1	59.9a	25.1cd	50.3a	74.9a	46.1c	50.3ab
	2	57.5a	28.1cd	44.3ab	70.7ab	50.3c	44.3ab
	4	47.3ab	62.3cd	51.5a	72.5ab	53.3bc	51.5a

†Means in each column and for each cultivar with the same letters are not significantly different at 1% level of probability by Tukey´s test.

†در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حرف‌های مشابه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون توکی با هم ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

افزون بر ارزش غذایی بالا و ویژگی آنتی‌اکسیدانی که برای اسکوربیک‌اسید می‌توان قائل بود، افزایش آن، شاخصی از درجه رسیدگی است و کاهش آن طی نگهداری نشان دهنده پیری بافت میوه است (۱۵، ۲۱). از سوی دیگر، آسکوربیک‌اسید در مقایسه با دیگر ماده‌های مغذی به تجزیه در اثر اکسیداسیون در فراوری و انبارداری بسیار حساس است. افزایش اسکوربیک‌اسید در انبارداری ممکن است ناشی از ادامه یافتن فرآیند رسیدن باشد و کاربرد محلول کلراید کلسیم می‌تواند از توقف یا کاهش این فرایند جلوگیری کند. این چنین افزایشی در مقدار اسکوربیک‌اسید در میوه‌های سیب در مرحله پس از برداشت نیز گزارش شده است (۲۲). هم‌چنین بالا بودن اسکوربیک‌اسید در میوه‌های تیمار شده می‌تواند به‌دلیل نقش کلراید کلسیم در به تاخیر انداختن اکسیداسیون سریع این ماده باشد (۲). در پژوهشی، El-Hammady و همکاران (۹) با محلول‌پاشی کلراید کلسیم روی نارنگی بلادی از مرحله بالغ سبز میوه تا برداشت میوه، مشاهده کردند که مقدار کاهش اسکوربیک‌اسید میوه‌های تیمار شده با غلظت ۶٪ در ۷۵ روز انبارداری کم‌تر از دیگر غلظت‌ها بوده است. پژوهش‌های دیگری نیز وجود دارد که نشان می‌دهد کاربرد کلراید کلسیم از کاهش مقدار اسکوربیک‌اسید در میوه‌های هلو و کیوی طی انبارداری جلوگیری می‌کند (۲۳، ۲۵). با این وجود، محمودی و همکاران (۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی کلراید کلسیم در دوره نمو میوه‌های پرتقال تامسون و نارنگی انشو موجب کاهش مقدار اسکوربیک‌اسید در میوه‌های برداشت شده گردید.

فنول کل گوشت و پوست

نتیجه‌ها نشان داد که بیشترین مقدار فنول کل گوشت (۱/۹۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در زمان برداشت مربوط به تیمار ۱٪ کلراید کلسیم در رقم پیچ است (جدول ۲). طی انبارداری نیز فنول کل در گوشت رقم‌های تامسون، مورو و پیچ تیمار شده با کلراید کلسیم بیشتر از شاهد بود. رقم‌های مورو (۱/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در تیمار ۴٪ کلراید کلسیم) و تامسون (۱/۳۱ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در تیمار ۱٪ کلراید کلسیم) در پایان انبارداری مقدار بالایی از فنول کل را حفظ نمودند. در حالی‌که مقدار فنول کل در گوشت رقم پیچ به مقدار زیادی در پایان انبارداری کاهش یافت و کم‌ترین مقدار آن (۰/۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) مربوط به تیمار ۱٪ کلراید کلسیم بود (جدول ۲).

بر اساس نتیجه‌های جدول ۲ مشخص شد که مقدار فنول کل در پوست هر سه رقم بیش‌تر از فنول کل گوشت میوه بود. بیش‌ترین مقدار فنول پوست در زمان برداشت (۶/۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) مربوط به میوه‌های پیچ محلول‌پاشی شده با کلراید کلسیم ۴٪ و میوه‌های مورو محلول‌پاشی شده با ٪۴ کلراید کلسیم در ۳۰ روز پس از انبارداری (۶/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) بود. پوست رقم‌های تامسون و پیچ در تیمارهای کلراید کلسیم در پایان انبارداری فنول بالاتری نسبت به شاهد داشتند، اما در رقم مورو مقدار فنول میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به مقدار جزئی کاهش یافت. به طورکلی، میانگین فنول کل پوست رقم تامسون کم‌تر از دو رقم دیگر بود.

گزارش‌های کمی در مورد تغییرهای مقدار فنول کل در میوه‌های مرکباتی که با کلسیم تیمار شده‌اند وجود دارد. با این‌حال، بررسی تغییر ترکیب‌های فنولی در شرایط مشابه این آزمایش در دیگر میوه‌ها انجام شده است. در یک آزمایش، سیب گلدن دلیشز با غلظت‌های صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸٪ کلراید کلسیم تیمار و میوه‌ها در دمای صفر درجه سلسیوس به مدت ۶ ماه نگهداری شدند. نتیجه‌ها نشان داد که کلسیم تاثیری روی فنول کل نداشت، ولی روی تولید ترکیب‌های خاصی از فنول‌ها تاثیر داشت (۷). در پژوهشی، Goncalves و همکاران (۱۰) گزارش کردند که تیمار پس از برداشت آناناس با کلراید کلسیم ضمن این‌که از ترکیب‌های پکتینی دیواره یاخته محافظت نمود و پوسیدگی را به تاخیر انداخت باعث کاهش ترکیب‌های فنولی در میوه نیز شد. نتیجه‌های پژوهش حاضر با

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

نتیجه‌های این دو گزارش همسو نبود. بر خلاف گزارش‌های قبلی در پژوهشی با تیمار کلراید کلسیم میوه اتمویا[1] همه میوه‌ها نوعی افزایش در مقدار فنول کل نشان دادند (۲۷). نتیجه‌های آزمایشی دیگر روی گونه‌ای از جنس عناب‌سا[2] نشان داد که میوه‌های تیمار شده در مرحله قبل از برداشت با غلظت ۲٪ کلراید کلسیم بیشینه مقدار فنول کل را در مقایسه با تیمار شاهد داشتند. آن‌ها نیز دریافتند که در آووکادو کلسیم منجر به تسریع تنفس و مقدار فنول بالا در میوه‌ها شد (۱۴). هم‌چنین در پژوهش دیگری نشان داده شد که کاربرد کلراید کلسیم سه بار طی فصل رشد موجب جلوگیری از کاهش ترکیب‌های فنولی میوه کیوی می‌شود (۲۵).

جدول ۲- اثرهای محلول‌پاشی درختان مرکبات با غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم بر مقدار فنول کل در گوشت و پوست میوه در دوره انبارداری.

Table 2. Effects of citrus trees spraying with different $CaCl_2$ concentrations on total phenol content in fruits peel and pulp during storage.

دوره انبارداری Storage duration (day)	کلراید کلسیم Calcium chloride (٪)	فنول کل گوشت Total phenol in pulp (mg g^{-1} FW)			فنول کل پوست Total phenol in peel (mg g^{-1} FW)		
		تامسون 'Thomson'	مورو 'Moro'	پیج 'Page'	تامسون 'Thomson'	مورو 'Moro'	پیج 'Page'
0	0	0.36i†	0.6i	1.17e	2.53c	4.56e	2.69cd
	1	0.37h	0.5j	1.94a	2.87c	2.96j	2.73c
	2	0.95d	0.91g	1.84c	3.4b	3.49h	2.65cd
	4	0.6f	1.84a	1.87b	3.45b	3.54g	6.79a
30	0	0.55g	1e	0.51i	2.07d	3.14i	1.93e
	1	0.99d	0.95f	0.61j	2.56c	4.43f	3.05c
	2	1.13c	0.78h	0.73f	3.8ab	2.69k	4.65b
	4	0.95d	1.04d	1.53d	3.45b	6. 97a	4.65b
60	0	0.2j	1.02d	0.62i	1.4f	5.27b	1.22f
	1	1.31a	1.04d	0.52k	3.76ab	4.74d	2.11de
	2	1.18b	1.09c	0.7g	3.94a	4.87c	3.05c
	4	0.82e	1.35b	0.68h	3.94a	4.43f	4.61b

†Means in each column and for each cultivar with the same letters are not significantly different at 1% of probability level by Tukey´s test.

†در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حرف‌های مشابه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون توکی با هم ندارند.

فلاونوئید کل گوشت و پوست

نتیجه‌ها نشان داد که مقدار فلاونوئید گوشت در هر سه رقم تیمار شده با کلراید کلسیم در زمان برداشت و انبارداری بالاتر از شاهد بود (جدول ۳). رقم مورو در زمان برداشت فلاونوئید کل کم‌تری در گوشت (۰/۱۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در تیمار ۲٪ کلراید کلسیم) نسبت به دیگر رقم‌ها داشت.

الگوی مشابهی نیز در زمان برداشت و دوره انبارداری در مورد تغییرهای فلاونوئید کل پوست به‌دست آمد. در پوست نارنگی پیج مقدار فلاونوئید کل میوه‌های شاهد (۰/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) و میوه‌های

۱- Atemoya
۲- *Zizyphus mauritiana* Lamk

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

تیمارشده با غلظت ۱٪ کلراید کلسیم (۰/۰۶ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در پایان انبارداری به شدت کاهش یافت. گزارشی مبنی بر رابطه بین کلراید کلسیم و انباشت یا حفظ فلاونوئیدها در میوه مرکبات یافت نشد، اما نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که تیمارهای کلراید کلسیم در افزایش و حفظ فلاونوئیدها در زمان برداشت و طی انبارداری نقش موثری داشته است. تاثیر تیمار کلراید کلسیم بر افزایش ترکیب‌های فنولی و فلاونوئیدی ممکن است به‌دلیل این امر باشد که این ترکیب موجب حفظ و قوی شدن دیواره یاخته‌ای میوه شده و در نتیجه نشت ترکیب‌های محلول در آب همانند ترکیب‌های فنولی را به کمترین مقدار می‌رساند (۲۸).

ترکیب‌های زیست‌فعال گوشت میوه

نارینجین: مقدار نارینجین گوشت رقم تامسون بسیار بیشتر از رقم‌های مورو و پیج بود. با این‌که در رقم تامسون بیش‌ترین مقدار نارینجین (۳۲۶/۶ میکروگرم در گرم) در غلظت ۴٪ کلراید کلسیم مشاهده شد، اما مقدار نارینجین در میوه‌های شاهد رقم مورو با مقدار ۵۰/۲ و رقم پیج با مقدار ۶۰/۹ میکروگرم در گرم بافت تر بیش‌تر از میوه‌های تیمار شده بود (جدول۴).

جدول ۳- اثر محلول‌پاشی درختان مرکبات با غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم بر مقدار فلاونوئید کل در گوشت و پوست میوه طی انبارداری.

Table 3. Effect of citrus trees spraying with different $CaCl_2$ concentrations on total flavonoid content in fruits peel and pulp during storage.

دوره انبارداری Storage duration (day)	کلراید کلسیم Calcium chloride (٪)	فلاونوئید کل گوشت Total flavonoid in pulp (mg g^{-1} FW)			فلاونوئید کل پوست Total flavonoid in peel (mg g^{-1} FW)		
		تامسون 'Thomson'	مورو 'Moro'	پیج 'Page'	تامسون 'Thomson'	مورو 'Moro'	پیج 'Page'
0	0	0.77b†	0.30d	0.47f	0.30e	0.44c	0.47g
	1	0.84b	0.19e	0.55e	0.38de	0.49b	0.55f
	2	0.67c	0.14f	0.86b	0.56ab	0.53a	0.95a
	4	1.03a	0.28d	0.95a	0.41cd	0.49b	0.86b
30	0	0.33f	0.10f	0.29g	0.10f	0.30d	0.29i
	1	0.43e	0.40c	0.55e	0.29e	0.40c	0.58e
	2	0.53e	0.40c	0.58e	0.48bc	0.40c	0.68d
	4	0.53e	0.50b	0.68d	0.37de	0.60a	0.55f
60	0	0.53e	0.24e	0.02i	0.30e	0.24d	0.02k
	1	0.70c	0.35c	0.06h	0.49bc	0.28d	0.06j
	2	0.57d	0.35c	0.33g	0.40cd	0.38c	0.33h
	4	0.97a	0.79a	0.82c	0.65a	0.46b	0.82c

† Means in each column and for each cultivar with the same letters are not significantly different at 1% of probability level by Tukey´s test.

† در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حرف‌های مشابه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون توکی با هم ندارند.

هسپریدین: از نظر مقدار هسپریدین نیز رقم‌های مورد بررسی واکنش متفاوتی به کاربرد کلرید کلسیم نشان دادند. به طورکلی، مقدار هسپریدین در رقم مورو با مقدارهای بین ۰/۶ (در غلظت ۴٪) تا ۱۵/۵ (شاهد) میکروگرم در گرم بافت تر نسبت به دیگر رقم‌ها در سطح بالاتری قرار داشت. مقدار هسپریدین در رقم مورو در واکنش به

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

کلراید کلسیم کاهش نشان داد. در رقم‌های تامسون و پیج با این‌که مقدار کم‌تری هسپریدین وجود داشت، ولی مقدار آن با کاربرد غلظت‌های بالاتر کلراید کلسیم نسبت به شاهد حفظ شد (جدول۴).

نئوهسپریدین: این ترکیب نیز در رقم مورو و به‌ویژه در میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های ۲ و ۴٪ (به ترتیب با ۲۶۱/۶ و ۲۶۶/۵ میکروگرم در گرم بافت تر) بالاترین بود. در رقم‌های تامسون و پیج کم‌ترین مقدار در شاهد مشاهده شد. هر چند در نارنگی رقم پیج با این‌که مقدار نئوهسپریدین در میوه‌های تیمار شده با کلراید کلسیم بالاتر بود، اما تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۴).

کاتچین: میوه‌های تیمار شده تامسون به‌ویژه میوه‌های تیمار شده با کلراید کلسیم ۴٪ (۳۳/۷ میکروگرم در گرم بافت تر) دارای کاتچین بیشتری در مقایسه با شاهد (۵/۹ میکروگرم در گرم بافت تر) بودند. برعکس، در مورو و پیج مقدار کاتچین در پایان انبارداری کم‌تر از شاهد بود (جدول ۴).

کوئرستین: به طور کلی، مقدار کوئرستین نسبت به دیگر ترکیب‌ها کم‌تر بود و در گستره ۱/۴ تا ۱۲/۱ میکروگرم در گرم بافت تر قرار داشت. رقم پیج در مقایسه با دیگر رقم‌ها بیشترین مقدار را داشته است. در هر سه رقم تفاوت معنی‌داری بین اثر غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم بر کوئرستین مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴- اثر محلول‌پاشی درختان مرکبات با غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم بر مقدار ترکیب‌های فلاونوئیدی در گوشت سه رقم مرکبات در پایان انبارداری.

Table 4. Effect of citrus trees spraying with different $CaCl_2$ concentrations on flavonoid compounds in fruits pulp at the end of storage period.

رقم Cultivar	کلراید کلسیم Calcium chloride (%)	نارینجین (µg Naringin $g^{-1}FW$)	هسپریدین Hesperidin (µg $g^{-1}FW$)	نئوهسپریدین Neohesperidin (µg $g^{-1}FW$)	کاتچین Catechin (µg $g^{-1}FW$)	کوئرستین Quercetin (µg $g^{-1}FW$)
تامسون Thomson	0	225.1c†	1.2e	1e	5.9d	1.4e
	1	231.6c	1.9e	1.3e	18.8c	4.7cd
	2	275.7b	7.1c	15.9cde	23.6c	3.1de
	4	326.6a	4.1d	31.2c	33.7b	3.8cd
مورو Moro	0	50.2de	15.5a	21.8cd	51.4a	5.4c
	1	33.4ef	11.7b	52b	10.8d	2.6de
	2	22.7f	7c	261.6a	21.2c	4.2cd
	4	2.9g	0.6e	266.5a	22.3c	4.2cd
پیج Page	0	60.9d	1.1e	14.3de	6.4d	12.1a
	1	23.6f	1.6e	19.4cd	5.9d	9.3b
	2	17.6fg	1.8e	22.6cd	6.7d	11.2ab
	4	23.6f	2.1de	21.5cd	5.9d	9.3b

†Means in each column with the same letters are not significantly different at 1% of probability level by Tukey´s test.

†در هر ستون میانگین‌های دارای حرف‌های مشابه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون توکی با هم ندارند.

تمامی فلاونوئیدهای مرکبات مثل نئوهسپریدین، هسپریدین، نارینجین، نارینجنین، نئواریوسیترین و ناریروتین فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند (۳۰). نارینجین و نئوهسپریدین گلیکوزیدهای اصلی در مرکبات هستند. برای نمونه، پوست لیمو منبع غنی از فلاونوئیدهای گلیکوزیدی و گریپ‌فروت منبع غنی از نارینجین است (۵). گزارشی مبنی بر تاثیر مستقیم کلراید کلسیم روی پنج ترکیب فلاونوئیدی اندازه‌گیری شده در این پژوهش، در دسترس نیست. با این‌حال در بسیاری از گزارش‌ها، مقدار این ترکیب‌ها را بسته به رقم، مراحل رشدی و دیگر عوامل بررسی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

نموده‌اند. حفظ این ترکیب‌ها در میوه‌های برداشت شده می‌تواند اهمیت زیادی در ارزش غذایی آن‌ها، داشته باشد. در این پژوهش مشخص شد که مقدار نارینجین میوه‌های تامسون‌ناول با تیمار کلراید کلسیم نسبت به شاهد در پایان انبارداری افزایش یافت. در پژوهشی، De Leo و Del Bosco (۸) مقدار نارینجین را در پرتقال واشنگتن‌ناول که رقم شبیه به تامسوناول است حدود ۰/۵۶ و مقدار هسپریدین را ۱۶/۰۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره گزارش نمودند. هم‌چنین در رقم خونی سانگینلو هیچ‌گونه نارینجینی شناسایی نشد، اما مقدار هسپریدین ۳۰/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. در آزمایش حاضر، مقدار نارینجین تامسون ۲۲/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود که بسیار بالاتر از گزارش بالا بود. دیگر رقم‌ها نیز مقدار بالاتری داشتند، به‌ویژه که دامنه‌ی نارینجین در رقم خونی مورو بین ۲/۹ (غلظت ۴٪) تا ۵۰/۲ (شاهد) میکروگرم در گرم بود. در مقابل، مقدار هسپریدین در رقم خونی مورو در این آزمایش کم‌تر از رقم خونی (سانگینلو) گزارش شده توسط Leo و Del Bosco (۸) بود. هم‌چنین، Rapisarda و همکاران (۲۴) مقدار هسپریدین در پرتقال خونی رقم مورو را ۴۴۴/۵ میکروگرم در میلی‌لیتر گزارش نمودند که بسیار بیشتر از یافته‌های آزمایش حاضر بود. بیشینه مقدار هسپریدین نارنگی در آزمایش دی لئو و دل بوسکو (۸) با مقدار ۵/۰۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بالاتر از نتیجه‌های این گزارش در ارتباط با نارنگی رقم پیج بود. کاربرد کلسیم در رقم مورو باعث شد که مقدار نئوهسپریدین تا روز ۳۰ انبارداری در تیمارهای ۲ و ۴٪ کلراید کلسیم بالاتر از دو رقم دیگر باشد. بدون هیچ‌گونه اعمال تیماری گزارش شده است که نئوهسپریدین در نارنج بیشینه است (۵). هم‌چنین این ترکیب در رقم‌های واشنگتن ناول، خونی سانگینلو و نارنگی وجود نداشت (۸). در حالی که در تمام رقم‌های مورد بررسی در این آزمایش شناسایی شد.

در پژوهشی، Wang و همکاران (۳۰) مقدار کوئرستین در هشت رقم مرکبات را با هم مقایسه نمودند. گستره کوئرستین در این رقم‌ها بین ۰/۰۶۱ در رقم وندان[۱] تا ۰/۵۷ میلی‌گرم در گرم در لیمو بود. آن‌چه در این آزمایش مشاهده شد کم‌تر از مقدارهای گزارش شده بود. با این حال در رقم تامسون مقدار کوئرستین با تیمار کلرید کلسیم افزایش یافت، اما در مورو کاهش و در پیج تفاوت معنی‌داری بین تیمار شده‌ها و شاهد مشاهده نشد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست به روش مهار رادیکال $ABTS^{\bullet+}$

نتیجه‌های حاصل از آزمون درصد بازدارندگی رادیکال‌های $ABTS^{\bullet+}$ در زمان برداشت و دوره انبارداری در دو بافت گوشت و پوست در جدول ۵ نشان داده شده است. به طور کلی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه‌های شاهد و تیمار شده به مراتب بیشتر از گوشت بود. هر سه رقم، بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در زمان برداشت داشتند، اما طی ۶۰ روز نگهداری میوه‌ها، مقدار آن کاهش پیدا کرد و این کاهش در میوه‌های شاهد بیش‌تر بود. با این‌که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های تیمار شده با کلسیم نیز در دوره انبارداری کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری با شاهد به‌ویژه در غلظت‌های بالای کلسیم دیده شد. در زمان برداشت، گوشت رقم مورو با مقدار ۹۴/۴۸٪ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به رقم‌های تامسون (۸۰/۲۲٪) و پیج (۷۳/۲۶٪) داشت. همین رتبه را گوشت مورو در پایان انبارداری با مقدار ۳۹/۶۸٪ در تیمار با کلسیم ۴٪ نسبت به دو رقم دیگر حفظ نمود (جدول ۵).

در پایان انبارداری، پوست رقم تامسون تیمار شده با کلسیم ۴٪، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری (۹۶/۳٪) نسبت به رقم مورو (۸۲/۷۴٪) و پیج (۶۵/۲۱٪) زیر تیمار مشابه داشت. در واقع، فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست رقم‌های تجاری شمال ایران بیش از ۶۵/۲۱٪ در پایان انبارداری بود و این نشان‌دهنده حفظ آنتی‌اکسیدان‌های

۱- Wendun

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

طبیعی توسط کلرید کلسیم است. گزارش‌های پیشین نیز به بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست به گوشت در رقم‌های مختلف مرکبات (پرتقال ناول، لمون، گریپ‌فروت، پرتقال والنسیا و بکرایی) اشاره نموده‌اند (۳).

جدول ۵- اثر محلول‌پاشی درختان مرکبات با غلظت‌های مختلف کلراید کلسیم بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گوشت و پوست میوه در دوره انبارداری.

Table 5. Effect of citrus trees spraying with different CaCl2 concentrations on antioxidant capacity in fruits peel and pulp during storage.

دوره انبارداری Storage duration (day)	کلراید کلسیم Calcium chloride (%)	درصد مهار $ABTS^{\cdot+}$ در گوشت ABTS radical scavenging (%) in pulp			درصد مهار $ABTS^{\cdot+}$ در پوست ABTS radical scavenging (%) in peel		
		تامسون Thomson	مورو Moro	پیج Page	تامسون Thomson	مورو Moro	پیج Page
0	0	53.12b†	56.98b	50c	76.48cd	98.26a	86.63b
	1	60.79b	48.84c	65.41b	97.48a	92.73a	92.73ab
	2	75.18a	63.66b	63.37b	89.57ab	95.64a	95.06a
	4	80.22a	94.48a	73.26a	17.93a	92.44a	96.8a
30	0	13.88d	14.06g	8.5g	12.92h	51.78de	20.17h
	1	30.26c	23.62f	8g	56.94f	49.57e	31.67fg
	2	21.23c	32.74d	14.33fg	84.66bc	57.97cd	28.22g
	4	22.88c	27.97ef	20.55ef	80.68cd	64.78c	37.5ef
60	0	12.83d	25.66f	21.51e	47.17g	57.38cde	41.37de
	1	23.84c	24.48f	30.55d	74.17de	60.27c	44.8d
	2	21.83c	32.47d	31.78d	67.5e	56.79cde	37.41de
	4	20.5c	39.68d	25.89de	96.3a	82.74b	65.21c

†Means in each column and for each cultivar with the same letters are not significantly different at 1% of probability level by Tukey´s test.

†در هر ستون و برای هر رقم، میانگین‌های دارای حرف‌های مشابه در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون توکی با هم ندارند.

نتیجه‌گیری

مرکبات دارای مقدار بالایی از آنتی‌اکسیدان‌ها هستند. به‌همین دلیل حفظ این ترکیب‌ها نقش مهمی در بهبود کیفیت محصول دارد. نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که مقدار اسکوربیک‌اسید، فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بافت گوشت و پوست میوه‌های محلول‌پاشی شده با کلراید کلسیم در هر مرحله انبارداری به‌طور معنی‌داری بالاتر از شاهد بود. هم‌چنین در بافت گوشت میوه‌های محلول‌پاشی شده با کلراید کلسیم (به‌ویژه تیمارهای ۲ و ۴٪) مقدار نارینجین (در رقم تامسون)، هسپریدین (در رقم‌های تامسون و پیج)، نئوهسپریدین و کوئرستین (در رقم‌های تامسون و مورو) در هر مرحله انبارداری بالاتر از شاهد بود. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان پیشنهاد کرد که محلول‌پاشی میوه‌های مرکبات با کلراید کلسیم می‌تواند راهکار مفیدی برای حفظ وضعیت غذایی رقم‌های تامسون، مورو و پیج طی انبارداری باشد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پروژه پژوهشی با شماره مصوب ۸۸۰۱۳-۱۷-۲-۱۷ پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) است که از حمایت مالی آن واحد سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

References منابع

۱. محمودی، م.، ن. اخلاقی امیری. و ع. فروتن. ۱۳۸۴. اثر کلرید کلسیم بر خواص کمی و کیفی و کاهش تلفات. همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۱۱ ص.

2. Akhtar, A., N.A. Abbasi and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. Pak. J. Bot. 42:181-188.
3. Alicia, M.R., V.A. Marina and C.P. Fanny. 2005. The chemical composition and bioactive compounds of flour of orange (*Citrus sinensis*), tangerine (*Citrus reticulata*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) peels cultivated in Venezuela. Arch. Latin Am. Nutr. 55:305–310.
4. Balasundram, N., K. Sundram and Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chem. 99:191–203.
5. Berhow, M.A. 2000. Effects of early plant growth regulator treatments on flavonoid levels in grapefruit. Plant Growth Reg. 30:225–232.
6. Bor, J.Y., H.Y. Chen and G.C. Yen. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. J. Agr. Food Chem. 54:1680-1686.
7. Conway, W.S. and C.E. Sams. 2010. Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduced decay in apples. Phytopathol. 74:208-210.
8. De Leo, F. and S.F. Del Bosco .2005. Citrus flavonoids as bioactive compounds: role, bioavailability, socio-economic impact and biotechnological approach for their modification. In: Proceeding of the 9th ICABR International Conference, Agricultural Biotechnology: Ten Years Later. Ravello, Italy.
9. El-Hammady, A.M., N. Abdel-Hamid, M. Saleh and A. Salah. 2000. Effects of gibberellic acid and calcium chloride treatment on delaying maturity, quality and storability of "Balady" mandarin fruits. Arab Uni. J. Agr. Sci. 8:755-766.
10. Goncalves, N.B., V.D. de Carvalho and J.R.A. Goncalves. 2000. Effect of calcium chloride and hot water treatment on enzyme activity and content of phenolic compounds in pineapples. Pesq. Agropec. Bras. 35:2075-2081.
11. Grayer, R.J. and N.C. Veitch. 2005. Flavanones and dihydroflavanols. In: Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications. (ed. Anderson, O.M. and K.R. Markham), pp 917 – 1002. CRC Press.
12. Huisung, T.C. and S. Iwahori. 1984. Prevention of abscission of Ponkan, (*Citrus reticulata*, Blanco) leaves by various calcium salts. Mem Fac Fish Kagoshima Univ. 20:55-62.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

13. Jang, H D., T.C. Chang. and C.L. Hsu. 2010. Antioxidant potentials of buntan pumelo (*Citrus grandis* Osbeck) and its ethanolic and acetified fermentation products. Food Chem. 118:554–558.
14. Jawandha, S.K., B.V.C. Mahajan and P.S. Gill. 2009. Effect of pre-harvest treatments on the cellulase activity and quality of Ber fruit under cold storage conditions. Not. Sci. Biol. 1:88-91.
15. Jimenez, A., G. CressenKular, B.J. Firmin, S. Robinson, M. Verhoeyen and P. Mullineaux. 2002. Changes in oxidative process and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. Planta, 214:751-758.
16. Joyce, D.C., A.J. Shorter and P.D. Hockings. 2001. Mango fruit calcium levels and the effect of postharvest calcium infiltration at different maturities. Sci. Hort. 91:81-99.
17. Liyana-Pathirana, C.M. and F. Shahidi. 2006. Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats *(Triticum aestivum* L.) and their milling fractions. J. Sci. Food Agr. 86:477-85.
18. Mahmud, T.M.M., A. Al Eryani-Raqeeb, S.R. Syed Omar, A.R. Mohamed Zaki and A.R. Al Eryani. 2008. Effects of different concentrations and applications of Calcium on storage life and physichochemical characteristics of Papaya (*Carica papaya* L.). Amer. J. Agr. Biol. Sci. 3:526-533.
19. Meyers, K.J., C.B. Watkins, M.P. Pritts and R.H. Liu. 2003. Antioxidant and ant proliferative activities of strawberries. J. Agr. Food Chem. 51:6887- 6892.
20. Obeed, R.S. and M.M. Harhash. 2006. Impact of postharvest treatments on storage life and quality of "Mexican" lime. J. Adv. Agr. Res. 11:533-549.
21. Pila, N., N.B. Gol and T.V. Ramana Rao. 2010. Effect of post-harvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Fruits during Storage. Am. Eurasian J. Agr. Environ. Sci. 9:470-479.
22. Poovaiah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technol. 40:86 - 89.
23. Rahman, M.U., M. Sajid, A. Rab, S. Ali, M.O. Shahid, A. Alam, M. Israr, I. Ahmad. 2016. Impact of Calcium Chloride Concentrations and Storage Duration on Quality Attributes of Peach (*Prunus persica*). Russ. Agr. Sci. 42:130-136.
24. Rapisarda, P., A. Tomaino, R. Cascio, F. Bonina, A. Pasquale. and A. Saija. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic contentof fresh orange juices. J. Agr. Food Chem. 47:4718- 4723.
25. Shiri, M.A, M. Ghasemnezhad, J. Fatahi Moghadam and R. Ebrahimi. 2015b. Enhancing and maintaining nutritional quality and bioactive compounds of “Hayward” Kiwifruit:

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

comparison of the effectiveness of different CaCl2 spraying times. J. Food Process Pres. 40:850–862.

26. Tavarini, S., E.D. Innocenti, D. Remorini, R. Massai and L. Guidi. 2008. Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. Food Chem. 107:282–288
27. Torress, L.M.A.R., M.A. Silva, D.G. Guagllanoni and V.A. Neves. 2009. Effects of heat treatment and calcium on postharvest storage of atemoya fruits. Alim. Nutr. Araraquara. 20:359-367.
28. Tripoli, E., M.L. Guardia, S. Giammanco, D.D. Majo and M. Giammanco .2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. Food Chem. 104:466-479.
29. Turmanidze, T., L. Gulua, M. Jgenti and L. Wicker. 2017. Potential antioxidant retention and quality maintenance in raspberries and strawberries treated with calcium chloride and stored under refrigeration. Braz. J. Food Technol. 20:2-17
30. Wang, Y.C., YC. Chuang and Y.H. Ku. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruitscultivated in Taiwan. Food Chem. 102:1163-1171.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19 (4): 485- 496 (2018)

Effect of Pre-Harvest Calcium Chloride Spraying on Maintaining Fruit Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Three Citrus Cultivars during Storage

J. Fatahi Moghadam* and A. Hashempour[1]

Bioactive components play an important role in human health. In general, bioactive compounds of fruits decline during storage. Therefore, maintaining fruits bioactive compounds during storage is very important. In this study, effects of pre-harvest $CaCl_2$ sprays (0, 1, 2, and 4%) at different fruit developmental stages (120, 140, and 160 days after full bloom) on maintaining fruit quality of three citrus cultivars (*Citrus sinensis* cvs Thomson, Moro and *Citrus reticulata* cv. Page) during storage were investigated. After harvest, fruits were stored at 5˚C and 85% relative humidity for 60 days. Then, some biochemical characteristics of the fruits peels and pulps were determined at 0, 30, and 60 days of storage. Results showed that, total ascorbic acid, total phenol, total flavonoid and antioxidant capacity in peels and pulps of $CaCl_2$ treated fruits were significantly higher (especially those treated with 2 and 4 % $CaCl_2$) than control in each storage period. Results also showed that naringin (in 'Thomson'), hesperidin (in 'Thomson' and 'Page'), neohesperidin and quercetin (in 'Thomson' and 'Moro') of $CaCl_2$ treated fruits pulps were higher (especially those treated with 2 and 4 % $CaCl_2$) than control. Based on the findings of this study it could be suggested that 4% $CaCl_2$ pre-treatment is a useful strategy to maintain or increase bioactive compounds and antioxidant capacity of citrus fruits ('Thomson', 'Moro', and 'Page') during storage.

Keywords: Flavonoid compounds, Hesperidin, Naringin, Neohesperidin, Postharvest.

1. Associate Professor and Assistant Professor, Department of Post-Harvest Physiology and Technology, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Iranian Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran.

*Corresponding Author, Email: (j.fattahi@areeo.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.1.7]