

تأثیر استات کلسیم بر انبارمانی، حفظ ویژگی‌های کیفی و کاهش پوسیدگی پس از برداشت میوه زردآلو رقم 'شکرپاره'

رویا خالصی^۱، محمد اسماعیل امیری^{۲*} و فریبرز حبیبی^۱

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر استات کلسیم بر انبارمانی، حفظ ویژگی‌های کیفی و کاهش پوسیدگی پس از برداشت میوه زردآلو رقم 'شکرپاره' (*Prunus armeniaca* cv. 'Shekar Pareh')، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. میوه‌ها در زمان بلوغ تجاری برداشت و آنگاه در غلظت‌های مختلف استات کلسیم (۰ (شاهد)، ۱۲/۶۴ و ۳۱/۶۱ میلی‌مولار) به مدت ده دقیقه غوطه‌ور شدند. میوه‌های تیمار شده در جعبه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد به مدت یک ماه انبار شدند. فراسنجه (پارامتر)‌های کمی و کیفی میوه در سه نوبت (روزهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ انبارمانی) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد، تیمار استات کلسیم به طور معنی‌داری بازدارنده کاهش وزن و باعث حفظ سفتی بافت میوه‌ها شد. اسید آسکوربیک در طول زمان انبارمانی کاهش یافت و کمترین میزان آن در تیمار شاهد پس از ۳۰ روز انبارمانی مشاهده شد. استات کلسیم از افزایش TSS جلوگیری کرد. استات کلسیم باعث افزایش TA، غلظت کلسیم گوشت میوه، درصد رطوبت و موجب کاهش کاروتنوئید و نسبت TSS/TA شد. همچنین استات کلسیم با کاهش میزان پوسیدگی باعث افزایش عمر انبارمانی زردآلو شد. در کل می‌توان گفت که کیفیت میوه‌های زردآلو با استفاده از تیمار استات کلسیم به دلیل تأخیر انداختن فرآیند رسیدگی، بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی: اسید آسکوربیک، سفتی، غوطه‌وری، کاروتنوئید، کاهش وزن.

Effects of calcium acetate on shelf life, maintaining qualitative characteristics and reduction of postharvest decay of apricot fruit cv. 'Shekar Pareh'

Roya Khalesi¹, Mohammad Esmail Amiri^{2*} and Fariborz Habibi¹

1, 2. Former M.Sc. Student and Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran
(Received: Apr. 23, 2017 - Accepted: Aug. 9, 2017)

ABSTRACT

In order to study the effect of calcium acetate on shelf life, maintaining qualitative characteristics and reduction of postharvest decay of apricot fruit cv. 'Shekar Pareh', a factorial experiment was performed in a randomized complete design with 4 replications. Fruit harvested at the commercial maturity and immediately were transferred to postharvest laboratory of university of Zanjan. Then, fruits were immersed in different concentrations of calcium acetate [0 (control), 12.64 and 31.61 mM] for 10 minutes. Treated fruit were packed in boxes with polyethylene cover and stored at 4 °C and 95±5% relative humidity for one month. Quantitative and qualitative parameters of the fruit were measured in three times (10, 20, 30 days of storage). The results showed that application of calcium acetate significantly inhibit weight loss and also maintain the firmness of the fruit. Ascorbic acid was reduced during the storage time and the lowest ascorbic acid measured in control. Calcium acetate prevented of increasing TSS. Immersion in calcium acetate increased TA, calcium concentration, moisture content and reduced carotenoids and TSS/TA ratio. Calcium acetate by reduction of postharvest decay caused increasing shelf life of apricot fruit. Overall, it can be concluded that, the quality of apricot was improved by application of calcium acetate which delayed the ripening of fruits.

Keywords: Ascorbic acid, carotenoid, firmness, immersion, weight loss.

* Corresponding author E-mail: mamiri@znu.ac.ir

مقدمه

زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)، از میوه‌های گوشتی، آبدار و فرازگرا بوده که به علت داشتن آب زیاد، سرعت بالای تنفس، فرآیند سریع رسیدگی، نرم شدن سریع و حساسیت به بیماری‌ها، عمر انبارمانی بسیار کوتاهی دارد. افزون بر این ژله‌ای شدن گوشت و قهوه‌ای شدن درونی میوه زردآلو از مهم‌ترین عامل‌های محدودکننده انبارمانی زردآلو هستند (Wagstaff *et al.*, 2005).

تیمارهای پس از برداشت به منظور حفظ کیفیت و یا بهبود وضعیت ظاهری محصولات باغبانی به کاربرده می‌شوند (Barreiro *et al.*, 2003). برای افزایش عمر انبارمانی باید روش و ترکیب‌های مناسبی انتخاب شوند که تأثیر نامطلوبی بر کیفیت میوه نداشته و برای مصرف‌کننده هم سودمند باشد (Yousefi *et al.*, 2015). کلسیم مهم‌ترین عنصر کانی است که در تعیین کیفیت میوه دخالت دارد. بسیاری از منبع‌های دارای کلسیم، افزون بر اینکه کیفیت میوه را بهبود می‌بخشند، بلوغ و رسیدگی میوه را به تأخیر می‌اندازند و باعث افزایش سفتی و مواد جامد محلول (TSS) در میوه می‌شوند (Wagstaff *et al.*, 2005). میوه‌هایی که میزان کلسیم بیشتری در بافت خود دارند، انبارمانی بهتری خواهند داشت. یکی دیگر از اثرگذاری‌های کلسیم، تنظیم فعالیت تنفسی میوه در سیتوپلاسم است. میوه‌های با کلسیم کم، سرعت تنفس بالایی دارند. یعنی تنفس با غلظت کلسیم نسبت عکس دارد. افزون بر تأثیر کلسیم در تولید دی‌اکسید کربن، تولید اتیلن نیز ارتباط معکوس با غلظت کلسیم دارد (Yousefi *et al.*, 2015).

در بیشتر محصولات باغبانی مانند سیب (Barreiro *et al.*, 2003; Hemmaty *et al.*, 2007)، گلابی (Mahajan & Dhatt, 2004)، زردآلو (Tzoutzoukou & Bouranis, 1997; Liu *et al.*, 2009; Montanaro *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2015; Yousefi *et al.*, 2015; Koushesh Saba *et al.*, 2016)، هلو (Manganaris *et al.*, 2005)، توت‌فرنگی (Cheour & Willemot, 1991; Garcia *et al.*, 1996;) و انگور (Lara *et al.*, 2004)، (Amiri *et al.*, 2009) و

کیوی (Antunes *et al.*, 2005; Kazemi *et al.*, 2011) به لحاظ نقش کلسیم در افزایش کیفیت و بازارپسندی، استفاده از ترکیب‌های کلسیمی اهمیت دارد (Yousefi *et al.*, 2015). کلرید کلسیم، استات کلسیم و نیترات کلسیم، ترکیب‌های حاوی کلسیم هستند. استفاده مستقیم کلسیم روی میوه، مؤثرترین روش برای افزایش میزان کلسیم میوه است. این کار را می‌توان با محلول‌پاشی پیش از برداشت یا غوطه‌وری، وکیوم (خلأ) یا نفوذ با فشار در شرایط پس از برداشت میوه انجام داد (Barreiro *et al.*, 2003). بسته به نوع نمک کلسیم و غلظت آن، غوطه‌وری میوه‌ها در محلول کلسیم بدون اینکه به میوه‌ها آسیبی برساند، باعث افزایش محتوای کلسیم میوه در مقایسه با محلول‌پاشی پیش از برداشت می‌شود (Poovaiah *et al.*, 1998). کاربرد پس از برداشت کلسیم باعث حفظ آماس (تورژسانس) یاخته‌ها، سفتی بافت، سالم ماندن غشا و به تأخیر انداختن تنفس یاخته‌ای و افزایش عمر انبارمانی میوه‌ها می‌شود (Garcia *et al.*, 1996). بنا بر نتایج پژوهش‌ها، سفتی و استحکام دیواره یاخته‌ای در نتیجه کاربرد ترکیب‌های حاوی کلسیم به دلیل افزایش شمار پیوندهای کلسیم در بسپار (پلیمر)‌های پکتیکی و در نتیجه کاهش حلالیت آن‌ها بیان شده است (Lester & Grusak, 1999).

در نتایج پژوهشی دیگر گزارش شده است، کاربرد بیرونی کلسیم، همراه با غوطه‌وری در آب گرم منجر به افزایش عمر انبارمانی میوه‌های فرازگرا و نافرازگرا می‌شود (Wagstaff *et al.*, 2005). همچنین تیمار کلسیم با غلظت ۲ درصد موجب حفظ غشای یاخته‌ای بافت میوه سیب در طول دوره انبارمانی شد (Barreiro *et al.*, 2003). کلسیم تأثیر مثبتی بر انبارمانی، کیفیت میوه، اسید آسکوربیک و سفتی بافت میوه لیمو داشت (Tsantili *et al.*, 2002). غوطه‌وری میوه کیوی در محلول ۱ درصد کلسیم باعث کاهش سرعت نرم شدن میوه‌ها شد و میزان کاهش وزن و کل مواد جامد محلول (TSS) تنها در ماه‌های ۴-۶ انبارمانی افزایش یافت (Antunes *et al.*, 2005).

ایران دومین تولیدکننده میوه زردآلو در جهان است، ولی متأسفانه هیچ رتبه‌ای در زمینه صادرات این

اسید آسکوربیک، میزان کاروتنوئید، غلظت کلسیم گوشت میوه و میزان پوسیدگی در سه نوبت (روزهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ انبارمانی) اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین سفتی گوشت میوه از دستگاه نفوذسنج (پنترومتر، مدل OGAWA, Japon) برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع با نوک ۸ میلی‌متر استفاده شد. برای اندازه‌گیری، در چهار سمت میوه سفتی تعیین و میانگین چهار عدد به‌عنوان سفتی گوشت میوه بیان شد. میزان نفوذ نوک دستگاه در بافت میوه ۰/۵ سانتی‌متر بود (Yousefi et al., 2015).

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه، وزن میوه‌های هر تکرار در زمان برداشت توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. میزان کاهش وزن به‌صورت درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه در زمان نمونه‌گیری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Yousefi et al., 2015).

= درصد کاهش وزن میوه

$$= \frac{\text{وزن میوه در زمان نمونه‌گیری} - \text{وزن اولیه میوه در زمان برداشت}}{\text{وزن اولیه میوه در زمان برداشت}} \times 100$$

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت میوه، بخش خوراکی (گوشت) ده عدد میوه برای هر تکرار با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شد و پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آن ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. در پایان وزن میوه‌های خشک‌شده اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه زیر، درصد رطوبت میوه تعیین شد (Yousefi et al., 2015).

= درصد رطوبت میوه

$$= \frac{\text{وزن نمونه خشک‌شده} - \text{وزن نمونه پیش از خشک شدن}}{\text{وزن نمونه پیش از خشک شدن}} \times 100$$

کل مواد جامد محلول (TSS) توسط دستگاه شکست‌سنج دستی (رفراکتومتر دستی، مدل ATAGO, Japon) اندازه‌گیری برحسب درصد بیان شد (Amiri et al., 2009). برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل عیار (TA)، از روش عیارسنجی با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد (Koushesh Saba et al., 2016). شاخص طعم (TSS/TA) از تقسیم مواد جامد محلول به

محصول در جهان ندارد (Yousefi et al., 2015). ضروری است به راه‌کارهایی برای برطرف کردن مشکلات پس از برداشت رقم‌های تجاری میوه زردآلو دست یافت (Yousefi et al., 2015). با توجه به افزایش تولید سالیانه زردآلو در کشور، آسیب‌پذیری و مشکلات انبارمانی بیان شده، نیاز به اقدام‌های پیش از قرار دادن میوه در سردخانه هست تا میوه زردآلو دچار افت کیفی کمتری شود. بنابراین افزایش عمر انبارمانی، حفظ ویژگی‌های کیفی و کاهش پوسیدگی پس از برداشت میوه زردآلو رقم 'شکرپاره' از هدف‌های مهم انجام این پژوهش بوده تا با ایجاد مقاومت ساختاری در بافت میوه، ویژگی‌های کیفی میوه زردآلو را در مدت انبارمانی حفظ کند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر استات کلسیم بر عمر انبارمانی، حفظ ویژگی‌های کیفی و کاهش پوسیدگی پس از برداشت میوه زردآلو رقم 'شکرپاره' (Prunus 'Shekar Pareh' cv. armeniaca)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. میوه‌ها در زمان بلوغ تجاری (هنگامی‌که محصول از نظر رشد و نمو به حد مطلوب و بازارپسند رسیده بود)، در خرداد سال ۱۳۹۲ از یک باغ تجاری از حوالی شهرستان ماه‌نشان استان زنجان برداشت و برای انجام تیمارها و آزمایش‌های مقدماتی بی‌درنگ به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان منتقل شدند. سپس میوه‌ها در غلظت‌های مختلف استات کلسیم (۰ (شاهد)، ۱۲/۶۴ و ۳۱/۶۱ میلی‌مولار) به مدت ده دقیقه غوطه‌ور شدند. پس از حذف رطوبت سطحی، میوه‌های هر تکرار (شمار ۱۵ میوه، در مجموع ۵۴۰ عدد) در جعبه‌های پلی‌اتیلنی و به‌طور جداگانه بسته‌بندی و به همراه شاهد (غوطه‌وری در آب مقطر) در دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد به مدت یک ماه انبار شدند.

در دوره انبارمانی، سفتی بافت، میزان کاهش وزن، درصد رطوبت، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل عیار (TA)، شاخص طعم (TSS/TA)، میزان

دوباره پنج قطره آب اکسیژنه اضافه کرده و دوباره گرما داده شد. این مرحله آن قدر ادامه یافت تا محتویات سیاه‌رنگ بالن صاف و شفاف شد. با اضافه کردن آب مقطر حجم محتویات بالن به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و عمل صاف کردن انجام شد. پس از تهیه عصاره، غلظت کلسیم، برحسب درصد در ماده خشک گوشت میوه، توسط دستگاه جذب اتمی (مدل Varian-Specter AA 20, Australia) اندازه‌گیری شد (Emami, 1997). میزان پوسیدگی میوه‌های هر تیمار با مشاهده ظاهری ارزیابی شدند. میوه‌ها بر پایه میزان پوسیدگی در چهار دسته (۱؛ میوه‌های بدون پوسیدگی، ۲؛ میوه‌های دارای پوسیدگی کم، ۳؛ میوه‌های دارای پوسیدگی متوسط، ۴؛ میوه‌های دارای پوسیدگی زیاد) تقسیم‌بندی شدند (Liu et al., 2009). برای محاسبه میزان پوسیدگی از روش تجزیه نافرسانجه‌ای (غیرپارامتریک) از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. داده‌های به‌دست‌آمده با نرم‌افزارهای آماری SPSS18 و SAS9.1 تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون SNK در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود بیشترین میزان سفتی (۳/۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در دهه اول انبارمانی در تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار استات کلسیم و کمترین میزان (۰/۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در تیمار شاهد در دهه سوم انبارمانی مشاهده شد (شکل ۱). در مدت نگهداری میوه‌ها در سردخانه، سفتی بافت میوه به تدریج کاهش یافت، به طوری که کاهش سفتی در میوه‌های شاهد بیشتر از تیمارهای کلسیم بود. میزان غلظت کلسیم و سفتی بافت میوه‌های زردآلو، تأثیر مثبت کلسیم را در حفظ سفتی بافت میوه‌ها نشان می‌دهد (شکل ۱)، که با نتایج به‌دست‌آمده در سفتی میوه هلو (Manganaris et al., 2005) و زردآلو (Liu et al., 2009; Montanaro et al., 2010, Yousefi et al., 2015; Koushesh Saba et al., 2016)، همخوانی دارد.

اسیدیته قابل عیار به دست آمد (Yousefi et al., 2015).

برای اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک، از روش عیارسنجی با کمک یدور پتاسیم و معرف نشاسته استفاده شد. در این روش به ۱۰ میلی‌لیتر عصاره میوه ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱ درصد اضافه شد. آنگاه محلول حاصل با یدور پتاسیم عیارسنجی و پس از تشکیل رنگ آبی ثابت، حجم یدور پتاسیم مصرفی (S) یادداشت و با استفاده از رابطه زیر میزان اسید آسکوربیک (A) محاسبه شد (Arya et al., 2000).

$$A \text{ (mg/100 g)} = S \times 1.4977$$

برای اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید، ۱ گرم بافت میوه در مجاورت نیتروژن مایع در هاون چینی حاوی ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد خرد شد. محلول به‌دست‌آمده به مدت پنج دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. آنگاه جذب (A) مخلوط واکنش در طول موج‌های ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر، مدل SAFAS Monaco, France) خوانده و با استفاده از رابطه زیر میزان کاروتنوئید برحسب میلی‌گرم در گرم بافت محاسبه شد (Biehler et al., 2010).

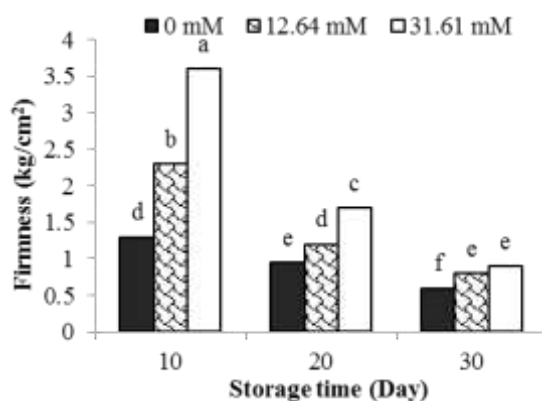
$$= \text{(میلی‌گرم در گرم بافت) کاروتنوئید} \\ \times 100 \frac{\text{حجم نهایی محلول} \times (A_{510}) - 1/49 (A_{480})}{1000}$$

برای اندازه‌گیری عنصر کلسیم، مقدار ۰/۳ گرم بافت میوه وزن و به بالن حجمی ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد. سپس ۲/۳ میلی‌لیتر اسید (مقدار ۶ گرم اسید سالیسیلیک افزون بر این ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۶ درصد و ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر) به آن اضافه و با دقت تکان داده شد. مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در این حالت قرار گرفت. سپس بالن در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت قرار داده شد. پس از خنک شدن پنج قطره آب اکسیژنه به آن اضافه شد. سپس دمای مخلوط به ۲۸۰ درجه سلسیوس رسانده شد و پنج قطره آب اکسیژنه برای از بین بردن کربن اضافه و به مدت ده دقیقه در این دما نگهداری شد. پس از ده دقیقه

دیواره یاخته‌ای با سرعت کمتری انجام می‌شود. کلسیم با اتصال به گروه‌های فسفات، کربوکسیلات، فسفولیپیدها و پروتئین‌های سطوح غشاها باعث پایداری یاخته‌ای می‌شود (Cheour & Willemot, 1991). همچنین افزایش میزان کلسیم در بافت گیاهی از میزان نشت پیش ماده‌های تنفسی از واکنش‌ها را کاهش می‌دهد و باعث کاهش سرعت تنفس بافت‌ها می‌شود. این وضعیت باعث کاهش تولید اتیلن در بافت گیاه می‌شود و سرعت رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد. افزون بر این، دیگر عنصرها حتی عنصرهای دو ظرفیتی مانند منیزیم نمی‌تواند جایگزین کلسیم شده و وظایف آن را در ساختار یاخته گیاهی انجام دهند (Wagstaff *et al.*, 2005). کمبود کلسیم ممکن است نابودی غشای یاخته‌ای را آسان کرده و به دنبال آن فشار آماس کاهش یابد و جریان نشت یاخته‌ای رخ دهد. بنابراین کلسیم به حفظ سفتی و ماندگاری میوه کمک می‌کند (Conway *et al.*, 2002).

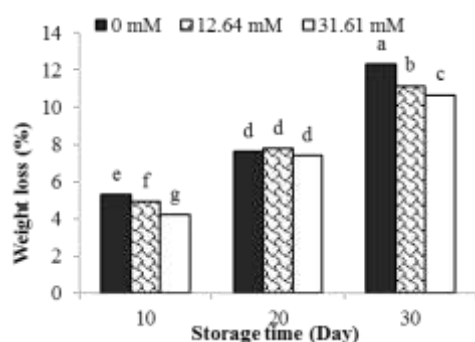
بیشترین درصد کاهش وزن در تیمار شاهد در دهه سوم انبارمانی (۱۲/۳۳ درصد) و کمترین آن (۴/۲۱ درصد) در تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار استات کلسیم در دهه اول انبارمانی بود (شکل ۲). تیمار غوطه‌وری پس از برداشت در محلول استات کلسیم روی کاهش وزن میوه زردآلو مؤثر بود و باعث شد که میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد، کاهش وزن کمتری داشته باشند. اما در زمان انبارمانی درصد کاهش وزن میوه‌ها به تدریج افزایش یافت و این افزایش در میوه‌های شاهد بیشتر از تیمارهای کلسیم بود (شکل ۲).

تأثیر کلسیم در استحکام میوه، به دلیل ترکیب شدن آن با دیواره یاخته‌ای و پلی‌گالاکتروانات غشای میانی صورت می‌گیرد که استحکام دیواره یاخته‌ای را افزایش می‌دهد (Redalen & Glene, 1998). حفظ سفتی در میوه‌های تیمار شده با کلسیم به دلیل تشکیل پیوند بین گروه کربوکسیل آزاد دیواره یاخته‌ای و زنجیره پکتین است که باعث پایداری غشای یاخته‌ای می‌شود (Manganaris *et al.*, 2005). تیمار استات کلسیم در زردآلو با افزایش میزان پوترسین متصل به دیواره یاخته‌ای و اسپرمیدین آزاد در طول دوره انبارمانی باعث افزایش استحکام دیواره یاخته‌ای و در نتیجه سفتی بافت میوه می‌شود (Wagstaff *et al.*, 2005). نقش کلسیم در استحکام غشای بافت‌های گیاهی به راه‌های مختلف بیان می‌شود. بخش قابل توجهی از کلسیم در دیواره یاخته‌ای بافت‌های گیاه جای می‌گیرد. این وضعیت منحصربه‌فرد کلسیم به سبب وجود جایگاه‌های زیاد تثبیت کلسیم در دیواره یاخته‌ای و نیز جابه‌جایی بسیار محدود آن از غشای سیتوپلاسم به درون سیتوپلاسم یاخته است. در تیغه میانی، کلسیم به گروه‌های کربوکسیل مربوط به اسید گالاکترونیک (پکتین) اتصال یافته و پکتات کلسیم محلول کمتر تشکیل می‌شود. از سوی دیگر پکتات موجود در دیواره یاخته‌ای گیاهان به وسیله آنزیم پلی‌گالاکتروناز تجزیه می‌شود. غلظت‌های بالای کلسیم، فعالیت این آنزیم را به شدت کاهش می‌دهد. بنابراین با افزایش میزان کلسیم بافت، فعالیت این آنزیم کاهش یافته و تجزیه



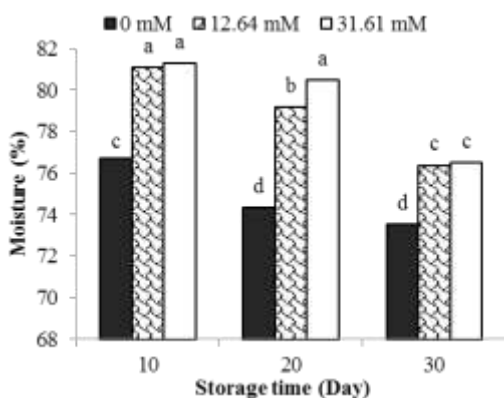
شکل ۱. تأثیر استات کلسیم بر سفتی بافت میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی
Figure 1. Effect of calcium acetate on firmness of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage

میوه‌های تیمارشده با استات کلسیم درصد رطوبت بیشتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند (شکل ۳). به احتمال زیاد کلسیم به‌عنوان یک بازدارنده در برابر عبور گازها باعث کاهش هدررفت آب میوه می‌شود. در میوه‌های گروه شاهد به دلیل افزایش تنفس، دیواره یاخته‌ای نرم‌تر شده و در نتیجه هدررفت آب میوه نیز بیشتر خواهد بود (Manganaris *et al.*, 2005).



شکل ۲. تأثیر استات کلسیم بر کاهش وزن میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

Figure 2. Effect of calcium acetate on fruit weight loss of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage



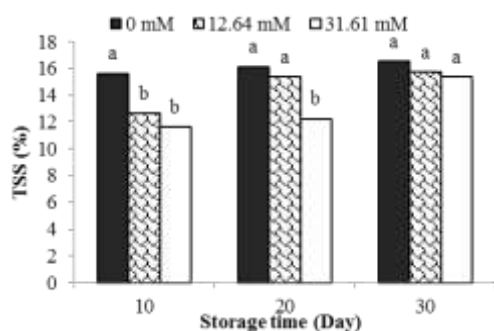
شکل ۳. تأثیر استات کلسیم بر رطوبت میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

Figure 3. Effect of calcium acetate on fruit moisture of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage

میزان مواد جامد محلول (TSS) در میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف استات کلسیم و زمان انبارمانی قرار گرفت. به‌طوری‌که بیشینه TSS (۱۶/۵ درصد) از میوه‌های گروه شاهد ۳۰ روز پس از انبارمانی به دست آمد

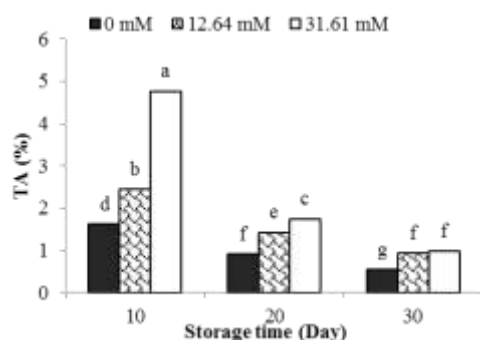
در نتایج بررسی‌های دیگری گزارش شده است، بین میزان تنفس و کاهش وزن میوه رابطه مستقیمی وجود دارد (Yousefi *et al.*, 2015). میزان تنفس و کاهش وزن میوه در محصولاتی مانند زردآلو (Yousefi *et al.*, 2015)، هلو (Manganaris *et al.*, 2005)، آلو (Serrano *et al.*, 2004) و گلابی (Mahajan & Dhatt, 2004) تا چهار برابر محصولاتی مانند مرکبات (Amiri *et al.*, 2009)، انگور (Tsantili *et al.*, 2002) و کیوی (Kazemi *et al.*, 2011) است. نتایج این تحقیق نشان داد، بیشترین میزان کاهش وزن مربوط به میوه‌های تیمار شاهد در دهه سوم انبارمانی بود و تیمارهای کلسیم از کاهش وزن میوه جلوگیری کردند. علت پایین بودن کاهش وزن در میوه‌های تیمارشده با استات کلسیم به حفظ سفتی و استحکام بافت مربوط بوده که به‌طور عمده با کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول تخریب دیواره یاخته‌ای است که تبادل‌های گازی را کاهش می‌دهد (Redalen & Glene, 1998). غوطه‌وری میوه‌ها در استات کلسیم باعث حفظ یکپارچگی غشاها از طریق استحکام پیوند فسفولیپیدها و پروتئین‌ها و کاهش تراوش یونی می‌شود که می‌تواند دلیلی برای جلوگیری از کاهش وزن میوه‌های تیمارشده با کلسیم باشد (Manganaris *et al.*, 2005). در نتایج بررسی‌های دیگری گزارش شده است، میوه‌های گلابی تیمارشده با کلسیم کاهش وزن کمتری در مقایسه با میوه‌های شاهد داشتند (Mahajan & Dhatt, 2004)، که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. همچنین میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با کلسیم همراه با پوشش کیتوزان، کاهش وزن کمتری در انبار نسبت به میوه‌های شاهد داشتند (Gerasopoulos & Drogoudi, 2005). کاهش سرعت تنفس میوه‌ها می‌تواند به دلیل تأخیر در آغاز نقطه اوج تولید اتیلن در مدت انبارمانی باشد (Feng *et al.*, 2006). استات کلسیم باعث حفظ رطوبت میوه زردآلو شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان رطوبت در تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار در دهه اول انبارمانی (۸۶/۵۳ درصد) و کمترین آن در تیمار شاهد (۷۱/۱۲ درصد) در دهه سوم انبارمانی مشاهده شد (شکل ۳). در زمان انبارمانی درصد رطوبت میوه کاهش یافت. به‌طوری‌که

انبارمانی (۳۰ روز) مشاهده شد (شکل ۵). همچنین در طول دوره انبارمانی، TA میوه به تدریج کاهش یافت و در میوه‌های شاهد، کاهش بیشتری مشاهده شد.



شکل ۴. تأثیر استات کلسیم بر مواد جامد محلول (TSS) میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

Figure 4. Effect of calcium acetate on TSS of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage



شکل ۵. تأثیر استات کلسیم بر اسیدیته قابل عیار (TA) میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

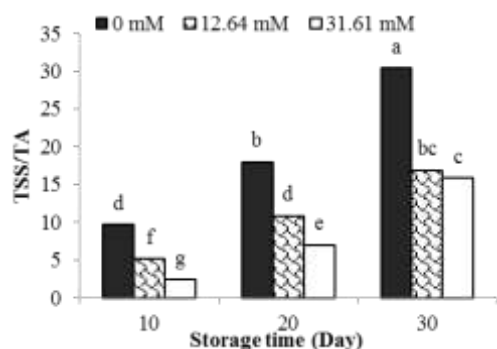
Figure 5. Effect of calcium acetate on titratable acidity (TA) of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage

میزان TA یکی از ویژگی‌های کیفی مهم میوه است. از آنجاکه اسیدهای آلی به‌عنوان پیش‌ماده واکنش‌های آنزیمی تنفس به‌کار می‌روند، انتظار می‌رود در دوره پس از برداشت اسید میوه کاهش یابد و مقادیر pH آن افزایش یابد. می‌توان گفت که استات کلسیم با کاهش تولید اتیلن و سرعت تنفس باعث پایین آوردن سوخت‌وساز (متابولیسم) فرآورده شده و تغییرپذیری‌های TA را کاهش می‌دهد (Wu *et al.*, 2015). کاهش TA به‌علت تغییرپذیری‌های بیوشیمیایی ترکیب‌های آلی میوه در فرآیند تنفس بسیار محتمل است (Ding *et al.*, 1998). پس هر تیماری که باعث

(شکل ۴). به‌عبارت‌دیگر با مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که میوه‌ها در دهه سوم انبارمانی میزان TSS بیشتری داشتند و کمترین میزان آن در دهه اول انبارمانی در تیمارهای کلسیم (۱۲/۶۲ و ۱۱/۶۲ درصد) مشاهده شدند. همچنین در دوره انبارمانی، TSS میوه به تدریج افزایش یافت. اما در میوه‌های شاهد، افزایش TSS از نظر آماری در مدت انبارمانی معنی‌دار نبود (شکل ۴). نتایج این تحقیق با نتایج دیگر پژوهشگران روی سیب (Barreiro *et al.*, 2003)، توت‌فرنگی رقم‌های 'کنت'،^۱ و 'گلووسکاپ'،^۲ (Cheour & Willemot, 1991) و زردآلو (Liu *et al.*, 2009; Montanaro *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2015; Yousefi *et al.*, 2015; Koushesh Saba *et al.*, 2016) همخوانی دارد. افزایش میزان TSS بیانگر آبکافت (هیدرولیز) بیشتر نشاسته گوشت میوه به قندهای هگزوز است. هر چه میزان و سرعت آبکافت نشاسته بیشتر باشد، میوه زودتر نرم شده و در برابر عامل‌های بیماری‌زای انباری آسیب‌پذیرتر می‌شود و عمر انبارمانی آن نیز کاهش می‌یابد. به دنبال آن تولید گاز اتیلن از بافت‌های نرم سبب تحریک آنزیم‌هایی چون پلی‌گالاکتروناز می‌شود که به‌طور مستقیم روی دیواره یاخته‌ای عمل کرده و باعث نرم شدن بیشتر دیواره یاخته‌ای می‌شود (Lester & Grusak, 1999). استات کلسیم با کاهش تنفس و جلوگیری از شکسته شدن قندها باعث حفظ قندها می‌شود درحالی‌که در میوه‌های شاهد به‌دلیل پیشرفت پدیده پیری پلی‌ساکاریدهای دیواره یاخته‌ای هضم شده و TSS افزایش می‌یابد (Manganaris *et al.*, 2005). به‌نظر می‌رسد که کلسیم با به تأخیر انداختن فرآیند رسیدن، مانع افزایش TSS میوه‌ها می‌شود (Tzoutzoukou & Bouranis, 1997).

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، تیمار استات کلسیم باعث حفظ اسیدیته قابل عیار (TA) در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بالاترین میزان TA (۴/۷۷ درصد) در تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار ده روز پس از آغاز انبارمانی و کمترین آن (۰/۵۴ درصد) در تیمار شاهد در پایان دوره

1. Kent
2. Glooscap



شکل ۶. تأثیر استات کلسیم بر شاخص طعم (TSS/TA) میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی
Figure 6. Effect of calcium acetate on flavor index of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage

در زمینه نقش اسید آسکوربیک در مدت انبارمانی گزارش شده است، برای جلوگیری از آسیب و زیان گونه‌های فعال اکسیژن، ترکیب‌های پاداکسنده (اسید آسکوربیک) الکترون خود را در اختیار رادیکال آزاد اکسیژن و دیگر رادیکال‌ها قرار داده و خود اکسیده می‌شوند (Solaimani Aghdam *et al.*, 2011). در مدت انبارمانی میوه توت‌فرنگی، میزان اسید آسکوربیک کاهش یافت (Lara *et al.*, 2004)، ولی در میوه‌های تیمار شده با کلسیم کاهش اسید آسکوربیک کمتر از تیمار شاهد بود که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش همخوانی دارد. کلسیم با داشتن بار مولکولی و اتصال به غشای یاخته‌ای باعث پایداری آن‌ها می‌شود و با این کار از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن به غشاء جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشاها کمک می‌کند و در حقیقت نقش پاداکسنده‌هایی مانند اسید آسکوربیک را بر عهده می‌گیرند و به این طریق از تجزیه اسید آسکوربیک جلوگیری می‌کنند (Lara *et al.*, 2004). کلسیم همچنین با افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، اکسایش سریع اسید آسکوربیک را به تأخیر می‌اندازد (Lara *et al.*, 2004).

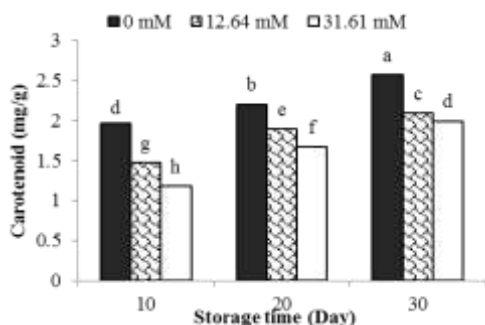
تیمار استات کلسیم و زمان انبارمانی به‌طور معنی‌داری میزان کاروتنوئید میوه زردآلو را تحت تأثیر قرار داد. بیشترین میزان کاروتنوئید (۲/۵۷ mg/g) از تیمار شاهد در دهه سوم انبارمانی و کمترین آن (۱/۱۸ mg/g) از تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار در دهه اول انبارمانی به‌دست آمد (شکل ۸). تیمار غوطه‌وری استات

کاهش سوخت‌وساز و پیری محصول شود، می‌تواند سرعت تغییرپذیری‌های TA را در دوره انبارمانی کاهش دهد (Manganaris *et al.*, 2005).

غوطه‌وری میوه‌های زردآلوی رقم 'شکرپاره' در استات کلسیم روی شاخص طعم (TSS/TA) میوه‌های تیمار شده مؤثر بود و میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد نسبت قند به اسید پایین‌تری داشتند. به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص طعم (۳۰/۴۲) مربوط به میوه‌های گروه شاهد در دهه سوم انبارمانی و کمترین آن (۲/۴۳) در تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار در دهه اول انبارمانی بود (شکل ۶). همچنین در طول زمان انبارمانی شاخص طعم افزایش یافت به‌طوری‌که این افزایش در میوه‌های شاهد نسبت به تیمارهای کلسیم به میزان بیشتری مشاهده شد (شکل ۶). دلیل شاخص طعم پایین‌تر میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد می‌تواند به خاطر تأثیر تیمار کلسیم بر کاهش واکنش‌های آنزیمی چرخه تنفسی باشد (Serrano *et al.*, 2004). تیمار کلسیم بلوغ و رسیدگی میوه را به تأخیر می‌اندازد و مهم‌ترین تأثیر آن در سیتوزول، تنظیم فعالیت تنفسی گیاه است (Liu *et al.*, 2009). همچنین میوه‌های حاوی کلسیم کمتر، سرعت تنفسی بالاتری دارند (Wagstaff *et al.*, 2005). در نتایج بررسی‌های دیگری نیز گزارش شده است، تیمار کلسیم تبدیل نشاسته به قند در میوه‌ها را کاهش می‌دهد و از افزایش شاخص طعم میوه‌ها در مدت انبارمانی جلوگیری می‌کند (Serrano *et al.*, 2004).

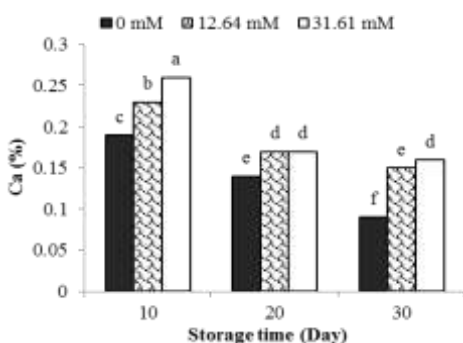
بیشترین میزان اسید آسکوربیک در تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار استات کلسیم در دهه اول انبارمانی و کمترین میزان اسید آسکوربیک در تیمار شاهد در دهه سوم انبارمانی مشاهده شد (شکل ۷). همچنین در دوره انبارمانی، میزان اسید آسکوربیک به‌تدریج کاهش یافت که میزان کاهش در میوه‌های گروه شاهد نسبت به تیمارهای کلسیم بیشتر بود (شکل ۷). تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار نسبت به دیگر تیمارها شاخص‌ترین تیمار در حفظ اسید آسکوربیک میوه‌ها بوده است که ممکن است به دلیل غلظت بالای این ماده باشد که اکسایش (اکسیداسیون) سریع اسید آسکوربیک را به تأخیر انداخته است.

جهانگیری' تیمار شده با کلرید کلسیم، بیشترین میزان کلسیم در بافت میوه در هفته اول انبارمانی و کمترین کلسیم مربوط به هفته دوم انبارمانی و تیمار شاهد بود (Yousefi *et al.*, 2015). همچنین میوه‌های هلوی تیمار شده با کلرید کلسیم نسبت به میوه‌های شاهد کلسیم بیشتری داشتند و به پوسیدگی قهوه‌ای مقاومت نشان دادند (Manganaris *et al.*, 2005).



شکل ۸. تأثیر استات کلسیم بر کاروتنوئید میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

Figure 8. Effect of calcium acetate on carotenoid of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage



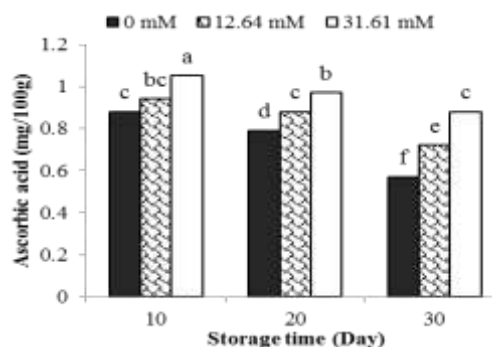
شکل ۹. تأثیر استات کلسیم بر غلظت کلسیم میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

Figure 9. Effect of calcium acetate on calcium concentration of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage

برای محاسبه میزان پوسیدگی از روش تجزیه نافرسانجه‌ای با استفاده از آزمون کرومکال-والیس استفاده شد (شکل ۱۰). در زمان انبارمانی میزان پوسیدگی میوه افزایش یافت و در میوه‌های شاهد، میزان پوسیدگی بیشتری مشاهده شد (شکل ۱۰). میوه‌ها با میزان کلسیم کم سرعت تنفس بیشتری دارند و از این رو دچار فساد می‌شوند. نتایج این پژوهش با یافته‌های گزارش شده در مورد تأثیر کلسیم روی سیب رقم 'گلدن دلشیز' (Chardonnet *et al.*, 2003; Hemmaty *et al.*,

کلسیم باعث شد که میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد، میزان کاروتنوئید کمتری داشته باشند. در زمان انبارمانی میزان کاروتنوئید افزایش یافت که این افزایش در میوه‌های شاهد نسبت به تیمارهای استات کلسیم بیشتر بود (شکل ۸). افزایش میزان کاروتنوئید ممکن است به دلیل تولید اتیلن، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و ایجاد pH اسیدی در نتیجه نشت اسیدهای آلی از واکوئل باشد که تخریب سبزینه (کلروفیل) را به همراه دارد (White & Broadley, 2003).

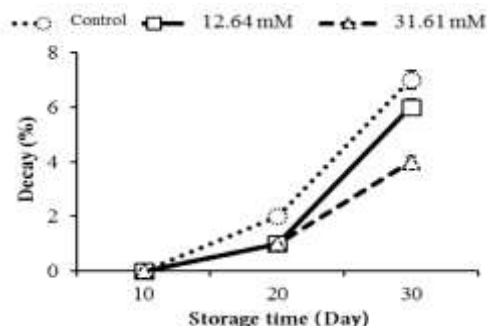
غلظت کلسیم در گوشت میوه به طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت محلول استات کلسیم و زمان انبارمانی قرار گرفت. میوه‌هایی که با استات کلسیم تیمار شدند، نسبت به میوه‌های شاهد غلظت کلسیم بیشتری داشتند، به طوری که بیشترین میزان کلسیم در تیمار ۳۱/۶۱ میلی‌مولار در دهه اول انبارمانی (۲۶ درصد) و کمترین آن در تیمار شاهد در دهه سوم انبارمانی (۰/۰۹ درصد) بود (شکل ۹). در زمان انبارمانی غلظت کلسیم به تدریج کاهش یافت و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۹).



شکل ۷. تأثیر استات کلسیم بر اسید آسکوربیک میوه زردآلوی رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

Figure 7. Effect of calcium acetate on ascorbic acid of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage

میوه‌های زردآلوی تیمار شده با استات کلسیم نسبت به میوه‌های گروه شاهد کلسیم بیشتری داشتند. در طول زمان انبارمانی از غلظت کلسیم کاسته شد. کلسیم یک عنصر ضروری در تقسیم یاخته‌ای، طولیل شدن و رشد میوه است. افزون بر این تأثیر مثبتی بر کیفیت میوه مانند انبارمانی، اسید آسکوربیک و سفتی بافت میوه دارد (Bernadac *et al.*, 1996). در میوه‌های زردآلوی رقم



شکل ۱۰. تأثیر استات کلسیم بر پوسیدگی میوه زردآلو رقم 'شکرپاره' در مدت انبارمانی

Figure 10. Effect of calcium acetate on fruit decay of apricot cv. 'Shekar Pareh' during storage

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد، در دوره انبارمانی، وزن میوه، سفتی بافت میوه، اسیدیته قابل عیار و اسید آسکوربیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت درحالی‌که کل مواد جامد محلول و شاخص طعم افزایش معنی‌داری داشت. تیمار استات کلسیم به‌ویژه غلظت $31/61$ میلی‌مولار تأثیر مثبتی بر حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه زردآلو رقم 'شکرپاره' داشت. بنابر نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان از استات کلسیم به‌صورت تجاری برای افزایش ماندگاری میوه زردآلو استفاده کرد.

(2007) و انگور رقم 'عسگری' (Amiri et al., 2009) همخوانی دارد. کاهش آلودگی و پوسیدگی میوه‌ها بر اثر تیمار پس از برداشت کلسیم می‌تواند به دلیل اتصال یون‌های کلسیم با اسید پکتیک بین یاخته‌های میوه و تشکیل پکتات کلسیم باشد که این ماده نسبت به آنزیم تجزیه‌کننده پلی‌گالاکتروناز مقاوم است (Conway et al., 2002). همچنین کلسیم ساختار و استحکام دیواره یاخته‌ای را افزایش داده و باعث ایجاد مقاومت بافت میوه در برابر حمله خارجی قارچ شده و از این راه سبب افزایش مقاومت بافت‌ها به آنزیم‌های مخرب تولیدشده توسط قارچ‌ها و کاهش آلودگی و پوسیدگی میوه می‌شوند (Lara et al., 2004). افزون بر این میوه‌هایی که کلسیم کمتری نسبت به میوه‌های دارای میزان مناسب کلسیم دارند، زودتر می‌رسند. میزان کلسیم کم در بافت میوه سبب می‌شود که میوه در مدت‌زمان انبارمانی سریع‌تر نرم شود و همچنین لکه سوخته (اسکالد) و عارضه‌های مربوط به دماهای کم و پوسیدگی میوه نیز با سرعت بیشتری پیشرفت کند. این مشکلات همگی ناشی از تأثیر غیرمستقیم غلظت کم کلسیم است که باعث تسریع رسیدن میوه می‌شود و دیگر ضایعات را افزایش می‌دهد (White & Broadley, 2003).

REFERENCES

- Amiri, E. M., Fallahi, E. & Safari, G. (2009). Effects of preharvest calcium sprays on yield, quality and mineral nutrient concentrations of 'Asgari' table grape. *International Journal of Fruit Science*, 9, 294-304.
- 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, 1-8.
- Arya, S. P., Mahajan, M. & Jain, P. (2000). Non-spectrophotometric methods for the determination of vitamin C. *Analytica Chimica Acta*, 417(1), 1-14.
- Barreiro, M. G., Quartin, V., Paula, A. & Campos, P. S. (2003). Influence of postharvest calcium treatments on membrane lipids composition and quality of "Bravo de Esmolfe" apples. *Biblioteca Deficiencias*, 12, 321-325.
- Bernadac, A., Baptiste, I. J., Bertoni, G. & Morard, P. (1996). Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. *Scientia Horticulturae*, 66, 181-189.
- Biehler, E., Mayer, F., Hoffmann, L., Krause, E. & Bohn, T. (2010). Comparison of 3 spectrophotometric methods for carotenoid determination in frequently consumed fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 75, 1-7.
- Chardonnet, C. O., Charron, C. S., Sams, C. E. & Conway, W. S. (2003). Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 97-111.
- Cheour, F. & Willemot, C. (1991). Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of $CaCl_2$. *Journal of Horticultural Science*, 26, 1186-1188.
- Conway, W. S., Sams, C. E. & Hickey, K. D. (2002). Pre and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Horticulturae*, 59, 413-419.
- Ding, C. K., Chachinn, Y., Hamauzu, Y. U. & Imahori Y. (1998). Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 14, 309-315.

11. Emami, A. (1997). *Methods of plant analysis*. Agriculture research and promotion organization. Agriculture ministry. 128 pp. (in Farsi)
12. Feng, J., Maguire, K. M. & MacKay, B. R. (2006). Discrimination batches of Hayward kiwifruit for storage potential. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 128-134.
13. Garcia, J. M., Herrera, S. & Morilla, A. (1996). Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 30-33.
14. 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.
15. Hemmaty, S., Moallemi, N. & Naseri, L. (2007). Effect of UV-C radiation and hot water on the calcium content and postharvest quality of apples. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5, 559-568.
16. Kazemi, M., Aran, M. & Zamani, S. (2011). Effect of calcium chloride and salicylic acid treatments quality on characteristics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) during storage. *American Journal of Plant Physiology*, 6, 183-189.
17. Koushesh Saba, M., Arzani, K. & Barzegar, M. (2016). Impact of postharvest calcium treatments on storage life, biochemical attributes and chilling injury of apricot. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 1355-1366.
18. 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.
19. Lester, G. E. & Grusak, M. A. (1999). Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and netted muskmelons: effects on tissue ion concentration, quality, and senescence. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124, 545-552.
20. Liu, H., Chen, F., Yang, H., Yao, Y., Gong, X., Xin, Y. & Ding, C. (2009). Effect of calcium treatment on nanostructure of chelate-soluble pectin and physicochemical and textural properties of apricot fruits. *Food Research International*, 42, 1131-1140.
21. Mahajan, B. V. C. & Dhatt, A. S. (2004). Studies on postharvest calcium chloride application on storage behavior and quality of Asian pear during cold storage. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2, 157-159.
22. Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. & Mignani, I. (2005). The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry*, 100, 1385-1392.
23. Montanaro, G., Tataranni, G., Mazzeo, M. & Dichio, B. (2010). Transpiration and calcium accumulation in apricot fruit. *Acta Horticulturae*, 862, 429-43.
24. Poovaiah, B. W., Glenn, G. M. & Reddy A. S. N. (1988). Calcium and fruit softening: Physiology and biochemistry. *Horticultural Reviews*, 10, 107-152.
25. Redalen, A. S. N. & Glene, E. M. (1998). Effect of calcium on cell wall structure, protein phosphorylation and protein profile in senescing apples. *Journal of Plant Cell Physiology*, 29, 565-572.
26. Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F. & Valero, D. (2004). Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. *Postharvest Biology and Technology*, 34, 155-167.
27. Solaimani Aghdam, M., Mostofi, Y., Motallebazar, 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.
28. Spinardi, A. M. (2005). Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears. *Acta Horticulturae*, 682, 12-20.
29. Tsantili, E., Konstantinidis, K., Athanasopoulos, P. E. & Pontikis, C. (2002). Effects of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77, 479-484.
30. Tzoutzoukou, C. G. & Bouranis, D. L. (1997). Effect of preharvest application of calcium on the postharvest physiology of apricot fruit. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 295-309.
31. Wagstaff, C., Leverentz, M. K., Griffiths, G., Thomas, B., Chanasut, U., Stead, A. D. & Rogers, H. J. (2005). Cysteine protease gene expression and proteolytic activity during senescence of *Alstromeria* petals. *Journal of Experimental Botany*, 53, 233-240.
32. White, P. J. & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92, 487-511.
33. Wu, B., Guo, Q., Wang, G. X., Peng, X. Y. & Che, F. B. (2015). Effects of different postharvest treatments on the physiology and quality of 'Xiaobai' apricots at room temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2247-2255.
34. Yousefi, S., Amiri, M. E., Mirabdolbaghi, M. & Habibi, F. (2015). Effects of CaCl₂ concentration and spraying time on quality, mineral composition and shelf life of apricot fruit cv. Jahangiri. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 16, 121-136. (in Farsi)