

تأثیر کاربرد پس از برداشت محلول‌های مختلف کلسیم بر کیفیت میوه سیب فوجی طی انبارمانی

Effect of Postharvest Application of Different Calcium Solutions on Fuji Apple Fruit Quality During Cold Storage

انسیه قربانی^۱، داود بخشی^{۲*}، اسماعیل فلاحی^۳ و بابک ربیعی^۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۴

چکیده

طی سال‌های اخیر، سیب فوجی در کشور مورد توجه واقع شده است، اما تولید این رقم با مشکلاتی از جمله بروز پوسیدگی و عارضه قهوه‌ای شدن درونی طی انبارداری طولانی‌مدت همراه است. در این مطالعه، اثر غوطه‌وری میوه سیب رقم فوجی در مرحله پس از برداشت در دو ترکیب آلی کلسیمی کلسی کت و فولی کل با کلرید کلسیم مقایسه شد. تیمارها به صورت غوطه‌ورسازی و به مدت یک دقیقه اعمال شدند. براساس نتایج، بعد از سه و شش ماه انبارداری، میوه‌های تیمار شده با هر سه نوع محلول دارای مقدار کلسیم بیشتری نسبت به شاهد بودند. مقدار اسیدیته و سفتی بافت میوه‌ها طی انبارداری کاهش یافت، ولی این کاهش در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم و فولی کل نسبت به میوه‌های شاهد و میوه‌های تیمار شده با کلسی کت کمتر بود. میوه‌های غوطه‌ور شده در هر سه محلول دارای کلسیم نسبت به شاهد اتیلن کمتری تولید کردند. مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت نمونه‌ها به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای حاوی کلسیم قرار گرفتند. بیش‌ترین مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم وجود داشت. تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده از نظر بروز عارضه‌های انباری مشاهده شد، به طوری که میوه‌های تیمار شده با فولی کل پوسیدگی و قهوه‌ای شدن درونی کمتری نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: سفتی بافت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، اتیلن، قهوه‌ای شدن درونی

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۳. استاد میوه‌کاری، دانشگاه آیداهو، آمریکا

۴. استاد گروه زراعت و اصلاح نبات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

* نویسنده مسئول Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir

این پژوهش بخشی از رساله‌ی دکتری به راهنمایی آقای دکتر داود بخشی است که در مجتمع کشت و صنعت حیدری در ابهر زنجان، سردخانه تجاری واقع در کرج و آزمایشگاه گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شده است.

مقدمه

سیب از مهم‌ترین محصولات باغی است که سهم عمده‌ای در تجارت تولیدات کشاورزی کشور داراست. براساس آمار سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی^۱، ایران با میزان تولید ۱۷۰۰۰۰۰ میلیون تن، در سال ۲۰۱۲ دارای مقام دوازدهم تولید سیب در دنیا بوده است، اما سیب‌های تولیدی در ایران بنا به دلایلی از جمله عدم تغذیه صحیح درخت، برداشت محصول در مرحله نامناسب، انبارداری و بسته‌بندی نامناسب، در بازارهای جهانی از جایگاه و مقبولیت مناسبی برخوردار نیستند (حسینی فرهی و همکاران، ۱۳۸۷). از این‌رو توجه به عوامل مؤثر در افزایش کیفیت میوه سیب یک ضرورت است.

عوامل زیادی کیفیت و انبارمانی سیب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نقش تعادل مواد غذایی روی انبارمانی و کیفیت میوه سیب به‌خوبی اثبات شده است (دریس و نیسکانن^۲، ۱۹۹۹؛ لانوسکاس و کویکلین^۳، ۲۰۰۶). عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف اثرات مختلفی روی کیفیت میوه‌ها دارند. در این میان، کلسیم مهم‌ترین عنصر معدنی در تعیین کیفیت میوه، به‌ویژه در سیب و گلابی است و میوه‌های دارای کلسیم بیشتر، عمر انبارمانی بالاتری دارند (فلاحی^۴ و همکاران، ۱۹۹۷).

نقش فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی کلسیم در آپوپلاست و سیتوپلاست که تفاوت غلظت زیادی دارند مشخص می‌شود. کلسیم در آپوپلاست، یک نقش اتصالی در ایجاد ترکیب پلی ساکارید و پروتئین به عهده دارد تا دیواره سلولی تشکیل گردد. حداقل ۶۰ درصد از کل کلسیم در گیاهان در دیواره سلولی گیاه قرار دارند (طلائی، ۱۳۷۷؛ فلاحی و همکاران، ۱۹۹۷). در میوه سیب نیز دیواره سلولی به‌عنوان محل بزرگی از ذخیره کلسیم عمل می‌کند. کلسیم هم‌چنین نقش مهمی در پایداری غشا سلولی ایفا می‌کند (فلاحی و همکاران، ۱۹۹۷) و همراه با پتاسیم در نفوذپذیری، آبیگری، حفظ و نظام سلولی نقش دارد و به‌صورت غیرمستقیم در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی مؤثر است (اردلان و ثوابی فیروزآبادی، ۱۳۸۸). کلسیم یک نقش تنظیمی در فرآیندهای متعددی که عملکرد سلول و انتقال سیگنال را تحت تأثیر قرار می‌دهند ایفا می‌کند (پوویه^۵، ۱۹۸۸) و خصوصیات رسیدن شامل تنفس، تولید اتیلن و سفتی گوشت را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (ارنانی^۶ و همکاران، ۲۰۰۸).

کلسیم با تغییر فرآیندهای درون سلولی و بین‌سلولی و با به تأخیر انداختن تجزیه دیواره سلولی، پیری و کیفیت میوه را

تحت تأثیر قرار می‌دهد (فلاحی و همکاران، ۱۹۸۷؛ پوویه، ۱۹۸۸). کلسیم هم‌چنین نقش مهمی در چسبندگی سلول به سلول دارد که این پدیده اهمیت بالایی در کیفیت بافتی سیب دارد. میوه‌های تیمار شده با کلسیم که برای چند ماه انبار می‌شوند سفتی و تماس سلول به سلول را حفظ می‌کنند، درحالی‌که میوه‌های تیمار نشده، در انبار نرم و دیواره‌های سلولی آن‌ها متورم و از هم جدا می‌شوند (فلاحی و همکاران، ۱۹۹۷). سیب‌های دارای کمبود کلسیم زودتر می‌رسند و وزن بیشتری را طی انبارداری از دست می‌دهند (لانوسکاس و کویکلین، ۲۰۰۶؛ طباطبائی و ملکوتی^۷، ۱۹۹۸). مقدار کلسیم میوه سیب به‌طور مستقیم با ظهور لکه تلخ، آب‌گزیدگی و مقاومت به بیماری‌های انباری مرتبط است (فلاحی و همکاران، ۱۹۹۷).

با توجه به اهمیت وجود غلظت کافی کلسیم برای بهینه ساختن کیفیت میوه سیب تحقیق در این زمینه در مناطق اصلی پرورش میوه جهان مورد توجه فراوان قرار گرفته است (نیلسن^۸ و همکاران، ۲۰۰۵). حضور کلسیم قابل دسترس در محیط غذایی ریشه، جریان دائم یون‌های کلسیم به اندام‌های مختلف گیاه را تضمین نمی‌کند، زیرا کلسیم یک عنصر کم تحرک است (بناویدس^۹ و همکاران، ۲۰۰۱؛ دوماگالا-ویتویوس و بلاسچک^{۱۰}، ۲۰۰۹). حتی برخی از نابسامانی‌ها از توزیع ضعیف کلسیم در درخت و نه از جذب پایین آن ناشی می‌شوند (بناویدس و همکاران، ۲۰۰۱). انتقال محدود کلسیم به میوه، هم‌چنین عدم انتقال کلسیم از برگ‌ها، افزایش غلظت کلسیم میوه را مشکل می‌سازد. بنابراین، حتی یک افزایش به نسبت کم در مقدار کلسیم میوه می‌تواند در جلوگیری یا کاهش شدید ضررهای اقتصادی که توسط اختلالات انباری ایجاد می‌شود مؤثر باشد (دوماگالا-ویتویوس و بلاسچک، ۲۰۰۹). در نتیجه کاربرد مستقیم کلسیم روی سطح میوه روش مؤثرتری برای افزایش مقدار کلسیم آن است، که این امر از طریق محلول‌پاشی پیش از برداشت یا کاربرد پس از برداشت محلول‌های واجد کلسیم امکان‌پذیر است. تیمار پس از برداشت میوه با محلول‌های داری کلسیم می‌تواند حتی مؤثرتر باشد (کانوی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۲). سیاری و راحمی (۱۳۸۱) اثر تیمار پس از برداشت میوه سیب گلدن دلشیز با کلرید کلسیم را مطالعه و بیان کردند که طی انبارداری میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد سفت‌تر باقی ماندند. کاربرد ترکیبات مختلفی از

7. Tabatabaei and Malakouti

8. Nielsen

9. Benavides

10. Domagała-Świątkiewicz and Błaszczyk.

11. Conway

1. FAO

2. Dris and Niskanen

3. Lanauskas and Kviklienė

4. Fallahi

5. Poovaiah

6. Ernani

فناوری تولیدات گیاهی / جلد هفدهم / شماره اول / بهار و تابستان ۹۶
۵/۷۴ میلی لیتر در لیتر و فولی کل با غلظت ۶/۸۷ میلی لیتر در
لیتر استفاده شد.

طرح آماری و اعمال تیمارها

میوه‌ها در زمان بلوغ تجاری (با توجه به شاخص تعداد روز پس از تمام گل: ۱۶۰ روز) برداشت شدند و به منظور حذف گرد و غبارهای موجود روی میوه با آب شسته شدند و به مدت یک دقیقه و در دمای اتاق در محلول‌های آماده شده غوطه‌ور گردیدند و پس از خشک کردن در معرض هوای اتاق، داخل جعبه‌های رایج پلاستیکی بسته‌بندی میوه‌ها قرار داده شدند، به این صورت که قسمت کف و دیواره‌های جعبه با استفاده از کاغذ کالک پوشانده شد و تعداد ۵۰ عدد میوه داخل جعبه چیده شد و در نهایت قسمت رویی میوه‌ها با پوشال و کاغذ کالک پوشانده و در جعبه‌ها بسته شد و به یک سردخانه تجاری واقع در شهرستان کرج منتقل و در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰ درصد قرار داده شدند. جعبه‌های مورد استفاده مستطیلی و دارای ابعاد ۲۰×۲۵×۴۰ سانتی‌متر و در تمام وجوه دارای خلل و فرج بودند.

این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با چهار تیمار شامل غوطه‌وری در محلول‌های کلرید کلسیم، کلسی‌کت، فولی‌کل و آب به‌عنوان شاهد و سه تکرار انجام شد. هر تکرار شامل ۱۰۰ میوه بود که در هر مرحله اندازه‌گیری صفات تعداد ۵۰ میوه از هر تکرار استفاده شد. در هر مرحله اندازه‌گیری از هر تکرار تعداد ۱۰ میوه به‌منظور اندازه‌گیری عناصر معدنی، ۱۰ میوه برای اندازه‌گیری SSC، TA و سفتی بافت، ۵ میوه برای اندازه‌گیری غلظت اتیلن درونی، ۵ میوه برای اندازه‌گیری مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ۲۰ میوه برای بررسی درصد عارضه‌های انباری استفاده شد. در مجموع، در این طرح تعداد ۴۰۰ عدد میوه مورد بررسی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری صفات

در این مطالعه سفتی بافت، میزان مواد جامد محلول، اسیدیته کل، مقدار کلسیم، پتاسیم و منیزیم، مقدار فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه‌ها و درصد عارضه‌های انباری پس از سه و شش ماه انبارداری اندازه‌گیری شدند.

سفتی بافت، SSC و TA

برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از فشارسنج دستی استفاده شد. بدین‌منظور، ۱۰ میوه از هر تکرار انتخاب و لایه پوست روی میوه از دو طرف قرینه هم برداشته شده و نوک دستگاه سفتی‌سنج با قطر ۱۱/۱ میلی‌متر به داخل گوشت میوه فرو برده شد و میزان سفتی بافت برحسب نیوتون خوانده شد.

کلسیم به‌منظور افزایش کلسیم میوه توصیه می‌شوند. به‌منظور افزایش مقدار کلسیم میوه سیب، اسکات و ویلز^۱ (۱۹۷۹) با کاربرد پس از برداشت هشت ترکیب مختلف دارای کلسیم بیان کردند که کلرید و لاکتات کلسیم در بهبود خصوصیات کیفی میوه از همه مؤثرتر بودند.

میوه‌های سیب فوجی درشت، قرمزرنگ، دیررس و از عمر انباری بالایی برخوردارند. طی سال‌های اخیر این رقم در کشور مورد توجه باغ‌داران و تولیدکنندگان واقع شده و سطح زیر کشت آن رو به افزایش است. اما تولید این رقم در کشور با مشکلاتی از جمله بروز پوسیدگی و عارضه قهوه‌ای شدن درونی طی انبارداری طولانی مدت همراه است. با توجه به موارد فوق‌الذکر و همچنین وجود ترکیبات کلسیمی مختلف در بازار، در این مطالعه اثر سه ترکیب حاوی کلسیم شامل کلرید کلسیم، کلسی‌کت و فولی‌کل در افزایش کیفیت انباری سیب رقم فوجی و کاهش بروز عارضه‌های انباری ذکر شده و در نتیجه کاهش ضررهای اقتصادی ناشی از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ روی میوه‌های سیب رقم فوجی که درختان آن در یک باغ تجاری واقع در شهرستان ابهر در استان زنجان با عرض جغرافیایی ۳۶/۱۹ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹/۲۱ درجه شرقی و ارتفاع ۱۵۷۵ متر از سطح دریا پرورش یافته بودند انجام شد. درختان رقم مورد مطالعه شش ساله و روی پایه مالینگ مرتون ۱۰۶ پیوند شده و دارای شرایط تغذیه و آبیاری یکسانی بودند.

منابع کلسیم

در این مطالعه دو ترکیب آلی دارای کلسیم شامل کلسی‌کت^۲ (حاوی ۲۰/۵ درصد کلسیم به‌صورت CaO، اسیدهای آلی و عناصر دیگر مانند نیتروژن، منیزیم، آهن، منگنز و روی به مقدار خیلی کم، اسپانیا) و فولی‌کل^۳ (دارای ۱۷ درصد کلسیم، اسیدهای آلی و تقویت‌کننده‌های سیستم گیاهی^۴، استرالیا) و ترکیب معدنی کلرید کلسیم (۷۷ درصد) به همراه شاهد (آب) مورد مقایسه قرار گرفتند. کلرید کلسیم با غلظت پنج در هزار استفاده شد و ترکیبات آلی هم از نظر مقدار کلسیم با محلول کلرید کلسیم برابر گردیدند، بدین‌صورت که کلسی‌کت با غلظت

1. Scott and Wills
2. Calcicat
3. Folicat
4. Plant system amplifiers

میزان مواد جامد محلول (SSC) با استفاده از دستگاه رفرکتومتر (Ceti-Belgium, Japan) و میزان اسیدیته کل (TA) از طریق تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شدند (نیلسن و همکاران، ۲۰۰۵).

اندازه‌گیری عناصر معدنی

برای اندازه‌گیری مقدار عناصر معدنی پس از انتقال میوه‌ها از سردخانه به آزمایشگاه ۱۰ میوه از هر تکرار با محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و آب دیونیزه شسته شدند. سپس میوه‌ها به‌صورت عمودی برش داده شدند و لایه‌های کوچکی از گوشت، یک سانتی‌متر زیر پوست، نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری از هر دو نیمه میوه انجام شد. پس از آن نمونه‌ها به‌مدت یک هفته در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب شدند. اندازه‌گیری عناصر در آزمایشگاهی واقع در شهرستان بابل انجام شد. کلسیم و منیزیم با دستگاه جذب اتمی و پتاسیم با دستگاه نشر شعله‌ای اندازه‌گیری شدند (والینگ و همکاران^۱، ۱۹۸۹). در نهایت مقدار عناصر براساس گرم در صد گرم وزن خشک بیان شدند.

اندازه‌گیری مقدار اتیلن

به‌منظور اندازه‌گیری اتیلن با استفاده از سرنگ مقدار ۵ میلی‌لیتر گاز از مرکز میوه‌ها کشیده شد (و/تکنیز^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). اندازه‌گیری اتیلن تولید شده با کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-2010, Shimadzu, Japan) مجهز به دتکتور FID و ستون شیشه‌ای به طول ۲۵ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر انجام شد. در زمان سنجش اتیلن، دمای آون ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، دمای اینجکتور ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای دتکتور ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشار سیستم یک اتمسفر بود. گاز حامل مورد استفاده هلیوم بود. میزان اتیلن تولید شده بر حسب میکرولیتر بر لیتر محاسبه گردید. اندازه‌گیری مقدار اتیلن پس از شش ماه انبارداری انجام شد.

فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه‌ها

به‌منظور استخراج ترکیبات فنلی مقدار یک گرم از گوشت با استفاده از نیتروژن مایع در هاون چینی به پودر نرم تبدیل شد. به پودر حاصل، ۳ میلی‌لیتر حلال استخراج، متشکل از ۸۵٪ متانول و ۱۵٪ اسید استیک، اضافه شد. پس از مخلوط کردن، نمونه‌ها برای انجام عمل استخراج به‌مدت ۲۴ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها با

دور ۱۰۰۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. میزان فنل کل در عصاره‌های گوشت با روش فولین سیکالتو^۳ و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (T80 + UV/VIS PG Instrument Ltd) اندازه‌گیری شد. سپس به ۱۲۵ میکرولیتر از هر یک از این نمونه‌ها ۳۷۵ میکرولیتر آب، ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد اضافه شد و بعد از ۶ دقیقه ۲ میلی‌لیتر کربنات‌سدیم ۷/۵ درصد نیز به آن‌ها اضافه گردید. محلول به‌دست آمده به‌مدت ۱/۵ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شد و بعد از آن میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و استاندارد بر حسب میلی‌گرم اسیدگالیک در یک گرم بافت تازه بیان شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، از طریق خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل) تعیین گردید. برای این منظور مقدار ۵۰ میکرولیتر از عصاره‌های گوشت داخل لوله‌های فالکون کوچک ریخته شد و ۹۵۰ میکرولیتر محلول DPPH ۰/۱ میلی‌نرمال به آن‌ها اضافه گردید. محلول حاصل به سرعت به‌هم زده شده و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در یک محفظه تاریک در دمای اتاق نگهداری گردید. سپس میزان جذب استاندارد و نمونه با استفاده از یک دستگاه اسپکتروفتومتر (T80 + UV/VIS PG Instrument Ltd) در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین گردید.

درصد عارضه‌های انباری

بدین‌منظور بعد از انتقال نمونه‌ها از سردخانه به آزمایشگاه و نگهداری به‌مدت یک هفته در دمای اتاق، تعداد ۲۰ میوه از هر تکرار از نظر بروز عارضه‌های انباری پوسیدگی و قهوه‌ای شدن درونی بررسی و تعداد میوه‌های مبتلا به این عارضه‌ها شمارش و در نهایت به‌صورت درصد بیان شدند.

آنالیز داده‌ها

داده‌های حاصل از پایان هر دوره انبارداری به‌طور جداگانه و در قالب طرح کامل تصادفی تجزیه شدند. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱ و ۲) نشان داد که طی انبارداری مقدار عناصر منیزیم و کلسیم و هم‌چنین نسبت‌های پتاسیم/کلسیم و نسبت (پتاسیم + منیزیم)/کلسیم

1. Waling
2. Watkinz

نگرفتند که با یافته‌های شیرزاده^۳ و همکاران (2011) مطابقت دارد. میوه‌های تیمار شده اسیدیته کمتری نسبت به شاهد داشتند. میوه‌های تیمار شده با فولی کل دارای کمترین مقدار TA نسبت به سایر تیمارها بودند و بیشترین مقدار TA در میوه‌های شاهد مشاهده شد. مقدار اسیدیته طی انبارداری کاهش یافت، ولی این کاهش در میوه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم و فولی کل نسبت به میوه‌های شاهد و میوه‌های تیمار شده با کلسی کت کمتر بود (جدول ۶)، که این امر را می‌توان به تأثیر کلسیم بر کاهش تنفس و تولید اتیلن نسبت داد که در نتیجه آن اسیده‌های آلی کمتری در مسیر تنفس استفاده می‌شوند (سافتنر^۴ و همکاران، 1999؛ حمزه‌زاد و همکاران، ۱۳۸۸).

علی‌رغم نتایج حاصل از مطالعات کاسرو^۵ و همکاران (2004) و بناویدس و همکاران (2002) مبنی بر افزایش سفتی بافت در نتیجه افزایش مقدار کلسیم، در این مطالعه سفتی بافت میوه‌ها با وجود افزایش مقدار کلسیم نسبت به شاهد افزایش نیافت. بعد از سه ماه انبارداری سفتی میوه‌ها تحت تأثیر تیمارهای کلسیمی قرار نگرفتند. یعد از شش ماه انبارداری بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد که البته هیچ یک از تیمارها تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند (جدول ۵). طی شش ماه انبارداری میوه‌های تیمار شده با دو ترکیب آلی فولی کل و کلسی کت سفتی بافت کمتری نسبت به میوه‌های تیمار شده با ترکیب معدنی کلریدکلسیم داشتند (جدول ۶). مقدار سفتی بافت میوه‌ها طی انبارداری کاهش یافت، که این کاهش در میوه‌های تیمار شده با فولی کل و کلریدکلسیم نسبت به شاهد و میوه‌های تیمار شده با کلسی کت کمتر بود، در واقع دو ترکیب کلریدکلسیم و فولی کل در جلوگیری از نرم شدن بافت میوه مؤثرتر از کلسی کت بودند.

میوه‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌های مختلف کلسیمی واقع شدند، اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر مقدار پتاسیم مشاهده نشد. میوه‌های تیمار شده با هر سه نوع محلول کلسیمی دارای مقدار کلسیم بیشتری نسبت به شاهد بودند که بیانگر این مطلب است که غوطه‌وری میوه‌ها در محلول‌های کلسیمی یک روش مؤثر در افزایش مقدار کلسیم بافت میوه‌هاست.

نتایج حاصل از مطالعات مختلف نشان داده است که در جذب کلسیم عوامل مختلفی از قبیل غلظت محلول کلسیمی، مدت زمان تیمار، بلوغ میوه و نوع محلول کلسیمی دخیل هستند. صالحی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند تأثیر ترکیبات مختلف کلسیمی بر خصوصیات کیفی میوه‌ها متفاوت است. براساس نتایج حاصل همان‌طور که در جدول ۳ و ۴ نشان داده شده است طی ۳ ماه انبارداری کارآیی ترکیبات کلسیمی در افزایش مقدار کلسیم بافت میوه متفاوت بوده درحالی که طی شش ماه انبارداری تفاوت معنی‌داری بین محلول‌های کلسیمی مشاهده نشد. طی ۳ ماه انبارداری میوه‌های تیمار شده با محلول‌های کلریدکلسیم و کلسی کت دارای مقدار کلسیم بیشتری نسبت به میوه‌های تیمار شده با محلول کلسیمی فولی کل بودند.

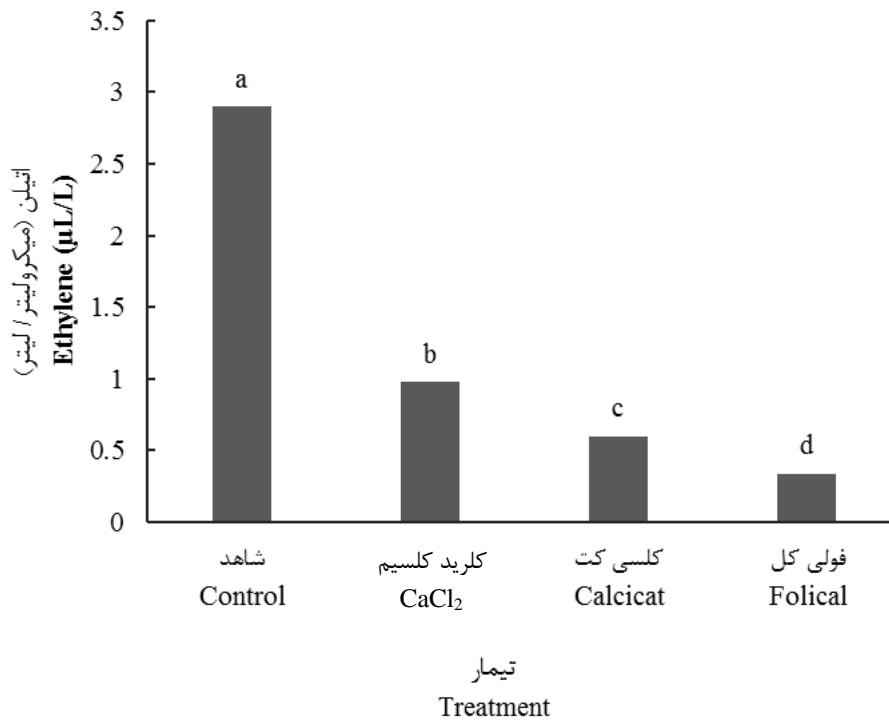
غلظت مواد جامد محلول (SSC) میوه‌ها بعد از ۳ و ۶ ماه انبارداری و سفتی بافت میوه‌ها بعد از ۳ ماه انبارداری تحت تأثیر تیمارهای کلسیمی قرار نگرفتند، درحالی که تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد از نظر اسیدیته کل بعد از هر دو دوره انباری و سفتی بافت میوه‌ها بعد از شش ماه انبارداری مشاهده شد (جدول ۵).

بیشترین میزان سفتی بافت بعد از ۶ ماه انبارداری در میوه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند و میوه‌های تیمار شده با محلول‌های کلسیمی کلسی کت و فولی کل سفتی بافت کمتری داشتند. در واقع غوطه‌ور کردن میوه‌ها در محلول‌های کلسیمی علی‌رغم افزایش مقدار کلسیم بافت میوه منجر به افزایش سفتی بافت نشد (جدول ۶).

در مورد تأثیر کلسیم بر سفتی بافت میوه، مقدار SSC و TA نتایج مختلفی گزارش شده است (دریس و نیسکانن، 1999؛ یوری^۱ و همکاران، 2002). مقدار SSC طی دو دوره انباری افزایش یافته است که نتیجه تبدیل پلی‌ساکاریدهای نشاسته و پکتین به قندهای ساده طی رسیدن است (حسین^۲ و همکاران، 2008). در این مطالعه مقدار SSC تحت تأثیر کلسیم قرار

3. Shirzadeh
4. Saftner
5. Casero

1. Yuri
2. Hussain



شکل ۱: اثر ترکیبات مختلف کلسیمی بر تولید اتیلن میوه‌ها پس از شش ماه انبارداری

Fig. 1: Effect of different calcium compounds on ethylene production of fruits after six months storage

جدول ۱: تجزیه واریانس عناصر اندازه‌گیری شده در گوشت میوه بعد از سه ماه انبارداری

Table 1: Variance analysis of the measured mineral content in apple flesh, after 3 months storage

میانگین مربعات Mean Squares					درجه آزادی	منابع تغییرات
(پتاسیم+منیزیم)/کلسیم (K+Mg)/Ca	پتاسیم/کلسیم K/Ca	کلسیم Ca	منیزیم Mg	پتاسیم K	df	Sources of variations
211.89**	199.85**	0.0071**	0.0009**	0.0036 ^{ns}	3	تیمار Treatment
0.8211	0.8189	0.00028	0.00005	0.0044	8	خطا Error
7.09	7.49	16.36	12.41	7.057	-	ضریب تغییرات CV

** و ns: به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری است

** and ns: Significant differences at $P \geq 0.05$ and not significant, respectively

جدول ۲: تجزیه واریانس عناصر اندازه‌گیری شده در گوشت میوه بعد از شش ماه انبارداری

Table 2: Variance analysis of the measured mineral content in apple flesh, after 6 months storage

میانگین مربعات Mean Squares					درجه آزادی	منابع تغییرات
(پتاسیم+منیزیم)/کلسیم (K+Mg)/Ca	پتاسیم/کلسیم K/Ca	کلسیم Ca	منیزیم Mg	پتاسیم K	df	Sources of variations
22.062**	15.441**	0.0114**	0.0028**	0.0115 ^{ns}	3	تیمار Treatment
0.6729	0.5818	0.0006	0.000015	0.0030	8	خطا Error
13.53	13.87	13.41	14.66	5.91	-	ضریب تغییرات CV

** و ns: به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری است

** and ns: Significant differences at $P \geq 0.01$ and not significant, respectively

جدول ۳: اثر غوطه‌وری در محلول‌های کلسیمی بر مقدار عناصر اندازه‌گیری شده در گوشت میوه (گرم در صد گرم وزن خشک) و نسبت آن‌ها پس از سه ماه انبارداری

Table 3: Effect of dipping in calcium solution on the measured mineral content in apple flesh (g/100 g DW) and their ratio after 3 months storage

تیمار Treatment	پتاسیم K	منیزیم Mg	کلسیم Ca	پتاسیم/کلسیم K/Ca	(پتاسیم+منیزیم)/کلسیم (K+Mg)/Ca
شاهد Control	0.95a	0.04c	0.04c	23.99a	24.99a
کلرید کلسیم CaCl ₂	0.89a	0.07a	0.13a	6.89c	7.44c
کلسی‌کت Calcicat	0.98a	0.05b	0.15a	6.62c	6.99c
فولی‌کل Folical	0.95a	0.08a	0.09b	10.71b	11.61b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
Means with same letter in each column indicate non-significant difference at $P \geq 0.05$ according to the Duncan's Multiple Range Tests

جدول ۴: اثر غوطه‌وری در محلول‌های کلسیمی بر مقدار عناصر در گوشت میوه (گرم در صد گرم وزن خشک) و نسبت آن‌ها پس از شش ماه انبارداری

Table 4: Effect of dipping in calcium solution on minerals in apple flesh (g/100 g DW) and their ratio after 6 months storage

تیمار Treatment	پتاسیم K	منیزیم Mg	کلسیم Ca	پتاسیم/کلسیم K/Ca	(پتاسیم+منیزیم)/کلسیم (K+Mg)/Ca
شاهد Control	0.87a	0.12a	0.1b	8.84a	10.05a
کلرید کلسیم CaCl ₂	0.88a	0.05b	0.23a	3.90b	4.12b
کلسی‌کت Calcicat	0.98a	0.07b	0.23a	4.34b	4.65b
فولی‌کل Folical	0.97a	0.1a	0.2a	4.90b	5.40b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
Means with same letter in each column indicate non-significant difference at $P \geq 0.05$ according to the Duncan's Multiple Range Tests

جدول ۵: تجزیه واریانس SSC، TA و سفتی بافت میوه بعد از سه و شش ماه انبارداری

Table 5: Analysis of variance of SSC, TA and fruit firmness after 3 and 6 months storage

میانگین مربعات Mean Squares						درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variations
بعد از شش ماه انبارداری After 6 months storage			بعد از سه ماه انبارداری After 3 months storage				
سفتی Firmness	اسیدیته کل TA	مواد جامد محلول SSC	سفتی Firmness	اسیدیته کل TA	مواد جامد محلول SSC		
53.018 ^{ns}	0.396 [*]	1.521 ^{ns}	189.981 [*]	2.244 ^{**}	3.858 ^{ns}	3	تیمار Treatment
63.010	0.106	1.527	53.592	0.212	3.043	8	خطا Error
11.53	15.37	7.13	10.93	16.99	10.52	-	ضریب تغییرات CV

ns، ** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری است.

ns, ** and * significant differences at $P \geq 0.05$, $P \geq 0.01$ and non-significant, respectively

جدول ۶: اثر محلول‌های مختلف کلسیمی بر مواد جامد محلول، اسیدیته کل و سفتی بافت میوه بعد از سه و شش ماه انبارداری

Table 6: Effect of different calcium solutions on SSC, TA and fruit firmness after 3 and 6 months storage

بعد از شش ماه انبارداری After 6 months storage			بعد از سه ماه انبارداری After 3 months storage			تیمار Treatment
سفتی (نیوتن) Firmness (N)	اسیدیته کل (گرم در لیتر) TA (g/L)	میزان مواد جامد محلول (درجه بریکس) SSC (°Brix)	سفتی (نیوتن) Firmness (N)	اسیدیته کل (گرم در لیتر) TA (g/L)	میزان مواد جامد محلول (درجه بریکس) SSC (°Brix)	
68.97 ab	2.24 ab	17.61 a	70.77 a	3.09 a	16.62 a	شاهد Control
70.95 a	2.42 a	17.5 a	71.28 a	2.71 b	17.23 a	کلرید کلسیم CaCl ₂
64.30 b	1.98 b	17.63 a	68.42 a	2.85 ab	16.40 a	کلسی‌کت Calciat
63.65 b	1.84 b	16.58 a	64.76 a	2.18 c	16.02 a	فولی‌کل Folical

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
Means with same letters in each column indicate non-significant difference at $P \geq 0.05$ according to the Duncan's Multiple Range Test

جدول ۷: تجزیه واریانس مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه‌ها پس از سه و شش ماه انبارداری سرد

Table 7: Analysis of variance of total phenolic content and antioxidant activity of fruit flesh after 3 and 6 months storage

میانگین مربعات Mean Squares		درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variations		
فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant Activity				فنل کل Total phenolic content	
بعد از شش ماه انبارداری After 6 months storage	بعد از سه ماه انبارداری After 3 months storage	بعد از شش ماه انبارداری After 6 months storage	بعد از سه ماه انبارداری After 3 months storage		
323.51*	435.53*	0.0511*	0.0436*	3	تیمار Treatment
55.399	70.404	0.0085	0.0082	8	خطا Error
20.88	23.73	17.69	18.12	-	ضریب تغییرات CV

*: بیان‌گر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد است

*: Significant differences at $P \geq 0.05$

جدول ۸: اثر ترکیبات مختلف کلسیمی بر مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه‌ها پس از سه و شش ماه انبارداری سرد

Table 8: Effect of different calcium compounds on total phenolic content and antioxidant activity of fruit flesh after 3 and 6 months storage

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد) Antioxidant Activity (%)		فنل کل (میکروگرم در گرم وزن تر) Total phenolic content (mg/g Fw)		تیمار Treatment
بعد از شش ماه انبارداری After 6 months storage	بعد از سه ماه انبارداری After 3 months storage	بعد از شش ماه انبارداری After 6 months storage	بعد از سه ماه انبارداری After 3 months storage	
40.03 ab	44.40 a	0.61 ab	0.37 b	شاهد Control
47.83 a	45.92 a	0.65 a	0.66 a	کلرید کلسیم CaCl ₂
24.35 c	20.56 b	0.38 c	0.47 b	کلسی‌کت Calcicat
30.32 bc	30.53 ab	0.44 bc	0.48 b	فولی‌کل Folical

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
Means with same letters in each column indicate non-significant difference at $P \geq 0.05$ according to the Duncan's Multiple Range Test

جدول ۹: تجزیه واریانس بروز عارضه‌های انباری و غلظت اتیلن درونی پس از شش ماه انبارداری

Table 9: Variance analysis of storage disorders incidence and internal ethylene concentration after 6 months storage

میانگین مربعات Mean Squares	پوسیدگی Decay	قهوه‌ای شدن درونی Internal browning	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variations
غلظت اتیلن درونی Internal ethylene concentration				تیمار Treatment
3.9189**	218.422*	585.551**	3	خطا Error
0.0006	7.907	2.478	8	ضریب تغییرات CV
2.12	13.41	6.62	-	

* و **: به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است
* and **: Significant differences at $P \geq 0.05$ and $P \geq 0.01$, respectively

جدول ۱۰: اثر تیمارهای کلسیمی روی بروز عارضه‌های انباری پس از شش ماه انبارداری

Table 10: Effect of calcium treatments on storage disorders incidence after 6 months storage

پوسیدگی (درصد) Decay (%)	قهوه‌ای شدن درونی (درصد) Internal Browning (%)	تیمار Treatment
20.00 b	43.75 a	شاهد Control
31.08 a	21.35 b	کلرید کلسیم CaCl ₂
22.40 b	18.71 b	کلسی‌کت Calciat
10.33 c	11.32 c	فولی‌کل Folical

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
Means with the same letters in each column indicate not significant difference at $P \geq 0.05$ according to Duncan's multiple range test

تیمار شده با کلرید کلسیم و کلسی‌کت پوسیدگی بیشتری نسبت به شاهد و میوه‌های تیمار شده با فولی‌کل پوسیدگی کمتری را نشان دادند (جدول ۱۰). نتایج حاصل از مطالعات قبلی بیان می‌کند که کلسیم سبب ثبات دیواره سلولی و کاهش فعالیت هیدرولازهای تجزیه‌کننده پکتیک اسیدها شده و از این طریق آن‌ها را به پوسیدگی توسط آنزیم‌های قارچی مقاوم می‌سازد (کانوی و سامز، ۱۹۸۴). درحالی‌که در مطالعه ما دو ترکیب کلسیمی کلرید کلسیم و کلسی‌کت پوسیدگی بیشتری را نسبت به شاهد نشان دادند، و تنها ترکیب کلسیمی فولی‌کل توانست مقدار پوسیدگی میوه‌ها را کاهش دهد. شاید بتوان کاهش پوسیدگی ناشی از کاربرد فولی‌کل را به تقویت‌کننده‌های سیستم ایمنی موجود در آن نسبت داد که ترکیبات دیگر فاقد آن هستند.

بین تیمارها از نظر بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۹). میوه‌های تیمار شده با ترکیبات کلسیمی به‌طور معنی‌داری این عارضه را نسبت به شاهد کمتر نشان دادند و کم‌ترین مقدار در میوه‌های تیمار شده با فولی‌کل مشاهده شد (جدول ۱۰). فاکتور اصلی در بروز این عارضه برداشت دیرهنگام و طولانی شدن مدت انبارداری ذکر شده است. عواملی مانند کمبود کلسیم، تولید در مناطقی با دمای پایین و تأخیر در انبارداری سرد نیز ظهور این عارضه را تشدید می‌کنند. یکی از راه‌های کاهش خطر این عارضه کوتاه کردن دوره انباری میوه‌های دیر برداشت شده است که عدم مشاهده این عارضه پس از سه ماه انبارداری این نکته را تأیید می‌کند. بیان شده است که کاربرد قبل از برداشت کلسیم سبب کاهش شدت این عارضه می‌شود (آرجنتا و متییز، ۲۰۰۱). از

میوه‌های تیمار شده با محلول‌های کلسیمی پس از شش ماه انبارداری از نظر مقدار اتیلن تفاوت معنی‌داری با میوه‌های شاهد داشتند (جدول ۹). مقدار اتیلن میوه‌های غوطه‌ور شده در محلول‌های مختلف کلسیمی کمتر از شاهد بود (شکل ۱) که با یافته‌های سافنتر و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد. کلسیم ساختار و وظایف غشای سلولی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و با متصل کردن پروتئین‌های دارای نقش آنزیمی و غیر آنزیمی به فسفولیپیدهای غشای سلولی ایفای نقش کرده، از فعالیت آنزیم‌های تولیدکننده اتیلن که ساختاری پروتئینی داشته و به غشای سلولی متصل هستند می‌کاهد. در نتیجه با تولید کمتر اتیلن که فعال‌کننده آنزیم‌های هیدرولیزکننده دیواره سلولی هستند، دیواره سلولی کمتر تخریب شده و میوه‌های حاوی کلسیم سفت باقی می‌مانند (برگ و برگ، ۱۹۶۲).

با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه‌ها پس از سه و شش ماه نگهداری در انبار سرد، مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوشت نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کلسیمی قرار گرفتند (جدول ۷). بیش‌ترین مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم مشاهده شد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند و کم‌ترین مقدار در میوه‌های تیمار شده با کلسی‌کت و فولی‌کل مشاهده شد (جدول ۸).

با توجه به نتایج تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر مقدار بروز عارضه پوسیدگی و قهوه‌ای شدن درونی پس از شش ماه انبارداری مشاهده شد (جدول ۹). این عارضه‌ها پس از سه ماه انبارداری مشاهده نشدند. طی شش ماه انبارمانی، میوه‌های

شاید بتوان کاهش بروز قهوه‌ای شدن درونی در نتیجه کاربرد ترکیبات کلسیمی را به این امر نسبت داد که کلسیم مانع فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیدازها می‌شود که نیاز به مطالعه بیشتر دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج، غوطه‌وری در هر سه محلول کلسیمی منجر به افزایش مقدار کلسیم بافت میوه شد. غوطه‌وری در ترکیبات فولی کل و کلریدکلسیم سبب کاهش کمتر سفتی بافت میوه‌ها طی انبارمانی شد. میوه‌های تیمار شده در محلول‌های کلسیمی اتیلن کمتری تولید کردند. ترکیب کلسیمی فولی کل کم‌ترین مقدار عارضه‌های انباری پوسیدگی و قهوه‌ای شدن درونی را نشان داد و نسبت به سایر ترکیب‌ها در کاهش این عارضه‌ها مؤثرتر بود.

آن‌جائی که کاربرد ترکیبات کلسیمی منجر به افزایش مقدار کلسیم نسبت به شاهد شده‌اند در واقع بیان‌کننده نقش کلسیم در کاهش این عارضه است. این امر را احتمالاً بتوان به نقش کلسیم در جلوگیری از تجزیه غشای سلولی نسبت داد. در واقع این عارضه قهوه‌ای شدن به خاطر نشت کلسیم از واکوئل به سیتوپلاسم است، که کلسیم سبب استحکام بخشی به غشای واکوئل و در نتیجه مانع قهوه‌ای شدن میوه‌های تیمار شده می‌شود.

از طرف دیگر نتایج مختلفی در مورد تأثیر کلسیم بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز وجود دارد (کواوی^۱ و همکاران، ۱۹۹۵؛ سودرهل^۲، ۱۹۹۵). ترکیبات فنلی توسط پراکسیدازها و به‌ویژه پلی‌فنل‌اکسیداز به دی‌کوئینون‌ها تجزیه می‌شوند (سودرهل، ۱۹۹۵؛ تایپی‌پانگ^۳ و همکاران؛ ۱۹۹۵). مطالعات بسیاری ثابت کرده‌اند که فعالیت این دو آنزیم در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌یابد. متابولیسم ترکیبات فنلی هم تحت تأثیر تنش‌های مختلف از جمله تنش گرمایی، یو وی و تغییر در وضعیت تغذیه‌ای و مقدار عناصر از جمله بور، نیتروژن و کلسیم است (رویز^۴ و همکاران، ۲۰۰۳).

منابع

- اردلان، م. م. و ثوابی فیروزآبادی، غ. ۱۳۸۸. تغذیه درختان میوه (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران، ۲۶۰ صفحه.
- حسینی فرهی، م.، ابوطالبی، ع. و پناهی کردلاغری، خ. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات سفتی بافت میوه سیب رد و گلدن دلشیز پس از برداشت با توجه به نوع پایه، رقم و تیمار کلریدکلسیم. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۸: ۷۹-۷۴.
- حمزه‌زاد، خ.، ربیعی، و.، ناصری، ل. و همتی، س. ۱۳۸۸. اثرات پرتوتابی UV-C و کلریدکلسیم بر کیفیت و عمر انباری میوه هلو رقم زعفرانی. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۰ (۴): ۵۳-۵۹.
- سیاری، م. و راحمی، م. ۱۳۸۱. نقش گرمادهی، کلریدکلسیم و پرمنگنات پتاسیم بر عمر انباری و سفتی گوشت میوه سیب گلدن دلشیز. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶ (۴): ۶۷-۷۶.
- صالحی، م.، ابوطالبی، ع. و محمدی جهرمی، س. ع. ۱۳۹۱. بررسی ترکیبات مختلف کلسیمی و غلظت آن‌ها بر خصوصیات میوه سیب رقم رد دلشیز در زمان برداشت و پس از برداشت. اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم.
- Argenta, L., Fan, X. and Mattheis, J. 2001. Development of internal browning in Fuji apples during storage. Washington Tree Fruit Postharvest Conference.
- Beavers, W. B., Sams, C. E., Conway, W. S. and Brown, G. A. 1994. Calcium source affects calcium content, firmness, and degree of injury apples during storage. HortScience, 29 (12): 1520-1523.
- Benavides, A., Recasens, I., Casero, T. and Puy, J. 2001. Chemometric analyses of Golden Smoothie apples treated with two preharvest calcium spray strategies in the growing season. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 943-952.

1. Kawai
2. Soderhall
3. Thypyapong
4. Ruiz

- Benavides, A., Recasens, I., Casero, T., Soria, Y. and Puy, J. 2002. Multivariate analysis of quality and mineral parameters on Golden Smoothie apples treated before harvest with calcium and stored in controlled atmosphere. *Food Science and Technology International*, 1 (8): 139-145.
- Burg, S. P. and Burg, E. A. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiology*, 37: 179-189.
- Casero, T., Benavides, A., Puy, J. and Recasens, I. 2004. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in Golden Smoothie apples using multivariate regression techniques. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 313-324.
- Conway, W. S. and Sams, C. E. 1984. Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduces decay in apples. *Phytopathology*, 74: 208-210.
- Conway, W. S., Sams, C. E. and Hickey, K. D. 2002. Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Horticulturae*, 594: 413-419.
- Domagała-Świątkiewicz, I. and Błaszczak, J. 2009. Effect of calcium nitrate spraying on mineral contents and storability of Elise apples. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18 (5): 971-976.
- Dris, R. and Niskanen, R. 1999. Calcium chloride sprays decrease physiological disorders following long-term cold storage of apple. *Plant Foods for Human Nutrition*, 54: 159-171.
- Ernani, P. R., Dias, J., Do Amarante, C. V. T., Ribeiro, D. C. and Rogeri, D. 2008. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of Gala apples in Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30 (4): 892-896.
- Fallahi, E., Righetti, T. L. and Wernz, J. G. 1987. Effects of dip and vacuum infiltration of various inorganic chemicals on postharvest quality of apple. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 18 (9): 1017-1029.
- Fallahi, E., Conway, W. S., Hickey, K. D. and Sams, C. E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience*, 32 (5): 831-835.
- Hussain, P. R., Dar, M. A., Meena, R. S., Mir, M. A., Shafi, F. and Wani, A. M. 2008. Changes in quality of apple (*Malus domestica*) cultivars due to gamma irradiation and storage conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 45 (1): 44-449.
- Kawai, T., Hikawa, M. and Ono, Y. 1995. Effects of calcium-sulfate and sublimed sulfur on incidence of internal browning in roots of Japanese radish. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 64: 79-84.
- Lanauskas, J. and Kviklienė, N. 2006. Effect of calcium foliar application on some fruit quality characteristics of Sinap Orlovskij apple. *Agronomy Research*, 4 (1): 31-36.
- Neilsen, G., Neilsen, D., Dong, Sh., Toivonen, P. and Peryea, F. 2005. Application of CaCl₂ sprays earlier in the season may reduce bitter pit incidence in Braeburn apple. *HortScience*, 40 (6): 1850-1853.
- Poovaliah, B. W. 1988. The molecular and cellular aspects of calcium action. *HortScience*, 23: 267-271.
- Ruiz, J. M., Rivero, R. M., Lopez-Cantarero, I. and Romero, L. 2003. Role of Ca²⁺ in the metabolism of phenolic compounds in tobacco leaves (*Nicotiana tabacum* L.). *Plant Growth Regulation*, 41: 173-177.
- Saftner, R. A., Conway, W. S. and Sams, C. E. 1999. Postharvest calcium infiltration alone and combined with surface coating treatment influence volatile levels, respiration, ethylene production, and internal atmospheres of Golden Delicious apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124: 553-558.
- Scott, K. J. and Wills, R. B. H. 1979. Effects of vacuum and pressure infiltration of calcium chloride and storage temperature on the incidence of bitter pit and low temperature breakdown of apples. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30: 917-928.
- Shirzadeh, E., Rabiei, V. and Sharafi, Y. 2011. Effect of calcium chloride (CaCl₂) on postharvest quality of apple fruits. *African Journal of Agricultural Research* 6 (22): 5139-5143.
- Soderhall, I. 1995. Properties of carrot polyphenol oxidase. *Phytochemistry*, 39: 33-38.
- Tabatabaei, S. J. and Malakouti, M. J. 1998. The effect of calcium on fruit firmness and quality in Red Delicious apple. *Soil and Water Journal*, 12 (1): 43-49.
- Thyappong, P., Hunt, M. D. and Steffens, J. C. 1995. Systemic wound induction of potato (*Solanum tuberosum*) polyphenol oxidase. *Phytochemistry*, 40: 673-676.
- Vaz, R. L. and Richardson, D. G. 1984. Effect of calcium on respiration rate, ethylene production and occurrence of cork spot in Anjou pears (*Pyrus communis* L.). *Acta Horticulturae*, 157: 227-236.
- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. and JJ, V. D. L. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, plant analysis procedure. Wageningen Agriculture University.
- Watkinz, C. B., Erkan, M., Nock, J. F., Inugerman, K. A., Beaudry, R. M. and Moran, R. E. 2005. Harvest date effects on maturity, quality, and storage disorders of Honeycrisp apples. *HortScience*, 40 (1): 164-169.
- Yuri, J., Retamales, J., Moggia, C. and Vásquez, J. 2002. Bitter pit control in apples cv. Braeburn through foliar sprays of different calcium sources. *Acta Horticulturae*, 594: 453-460.

Effect of Postharvest Application of Different Calcium Solutions on Fuji Apple Fruit Quality During Cold Storage

Ghorbani¹, E., Bakhshi^{2*}, D., Fallahi³, E. and Rabiei⁴, B.

Abstract

Recently, Fuji apple has been considered in Iran, however its production comes with problems such as decay and internal browning incidence during long-term storage. In this study, one minute postharvest dipping of two organic calcium compounds including Calccat and Folical was compared with calcium chloride on Fuji apple in and the fruit quality was investigated. According to the results, after three and six months storage, the fruits treated with tree types of calcium solutions had higher calcium content than the control. Acidity content and tissue firmness of fruits reduced during storage, but this reduction in fruits treated with CaCl₂ and Folical was lower than the control and fruits treated with Calccat. The immersed fruits in different calcium solutions produced lower ethylene. Flesh phenolics and antioxidant activity of samples were affected by calcium treatments significantly. The highest phenolics and antioxidant activity were found in fruits treated with CaCl₂. Significant variation was observed among fruits treated with different calcium compounds regarding storage disorders incidence, so that fruits treated with Folical showed lower decay and internal browning.

Keywords: Tissue firmness, Antioxidant activity, Total phenolic content, Ethylene, Internal browning

1 and 2. PhD Student and Associate Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht

3. Professor, Research and Extension Center, University of Idaho, USA

4. Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht

※: Corresponding author Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir