Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 3, Autumn 2018 (669-679)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.220257.1126

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷ (ص ۶۷۹-۶۶۹)

اثر آسکوربات‌کلسیم بر سفتی بافت میوه، فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره‌سلولی و کیفیت پس از برداشت گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند

صدیقه زارع[۱] و محمد سیاری[۲*]
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۲۵)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر نمک آسکوربات‌کلسیم بر انبارمانی میوه گوجه‌فرنگی (برداشت‌شده در مرحله شکست رنگی)، طی ٤٠ روز، مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور زمان انبارمانی در ٤ سطح و تیمار آسکوربات‌کلسیم، در ۳ سطح (غلظت‌های صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) و ۳ تکرار به اجرا درآمد. میوه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در غلظت‌های مذکور غوطه‌ور شده و پس از خشک‌شدن، به سردخانه با دمای ۲±۱۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۹۰٪ انتقال یافته و در دوره‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ روز نگهداری در سردخانه، میزان سفتی، اسیدیته قابل‌تیتراسیون، مواد جامدمحلول، pH، کاروتنوئیدها، ویتامین‌ث، کاهش وزن، فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز، میزان کلسیم و شاخص‌های *L، *a رنگ، اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که طی انبارمانی، سفتی میوه در غلظت ۰/۵ درصد آسکوربات‌کلسیم، کاهش کمتری (۱۳ درصد) نسبت به میوه‌های شاهد نشان داد و غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد این ترکیب، میزان کلسیم را به‌ترتیب ۲۰ و ۲۳ درصد نسبت به میوه‌های شاهد، افزایش دادند. همچنین، شاخص رنگ *L در هر دو غلظت آسکوربات‌کلسیم ۳ درصد و فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز ۲۹ درصد نسبت به شاهد، کاهش داشت. مواد جامدمحلول، اسیدیته قابل‌تیتراسیون، pH، ویتامین‌ث، میزان کارتنوئیدها، کاهش وزن، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و شاخص‌های رنگ *a، *b و کروما تحت تأثیر آسکوربات‌کلسیم قرار نگرفت و زمان انبارمانی بر تمام صفات مورد بررسی، به‌جز اسیدیته قابل‌تیتراسیون، مؤثر واقع شد. نتایج این تحقیق نشان داد که آسکوربات‌کلسیم، توانایی حفظ سفتی و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی را با افزایش میزان کلسیم میوه و کاهش فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، طی انبارمانی، دارد و می‌توان از آن جهت حفظ کیفیت میوه گوجه‌فرنگی در دوره پس از برداشت بهره برد.

واژه‌های کلیدی: سفتی بافت میوه، کیفیت پس از برداشت، فعالیت آنزیمی، مرحله شکست رنگ.

The effect of calcium ascorbate on fruit firmness, cell wall-degrading enzymes activities and postharvest quality of tomato cv. Rio Grande

Sedieghe Zarea[1] and Mohammad Sayyari[2*]
1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(Received: Nov. 15, 2016 - Accepted: Sep. 16, 2017)

ABSTRACT

In this research, the effects of calcium ascorbate (CaA) on storage life of tomato cv. Rio Grande (harvested at color breaking stage) was investigated during 40 days of storage. This study was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with 3 levels of CaA (0, 0.25% and 0.5%) and 4 levels of storage periods. Fruits were dipped in CaA solutions and after drying in room temperature, were transferred to cold storage at 13±1°C. 10, 20, 30 and 40 days after storage, some qualitative parameters, color indices and activities of polygalacturonase and pectin methylesterase enzymes were measured. Results showed that calcium content of treated fruits with 0.25% and 0.5% of CaA were 20 and 23% higher than controls, respectively. The firmness of 0.5% CaA treated fruits had less reduction (13%) during storage in comparison with untreated fruits. L* and pectin methylesterase enzymes of treated fruits with both concentrations were 3% and 29% less than control fruits, respectively. CaA treatments had not significant effects on color indices (a*, b*, Chroma and Hue angel), pH, TA, TSS, vitamin C, carotenoids and polygalacturonase enzyme activity, but storage time affected all measured parameters except TA. Generally, results suggest that CaA have potential in maintaining firmness and quality of stored tomato by increasing calcium contents of fruits and decreasing activity of pectin methylesterase enzyme.

Keywords: Color breaking stage, enzyme activities, fruit firmness, postharvest quality.

* Corresponding author E-mail: m.sayyari@basu.ac.ir; sayyari_m@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گوجه‌فرنگی مهم‌ترین سبزی میوه‌ای جهان است که به‌عنوان یک منبع مهم آنتی‌اکسیدانی در رژیم غذایی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Fanasca *et al*., 2006; Leonardi *et al*., 2000). میوه گوجه‌فرنگی به‌صورت تازه‌خوری و فرآوری‌شده مصرف می‌گردد. میزان ضایعات میوه گوجه‌فرنگی به عواملی همچون ناکافی‌بودن فصل رشد، کشت ارقام نامناسب، عدم کنترل بیماری‌ها، برداشت دیرهنگام، حمل‌ونقل و شرایط انبارمانی نامناسب و عادت بد مصرف‌کننده در هنگام انتخاب محصول، وابسته است (Dundar *et al*., 1995; DeCastro *et al*., 2006). طبق تحقیقات انجام‌شده، مرحله رسیدگی میوه گوجه‌فرنگی می‌تواند مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در کاهش میزان ضایعات پس از برداشت این محصول باشد؛ چرا که برداشت در مرحله سبزبالغ، به‌دلیل سفتی بافت میوه، حداقل خسارت را در زمان برداشت و حمل‌ونقل در پی خواهد داشت (Hatami *et al*., 2012). از سوی دیگر مطالعات زیادی جهت افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها صورت گرفته است. از اتمسفر کنترل‌شده، دمای پایین و تیمار کلسیم به‌طور موفقیت‌آمیزی در کنترل نرم‌شدن و حفظ کیفیت میوه استفاده شده است. در این بین، کاربرد کلسیم، یک روش مؤثر جهت افزایش عمر انبارمانی طیف گسترده‌ای از انواع میوه‌ها معرفی شده است؛ چرا که فساد، نرم‌شدن، تولید اتیلن و میزان پیری را کاهش می‌دهد (Aghdam *et al*., 2012; Rong-yu & Yao-wen, 2003). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کلسیم میوه گوجه‌فرنگی نسبت به برگ‌ها بسیار پایین بوده و کاربرد کلسیم در حفظ سفتی و به تأخیرانداختن رسیدن و پیری این محصول، نقش مهمی ایفا می‌کند (Poovaiah & Nukaya, 1979). میزان فعالیت آنزیم‌های مسئول نرم‌شدن با غلظت کلسیم رابطه عکس دارد؛ در نتیجه، کلسیم به‌عنوان عامل حفظ سفتی و توسعه عمر انباری محصولات، از اهمیت زیادی برخوردار است (Stevens *et al*., 2004). بدین‌منظور، استفاده از ترکیبات حاوی کلسیم همچون کلریدکلسیم، سیترات‌کلسیم و آسکوربات‌کلسیم به‌روش‌های غوطه‌وری یا کاربرد ترکیبی (با تیمار گرمایی، پرتودهی و غیره) در محصولات سالم و برش‌خورده مرسوم است (Barbagallo *et al*., 2012; Silveira *et al*., 2011).

آسکوربات‌کلسیم، ترکیبی است که در زمینه‌های مختلف از جمله صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی، صنایع‌غذایی و نگهداری میوه‌ها و سبزی‌های برش‌خورده به‌کار می‌رود و یکی از مؤثرترین و پرکاربردترین تیمارهایی است که در چند سال اخیر جهت کنترل عارضه قهوه‌ای‌شدن به‌کار گرفته شده است. این عارضه به‌دلیل فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در محصولات تازه‌برش اتفاق می‌افتد و اسیداسکوربیک در ممانعت از قهوه‌ای‌شدن بافت، نقش مستقیم دارد، همچنین جاروب‌کننده قوی گونه‌های واکنش‌گر اکسیژنی است که باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز می‌گردد (Barbagallo *et al*., 2012). آسکوربات‌کلسیم، نرخ تنفس را کاهش می‌دهد؛ بنابراین رسیدن و پیری را به تأخیر می‌افتد. کلسیم نیز می‌تواند با حفظ ساختار غشاء، تأثیر مستقیم بر بافت گذاشته و تغییرات مربوط به فرآیند پیری را کند کرده و پیری را به تأخیر اندازد (Lester & Grusak, 1999). تأثیر آسکوربات‌کلسیم بر کاهش رشد عوامل میکروبی، مربوط به استحکام دیواره‌سلولی است که توسط یون‌های کلسیم و زنجیره پلی‌گالاکترونان ایجاد می‌گردد. کلسیم، استحکام دیواره سلولی و تیغه‌میانی را افزایش می‌دهد و تغییر در ساختار دیواره‌سلولی و نرم‌شدن بافت را کاهش می‌دهد؛ بنابراین در برابر آنزیم‌های تولیدشده توسط قارچ‌ها مقاومت می‌کند. به گزارش Aguayo *et al*. (2010) آسکوربات کلسیم با افزایش محتوای آنتی‌اکسیدانی، سبب توسعه عمر انبارمانی می‌گردد. مکانیزم عمل این ترکیب بدین‌گونه است که با کاهش pH بافت محصول، بر فعالیت بعضی از آنزیم‌ها تأثیر گذاشته و تخریب دیواره‌سلولی را به تأخیر می‌اندازد.

با توجه به پژوهش‌های صورت‌گرفته و نتایج به‌دست‌آمده، آسکوربات‌کلسیم می‌تواند در کاهش ضایعات و حفظ کیفیت در طی دوره انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌های برش‌خورده مؤثر باشد (Barbagallo *et al*., 2012; Fan *et al*., 2005). همچنین به‌دلیل افزایش تقاضا و مصرف روزافزون میوه گوجه‌فرنگی،

Archive of SID

www.SID.ir

کاربرد تیمارهای مناسب در کاهش ضایعات این محصول و حفظ کیفیت آن، به‌خصوص سفتی بافت میوه، در طول دوره پس از برداشت، لازم می‌باشد. لذا هدف از اجرای این طرح، بررسی اثر آسکوربات‌کلسیم بر عمر انباری و میزان فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر سفتی میوه گوجه‌فرنگی سبز بالغ، در طی دوره انبارمانی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه میوه‌ها، اعمال تیمارها و نگهداری در سردخانه

در پاییز سال ۱۳۹۴ میوه گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای رقم ریوگرند (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Rio Grand) در مرحله شکست و تغییر ابتدایی رنگ[1] برداشت گردید (Cantwell, 2000). این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۳ تکرار در آزمایشگاه و سردخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان به اجرا در آمد. فاکتور اول زمان در ۵ سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز) و فاکتور دوم غلظت‌های صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد نمک آسکوربات‌کلسیم بود. نمک آسکوربات‌کلسیم از شرکت اپلیکم[2] تهیه شد و میوه‌ها در غلظت‌های ذکر شده با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه غوطه‌ور شده و در هوای آزاد، خشک شدند. هر ۱۰ میوه، درون ظروف پلاستیکی درب‌دار دارای منفذ، در سردخانه با دمای ۳±۱۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۹۰٪ (Heuvelink, 2005) قرار گرفت و هر ۱۰ روز یک‌بار، اندازه‌گیری صفات مورد نظر انجام شد.

صفات اندازه‌گیری‌شده

جهت اندازه‌گیری مواد جامدمحلول، از رفراکتومتر[3] دستی (مدل N1، ساخت شرکت آتاگو ژاپن) در دمای اتاق استفاده گردید و عدد قرائت‌شده برحسب درجه بریکس بیان شد. اندازه‌گیری pH به‌وسیله دستگاه پی‌اچ متر (متر اهم، سویس) صورت گرفت. اسیدیته قابل تیتراسیون، بر اساس روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال، تعیین شد و مقدار اسید کل، برحسب درصد اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه و بر اساس فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$TA = (N.V_b.E/V_g)\ 100 \quad (1)$$

TA= اسیدیته قابل تیتراسیون، N= نرمالیته سود مصرفی، V_b= حجم سود مصرفی، E= وزن اکی‌والان اسیدسیتریک (۰/۰۶۴)، V_g= حجم آب میوه

کاهش وزن بر اساس اختلاف وزن نسبت به زمان شروع آزمایش، اندازه‌گیری و طبق فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$\text{درصد کاهش وزن} = (M1\text{-}M2/M1) \times ۱۰۰ \quad (2)$$

شکل ۱. میوه گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند برداشت‌شده در مرحله شکست رنگی

Figure 1. Tomato fruits cv. Rio Grand harvested at colour breaking stage

جهت اندازه‌گیری سفتی، از دستگاه سفتی‌سنج، مدل Wagner ساخت ایتالیا، با قطر پیستون ۰/۳ سانتی‌متر استفاده شد و بر حسب کیلوگرم بر میلی‌متر مربع گزارش شد.

ویتامین ث به‌روش تیتراسیون با دی‌کلروفنول ایندوفنل (Javanmardi & Kubota, 2006) اندازه‌گیری شد. در این روش، ۵ گرم ماده گیاهی به‌علاوه ۵ سی‌سی متافسفریک ۱ درصد در هاون‌چینی مخلوط گردید. پس از عبور از صافی، ۵ گرم از آن برداشته و با ۵ میلی‌لیتر متافسفریک ۱ درصد ترکیب شد (این ترکیب حاوی ۲/۵ گرم ماده گیاهی است) در ادامه با دی‌کلروفنول‌اندوفنل ۰/۰۲۵درصد، تیتر شد. توقف تیتر، با ظهور رنگ صورتی کم‌رنگ و پایداری آن به‌مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه بود و میزان دی‌کلروفنول‌اندوفنل مصرفی ثبت گردید. ویتامین‌ث برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده گیاهی بیان شد.

$$\text{ویتامین ث} = (V \times T) / (W) \times ۱۰۰ \quad (3)$$

1. Breaker
2. Applichem
3. Refractometer

Archive of SID

www.SID.ir

V= میزان دی‌کلروفنول‌اندوفنل مصرفی، T= میلی‌اکی‌والان استاندارد ویتامین‌ث و W= گرم ماده گیاهی.

برای اندازه‌گیری کاروتنوئیدها و کلروفیل a و b، از روش Pascale *et al.* (2001) استفاده شد و محاسبه کاروتنوئیدها با استفاده از فرمول‌های زیر صورت گرفت.

$$Ca\ (\mu g/ml) = 12.25A663 - 2.79A646 \quad (۴)$$

$$Cb(\mu g/ml) = 21.5A646 - 5.1A663 \quad (۵)$$

$$Carotenoids\ (\mu g\ ml^{-1}) = \frac{(1000A470 - 1.82\ Ca - 85.02\ Cb)}{198} \quad (۶)$$

Ca= کلروفیل a، Cb= کلروفیل b و a مقدار جذب نور در طول موج‌های ذکر شده است.

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز، ابتدا عصاره مورد نظر (Stevens *et al.*, 2004) از میوه‌ها استخراج و با استفاده از روش گراس (Gross, 1982) مورد سنجش قرار گرفت. بدین‌منظور ۱۰۰ میکرولیتر عصاره با ۳۰۰میکرولیتر پلی‌گالاکترونیک‌اسید ۰/۵ درصد مخلوط شد و ۳۰ دقیقه در انکوباتور با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس با ۲ میلی‌لیتر بافر بورات، با pH ۹ (جهت توقف واکنش) ترکیب شد. میزان جذب این ترکیب در طول موج ۲۹۵ نانومتر، با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید و میزان فعالیت آنزیم بر اساس منحنی استاندارد، بر حسب میکرومول اکی‌والان اسیدگالاکترونیک بر گرم میوه بر دقیقه بیان شد. میزان فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز به‌روش Fachin *et al.* (2002) ارزیابی و بر اساس فرمول زیر محاسبه شد.

$$PME\ (\mu molproduct/min/gfw) = \frac{(\frac{\Delta V\ NaOH}{\Delta t}) + N + 1000}{\Delta s} \quad (۷)$$

ΔV= حجم سود مصرفی، ΔT= مدت زمان تیمار (۱۵ ثانیه)، N= نرمالیته سود مصرفی، VS= حجم نمونه (۱۵/۵میلی‌لیتر).

کلسیم بافت میوه، با استفاده از روش هضم تر، استخراج و غلظت آن توسط دستگاه ICP مدل GBC/intgra X برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم قرائت گردید (Saftner *et al.*, 1998). شاخص‌های رنگ (l^*, a^*) تمام میوه‌ها نیز در مراحل مختلف انبارداری، با دستگاه رنگ‌سنج دیجیتال قابل‌حمل (مدل HP-200) سنجیده شد (Johnston, 2009).

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رابطه همبستگی بین صفات، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

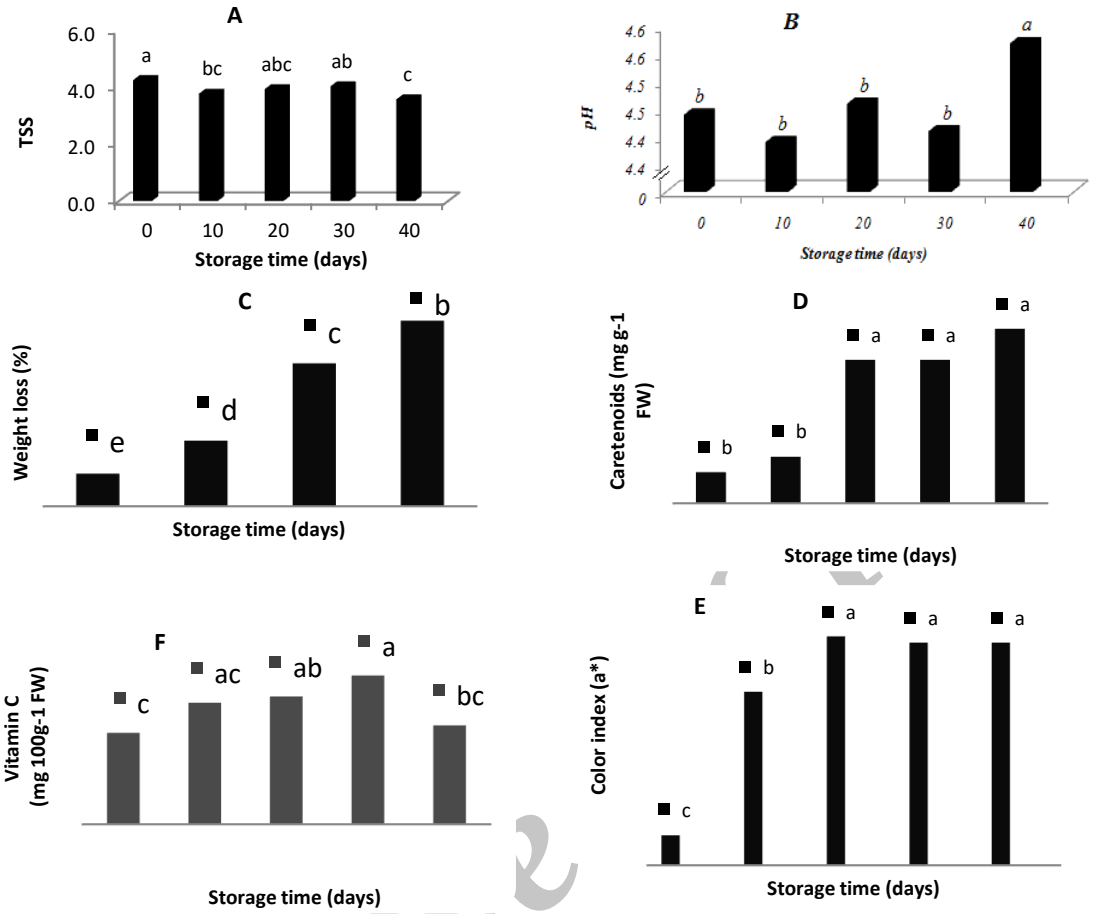
نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دوره انبارمانی بر pH، کاروتنوئیدها، ویتامین‌ث، درصد کاهش وزن، شاخص‌های رنگ، فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز، سفتی و میزان کلسیم بافت، در سطح احتمال یک درصد و مواد جامدمحلول در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار و بر میزان اسیدیته قابل‌تیتراسیون مؤثر نبود. از طرفی اثر سطوح مختلف آسکوربات‌کلسیم بر فعالیت آنزیم پکتین‌متیل استراز در سطح احتمال یک درصد و بر شاخص رنگ L^*، سفتی و میزان کلسیم درسطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار شد؛ هرچند که بقیه صفات تحت تأثیر قرار نگرفتند (جدول۱). اثر متقابل آسکوربات‌کلسیم و دوره‌های انبارمانی بر میزان سفتی در سطح احتمال یک درصد و بر میزان کلسیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری شد (شکل A, B-۵). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده زمان انبارمانی، نشان داد که با افزایش دوره انباری، مواد جامد محلول ۱۹ درصد نسبت به اولین روز انبارمانی کاهش و pH میوه‌ها ۳ درصد افزایش داشت (شکل A, B-۲). ویتامین‌ث بیشترین مقدار را در روز ۳۰ انبارمانی با ۶۲ درصد افزایش نشان داد و در ادامه تا پایان دوره کاهش پیدا کرد (شکل E-۲). درصد کاهش وزن در طول زمان ۲۵ درصد افزایش یافت و همچنین ۸۲ درصد افزایش میزان کاروتنوئیدها در پایان زمان انبارمانی مشاهده شد (شکل C, D-۲). پس از گذشت ۲۰ روز، میزان شاخص رنگ a^*، ۹۰/۳۷ درصد نسبت به روز اول افزایش نشان داد؛ اما اختلاف معنی‌داری بین روز ۲۰، ۳۰ و ۴۰ انبارمانی دیده نشد (شکل F-۲). فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی نیز در طول دوره انبار افزایش پیدا کرد (شکل ۳). میزان سفتی میوه‌ها (شکل A-۵) در پایان دوره انبارمانی، تقریباً دو برابر نسبت به روز اول کاهش یافت و محتوای کلسیم نیز نسبت به روز اول ۶۹

Archive of SID

www.SID.ir

درصد افزایش یافت (شکل B-۵).



شکل ۲. اثر زمان نگهداری بر میزان مواد جامد محلول (A)، پی اچ (B)، درصد کاهش وزن (C)، محتوای کارتنوئید (D)، میزان ویتامین‌ث (E) و شاخص a رنگ (F)، میوه گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند. (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با هم ندارند).

Figure 2. The effect of storage time on TSS (A), pH (B), weight loss (C),caretenoids contents (D), vitamin C (E) and color index a* (F) of tomato fruit cv. Rio Grand. (Values followed by different letters had significant difference according to Duncan's Multiple Range Test at $p < 0.05$).

اثر ساده تیمار آسکوربات‌کلسیم نیز (جدول ۲) نشان داد که میوه‌های تیمارشده نسبت به میوه‌های شاهد، دارای میزان کلسیم بیشتری بوده هر چند که تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف اسکوربات‌کلسیم مشاهده نشد. همچنین فعالیت آنزیم پکتین متیل‌استراز به‌میزان ۲۹ درصد، در میوه‌های تیمارشده کاهش پیدا کرد و اثر غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسکوربات‌کلسیم بیشتر از غلظت ۰/۲۵ میلی‌مولار آن بود؛ هر چند که اختلاف معنی‌داری بین آنها یافت نشد، اما با شاهد کاملاً متفاوت بودند. نتایج شکل A-۵، که به بررسی اثر متقابل زمان انباری و تیمارهای به‌کاررفته بر روی سفتی بافت میوه پرداخته است، نشان می‌دهد که در سه زمان پایانی دوره انبار، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و میوه‌های شاهد مشاهده شد. کاهش سفتی بافت میوه در طول دوره انبار، که امری طبیعی است اتفاق افتاده و تیمارها تا حدودی روند کاهش را کند نموده‌اند؛ که شاید بتوان به محتوای کلسیم میوه ارتباط داد؛ چرا که در شکل B-۲ میوه‌های دارای سفتی بالا، از میزان کلسیم بیشتری هم برخوردارند که در دوره آخر انبار، این موضوع بیشتر صادق است؛ چرا که میوه‌های تیمارشده دارای کلسیم بسیار بالاتری از میوه‌های شاهد هستند.

Archive

www.SID.ir

بحث

در این پژوهش، تغییرات مواد جامدمحلول از روند خاصی پیروی نکرد؛ ابتدا تا روز دهم ۱۳ درصد کاهش نشان داد، سپس تا روز ۳۰ انبارمانی افزایش داشت و مجدداً در انتهای دوره، نسبت به روز اول ۱۹ درصد کاهش یافت. در بازه زمانی یک تا ۱۰ روز انبارمانی، میوه از مرحله سبز بالغ به مرحله صورتی، تغییر رنگ می‌دهد. از آنجایی که گوجه‌فرنگی میوه‌ای فرازگرا است، اوج تنفسی (پیک تنفس) در این بازه زمانی رخ می‌دهد؛ لذا قندها در این فرآیند مصرف‌شده و مواد جامدمحلول کاهش می‌یابد (Yoshida *et al.*, 1984)، که قسمت اعظم مواد جامد محلول را قند تشکیل می‌دهد. به‌هنگام رسیدن کامل میوه بر روی بوته، میزان مواد جامدمحلول به حداکثر می‌رسد؛ ولی طی رسیدن میوه در انبار، به‌دلیل مصرف در تنفس، مقدار آن کاهش می‌یابد که Betancourt *et al.* (1977) نیز چنین روندی را گزارش کرده است.

در پژوهش حاضر، میزان کاهش اسید قابل تیتراسیون، بسیار جزئی بود و تحت‌تأثیر هیچ‌یک از عوامل قرار نگرفت که با گزارش Fan *et al.* (2005) مطابقت داشت.

مقدار pH، در مدت نگه‌داری، با رسیدن میوه افزایش می‌یابد که می‌تواند در اثر مصرف اسیدهای آلی در طول زمان باشد (Rong-Yu & Yao-Wen, 2003; Sadeghipour *et al.*, 2012). با کاربرد پوشش فعال متیل‌سلولز (متیل‌سلولز، گلیسرول و سوربات‌پتاسیم) گزارش شده است که در میوه گوجه‌فرنگی، پوشش‌دهی، میزان تغییرات pH را در مدت نگه‌داری، کاهش می‌دهد که چنین استنباط می‌شود در دوره آخر، میوه در حالت بیش از حد رسیده است و دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد دمای بهینه نگه‌داری میوه قرمز نیست (Hatami *et al.*, 2012). لذا در دمای بالا، تنفس افزایش می‌یابد، اسیدهای آلی مصرف می‌شوند و نهایتاً pH افزایش می‌یابد (pH با اسید قابل تیتراسیون رابطه عکس دارد).

کاهش وزن میوه‌ها، طی انبارمانی، افزایش یافت؛ که کاملاً موردانتظار بود. با نگهداری گوجه‌فرنگی در دمای ۱۲ و ۵ درجه سانتی‌گراد، گزارش شده است که با گذشت زمان، تعرق از سطح پوست میوه افزایش یافته و این کاهش رطوبت، باعث کاهش وزن میوه می‌گردد (Javanmardi & Kubota, 2006). از طرفی افزایش شدت تنفس در دمای بالا در انبار نسبت به دمای پایین، کاهش وزن بیشتری را سبب می‌شود. از سوی دیگر آسکوربات‌کلسیم استحکام دیواره‌سلولی و فشار تورژسانس را بهبود می‌بخشد؛ بنابراین می‌تواند از دست‌دهی آب را تا حدودی کنترل کند (Stevens *et al.*, 2004).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار اسکوربات‌کلسیم و زمان انبارمانی بر برخی صفات میوه گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند، طی ۴۰ روز انبارمانی

Table 1. Anova for calcium ascorbate (CaA) and storage time (T) effects on some attributes of tomato fruits during 40 days storage

Sources of variance	df	Mean squares											
		Poly galactronase	Pectin methyl estrase	Calcium content	Wight loss	Caretenoieds	Vitamin C	pH	Titratable acidity (TA)	Total soluble solid	L*	a*	Firmness
(T)	4	0.078**	0.09**	175.57**	69.55**	0.28**	30.83**	0.04**	0.003^{ns}	0.6*	184**	1593**	22.86**
(CaA)	2	0.01^{ns}	0.07**	167.19*	0.36^{ns}	0.01^{ns}	2.13^{ns}	0.01^{ns}	0.004^{ns}	0.009^{ns}	8.57*	0.43^{ns}	0.64*
CaA × T	8	0.003^{ns}	0.02^{ns}	73.43*	0.52^{ns}	0.009^{ns}	12.20^{ns}	0.004^{ns}	0.002^{ns}	0.39^{ns}	4.07^{ns}	1.6^{ns}	1.63**
Error	30	0.005	0.009	32.13	1.15	0.02	6.06	0.008	0.002	0.17	2.52	5.82	0.11
C. V. (%)		28.84	19.09	23.11	25.41	26.03	24.25	2.05	14.71	10.63	3.38	8.7	9.00

**، * و ns: نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

**, *, ns: significantly differences at the 1 and 5% of probability levels, and ns represent non- significant, respectively.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسکوربات‌کلسیم بر صفات میوه گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند طی ۴۰ روز انبارمانی

Table 2. Mean comparision of storage time effects on some attributes of tomato fruits during 40 days storage

Calcium ascorbate (%)	Evaluated attributes										
	L*	a*	PG (µ mol product/min/ g fw)	PME (µ mol product/min/ g fw)	Calcium content (mg kg^{-1} DW)	Weight loss (%)	Caretenoids (mg g^{-1} FW)	Vitamin C (mg/100 g fw)	pH	TA (%)	TSS (^{0}Brix)
0	47.67^{a}	27.48^{a}	0.26^{a}	0.57^{a}	20.75^{b}	4.36^{a}	0.24^{a}	9.83^{a}	4.45^{a}	0.32^{a}	3.9^{a}
0.25	46.02^{b}	27.71^{a}	0.23^{a}	0.48^{b}	25.97^{a}	4.30^{a}	0.29^{a}	10.04^{a}	4.4^{a}	0.28^{a}	3.9^{a}
0.5	46.05^{b}	27.78^{a}	0.28^{a}	0.44^{b}	26.98^{a}	4.03^{a}	0.31^{a}	10.60^{a}	4.43^{a}	0.30^{a}	3.8^{a}

Archive of SID

www.SID.ir

**، * و ns: نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.
**, *, ns: significantly differences at the 1 and 5% of probability levels, and ns represent non- significant, respectively.

بیشترین میزان ویتامین‌ث در دوره ۳۰ روزه انبارمانی مشاهده شد (شکل E-۲) در گزارشی آمده است که تأثیر کاربرد آسکوربات‌کلسیم بر میزان ویتامین‌ث موقتی است و پس از مدتی به‌طور برگشت‌ناپذیر اکسید می‌شود (Lee & Kader, 2000). گزارش دیگری حاکی است که، هرچند میزان ویتامین‌ث سیب تازه‌برش در تیمار ۷٪، طی ۲۱ روز کاهش یافت؛ اما نسبت به نمونه شاهد از ویتامین‌ث بالاتری در پایان دوره انبار، برخوردار بود (Fan *et al*., 2005). نتایج حاصل از این تحقیق، با گزارش‌های فوق منطبق بود. در تحقیقی گزارش شده است که مقدار ویتامین‌ث گوجه‌فرنگی، در طول فرآیند رسیدن افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که در مرحله شکست رنگ، میزان ویتامین‌ث ۶۹ درصد مرحله قرمز رسیده است (Betancourt *et al*., 1977). ۳۰ روز پس از انبارمانی، با مرحله قرمز سفت میوه مصادف بود که در این زمان، بیشترین میزان ویتامین‌ث وجود دارد. همان‌طور که ذکر شد، دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد دمای بهینه نگهداری گوجه‌فرنگی قرمز نیست (دمای بهینه در این مرحله ۸ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد است) و ویتامین‌ث در دمای بالاتر راحت‌تر تجزیه می‌شود که با گزارش Lee & Kader (2000)، مطابقت داشت.

میزان کاروتنوئیدها، در ابتدا به‌دلیل رنگ سبز میوه گوجه‌فرنگی، بسیار ناچیز بود و با گذشت زمان، میزان کاروتنوئیدها افزایش یافت. در مرحله سبزبالغ، کاهش سریع میزان کلروفیل‌ها و به‌دنبال آن با شروع مرحله صورتی، حذف کامل کلروفیل‌ها صورت می‌گیرد. با رسیدن میوه، تخریب کلروفیل‌ها و تجمع کاروتنوئیدها اتفاق می‌افتد (Dumas *et al*., 2003). Flores *et al*. (2009) بیان داشتند که محتوای کاروتنوئیدها با افزایش غلظت تیمار کلسیم از ۲ به ۸ میلی‌مولار، کاهش یافت. Fanasca *et al*. (2006) نیز گزارش کردند تیمار کلسیم سبب کاهش لیکوپن و تیمار پتاسیم باعث افزایش لیکوپن می‌گردد؛ چرا که کلسیم بر بیوسنتز اتیلن، تأثیر گذاشته و فرآیند رسیدن و رنگ‌گیری میوه را به تعویق می‌اندازد و پتاسیم در سنتز کاروتنوئیدها نقش دارد. عدم تأثیر آسکوربات‌کلسیم در این تحقیق، ممکن است به‌دلیل درصد کم (۱۰ درصد) کلسیم این ترکیب و انبارمانی طولانی مدت (۴۰ روز) باشد.

طبق جدول ۲، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز تحت تأثیر غلظت‌های مختلف آسکوربات‌کلسیم قرار نگرفت. مطالعات نشان می‌دهد که میوه‌های نابالغ، دارای مقادیر بسیار اندک این آنزیم بوده و با رسیده‌تر شدن میوه، فعالیت این آنزیم به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد (Hobson, 1981). البته آنزیم پلی‌گالاکتروناز، تنها آنزیم دخیل در نرم‌شدن بافت‌میوه نیست، آنزیم‌های مثل پکتین‌متیل‌استراز و سلولاز (*Cellulase*) نیز در کاهش سفتی گوجه‌فرنگی دخیل هستند (Barka *et al*., 2000). کاربرد آسکوربات‌کلسیم و تیمار گرمایی، بر تازه‌برش بادمجان (Barbagallo *et al*., 2012) و خربزه (Nunes *et al*., 1998) سبب کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز گردید. نتایج فوق با نتایج Mostofi *et al*. (2003) مطابقت داشت. می‌توان چنین استنباط کرد که آسکوربات‌کلسیم به‌همراه گرمادهی، تأثیر بیشتری در جذب کلسیم و کاهش فعالیت آنزیم‌ها، طی مدت انبارمانی دارد. از سوی دیگر، آسکوربات‌کلسیم حاوی ۱۰٪ و کلریدکلسیم حاوی ۳۶٪، کلسیم است. در مقایسه این دو ترکیب، می‌توان چنین بیان کرد که آسکوربات‌کلسیم به‌دلیل میزان کمتر کلسیم و کاربرد آن به‌تنهایی، در این پژوهش، باعث عدم تأثیر بر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز شده است.

آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، از دیگر آنزیم‌های است که در کاهش سفتی بافت میوه نقش دارد. تیمار آسکوربات‌کلسیم فعالیت این آنزیم را ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. نتایج این تحقیق با گزارش Barbagallo *et al*. (2012) در تازه‌برش بادمجان و Silveira *et al*. (2011) در خربزه برش‌خورده، مطابقت داشت. در جهت کاهش فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، یون‌هایی مانند کلسیم دخیل هستند. این عنصر با زنجیره متیل- پکتین، ساختاری را تشکیل می‌دهد که باعث افزایش استحکام، در بافت‌های گیاهی می‌گردد (Whitaker, 1991). Yoshida *et al*. (1984) بیان داشتند که آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، ابتدا زنجیره پکتینی

Archive of SID

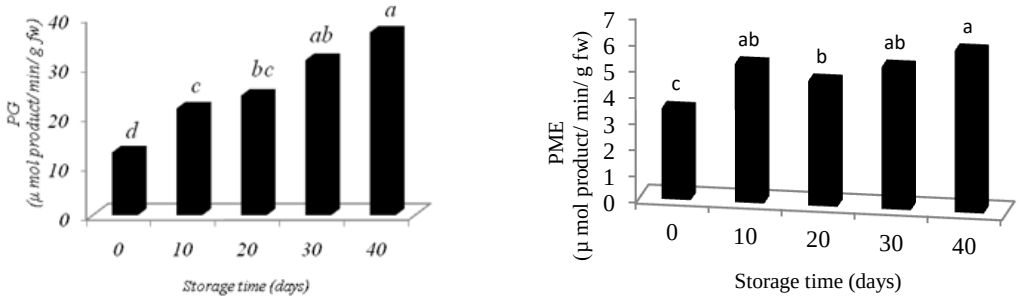
www.SID.ir

را تجزیه می‌کند و سپس بستر مناسب جهت فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز را مهیا می‌کند؛ به‌همین دلیل آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، از ابتدا تا روز ۱۰ انبار، افزایش می‌یابد. فعالیت این آنزیم در روز ۳۰ انبار، افزایش مجدد را نشان می‌دهد. سیر صعودی فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز در این زمان را می‌توان چنین توجیه کرد که میوه در مرحله رسیدگی کامل و شروع مرحله پیری است.

بر اساس شکل ۵، غلظت ۰/۵درصد آسکوربات‌کلسیم در حفظ سفتی میوه بیشترین تأثیر را نشان داد. این ترکیب محتوای کلسیم بافت میوه، به‌ویژه در تیغه‌میانی دیواره‌سلولی را افزایش می‌دهد؛ بنابراین مقاومت بافت در برابر آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره‌سلولی افزایش یافته، فشار تورژسانس بهبود می‌یابد و سفتی به‌مقدار قابل‌قبولی حفظ می‌گردد (Barbagallo *et al*., 2012). همچنین کلسیم با بلوکه‌کردن تبادلات‌گازی، استحکام غشاءسلولی را افزایش می‌دهد و سفتی بافت، حفظ می‌شود (Saftner *et al*., 1998). در گزارشی مشابه از Silveira *et al*. (2011) آسکوربات‌کلسیم و تیمار گرمایی (۶۰ درجه سانتی‌گراد در یک دقیقه)، توانست سفتی خربزه برش‌خورده را طی ۱۰ روز انبارمانی، به‌طور مطلوب حفظ کند. نتایج فوق با یافته‌های حاصل از این گزارش تطابق داشت.

میزان کلسیم در تیمار آسکوربات‌کلسیم، نسبت به شاهد افزایش داشت (شکل ۴). به هنگام تیمار، کلسیم در فضای بین‌سلولی سلول‌های سطحی به‌صورت محلول در می‌آید و به‌تدریج به فضای دیواره‌سلولی سلول‌هایی با کلسیم کمتر حرکت می‌کند؛ سرانجام اتصال بیشتر کلسیم با دیواره سلول، باعث حفظ سفتی بافت میوه می‌گردد. از سوی دیگر، کلسیم با متصل‌کردن پروتئین‌ها به فسفولیپیدهای غشای‌سلول، از فعالیت آنزیم‌های تولیدکننده اتیلن که ساختاری پروتئینی داشته و به غشای‌سلولی متصل‌اند می‌کاهد. بنابراین، کلسیم با اثر ممانعت‌کنندگی، تولید اتیلن را کاهش و در حفظ سفتی میوه، نقش خود را ایفا می‌کند (Sayyari & Rahemi, 2003; Vicente *et al*., 2007).

نرخ توسعه رنگ قرمز در میوه گوجه‌فرنگی، با افزایش رسیدن افزایش می‌یابد و بیشترین تغییر رنگ از مرحله سبزرسیده تا مرحله صورتی است (Batu, 2004). شاخص *L، درجه روشنایی و شفافیت رنگ را نشان می‌دهد که طی انبارمانی کاهش یافته است (شکل ۴). می‌توان چنین گفت که کلسیم، با جلوگیری از فعالیت اتیلن، سبب کاهش توسعه رنگ می‌شود؛ بنابراین می‌تواند درخشندگی گوجه‌فرنگی را تا حدودی حفظ کند. از آنجایی‌که شفافیت رنگ سبز، بیشتر از رنگ قرمز است شاخص *L کاهش یافته است. شاخص رنگ *a، پارامتری خوبی برای نشان‌دادن توسعه رنگ قرمز و درجه‌رسیدگی در میوه گوجه‌فرنگی است (Batu, 2004). Hatami *et al*. (2012) بیان داشتند دماهای مختلف پس از برداشت، بر رنگ‌دانه‌های میوه گوجه‌فرنگی مؤثر است و گوجه‌فرنگی نگه‌داری‌شده در دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد، از رنگ‌گیری مناسب و شاخص *a بالاتری بعد از ۴۰ روز انبارمانی برخوردار بود؛ درحالی‌که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، رنگ‌گیری میوه‌ها ناچیز بود.

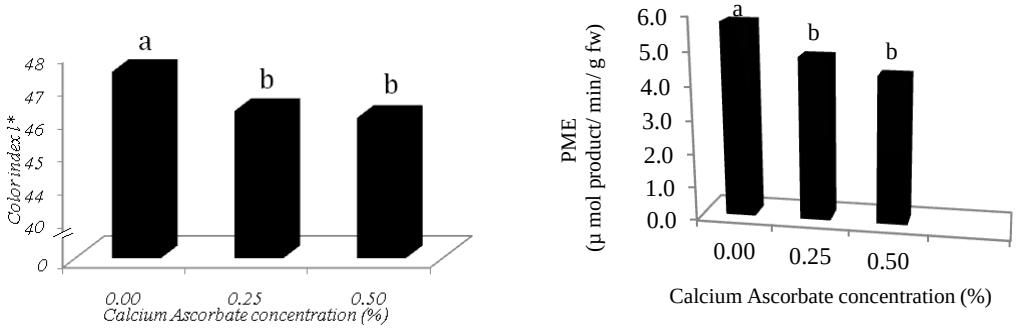


شکل ۳. اثر زمان نگهداری بر فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز میوه گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند. (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند).

Archive of SID

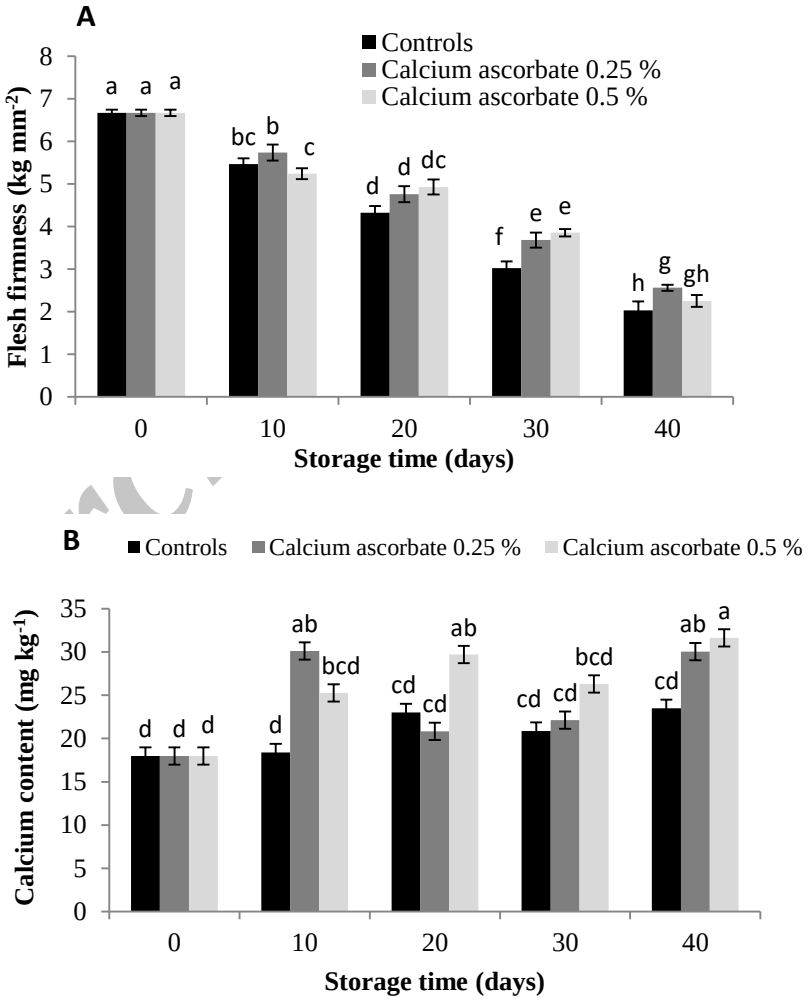
www.SID.ir

Figure 3. The effect of storage time on activities of polygalactonase and pectin methyl esterase enzymes of tomato fruit cv. Rio Grand. (Values followed by different letters had significant difference according to Duncan's Multiple Range Test at $p < 0.05$).



شکل ۴. اثر کلسیم‌اسکوربات بر فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز و شاخص L رنگ میوه گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند. (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با هم ندارند).

Figure 4. The effect of calcium ascorbate treatments on activities of pectin methyl esterase enzyme and color index l* of tomato fruit cv. Rio Grand. (Values followed by different letters had significant difference according to Duncan's Multiple Range Test at $p < 0.05$).



شکل ۵. اثر متقابل اسکوربات‌کلسیم و زمان انبارمانی بر سفتی بافت (A) و کلسیم (B) میوه گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند. (ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند، خط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد از میانگین است).

Figure 5. Interaction effects of calcium ascorbate treatments and storage time on flesh firmness (A) and calcium

www.SID.ir

content (B) of tomato fruit cv. Rio Grand. (Values followed by different letters had significant difference according to Duncan's Multiple Range Test at $p < 0.05$).

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد آسکوربات‌کلسیم، در طول نگهداری میوه گوجه‌فرنگی، سبب حفظ بعضی از شاخص‌های کیفی میوه و نیز کاهش فعالیت آنزیم پکتین-متیل‌استراز شد؛ که به‌دنبال آن، سفتی میوه حفظ گردید. تأثیر تیمارها تا ۳۰ روز نگهداری کاملاً مشهود بود؛ اما پس از آن، اندک اثری از تیمارها مشاهده می‌شود که شاید به‌دلیل رسیدن کامل میوه‌ها باشد و میوه رسیده را باید در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد نگهداری نمود. بر اساس این نتایج، تیمار آسکوربات‌کلسیم قابل توصیه بوده، که بر روی میوه سبزرسیده، در پس از برداشت بکار رفته و میوه‌ها در دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد تا ۳۰ روز نگهداری شوند و پس از آن دمای نگهداری به ۸ درجه سانتی‌گراد کاهش یابد.

REFERENCES

1. Aghdam, M. S., Hassanpouraghdam, M. B., Paliyath, G. & Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae, 144*, 102-115.
2. Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R. & Woolf, A. (2010). Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology, 57*(1), 52-60 .
3. Barbagallo, R. N., Chisari, M. & Caputa, G. (2012). Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'birgah'eggplants. *Postharvest Biology and Technology, 73*, 107-114 .
4. Barka, E. A., Kalantari, S., Makhlouf, J. & Arul, J. (2000). Impact of uv-c irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (lycopersicon esculentum l.) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*(3), 667-671 .
5. Batu, A. (2004). Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering, 61*(3), 471-475 .
6. Betancourt, L. A., Stevens, M. A. & Kader, A. A. (1977). Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102, 721-723 .
7. Bolin, H. R. & Huxsoll, C. C. (1989) .Storage stability of minimally processed fruit. *Journal of Food Processing and Preservation, 13*(4), 281-292 .
8. Cantwell, M. (2000). Optimum procedures for ripening tomatoes. *Management of fruit ripening. Postharvest Horticultural Series*, 9, 80-88 .
9. De Castro, L. R., Cortez, L. A. & Vigneault, C. (2006). Effect of sorting, refrigeration and packaging on tomato shelf life. *Journal of Food, Agriculture and Environment, 4*(1), 70 .
10. Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. & Grolier, P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidantcontent of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 83*(5), 369-382 .
11. Dündar, Ö., Paksoy, M. & Abak, K. (1995). *Quality changes during cold storage of tomato fruits grown in different substrates.* Paper presented at the I International Symposium on Solanacea for Fresh Market 412.
12. Fachin, D., Loey, A. v., VanLoeyIndrawati, A., Ludikhuyze, L. & Hendrickx, M. (2002). Thermal and high-pressure inactivation of tomato polygalacturonase: A kinetic study. *Journal of Food Science, 67*(5), 1610-1615 .
13. Fan, X., Niemera, B. A., Mattheis, J. E., Zhuang, H. & Olson, D. W. (2005). Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. *Journal of Food Science, 70*(2), S143-S148 .
14. Fanasca, S., Colla, G., Rouphael, Y., Saccardo, F., Maiani, G., Venneria, E. & Azzini, E. (2006). Evolution of nutritional value of two tomato genotypes grown in soilless culture as affected by macrocation proportions. *HortScience, 41*(7), 1584-1588 .
15. Flores, K., Sánchez, M.-T., Pérez-Marín, D., Guerrero, J.-E. & Garrido-Varo, A. (2009). Feasibility in nirs instruments for predicting internal quality in intact tomato. *Journal of Food Engineering, 91*(2), 311-318 .
16. Gross, K. C. (1982). A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. *HortScience, 17*, 933-934 .

Archive of SID

www.SID.ir

17. Hatami, M., Kalantari, S. & Delshad, M. (2012). Effect of hot water treatment andstorage temperature conditions on mature green tomato. *Iranian Journal of Horticultural Sciences, 43*(2), 113-123.
18. Heuvelink, E. (2005). *Tomatoes.* (Vol. 13): CABI.
19. Hobson, G. (1981). Enzymes and texture changes during ripening. *Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 123-132 .
20. Javanmardi, J. & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology, 41*(2), 151-155 .
21. Johnston, W. M. (2009). Color measurement in dentistry. *Journal of Dentistry, 37*, 2-6 .
22. Lee, S. K. & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin c content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology, 20*(3), 207-220 .
23. Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F. & Fogliano, V. (2000). Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes .*Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*(10), 4723-4727 .
24. Lester, G. E. & Grusak, M. A. (1999). Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and netted muskmelons: Effects on tissue ion concentrations, quality, and senescence. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 124*(5), 545-552 .
25. Marschner, H. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants, vol. 89: Academic press.
26. Mitcham, E. J. & McDonald, R. E. (1992). Cell wall modification during ripening ofkeitt'andtommy atkins' mango fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 117*(6), 919-924.
27. Mostofi, Y., Toivonen, P. M., Lessani, H., Babalar, M. & Lu, C. (2003). Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology, 27*(3), 285-292 .
28. Nunes, M., Brecht, J., Morais, A. & Sargent, S. (1998). Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *Journal of Food Science, 63*(6), 1033-1036 .
29. Pascale, S. D., Maggio, A., Fogliano, V., Ambrosino, P. & Ritieni, A. (2001). Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(4), 447-453.
30. Poovaiah, B. & Nukaya, A. (1979). Polygalacturonase and cellulase enzymes in the normal Rutgers and mutant rin tomato fruits and their relationship to the respiratory climacteric. *Plant Physiology, 64*(4), 534-537 .
31. Rong-yu, Z. & Yao-wen, H. (2003). Influence of hydroxypropyl methylcellulose edible coating on fresh-keeping and storability of tomato. *Journal of Zhejiang University Science, 4*(1), 109-113 .
32. Sadeghipour, M., Badii, F., Behmadi, H. & Bazyar, B. (2012). The effect of methyl cellulose based active edible coatings on the storage life of tomato. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 9*(35), 89-99 .
33. Saftner, R. A., Conway, W. S. & Sams, C. E. (1998). Effects of postharvest calcium and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit-surface injury ingolden delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 123*(2), 294-298 .
34. Sayyari, M. & Rahemi, M. (2003). Role of heat treatment, calcium chloride and potassium permanganate on storage life and fruit firmness of golden delicious apple) *malus domestica* borkh). *JWSS-Isfahan University of Technology, 6*(4), 67-77 .
35. Silveira, A. C., Aguayo, E., Chisari, M. & Artés, F. (2011). Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'galia'melon. *Postharvest Biology and Technology*, 62, 77-84.
36. Stevens, C., Liu, J., Khan, V., Lu, J., Kabwe, M., Wilson, C. & Droby, S. (2004). The effects of low-dose ultraviolet light-c treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and rhizopus soft rot development of tomatoes. *Crop Protection*, 23(6), 551-554 .
37. Vicente, A. R., Saladie, M., Rose, J. K. & Labavitch, J. M. (2007). The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: Looking to the future. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(8), 1435-1448 .
38. Whitaker, B. D. (1991). Changes in lipids of tomato fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Phytochemistry, 30*(3), 757-761 .
39. Yoshida, O., Nakagawa, H., Ogura, N. & Sato, T. (1984). Effect of heat treatment on the development of polygalacturonase activity in tomato fruit during ripening. *Plant and Cell Physiology, 25*(3), 505-509.

Archive of SID

www.SID.ir