

اثر تیمار غوطه‌وری کلرید کلسیم در خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و عمر انباری میوه کیوی

جواد فتاحی مقدم^{۱*}، محمد فاضل حلاجی ثانی^۲، مازیار فقیه نصیری^۳ و حسین طاهری^۴
۴،۳،۲،۱، استادیار و اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات مرکبات کشور - رامسر
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۱۵ - تاریخ تصویب: ۹۰/۷/۱۰)

چکیده

نرم شدن بافت و به دنبال آن شیوع پوسیدگی خاکستری، مهم‌ترین عامل محدود کننده عمر انباری میوه کیوی است. در این پژوهش اثر غوطه‌وری میوه در غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (۰، ۱، ۲، ۴ و ۸ درصد) و به مدت ۲، ۴ و ۸ دقیقه در بهبود خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و افزایش عمر انبارداری میوه کیوی مورد بررسی قرار گرفت. پس از تیماردهی، میوه‌ها در دمای ۵/۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد به مدت ۱۸ هفته انبار شدند. خصوصیات چون میزان کاهش وزن، سفتی بافت میوه، TSS/TA، TA، TSS، pH، عصاره، اسیدآسکوربیک و شاخص L^* سطح پوست و گوشت میوه، شاخص a^* گوشت میوه با فاصله ۶ هفته یکبار و به مدت ۱۸ هفته انبارداری اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میوه‌های غوطه‌ور شده به مدت ۴ و ۸ دقیقه در محلول کلرید کلسیم با غلظت ۴ و ۸ درصد بیشترین سفتی (۳/۴ کیلوگرم) را داشتند. هم‌چنین میزان کاهش وزن در شاهد نسبت به کلیه تیمارهای کلرید کلسیم حداکثر (۰/۳ کیلوگرم) بود. کلرید کلسیم با جلوگیری از افزایش TSS باعث کاهش نسبت TSS/TA شد. شاخص L^* با سفتی میوه رابطه مثبتی داشت، بطوری که تیمارهای ۲، ۴ و ۸ درصد کلرید کلسیم، از میزان درخشندگی بیشتری (متوسط ۴۷) برخوردار بودند. اسیدآسکوربیک در طول دوره انبارمانی افزایش یافت و بالاترین میزان آن در شاهد مشاهده شد. مقادیر pH و TA روند نسبتاً ثابتی در طول انبارداری داشتند. در نهایت، کلرید کلسیم با جلوگیری از افزایش TSS و حفظ سفتی میوه سبب افزایش عمر انباری و کیفیت میوه کیوی شد.

واژه‌های کلیدی: انبار، پس از برداشت، رنگ، کیوی، کلرید کلسیم

داشته است. بر اساس آخرین آمار منتشره، ایران در جایگاه ششم تولید جهانی قرار دارد (Ghanbari, 2002). توسعه کشت و تولید کیوی در این استان‌ها با سرعت در حال افزایش است. نگهداری و یا صادرات این محصول با ضایعات همراه است که بایستی با روش‌های

مقدمه

کیوی از جمله محصولات مهم تولید شده در سه استان حاشیه دریای خزر و بخصوص مازندران است که در دهه‌های اخیر نقش زیادی در اقتصاد استان و کشور

(al., 2006). در مقابل بر اساس نتایج پژوهشی، سفتی و استحکام دیواره‌ی سلولی ناشی از کاربرد فرم‌های Ca^{2+} به دلیل افزایش تعداد پیوندهای Ca^{2+} در پلیمرهای پکتیکی و در نتیجه کاهش حلالیت آنها بیان شده است (Lera et al., 2004). کلسیم با تاخیر در پیری باعث حفظ کیفیت، سفتی میوه و مقاومت به بیماری‌ها در طول انبارمانی می‌شود. کاربرد کلسیم روی میوه با روش‌هایی از قبیل تیمار گرمایی، غوطه‌وری، نفوذ در خلاء^۲، نفوذ در اثر فشار^۴، پوشش‌های سطحی یا مواد پوششی و یا ترکیبی از این روش‌ها همراه بوده است (Chardonnet et al., 2003; Hernandez-Munoz et al., 2006). کاهش کپک خاکستری در اثر کاربرد کلسیم قبل و بعد از برداشت در میوه‌هایی چون تمشک، توت فرنگی، سیب، انگور و گیلاس نیز گزارش شده است (Elmera et al., 2007).

محللول‌پاشی درختان کیوی رقم 'هایوارد' با کلریدکلسیم در چهار نوبت، نشان داد که میزان کلسیم بافت و سفتی میوه به ترتیب به میزان ۶۴ درصد و ۱/۳ کیلوگرم نیرو افزایش یافت. میزان نرم شدن میوه در انبار به کندی رخ داده و دوره انبارمانی نیز در مقایسه با شاهد ۱۰-۱۲ هفته افزایش یافت (Gerasopoulos & Drogoudi, 2005).

در گزارشی دیگر وقتی میوه‌های کیوی در محللول یک درصد کلسیم فرو برده شدند، مشاهده شد که بافت میوه‌ها با سرعت کمتری نرم شد و میزان کاهش وزن و TSS فقط در ماه‌های ۶-۴ انبارمانی افزایش یافت (Antunes et al., 2005).

با توجه به افزایش سالیانه تولید کیوی در کشور، لزوم ذخیره‌ی آن در سردخانه و آسیب‌پذیری میوه کیوی نیاز به تمهیداتی قبل از قرار دادن میوه در سردخانه هست تا میوه کیوی دچار افت کیفی کمتری شود. بدین‌منظور در این پژوهش تلاش شد تا با کاربرد کلریدکلسیم و ایجاد مقاومت ساختاری در بافت میوه، بتوان خصوصیات کیفی میوه کیوی را در مراحل پس از برداشت حفظ نمود.

مختلف و ترجیحاً روش‌های سازگار با محیط زیست، میزان آنرا کاهش داد. از طرفی کشورهای وارد کننده دارای استانداردهای سلامت جهت هرگونه فرآورده‌ی کشاورزی از جمله کیوی هستند. بنابراین با استفاده از روش‌های سالم، ضمن افزایش کیفیت ظاهری و داخلی میوه، باید عمر انبارمانی این میوه را در طول حمل و نقل افزایش داد. در ایران با اینکه این محصول در دهه‌های اخیر رشد و توسعه چشمگیری داشته است اما روی مشکلات پس از برداشت و انبارداری آن تحقیقات کمتری انجام شده است. میوه کیوی در مقایسه با سایر محصولات نیمه گرمسیری از خاصیت انبارداری مناسبتری برخوردار بوده و در شرایط انبار با اتمسفر کنترل شده بیش از هشت ماه قابلیت نگهداری دارد (Bautista-Banos et al., 1997). مهم‌ترین عامل پوسیدگی میوه‌های کیوی در سردخانه، کپک خاکستری^۱ است که معمولاً ۱۲-۵ هفته بعد از انبارداری ظاهر می‌شود. در این حالت میوه در اثر فعالیت این قارچ از نوک شروع به آبکی شدن نموده و به تدریج به بخش‌های دیگر میوه توسعه می‌یابد (Bautista-Banos et al., 1997).

کلسیم نقش مهمی در ساختمان دیواره‌های سلولی دارد. در صورت کمبود کلسیم و ضعف دیواره‌ی سلولی، تقسیم سلولی دچار اختلال می‌شود. این پدیده در اندام‌هایی با تقسیم سلولی بالا چون میوه در حال رشد، ایجاد اختلال می‌نماید (Antunes et al., 2005). کلسیم نقش آشکاری در به تاخیر انداختن پیری و در نتیجه افزایش دوره انبارمانی و مقاومت بافت میوه به تخریب بافت^۲ و هم‌چنین مقاومت به نفوذ کپک‌ها و قارچ‌های عامل پوسیدگی دارد (Antunes et al., 2005). برخی محققین گزارش نمودند که در طول رسیدن میوه، پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی تحت فرایندهای حلالیت و دی‌پلیمریزاسیون قرار دارند. نرم شدن بافت میوه در ضمن رسیدن مربوط به تغییر ساختار چند مرحله‌ای دیواره سلولی است که در نهایت منجر به افزایش حلالیت همی‌سلولزها می‌شود (Hernandez-Munoz et

1. Botrytis cinerea
2. Breakdown

3. Pressure Infiltration
4. Vacuum Infiltration

مواد و روش‌ها

میوه‌های کیوی رقم 'هایوارد' از باغ کیوی موسسه تحقیقات مرکبات کشور (رامسر) تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. در زمان برداشت، تعداد ۱۰ عدد میوه به طور تصادفی انتخاب و شاخص‌های رنگ، TA، TSS، سفتی و اسیدآسکوربیک اندازه‌گیری شد. سپس مخلوط کلریدکلسیم با غلظت‌های ۱، ۲، ۴ و ۸ درصد همراه با تیمار شاهد (آب مقطر خالص) آماده شد و میوه‌ها به مدت ۲، ۴ و ۸ دقیقه در این محلول‌ها غوطه‌ور شدند. پس از خشک شدن (گذشت ۲۴ ساعت)، هر یک از تکرارها (حاوی ۴۰ عدد میوه) در جعبه به طور جداگانه بسته‌بندی شده و به همراه شاهد (غوطه‌وری در آب مقطر) به سردخانه با دمای ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد منتقل شدند. به فاصله هر ۶ هفته یکبار در طول ۱۸ هفته انبارداری، تعداد ۵ عدد میوه از هر جعبه (هر تکرار) به صورت تصادفی انتخاب و با انتقال به آزمایشگاه صفاتی چون کاهش وزن، سفتی میوه، شاخص L^* رنگ سطحی پوست و گوشت، شاخص a^* سطح گوشت میوه، مواد جامد محلول (TSS)، TA، pH، TSS/TA و اسیدآسکوربیک اندازه‌گیری شد. رنگ پوست میوه به طور تصادفی و در دو نقطه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مدل CR 400 - Minolta اندازه‌گیری شدند. رنگ گوشت نیز به همین ترتیب پس از برداشتن پوست میوه، در دو نقطه اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر L^* (روشنایی) و a^* (سبزی (-) به قرمزی (+)) بود. TSS بر حسب درصد توسط دستگاه رفرکتومتر چشمی مدل Atago - ATC- 20 E ساخت ژاپن و در دامنه ۲۰ - ۰ درصد اندازه‌گیری شد. با استفاده از فرمول $(100 \times \text{وزن اولیه} / \text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = (\%)$ کاهش وزن) میزان کاهش وزن میوه محاسبه شد. میزان سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پنترومتر مدل FTO 11 و با پیستون ۷/۹ میلی‌متری اندازه‌گیری شد. pH عصاره با استفاده از pH متر دیجیتالی مدل Inolab pH 720 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. EC عصاره با استفاده از EC متر دیجیتالی مدل Mettler Toledo ساخت چین اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون مخلوط ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر با استفاده از دو قطره

شناساگر فنل فتالئین با سود یک دهم نرمال تا ظهور رنگ صورتی روشن، تیترا گردید. از روش تیتراسیون دی کلروفنل ایندوفنل^۱ برای اندازه‌گیری اسیدآسکوربیک میوه‌ها استفاده شد. در این روش ۳۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۳۰ میلی‌لیتر از محلول متافسفوریک ۰/۳٪ مخلوط شده و بخوبی هم زده می‌شود. سپس ۱۰ میلی‌لیتر از این محلول را برداشته و با ماده رنگی دی‌کلروفنل ایندوفنل تیترا می‌شود تا رنگ صورتی کم رنگ که به مدت ۱۵ ثانیه پایدار می‌ماند، به دست آید. حجم ماده رنگی مورد استفاده در تیتراسیون برای محاسبه میزان اسیدآسکوربیک استفاده شد. داده‌ها با برنامه آماری MSTAT-C و بر اساس آزمایش اسپلیت فاکتوریل سه عامله (عامل مدت نگهداری به عنوان فاکتور اصلی و دو فاکتور غلظت کلریدکلسیم و مدت زمان غوطه‌وری به عنوان فاکتورهای فرعی) بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه‌ی میانگین‌ها در سطح ۵ درصد و با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

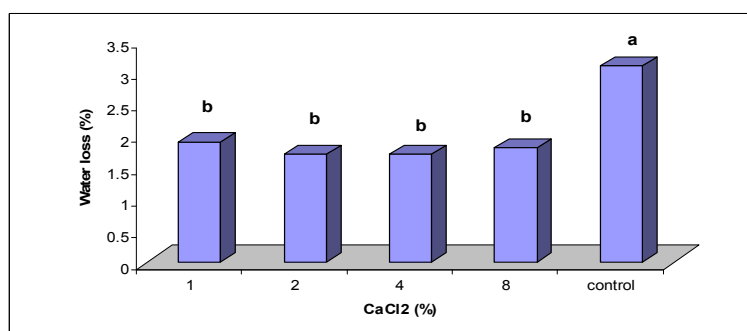
نتایج و بحث

میزان کاهش وزن

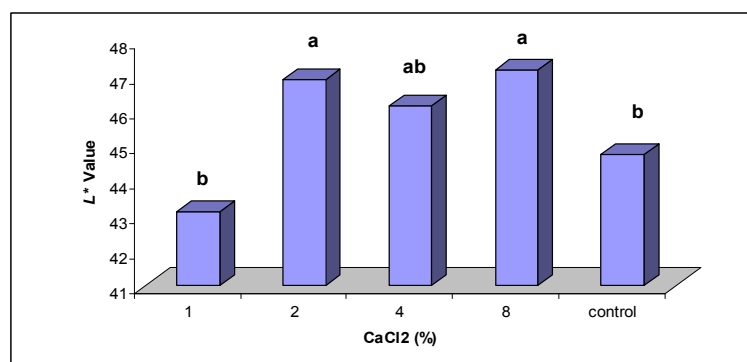
با توجه به نتایج بدست آمده در شکل ۱ مشاهده می‌شود که تیمار شاهد با متوسط ۳/۱ درصد از بالاترین میزان کاهش وزن برخوردار بود (عامل مدت زمان غوطه‌وری تاثیر معنی‌داری نداشت). سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و افزایش غلظت کلریدکلسیم تاثیر معنی‌داری در میزان کاهش وزن میوه در سردخانه نداشت. حفظ آب در بافت میوه می‌تواند مربوط به تجمع کلریدکلسیم در بافت میوه باشد. ورود کلسیم به بافت میوه با کاربرد پیش از برداشت کلریدکلسیم در پژوهشی مورد تایید قرار گرفته است (Lara et al., 2004). همچنین کاربرد کلسیم به شکل غوطه‌وری همراه با پوشش کیتوزان^۲ در سایر میوه‌ها چون توت‌فرنگی باعث کندی کاهش وزن در انبار نسبت به شاهد شد (Gerasopoulos & Drogoudi, 2005).

نکته قابل توجه اینکه کلریدکلسیم

1. 2,6-dichlorophenol-indophenol
2. Chitosan



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم روی میزان کاهش وزن میوه



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم روی شاخص L^* گوشت میوه

انبارمانی دارای حداکثر مقدار L^* بودند (شکل ۲). از میان غلظت‌های مختلف، محلول‌های با محتوای ۲، ۴ و ۸ درصد کلرید کلسیم نسبت به تیمار شاهد و غلظت یک درصد، از میزان درخشندگی بیشتری (متوسط ۴۷) برخوردار بودند. مدت زمان نگهداری در انبار و مدت غوطه‌وری تاثیر معنی‌داری روی میزان L^* گوشت نداشته است. با توجه به اینکه متوسط میزان L^* گوشت میوه در زمان برداشت ۵۴/۹۹ بود (جدول ۱)، مشاهده شد که در طول انبارمانی کاهش بسیار جزئی داشته است. بین میزان سفتی و رنگ گوشت همبستگی وجود دارد و میوه‌های سفت‌تر رنگ روشنتری دارند (Amodio et al., 2007). در این آزمایش با افزایش غلظت کلرید کلسیم علاوه بر اینکه میزان L^* افزایش یافت، میزان کاهش آن نیز نسبت به نقطه صفر انبارمانی بسیار جزئی بود. در گزارشی دیگر میزان روشنایی گوشت در میوه‌های رسیده‌ی نرم ۴۴/۱۳ و میوه‌های رسیده‌ی سفت ۵۴/۴۱ بیان شده است (Costa et al., 2006). نتایج این آزمایش با مقدار L^* میوه‌های رسیده سفت مطابقت داشت.

در غلظت پایین (یک درصد) نیز بخوبی این نقش را ایفا نموده است. دلیل چنین اثر کلرید کلسیم بر اساس گزارشی، می‌تواند کاهش سرعت تنفس میوه‌ها و تاخیر در شروع نقطه اوج تولید اتیلن در طول مدت نگهداری در انبار باشد (Feng et al., 2006).

شاخص L^* سطح پوست و گوشت میوه

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که میزان درخشندگی رنگ پوست میوه‌ها در کلیه تیمارها روند کاهشی داشت ولیکن تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. آنچه بصورت تفاوت مشاهده می‌شود کاهش درخشندگی بین هر مرحله نمونه‌برداری از سردخانه است. با توجه به اینکه میزان L^* در نقطه صفر انبارمانی ۴۱/۰۷ است (جدول ۱)، پس می‌توان نتیجه گرفت که در ۶ هفته اول انبارمانی، پوست میوه از درخشندگی با ثباتی برخوردار بوده و شروع تیره شدن پوست در ۶ هفته دوم انبارداری بوده است. از طرفی در بررسی میزان درخشندگی گوشت میوه مشخص شد که غلظت کلرید کلسیم تاثیر معنی‌داری روی میزان L^* گوشت داشت بدین صورت که میوه‌ها در ۶ هفته اول

شاخص a^* گوشت میوه

بر اساس جدول ۱، شاخص a^* در آغاز انبارمانی ۱۵/۵۱- و در پایان انبارمانی این شاخص دو برابر شده است. هر چه مقدار عددی این شاخص منفی‌تر شود نشان دهنده تمایل رنگ سطح گوشت میوه به سبز است. مدت زمان نگهداری میوه در سردخانه روی شاخص a^* گوشت میوه تاثیر معنی‌داری ($p=0/01$) داشت بدین ترتیب که در ۶-۸ هفته اول نگهداری در سردخانه، میزان اشباع رنگ سبز میوه حداکثر بود (جدول ۲). این شاخص با میزان سفتی میوه نیز در ارتباط است. بدین‌صورت که بافت‌های سفت‌تر، سبز کم‌رنگ‌تر هستند (Fisk et al., 2008). با طولانی شدن دوره نگهداری میوه در انبار شاخص a^* در میوه‌هایی که تحت تیمار کلریدکلسیم بودند، نسبت به شاهد کمتر منفی بود که شاید به دلیل سفتی بافت میوه باشد. این شاخص در کیوی رقم 'هاردی' مورد توجه قرار گرفته و گزارش شده است (Fisk et al., 2008) ولیکن گزارش منتشر شده‌ای در مورد رقم هایوارد مشاهده نشد.

TSS عصاره

با مقایسه‌ی میانگین‌های TSS مشخص شد که میوه‌ها در هفته‌ی دوازدهم به جز در شاهد (متوسط ۱۴/۴۹ درصد) از TSS پایین‌تری (۶/۸ درصد) نسبت به هفته‌ی ششم و هجدهم انبارداری برخوردار بودند (جدول ۲).

افزایش میزان TSS بیانگر هیدرولیز بیشتر نشاسته‌ی گوشت میوه به قندهای هگزوز است. هر چه میزان و سرعت هیدرولیز بیشتر باشد، میوه زودتر نرم شده و به‌علاوه در برابر عوامل بیماری‌زای انباری آسیب پذیرتر می‌شوند و عمر انبارمانی آن نیز کاهش می‌یابد. متعاقب آن تولید گاز اتیلن از بافت‌های نرم سبب تحریک آنزیم‌هایی چون پلی گالاکتروناز می‌شود که مستقیماً روی دیواره سلولی عمل نموده و باعث نرم شدن بیشتر دیواره می‌شود (Lara et al., 2004). در این آزمایش کلریدکلسیم با قرار گرفتن در دیواره سلولی نوعی مقاومت در برابر این آنزیم ایفا نموده است. نکته قابل توجه در این آزمایش، کاهش میزان TSS بعد از گذشت ۶

هفته انبارمانی و رسیدن آن به حدود نصف مقدار اولیه بود. این رویداد فقط در میوه‌هایی که با کلریدکلسیم تیمار شده بودند رخ داد.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و شاخص TSS/TA

میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در کلیه تیمارها و شاهد تقریباً یکسان (متوسط ۰/۸ - ۰/۷) بود (جدول ۲). با مقایسه میانگین نسبت TSS/TA مشخص شد که به دلیل اینکه میزان TA تقریباً در کلیه تیمارها یکسان بود لذا تغییر این نسبت از روند تغییرات TSS پیروی می‌کند (جدول ۲).

بر اساس مطالعات انجام شده، افزایش TSS در کیوی فروت به دلیل افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز^۱ (SPS) است که این آنزیم خود تحت تاثیر هورمون اتیلن قرار دارد (SolaimaniAghdam et al., 2011). از طرفی تولید اتیلن با تنفس و نرم شدن میوه رابطه مستقیمی دارد.

بنابراین هر عاملی (کلریدکلسیم) که روند نرم شدن میوه را کند نماید، قادر به کند نمودن فعالیت این آنزیم نیز هست. گرچه در این آزمایش میزان TA ثابت بود ولی مد نظر قرار دادن شاخص TA در کنار TSS تعیین کننده طعم و مزه میوه خواهد بود. در منابع مختلف TSS مناسب زمان مصرف میوه کیوی فروت را حدود ۱۴ بیان نموده‌اند.

از تقسیم این عدد بر میزان TA، مقدار عددی ۸-۹ درصد بدست می‌آید که مناسب مصرف کیوی است. در این آزمایش کلریدکلسیم سبب تاخیر در رسیدن به این نسبت تا هفته‌های ۱۱ تا ۱۳ بعد از برداشت در کلیه سطوح کلریدکلسیم شد. در این شرایط می‌توان میوه را به تدریج و با طعم مطلوب به بازار عرضه نمود.

pH و EC عصاره میوه

اثر متقابل غلظت کلریدکلسیم و زمان نمونه‌گیری روی میزان pH عصاره میوه کیوی فروت تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). EC عصاره میوه نیز تحت تاثیر تیمارهای مختلف تغییر معنی‌داری نداشت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه در شروع دوره انبارداری

۹	(%)TSS	۴۱/۰۷	(Skin) L*
۰/۹	(%) TA	۶/۶۳	(Skin) a*
۱۰	TSS/TA	۲۱/۵۴	(Skin) b*
۲/۳	(Kg/7.9 mm ²) Firmness	۵۴/۹۹	(Pulp) L*
		-۱۵/۵۱	(Pulp) a*
۲۵/۴	(mg/100g FW) Ascorbic acid	۳۶/۰۱	(Pulp) b*

جدول ۲- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و مدت نگهداری در برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه

مدت نگهداری (هفته)	غلظت کلرید کلسیم (درصد)	L* Skin	a* pulp	TSS (%)	TA (%)	TSS/TA	pH	مدت نگهداری (هفته)	
								۶	۱۲
۰	۴۲/۲۱ a ^۷	۳۱ cd	-۱۲/۳ e	۱۴/۳۱ cde	۰/۷۴ ab	۱۹/۴۴ bc	۳/۵۹ abcd	۶	۰
۱	۴۱/۹۸ a	۲۹/۲۷ cd	-۱۳/۷۹ f	۱۳/۸۹ e	۰/۶۷ b	۲۰/۷۲ abc	۳/۴۸ e	۶	۱
۲	۴۱/۵۸ a	۲۹/۱۸ cd	-۱۳/۴۸ ef	۱۴/۰۵ e	۰/۷۰ ab	۲۰/۰۷ bc	۳/۵۴ bcde	۶	۲
۴	۴۲/۰۹ a	۲۹/۱۸ cd	-۱۳/۶۵ f	۱۴/۱ de	۰/۷۴ ab	۱۹/۳۶ bc	۳/۴۹de	۶	۴
۸	۴۱/۶۱ a	۳۰/۱۲ cd	-۱۲/۹۹ ef	۱۴/۱۲ de	۰/۶۸ b	۲۰/۷۹ abc	۳/۵۱ cde	۶	۸
۰	۳۱ cd	۳۱ cd	-۸/۴۵ bcd	۱۴/۴۹ bcde	۰/۷۲ ab	۲۰/۳۹ bc	۳/۶۳ ab	۱۲	۰
۱	۲۹/۲۷ cd	۲۹/۲۷ cd	-۸/۱۰ cd	۶/۷۲ f	۰/۷۳ ab	۹/۲۴۸d	۳/۶ abcd	۱۲	۱
۲	۲۹/۱۸ cd	۲۹/۱۸ cd	-۷/۸۹ bcd	۶/۷۴ f	۰/۷۲ ab	۹/۴۵۲ d	۳/۶ a	۱۲	۲
۴	۲۹/۱۸ cd	۲۹/۱۸ cd	-۷/۸۹ bcd	۶/۷۸ f	۰/۷۷ ab	۹/۱۴ d	۳/۵۶ abcd	۱۲	۴
۸	۳۰/۱۲ cd	۳۰/۱۲ cd	-۷/۸۳ bcd	۶/۶۸ f	۰/۷۶ ab	۸/۸۱۳ d	۳/۵۴ bcde	۱۲	۸
۰	۳۱/۵ cd	۳۱/۵ cd	-۸/۲۵ d	۱۵/۰۷ abc	۰/۷۰ ab	۲۱/۸۶ ab	۳/۶۱ abc	۱۲	۰
۱	۲۹/۶۳ cd	۲۹/۶۳ cd	-۶/۶۳ ab	۱۴/۸۵ abcd	۰/۷۴ ab	۲۰/۲۸ bc	۳/۵۷ abcde	۱۲	۱
۲	۲۹/۲۹ cd	۲۹/۲۹ cd	-۶/۹۰ abc	۱۵/۰۶ abc	۰/۷۶ ab	۲۰/۰۵ bc	۳/۵۸ abcde	۱۲	۲
۴	۳۱/۵۴ c	۳۱/۵۴ c	-۷/۳۴۷ bcd	۱۵/۱۴ ab	۰/۸۲ a	۱۸/۵۹ c	۳/۶۱ abc	۱۲	۴
۸	۲۹/۰۷ d	۲۹/۰۷ d	-۷/۲۳ bcd	۱۵/۳۶ a	۰/۷۶ b	۲۳/۶۳ a	۳/۵۸ abcd	۱۲	۸

^۷ گروه‌بندی میانگین‌ها در هر یک از ستون‌ها با استفاده از آزمون توکی (p= ۰/۰۵) انجام شده است.

سفتی بافت میوه

براساس داده‌های جدول ۳، میزان سفتی میوه‌ها در دامنه بین ۰/۴۷ تا ۳/۴ کیلوگرم نیرو بر سطح ۷/۹ میلی‌متر بودند. میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم با مدت زمان‌های ۲، ۴ و ۸ دقیقه با غلظت ۸ درصد کلرید کلسیم تا هفته دوازدهم نگهداری در سردخانه سفتی خود را در بالاترین میزان حفظ نمودند. همین نتیجه نیز با کاربرد کلرید کلسیم با غلظت ۴ درصد لیکن در مدت زمان ۸ دقیقه نیز بدست آمد که سفتی میوه‌ها معادل ۳/۰۹ کیلوگرم بر سطح ۸ میلی‌متر بود (جدول ۳). میوه‌های تیمار شاهد دچار نرمی زودرس در همان هفته‌های اولیه پس از برداشت شدند. همانطور که

در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نمونه‌های گرفته شده در هفته ششم پس از برداشت تفاوت معنی‌داری با هفته ۱۲ و ۱۸ نداشتند. در این میان سفتی میوه‌های شاهد در هفته ۶ تا ۱۲ که حساسترین مرحله نگهداری میوه در سردخانه است، تفاوت بسیار معنی‌داری با تیمارهای استفاده از کلرید کلسیم در غلظت‌های مختلف داشت. بخشی از این نرم شدن تدریجی وابسته به عمر انبارمانی است که با گزارشی مبنی بر همبستگی بین عمر انبارمانی میوه‌های وارد و سرعت نرم شدن میوه (I=۰/۸۷) مطابقت داشت (Feng et al., 2006). در گزارش دیگری، کاربرد کلسیم به شکل غوطه‌وری همراه با پوشش کیتوزان در میوه‌های توت‌فرنگی باعث افزایش میزان

نشستن در دیواره سلولی نیاز به زمان دارد. به همین دلیل میوه‌های شاهد از نظر میزان سفتی تفاوت فاحشی با تیمارهای کلرید کلسیم در شش هفته اول انبارمانی نداشتند (جدول ۳).

سفتی در روزهای اولیه انبارداری نسبت به شاهد شد، لیکن در همه تیمارها با گذشت زمان انبارمانی، میزان سفتی روند کاهشی نشان داد (Hernandez-Munoz et al., 2006). تیمار میوه‌ها با کلرید کلسیم بلافاصله پس از برداشت، جهت نفوذ و جذب کلسیم به داخل میوه و

جدول ۳- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم، مدت غوطه‌وری و مدت نگهداری در میزان سفتی میوه

غلظت کلرید کلسیم (درصد)	مدت غوطه‌وری (دقیقه)	مدت نگهداری (هفته)		
		۸	۶	۱۲
۰	۲	۱/۲۰ e	۱/۲۲ d ^۱	۰/۵۷ d
	۴	۱/۲۲ e	۱/۲۴ d	۰/۱۶ d
	۸	۱/۲۵ e	۱/۲۶ d	۰/۵۹ d
۱	۲	۲/۰۶ cd	۱/۶۴ a	۰/۹۰ b
	۴	۲/۷۹ abc	۱/۷۸ a	۰/۹۰ b
	۸	۱/۸۲ e	۱/۵۶ b	۰/۹۹ b
۲	۲	۱/۹۲ d	۱/۵۵ b	۰/۹۹ b
	۴	۲ d	۱/۳۹ c	۰/۹۳ b
	۸	۲/۲۴ cd	۱/۷۵ a	۱/۰۱ a
۴	۲	۲/۰۵ cd	۱/۴۴ c	۱/۰۵ a
	۴	۲/۳۷ bcd	۱/۵۲ b	۰/۴۷ e
	۸	۲/۰۹ ab	۱/۳۹ c	۱/۰۳ ab
۸	۲	۲/۷۵ abcd	۱/۴۴ c	۰/۶۵ c
	۴	۳/۴۰ a	۱/۵۷ b	۰/۵۸ d
	۸	۲/۳۷ a	۱/۳۹ c	۰/۵۵ d

میانگین توکی ($p=0/05$) مشخص شد که در طول انبارمانی میزان اسید آسکوربیک میوه کیوی فروت افزایش یافته است. تیمار شاهد در میان سایر تیمارها افزایش بیشتری داشته و در کلاس a قرار گرفت. با بررسی اثر ساده غلظت کلرید کلسیم مشاهده شد که با افزایش غلظت کلسیم میزان اسید آسکوربیک از ۳۳/۱۵ به ۴۰/۱۰ کاهش یافت و تیمار شاهد با متوسط ۴۰/۱۰ در بالاترین مقدار قرار داشت. هم‌چنین با افزایش مدت زمان نگهداری در سردخانه نیز میزان اسید آسکوربیک از ۲۶/۲۹ به ۴۴/۷ افزایش یافت هرچند که مدت زمان غوطه‌وری در محلول کلرید کلسیم به تنهایی تاثیر معنی‌داری بر میزان اسید آسکوربیک نداشت (جدول ۴). با توجه به نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت که

افزایش سفتی بافت در هفته‌های بعدی که میوه در معرض اتیلن ناشی از تنفس میوه‌ها قرار داشته و نرم شدن میوه را به دنبال دارد، نمایان شده است. در توجیه این پدیده گزارش شده است که کلسیم ساختار دیواره سلولی را از طریق افزایش اسید پکتیک در دیواره سلولی به شکل کلسیم پکتات حفظ می‌کند. افزایش باندهای Ca^{2+} در پلیمرهای پکتیکی میزان حلالیت پکتیکی را کاهش داده و از این طریق در میزان سفتی میوه دخالت دارد (Lara et al., 2004).

اسید آسکوربیک عصاره میوه

اثر متقابل مدت انبارداری، غلظت کلرید کلسیم و مدت زمان غوطه‌وری بر میزان اسید آسکوربیک عصاره میوه اثر معنی‌داری ($p=0/01$) داشت. با آزمون مقایسه

کلرید کلسیم اثر منفی روی میزان اسید آسکوربیک عصاره داشته است. در خصوص نقش اسید آسکوربیک طی انبارمانی گزارش شده است که برای جلوگیری از خسارت گونه‌های فعال اکسیژن، چنین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی الکترون خود را به رادیکال اکسیژن و سایر رادیکال‌ها داده و خود اکسید می‌شوند

میزان کاهش وزن برخوردار بود. کلرید کلسیم اثر منفی روی تجمع اسید آسکوربیک داشت. این اثر منفی زیاد چشمگیر نبود و در مقابل اثرات مفید کلرید کلسیم روی سفتی، کاهش وزن و کند کردن مراحل رسیدگی بسیار جزئی بود.

جدول ۴- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم، مدت غوطه‌وری و مدت نگهداری در میزان اسید آسکوربیک

مدت نگهداری (هفته)			مدت غوطه‌وری (دقیقه)	غلظت کلرید کلسیم (درصد)
۱۸	۱۲	۶		
۵۲/۳ a	۴۰/۶ a	۲۷/۵ a ψ	۲	۰
۵۰/۴۴ a	۴۰/۰۸ a	۲۶/۰۹ a	۴	
۵۲/۴۴ a	۴۱ a	۲۷/۲۹ a	۸	
۴۶/۶۴ ab	۳۱/۷۶ bc	۳۱/۵۲ a	۲	۱
۴۱/۸۳ cd	۳۲ bc	۲۷/۳۶ a	۴	
۳۰/۴۴ f	۳۳/۹۳ bc	۲۲/۸۸ e	۸	
۵۲/۲ a	۲۸/۹۸ c	۲۵/۷ b	۲	۲
۴۰/۱۷ cd	۳۰/۱۵ bc	۲۶/۱۵ a	۴	
۴۷/۱۵ ab	۳۰/۹۱ bc	۲۸/۴۱ a	۸	
۴۴/۰۹ ab	۲۴/۳۳ d	۲۶/۳۶ a	۲	۴
۴۲/۵۹ cd	۱۵/۸۴ e	۲۴/۸۲ a	۴	
۵۰/۵۱ a	۲۱/۶ d	۲۶/۲۶ a	۸	
۴۸/۴۵ ab	۱۴/۳۴ e	۲۳/۳۹ d	۲	۸
۳۶/۲۲ e	۴۰/۰۵ a	۲۵/۶ b	۴	
۳۱/۹۴ f	۲۸/۲ c	۲۴/۰۲ c	۸	

ψ گروه‌بندی میانگین‌ها در هر یک از ستون‌ها با استفاده از آزمون توکی (P= ۰/۰۵) انجام شده است.

ψ گروه‌بندی میانگین‌ها در هر یک از ستون‌ها با استفاده از آزمون توکی (P= ۰/۰۵) انجام شده است.

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کلرید کلسیم باعث استحکام و سفتی بافت میوه نسبت به شاهد شد. تیمار شاهد از جمله تیمارهایی بود که میوه‌ها دچار نرمی زودرس در همان هفته‌های اولیه پس از برداشت شدند. بنابراین بدون تردید می‌توان گفت که کاربرد پس از برداشت کلرید کلسیم نقش عمده‌ای در کند کردن فرآیند نرم شدن میوه دارد. مشخص شد که بین میزان سفتی و رنگ گوشت رابطه وجود دارد و میوه‌های سفت‌تر رنگ روشن‌تری داشتند. با افزایش غلظت کلرید کلسیم میزان L^* نیز افزایش یافت. کلرید کلسیم باعث کاهش نسبت TSS/TA شد که به دلیل اثر کاهش کلرید کلسیم روی میزان TSS است. تیمار شاهد با متوسط ۰/۳ کیلوگرم کاهش وزن از بالاترین

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۸۵۰۰۲-۰۰۰۰-۱۴-۰۰۰۰-۲۴۰۰۰۰-۰۲۳-۲ است که از حمایت‌های مدیریت وقت موسسه تحقیقات مرکبات کشور، آقای دکتر سیروس آقاچانزاده قدردانی می‌شود.

REFERENCES

1. Amodio, M. L., Colelli, G., Hasey, J. K. & Kader, A. A. (2007). A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1228-1236.
2. Antunes, M. D., Panagopoulos, C., Rodrigues, T. S., Neves, N. & Curado, F. (2005). The effect of pre- and postharvest calcium applications on Hayward kiwifruit storage ability. *Acta Horticulturae*, 682.
3. Bautista-Banos, S., Long, P. G. & Ganesh, S. (1997). Curing of kiwifruit for control of postharvest infection by *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology*, 12, 137-145.
4. Chardonnet, C. O., Charron, C. S., Sams, C. E. & William, S. (2003). Conway chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 97-111
5. Costa, S. B., Steiner, A., Correia, L. C., Empis, J., & Martins, M. M. (2006). Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Engineering*, 76, 616-625
6. Elmera, P. A. G., Spiersa, T. M., & Wood, P. N. (2007). Effects of pre-harvest foliar calcium sprays on fruit calcium levels and brown rot of peaches. *Crop Protection*, 26, 11-18
7. Feng, J., Maguire, K. M. & MacKay, B. R. (2006). Discrimination batches of Hayward kiwifruit for storage potential. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 128-134.
8. Fisk, C. L., Silver, A. M., Strik, B. C. & Zhao, Y. (2008). Postharvest quality of hardy Kiwifruit (*Actinidia arguta* Ananasnaya) associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 338-345.
9. Gerasopoulos, D. & Drogoudi, P. D. (2005). Summer-pruning and preharvest calcium chloride sprays effect storability and low temperature breakdown incidence in Kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 36, 303-308.
10. Ghanbari, M. R. (2002). The final report of economic evaluation of cultivation, production and export potential of kiwifruit in Iran. The Jihad-agriculture government. Agricultural Economic and Program Research Institute. (In Farsi)
11. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Ocio, M., & Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39, 247-253
12. Lara, I., Garcia, P., & Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 34, 331-339
13. SolaimaniAghdam, M., Mostofi, Y., Motallebiazar, A., Fattahi Moghaddam, J. & Ghasemnezhad, M. (2011). Methyl salicylate affects the quality of hayward kiwifruits during storage at low temperature. *Journal of Agricultural Science*, 3, 149-156. (In Farsi)