

## بررسی اثرات محلول پاشی کلرید کلسیم روی برگ و میوه بر ویژگی های فیزیولوژیکی میوه خربزه درختی (*Carica papaya L. cv. Eksotika II*) در مرحله پس از برداشت

امین میرشکاری<sup>۱\*</sup> و بابک مدنی<sup>۲</sup>

۱- \*نویسنده مسئول: استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران (a\_mirshकारी@yu.ac.ir)

۲- دانش آموخته دکتری علوم باغبانی، گروه علوم زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پوترا مالزی، سلانگور، مالزی و استادیار مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، هرمزگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

### چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر روش محلول پاشی کلرید کلسیم بر کیفیت میوه خربزه درختی (*Carica papaya L. cv. Eksotika II*) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو عامل کلرید کلسیم با غلظت های (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) و روش محلول پاشی (برگی، میوه ای و برگ + میوه) اجرا گردید. محلول پاشی ۲۱ روز پس از مرحله گلدهی شروع شده و هر دو هفته یک بار طی شش نوبت ادامه یافت. مقدار کلسیم، منیزیم، تنفس، اتیلن، سفتی بافت، اسید قابل تیتر، مواد جامد محلول، استحکام دیواره سلولی و کیفیت میوه پس از سه هفته انبارمانی در دمای  $12 \pm 1$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد اندازه گیری شد. بیشترین میزان کلسیم میوه در روش محلول پاشی برگ + میوه و کمترین آن در محلول پاشی برگی مشاهده گردید. کمترین مقدار منیزیم پوست و گوشت میوه در روش محلول پاشی میوه + برگ و بیشترین آن در محلول پاشی برگی وجود داشت. شدت تنفس و تولید اتیلن میوه در روش محلول پاشی میوه + برگ در غلظت های مختلف کلسیم کاهش یافت. کمترین میزان غلظت مواد جامد محلول میوه در روش محلول پاشی برگ + میوه مشاهده شد و روش میوه ای و برگ بعد از آن قرار گرفتند. ولی تأثیر روش محلول پاشی روی اسید قابل تیتر میوه معکوس بود. به طور کلی، با افزایش غلظت کلرید کلسیم تا حداکثر ۱/۵ درصد در محلول پاشی میوه و برگ + میوه مقدار کلسیم در پوست و گوشت میوه، اسید قابل تیتر و کیفیت کلی میوه افزایش یافت. در حالی که، افزایش غلظت کلسیم در محلول پاشی برگی بر میزان کلسیم پوست و گوشت میوه اثری نداشت اما اسید قابل تیتر افزایش یافت. بنابراین روش برگ + میوه بر کیفیت میوه خربزه درختی مؤثرتر بود.

کلید واژه ها: انبارمانی، تغذیه، اتیلن، کیفیت میوه

### مقدمه

باعث کاهش کیفیت میوه و عمر انبارمانی آن می گردد (Serrano et al., 2002; Agusti et al., 2004).

در گیاهان، انتقال عنصر کلسیم از طریق مسیر طولانی آوند چوبی صورت می گیرد (Marschner, 1995). پس، کلسیم بیشتر به برگ منتقل می شود. حرکت کند کلسیم از برگ به میوه، رشد میوه را تحت تأثیر قرار می دهد (Kadir, 2005). بنابراین، محلول پاشی کلسیم روی میوه به طور معنی داری باعث استحکام تراکم غشاء و دیواره

خربزه درختی (*Carica papaya L. cv. Eksotika II*) یک میوه گرمسیری و یکی از مهم ترین میوه ها در مالزی است (Ali et al., 2010). رقم پر محصول اگزوتیکا ۲ به دلیل عطر دلپذیر محبوبیت آن در بازارهای بومی و جهانی افزایش یافته است (Madani et al., 2013). با این وجود، میوه آن به سرعت نرم شده و کیفیت خود را از دست می دهد. مقدار کلسیم (Ca) پایین

## مواد و روش‌ها

### محل آزمایش و تیمارهای آزمایشی

این مطالعه بر روی ۱۲۰ اصله درخت یکنواخت خربزه درختی رقم آگروتیکای دو با ۹ ماه سن در دانشگاه پوترای مالزی در سال ۲۰۱۲ انجام گرفت. عملیات کوددهی رایج طبق توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی مالزی به‌طور یکسان برای همه تیمارها اعمال شد. نوع خاک رسی شنی با اسیدیته (pH=5) و میزان کلسیم، منیزیم و پتاسیم خاک به ترتیب ۱/۵۶، ۰/۴۴ و ۰/۲۲ میلی گرم در گرم بود.

این تحقیق با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد که فاکتورها شامل قسمت‌های هوایی گیاه (برگ، میوه و برگ + میوه) و غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) بود. محلول پاشی با کلرید کلسیم ۲۱ روز پس از مرحله گل‌دهی شروع شده و هر دو هفته یکبار طی شش نوبت ادامه یافت. درختان شاهد با آب اسپری شدند. برای جلوگیری از هرگونه نشت محلول، در طول مدت محلول پاشی سطح زمین در محدوده سایه‌انداز درخت و سایر بخش‌های گیاه به جز اندام مورد نظر بستگی به نوع تیمار با پلاستیک پلی اتیلن پوشیده شدند. میوه‌ها در شاخص دو از رسیدگی یعنی سبز با نوارهای زرد با شکل و به اندازه یکنواخت ۵۰۰ تا ۵۵۰ گرم برداشت و در جعبه‌های تجاری مخصوص خربزه درختی بسته‌بندی شده و در سردخانه با دمای  $12 \pm 1$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد نگهداری شدند. اندازه‌گیری صفات برای ارزیابی تیمارها پس از سه هفته انبارمانی صورت پذیرفت.

### اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم

نمونه‌هایی از برگ‌های بالغ، گوشت و پوست میوه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و به وسیله خردکن دارای الک دو میلی متری خرد شدند. پس از آن، ابتدا پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به مواد خرد شده اضافه سپس دو میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۵۰ درصد افزوده شد. نمونه‌ها برای هضم در دمای ۲۸۵

سلولی، و کاهش اختلالات فیزیولوژیکی شده و کیفیت میوه را افزایش می‌دهد (Malakouti et al., 1999).

گزارش شده است میوه‌های کیوی محلول پاشی شده با کلرید کلسیم سفت‌تر بودند و با افزایش غلظت کلسیم، اسید قابل تیترا افزایش و غلظت مواد جامد محلول در میوه کاهش یافت (Gerasopoulos et al., 1996). محلول پاشی قبل از برداشت سیب با کلرید کلسیم باعث افزایش استحکام بافت و اسید قابل تیترا و کاهش غلظت مواد جامد محلول گردید (Dris and Niskanen, 1999). محلول پاشی کلرید کلسیم روی برگ همراه با میوه باعث بهبود ثبات و استحکام بافت و میزان کلسیم در میوه گلابی شد و تغییر رنگ را به تأخیر انداخت (Bhat et al., 2012). تیمار قبل از برداشت کلسیم به میوه و برگ توت‌فرنگی در افزایش کلسیم، استحکام بافت، اسیدیته و محتوای اسید اسکوربیک میوه مؤثر بود (Singh et al., 2007). محلول پاشی کلرید کلسیم به شاخ و برگ و میوه‌های فلفل شیرین باعث بهبود استحکام بافت میوه و کاهش پوسیدگی شد (Toivonen and Bowen, 1999).

کاربرد قبل از برداشت کلسیم روی بخش‌های مختلف هوایی خربزه درختی به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است. Qiu et al. (1995) هیچ نتیجه‌ای از تأثیر تیمار کلرید کلسیم ۲ درصد بر کیفیت میوه خربزه درختی دریافت نکردند. در صورتی که اثرات کلرید کلسیم (۰/۵ تا ۲ درصد) بر مقدار کلسیم میوه خربزه درختی را در زمان برداشت گزارش نموده‌اند (Madani et al., 2013). Dris et al. (1999) رابطه مثبت بین مقدار کلسیم داخلی برگ با اسید قابل تیترا میوه و رابطه منفی آن را با غلظت مواد جامد محلول در سیب گزارش نمودند. با توجه به این‌که اطلاعاتی در مورد تأثیر روش‌های مختلف محلول پاشی کلسیم بر کیفیت پس از برداشت میوه خربزه درختی در دسترس نیست. هدف از این پژوهش بررسی اثرات روش‌های محلول پاشی و غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم روی برگ، میوه یا برگ + میوه بر کیفیت پس از برداشت میوه خربزه درختی بود.

میوه خربزه درختی نشان داد که در تیمارهای محلول‌پاشی روی میوه و برگ + میوه با افزایش غلظت کلرید کلسیم مقدار کلسیم در پوست به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. در صورتی که، در روش محلول‌پاشی برگ‌گی تغییری با افزایش غلظت کلرید کلسیم مشاهده نشد. بیشترین مقدار کلسیم در پوست میوه در محلول‌پاشی میوه و برگ + میوه و کمترین آن در محلول‌پاشی برگ‌گی ثبت شد به طوری که در غلظت‌های بیش از نیم درصد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند. از طرف دیگر، در روش محلول‌پاشی میوه و برگ + میوه مقدار کلسیم گوشت میوه با افزایش غلظت کلرید کلسیم تا یک درصد افزایش یافته و پس از آن اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد و از لحاظ عددی کمی کاهش داشته است (جدول ۱).

با این حال، در محلول‌پاشی برگ‌گی تفاوت معنی‌داری در مقدار کلسیم گوشت میوه خربزه درختی مشاهده نشد. علاوه بر این، بیشترین مقدار کلسیم گوشت میوه در محلول‌پاشی میوه و برگ + میوه مشاهده شد و کمترین در روش برگ‌گی ثبت شد. نتایج مقدار کلسیم در برگ نشان داد که با افزایش غلظت کلرید کلسیم تا یک درصد در تیمار برگ‌گی و برگ + میوه مقدار کلسیم افزایش و پس از آن کمی کاهش یافته است (جدول ۱). در مقابل، در محلول‌پاشی میوه‌ای تفاوت معنی‌داری با شاهد وجود ندارد. با این حال، بیشترین مقدار کلسیم برگ‌گی با محلول‌پاشی برگ‌گی و برگ + میوه و کمترین آن در روش میوه‌ای ثبت گردید.

محلول‌پاشی قبل از برداشت خربزه درختی با کلرید کلسیم روی میوه و برگ + میوه، مقدار کلسیم در پوست و گوشت میوه را تحت تأثیر قرار داد. افزایش قابل توجه مقدار کلسیم در پوست و گوشت میوه نشان می‌دهد که کلسیم خارجی به اپیدرم میوه نفوذ کرده و به ترکیبات پیچیده دیواره سلولی می‌پیوندد و از آنجا با انتشار از طریق آپوپلاست، به بافت‌های غیرآوندی گوشت میوه منتقل می‌گردد (Saure, 2005). غلظت‌های بالاتر کلرید کلسیم سبب افزایش متناسب کلسیم در میوه شد. محلول‌پاشی کلسیم هم‌زمان با رشد میوه و پس از

درجه سلسیوس به مدت ۴۰ دقیقه درون یک فلاسک قرار داده شدند. پس از هضم، در دمای اتاق خنک شده و با آب دوبار تقطیر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسیدند. برای تعیین میزان کلسیم و منیزیم از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (Perkin Elmer, Model 3110) استفاده شد و نتایج بر مبنای میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیان گردید.

### تعیین شدت تنفس و تولید اتیلن

تولید اتیلن و شدت تنفس با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Clarus-500, Perkin-Elmer, USA) اندازه‌گیری شد (Saltveit, 1982). میزان شدت تنفس و تولید اتیلن به ترتیب با مقیاس میلی‌لیتر و میکرولیتر در کیلوگرم در ساعت بیان شد.

### ارزیابی صفات فیزیکی و بیوشیمیایی

استحکام بافت گوشت میوه خربزه درختی با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (Instron, Model 5540, USA) اندازه‌گیری شد و نتایج بر اساس نیوتن (N) بیان گردید. برای اندازه‌گیری اسید قابل‌تیتراژ از روش (Ranggana, 1986) استفاده شد و نتایج به صورت درصدی از اسید سیتریک در هر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بیان گردید. غلظت مواد جامد محلول موجود در میوه خربزه درختی به وسیله فرآکتومتر دستی (N-3000E, Atago Co., Tokyo, Japan) مشخص و به صورت درصد گزارش شد. برای سنجش کیفیت کلی میوه، یک پانل شش نفره تشکیل شد. ارزیابی حسی برای کیفیت کلی میوه با شاخص‌های طعم، بافت و پسند ظاهر میوه با استفاده از مقیاس کیفی که شامل صفر تا پنج درجه می‌شد انجام گرفت (Ali et al., 2010). به طوری که عدد صفر برای بسیار ضعیف و پنج برای عالی منظور و میانگین سه شاخص به عنوان کیفیت کلی بیان شد.

### تجزیه آماری

اطلاعات با استفاده از تجزیه واریانس به وسیله نرم‌افزار آماری سیستم SAS9.1) مورد ارزیابی و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

#### مقدار کلسیم

نتایج حاصله از اندازه‌گیری مقدار کلسیم در پوست

روزنه‌ها به برگ جذب شده و باعث افزایش غلظت آن در برگ گردد (Nabigol, 2012). نتایج حاصل از این مطالعه در خریزه درختی نشان داد که کلسیم نمی‌تواند از برگ به میوه و بر عکس انتقال یابد. میزان کلسیم در میوه به‌عنوان یک شاخص تعیین‌کننده در اختلالات فیزیولوژیکی، عمر انبارمانی، نرم شدن، و کیفیت کلی میوه شناخته شده است (Yuen, 1994). غلظت پایین کلسیم در بافت گوشت میوه به انتقال اختصاصی این ماده غذایی در گیاه ارتباط دارد (Wojcik and Borowik, 2013). کلسیم به دلیل انتقال از مسیر آوند چوبی بیشتر به برگ‌های تعلق‌کننده منتقل می‌شود. از آن جایی که حرکت کلسیم در مسیر تعلق است به مقدار اندک و یا هیچ انتقالی از برگ به میوه رخ نمی‌دهد (Serrano et al., 2002). این بحث نتایج ما را تأیید می‌کند که محلول پاشی برگ‌گی در انتقال کلسیم از برگ به میوه مؤثر نیست.

برداشت از روش‌های بهبود کلسیم درونی میوه‌ها است (Raese and Drake, 2000). محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم در افزایش مقدار کلسیم و ارزش غذایی میوه توت‌فرنگی مؤثر بود (Wojcik and Borowik, 2007). (Singh et al., 2007) گزارش نمودند که محلول پاشی کلسیم روی میوه و برگ‌های درخت سیب باعث افزایش مقدار کلسیم در میوه شد. هم‌چنین محلول پاشی قبل از برداشت کلسیم روی میوه منتج به افزایش میزان کلسیم در میوه درآگون شد (Ghani et al., 2011). نتایج این تحقیق با نتایج آن‌ها منطبق است. پس، عدم تغییر در مقدار کلسیم میوه با محلول پاشی برگ‌گی عدم تحرک کلسیم از برگ به میوه را نشان می‌دهد. افزایش کلسیم در برگ‌ها با محلول پاشی برگ‌گی و برگ + میوه تأیید می‌کند که کلسیم می‌تواند از طریق

جدول ۱- اثر متقابل روش محلول پاشی و غلظت کلرید کلسیم بر میزان جذب کلسیم و منیزیم در خریزه درختی  
Table 1. Interaction effects of spray method and CaCl<sub>2</sub> concentration on Ca and Mg absorption in papaya

میزیم پوست میوه Mg in pulp	میزیم پوست میوه Mg in peel	کلسیم برگ Ca in leaf	کلسیم گوشت میوه Ca in pulp	کلسیم پوست میوه Ca in peel	کلرید کلسیم CaCl <sub>2</sub> درصد (%)	محلول پاشی Spray (method)
(میلی‌گرم در گرم وزن خشک) (mg/g DW)					شاهد (C)	
4.00 <sup>c</sup>	7.88 <sup>c</sup>	11.50 <sup>d</sup>	6.18 <sup>c</sup>	11.38 <sup>e</sup>	0.5	برگ leaf
5.14 <sup>b</sup>	10.90 <sup>b</sup>	18.25 <sup>c</sup>	6.38 <sup>c</sup>	10.98 <sup>e</sup>	1	
7.23 <sup>a</sup>	15.28 <sup>a</sup>	24.50 <sup>ab</sup>	6.85 <sup>bc</sup>	11.30 <sup>e</sup>	1.5	
7.90 <sup>a</sup>	16.58 <sup>a</sup>	25.00 <sup>ab</sup>	7.40 <sup>bc</sup>	10.80 <sup>e</sup>	2	
8.09 <sup>a</sup>	16.75 <sup>a</sup>	20.75 <sup>bc</sup>	7.38 <sup>bc</sup>	11.28 <sup>e</sup>	شاهد (C)	میوه Fruit
4.00 <sup>c</sup>	7.88 <sup>c</sup>	11.50 <sup>d</sup>	6.18 <sup>c</sup>	11.38 <sup>e</sup>	0.5	
3.63 <sup>c</sup>	7.15 <sup>cd</sup>	11.65 <sup>d</sup>	7.88 <sup>bc</sup>	14.13 <sup>de</sup>	1	
3.42 <sup>c</sup>	6.35 <sup>cd</sup>	11.88 <sup>d</sup>	11.80 <sup>a</sup>	15.20 <sup>cd</sup>	1.5	
3.39 <sup>c</sup>	5.23 <sup>d</sup>	11.48 <sup>d</sup>	11.95 <sup>a</sup>	18.50 <sup>bc</sup>	2	23.93 <sup>a</sup>
3.38 <sup>c</sup>	5.23 <sup>d</sup>	11.63 <sup>d</sup>	11.25 <sup>a</sup>	23.93 <sup>a</sup>	شاهد (C)	برگ + میوه Fruit + Leaf
4.00 <sup>c</sup>	7.88 <sup>c</sup>	11.50 <sup>d</sup>	6.18 <sup>c</sup>	11.38 <sup>e</sup>	0.5	
3.64 <sup>c</sup>	7.28 <sup>cd</sup>	18.65 <sup>c</sup>	8.73 <sup>b</sup>	14.05 <sup>de</sup>	1	
3.76 <sup>c</sup>	7.16 <sup>cd</sup>	27.06 <sup>a</sup>	12.46 <sup>a</sup>	16.60 <sup>cd</sup>	1.5	
3.46 <sup>c</sup>	5.26 <sup>d</sup>	26.00 <sup>ab</sup>	12.86 <sup>a</sup>	20.20 <sup>b</sup>	2	26.10 <sup>a</sup>
3.42 <sup>c</sup>	5.22 <sup>d</sup>	22.96 <sup>abc</sup>	11.50 <sup>a</sup>	26.10 <sup>a</sup>	ضرب تغییرات (درصد)	
15.26	15.58	18.63	13.55	15.03	C.V. (%)	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters in each column is not significant difference by Duncan test at 5%.

**مقدار منیزیم**

در محلول پاشی روی میوه و برگ + میوه با افزایش غلظت کلسیم، میزان منیزیم در پوست میوه به طور معنی داری کاهش یافت. در حالی که در محلول پاشی برگ با افزایش غلظت کلرید کلسیم، مقدار منیزیم در پوست میوه افزایش یافته است. هم چنین، بیشترین مقدار منیزیم در پوست میوه با محلول پاشی برگ + میوه ثبت شد. از سوی دیگر، همین روند برای میزان منیزیم در گوشت میوه خربزه درختی همانند پوست میوه مشاهده گردید (جدول ۱). کاهش مقدار منیزیم در پوست و گوشت میوه با محلول پاشی میوه و برگ + میوه در نتیجه اثر تضاد بین کلسیم و منیزیم است (Mills and Benton-Jones, 1996). با این حال، افزایش کلسیم در برگ با محلول پاشی برگ می ممکن است منجر به انتقال منیزیم به سایر بخش های گیاه شود. از آنجا که کلسیم یک یون بی تحرک است و نمی تواند از برگ به دیگر بخش ها انتقال یابد در نتیجه اثر تضاد آن با منیزیم بروز می نماید؛ بنابراین، برای حفظ تعادل یونی در گیاه کلسیم انتقال منیزیم به میوه را تحت تأثیر قرار می دهد (Morard et al., 1996). این موضوع حرکت منیزیم از برگ به میوه به جای کلسیم را تأیید می کند. این نتایج با تضاد گزارش شده بین کلسیم و منیزیم در گوجه فرنگی هم خوانی دارد (Morard et al., 1996). هم چنین با نتایج ما در خصوص عدم تغییر کلسیم و افزایش میزان منیزیم در میوه با محلول پاشی برگ ارتباط دارد.

**شدت تنفس، تولید اتیلن، سفتی بافت**

در تیمار محلول پاشی برگ با افزایش غلظت کلسیم، تفاوت معنی داری در شدت تنفس میوه مشاهده نشد. در حالی که، در محلول پاشی میوه و برگ + میوه با افزایش غلظت کلسیم شدت تنفس به طور معنی داری کاهش یافت. هم چنین، کمترین میزان تنفس برای میوه های حاصل از تیمار میوه و برگ + میوه و بیشترین برای تیمار برگ ثبت گردید. همین روند ثبت شده برای شدت تنفس در خصوص تولید اتیلن نیز مشاهده شد (جدول ۲).

در محلول پاشی برگ با افزایش غلظت کلسیم تفاوت

معنی داری در سفتی بافت میوه خربزه درختی به وجود نیامد. اما در محلول پاشی میوه و برگ + میوه با افزایش غلظت کلرید کلسیم سفتی بافت میوه به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین مقدار سفتی بافت میوه در روش میوه ای بیش از دو برابر و در روش برگ + میوه حدود ۲/۴ برابر نسبت به محلول پاشی برگ + میوه در غلظت ۱/۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۲).

در تیمارهای محلول پاشی میوه و برگ + میوه در مقایسه با تیمار برگ با افزایش غلظت کلسیم، تولید اتیلن و شدت تنفس میوه های خربزه درختی کاهش یافت. شدت تنفس شاخص خوبی برای انبارمانی و عمر قفسه ای میوه ها و سبزی های تازه است. تنفس بالاتر منجر به انبارمانی کوتاه تر می شود (Kader, 2002). هر عاملی که باعث کاهش تولید اتیلن شود پیری را به تأخیر می اندازد (Sams and Conway, 1984). در این مطالعه، عدم تغییر در تولید اتیلن و شدت تنفس در محلول پاشی برگ می ممکن است به عدم انتقال کلسیم از برگ به میوه مرتبط باشد. محلول پاشی کلسیم به برگ + میوه فرآیند رسیدن میوه انبه را از طریق کاهش تنفس به تعویق انداخت (Singh et al., 1993). (Recasens et al., 2004) گزارش نمودند که تیمار قبل از برداشت کلرید کلسیم در درختان سیب باعث کاهش سرعت تنفس گردید. نتایج این مطالعه با گزارش محققان در تیمار محلول پاشی میوه و برگ + میوه که سبب کاهش شدت تنفس و تولید اتیلن شد انطباق دارد. رسیدن در میوه خربزه درختی با نرم شدن سریع و یک باره آغاز می گردد به طوری که رفتار یک میوه فراز گرای شاخص را منعکس می کند (Paul and Duarte, 2011). کلسیم با حفظ استحکام غشاء سلولی و کاهش فروپاشی بافت ها، رسیدن میوه را به تأخیر می اندازد (Sams and Conway, 1984)؛ هم چنین پیشنهاد (Toivonen and Bowen, 1999) شده است که کلسیم با جلوگیری از انحلال باندهای کلسیمی دیواره سلولی که محل فعال شدن سیستم تولید اتیلن واقع در اتصالات پیچیده غشای پلاسمایی است، تولید اتیلن را به تأخیر می اندازد (Agusti et al., 2004).

جدول ۲- اثر متقابل روش محلول پاشی و غلظت کلرید کلسیم بر شدت تنفس، تولید اتیلن، سفتی بافت، اسید قابل تیتر و مواد جامد محلول در میوه خربزه درختی

Table 2. Interaction effects of spray method and CaCl<sub>2</sub> concentration on respiration rate, ethylene, firmness, titratable acidity (TA) and soluble solid content (SSC) in papaya

مواد جامد محلول (درصد) SSC (%)	اسید قابل تیتر (درصد) TA (%)	سفتی بافت (نیوتن) Firmness (N)	اتیلن (میلی لیتر در کیلوگرم در ساعت) Ethylene ( $\mu\text{l/kg h}$ )	شدت تنفس (میلی لیتر در کیلوگرم در ساعت) Respiration ( $\text{ml/kg h}$ )	کلرید کلسیم (درصد) CaCl <sub>2</sub> (%)	محلول پاشی Spray (method)
11.68 <sup>a</sup>	0.11 <sup>f</sup>	3.88 <sup>c</sup>	11.08 <sup>a</sup>	23.13 <sup>a</sup>	(C) شاهد	
11.65 <sup>a</sup>	0.13 <sup>ef</sup>	4.13 <sup>c</sup>	11.18 <sup>a</sup>	23.10 <sup>a</sup>	0.5	برگ
11.13 <sup>a</sup>	0.14 <sup>de</sup>	4.38 <sup>c</sup>	11.21 <sup>a</sup>	22.75 <sup>a</sup>	1	Leaf
9.43 <sup>b</sup>	0.16 <sup>cd</sup>	4.13 <sup>c</sup>	10.97 <sup>a</sup>	22.68 <sup>a</sup>	1.5	
9.22 <sup>b</sup>	0.17 <sup>cd</sup>	4.25 <sup>c</sup>	11.35 <sup>a</sup>	22.55 <sup>a</sup>	2	
11.68 <sup>a</sup>	0.11 <sup>f</sup>	3.88 <sup>c</sup>	11.08 <sup>a</sup>	23.13 <sup>a</sup>	(C) شاهد	
11.55 <sup>a</sup>	0.14 <sup>cde</sup>	5.70 <sup>bc</sup>	10.97 <sup>a</sup>	21.80 <sup>a</sup>	0.5	میوه
8.83 <sup>b</sup>	0.15 <sup>cde</sup>	7.60 <sup>ab</sup>	5.44 <sup>b</sup>	17.75 <sup>bc</sup>	1	Fruit
7.13 <sup>c</sup>	0.21 <sup>b</sup>	8.58 <sup>a</sup>	3.51 <sup>cd</sup>	17.13 <sup>bc</sup>	1.5	
6.83 <sup>c</sup>	0.21 <sup>b</sup>	8.43 <sup>a</sup>	3.48 <sup>cd</sup>	17.05 <sup>bc</sup>	2	
11.68 <sup>a</sup>	0.11 <sup>f</sup>	3.80 <sup>c</sup>	11.08 <sup>a</sup>	23.13 <sup>a</sup>	(C) شاهد	
11.15 <sup>a</sup>	0.17 <sup>c</sup>	5.88 <sup>bc</sup>	10.93 <sup>a</sup>	19.75 <sup>ab</sup>	0.5	برگ + میوه
5.72 <sup>cd</sup>	0.21 <sup>b</sup>	8.74 <sup>a</sup>	4.46 <sup>bc</sup>	16.34 <sup>c</sup>	1	Leaf + fruit
4.84 <sup>d</sup>	0.25 <sup>a</sup>	9.90 <sup>a</sup>	3.64 <sup>cd</sup>	15.46 <sup>c</sup>	1.5	
4.92 <sup>d</sup>	0.25 <sup>a</sup>	9.64 <sup>a</sup>	3.14 <sup>d</sup>	14.90 <sup>c</sup>	2	
9.24	12.55	27.45	6.68	11.50		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters in each column is not significant difference by Duncan test at 5%.

می‌کند (Stow, 1993). کلسیم به‌عنوان عامل اتصال بین دیواره سلولی منجر به استحکام بیشتر بافت میوه می‌گردد (Singh *et al.*, 2007). زنجیرهای دی‌استری شده پکتین ممکن است با کلسیم درون‌زا یا برون‌زا (کلسیم اضافه شده) اتصالات عرضی داشته و در نتیجه از طریق افزایش استحکام غشاء و فشار تورژسانس سلولی، یک ساختار فشرده‌تر و محکم‌تر به وجود آورند (Torre *et al.*, 1999). کلسیم متصل شده به زنجیرهای پکتینی دیواره سلولی به حفظ سفتی بافت میوه کمک می‌کند (Gerasopoulos *et al.*, 1996). Singh *et al.* (1996) و Gerasopoulos *et al.* (2007) ثبات و استحکام بافت کیوی و توت‌فرنگی را با محلول پاشی قبل از برداشت کلسیم به میوه و برگ + میوه تأیید نمودند. نتایج ما با این یافته‌ها در محلول پاشی

Wang *et al.* (2006) در یافتند که محلول پاشی کلسیم در گوجه‌فرنگی نوع وحشی و رقم جهش یافته فاقد قابلیت رسیدگی، در مرحله سبز از بیان ژن LeACO1 از طریق مهار تبدیل ACC به اتیلن جلوگیری می‌کند. با افزایش غلظت کلسیم در محلول پاشی برگ‌ها استحکام بافت میوه تغییر پیدا نکرد. که علت آن عدم تحرک کلسیم از برگ به میوه گزارش شد. نتایج افزایش سفتی بافت میوه ناشی از محلول پاشی کلرید کلسیم روی میوه و برگ + میوه مشابه نتیجه افزایش مقدار کلسیم در پوست و گوشت میوه با همین تیمار بود. یون‌های کلسیم به پکتین موجود در دیواره‌های سلولی متصل می‌گردند و بین پکتیک اسیدها پل‌های عرضی کاتیونی تشکیل می‌دهند (Singh *et al.*, 2007). کاهش کلسیم تیغه میانی دیواره سلولی به فرآیند نرم شدن بافت میوه کمک

شاخساره توت‌فرنگی سبب افزایش اسید میوه می‌گردد. در روش محلول‌پاشی برگ + میوه در سیب اسید قابل تیترا با غلظت کلسیم همبستگی مثبت نشان داد، به طوری که رسیدگی در میوه‌های تیمار شده نسبت به کنترل به تأخیر افتاد (Wojcik and Borowik, 2013).

در این مطالعه، حفظ استحکام ساختار دیواره‌های سلولی میوه با محلول‌پاشی کلسیم روی میوه، ممکن است حداقل بخشی از آن مرتبط با استقرار کلسیم در پلی‌ساکاریدهای پکتینی باشد (Ortiz et al., 2011). این اثر کلسیم، منتج به استحکام بیشتر بافت میوه خربزه درختی شده است.

**اسید قابل تیترا و غلظت مواد جامد محلول**

مقدار اسید قابل تیترا با افزایش غلظت کلرید کلسیم در هر سه روش محلول‌پاشی روی برگ، میوه و برگ + میوه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین مقدار آن در غلظت کلرید کلسیم ۱/۵ درصد به ترتیب در روش محلول‌پاشی برگ ۱/۵ برابر، میوه‌ای ۱/۹ برابر و برگ + میوه حدود ۲/۳ برابر نسبت به شاهد افزایش یافته است (جدول ۲).

غلظت مواد جامد محلول میوه با افزایش غلظت کلرید کلسیم در هر سه روش محلول‌پاشی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). به طوری که در روش محلول‌پاشی برگ + میوه با غلظت بیش از یک درصد نسبت به دو روش دیگر (همه‌ی غلظت‌ها) تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. بنابراین، کمترین مقدار آن در محلول‌پاشی برگ + میوه و به دنبال آن میوه و برگ به تنهایی قرار گرفتند.

اسید میوه‌های گوه‌تی به عنوان اسید قابل تیترا یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت میوه به حساب می‌آید (Etienne et al., 2013). اسید میوه به حضور اسیدهای آلی مثل اسید مالیک و اسید سیتریک به عنوان اسیدهای اصلی موجود در بیشتر میوه‌های رسیده مرتبط است (Seymour et al., 1993). Singh et al. (2007) گزارش نمودند محلول‌پاشی کلسیم روی میوه

اثر کلسیم در کاهش غلظت مواد جامد محلول در میوه احتمالاً به دلیل کاهش نرخ تنفس با کاهش دی‌کربوکسیلاسیون مالات به عنوان یک سوبسترا برای کربوهیدرات و فعالیت سوخت‌وساز می‌باشد که فرآیند رسیدن را به تعویق می‌اندازد (Ferguson, 1984). Cheour et al. (1991) گزارش دادند که محلول‌پاشی قبل از برداشت کلسیم با اثر تنظیم‌کنندگی شدت تنفس،

در این مطالعه، حفظ استحکام ساختار دیواره‌های سلولی میوه با محلول‌پاشی کلسیم روی میوه، ممکن است حداقل بخشی از آن مرتبط با استقرار کلسیم در پلی‌ساکاریدهای پکتینی باشد (Ortiz et al., 2011). این اثر کلسیم، منتج به استحکام بیشتر بافت میوه خربزه درختی شده است.

مقدار اسید قابل تیترا با افزایش غلظت کلرید کلسیم در هر سه روش محلول‌پاشی روی برگ، میوه و برگ + میوه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین مقدار آن در غلظت کلرید کلسیم ۱/۵ درصد به ترتیب در روش محلول‌پاشی برگ ۱/۵ برابر، میوه‌ای ۱/۹ برابر و برگ + میوه حدود ۲/۳ برابر نسبت به شاهد افزایش یافته است (جدول ۲).

غلظت مواد جامد محلول میوه با افزایش غلظت کلرید کلسیم در هر سه روش محلول‌پاشی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). به طوری که در روش محلول‌پاشی برگ + میوه با غلظت بیش از یک درصد نسبت به دو روش دیگر (همه‌ی غلظت‌ها) تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. بنابراین، کمترین مقدار آن در محلول‌پاشی برگ + میوه و به دنبال آن میوه و برگ به تنهایی قرار گرفتند.

اسید میوه‌های گوه‌تی به عنوان اسید قابل تیترا یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت میوه به حساب می‌آید (Etienne et al., 2013). اسید میوه به حضور اسیدهای آلی مثل اسید مالیک و اسید سیتریک به عنوان اسیدهای اصلی موجود در بیشتر میوه‌های رسیده مرتبط است (Seymour et al., 1993). Singh et al. (2007) گزارش نمودند محلول‌پاشی کلسیم روی میوه

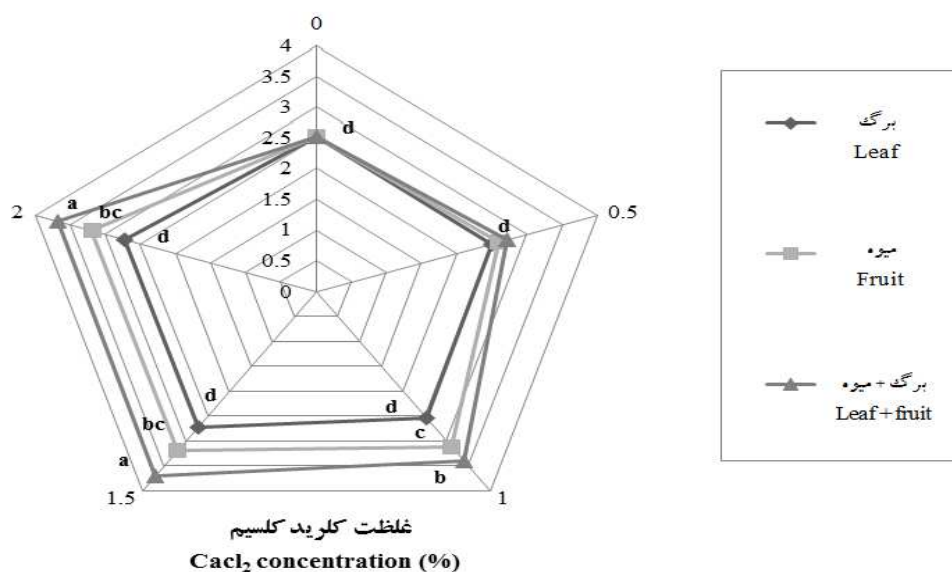
و مالات در گیاه است (Schell, 1997). بنابراین ممکن است مالات در فرآیند تنفس استفاده نشده و در نتیجه غلظت مواد جامد محلول کاهش یابد. در مطالعه حاضر، تیمار کلسیم با محلول پاشی برگ + میوه نسبت به برگ و یا میوه تأثیر افزایشی بر مقدار غلظت مواد جامد محلول داشت که راندمان بالاتر این روش را بیان می نماید.

### کیفیت کلی

در محلول پاشی میوه و برگ + میوه با افزایش غلظت کلرید کلسیم تا یک و نیم درصد کیفیت کلی میوه خربزه درختی به طور معنی داری افزایش یافت در حالی که در محلول پاشی برگ + میوه تفاوت معنی داری بوجود نیامد (شکل ۱). علاوه بر این، بیشترین کیفیت کلی در میوه ها مربوط به محلول پاشی برگ + میوه و به دنبال آن تیمار میوه ای و برگ قرار گرفتند. در سطح بازار، محصولاتی توسط مصرف کنندگان قابل قبول است که از طریق آزمون های حسی مناسب تشخیص داده شوند. بنابراین، تخمین اثرات تیمار کلسیم بر خصوصیات حسی میوه ها و سبزی ها بسیار مهم است (Tzortzakis et al., 2007). کیفیت کلی بالاتر میوه های خربزه درختی در تیمار کلرید کلسیم روی برگ + میوه ممکن است به میزان کلسیم بیشتر در میوه مرتبط باشد.

روند افزایش قند را در توت فرنگی به تأخیر انداخت. Gerasopoulos et al. (1996) میزان غلظت مواد جامد محلول کمتری را در میوه کیوی با محلول پاشی کلرید کلسیم گزارش نمودند. میوه های توت فرنگی محلول پاشی شده با کلرید کلسیم از طریق برگ و میوه در مقایسه با شاهد مواد جامد محلول پایین تری را نشان دادند که احتمالاً در نتیجه تبدیل کندتر کربوهیدرات ها به قندهای ساده ناشی از تأخیر در تنفس می باشد (Singh et al., 2007). نتایج این آزمایش با نتایج ذکر شده بالا در مورد غلظت مواد جامد محلول، در یک راستا می باشند.

همبستگی مثبت بین مقدار کلسیم در برگ و کاهش غلظت مواد جامد محلول در سیب گزارش شده است (Dris et al., 1999). هر چند در تحقیق آنها رابطه بین کلسیم داخلی برگ و میوه بر غلظت مواد جامد محلول بدون تیمار قبل از برداشت کلسیم بررسی شده بود، اما در این تحقیق اثرات محلول پاشی قبل از برداشت کلسیم روی برگ بر غلظت مواد جامد محلول میوه ارزیابی شد. یک دلیل ممکن افزایش غلظت کلسیم در برگ با محلول پاشی برگ + میوه بر افزایش میزان منیزیم در میوه است (جدول ۱). یک رابطه مثبت بین مقدار منیزیم



شکل ۱- اثر متقابل روش محلول پاشی و غلظت کلرید کلسیم بر کیفیت کلی میوه خربزه درختی

Figure 1. Interaction effects of spray method and  $CaCl_2$  concentration on overall quality in papaya



از برداشت میوه‌ها و سبزی‌های تازه، عدم وجود تیمارهای مناسب و اقتصادی می‌باشد. کلسیم به‌عنوان ماده‌ای ارزان و مقرون به صرفه می‌تواند در سطح مزرعه برای افزایش کیفیت میوه خربزه درختی پیشنهاد شود. این مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی کلسیم روی برگ + میوه نسبت به برگ و یا میوه به تنهایی در کاهش غلظت مواد جامد محلول، افزایش اسید قابل تیتر و کیفیت کلی مؤثرتر بود. لذا، با توجه به اثر بخشی کاربرد کلرید کلسیم قبل از برداشت روی برگ + میوه در مقایسه با تیمارهای دیگر به‌ویژه برای افزایش کیفیت کلی، آسانی و کارآیی آن از لحاظ اقتصادی این روش در غلظت حداکثر تا یک و نیم درصد پیشنهاد می‌گردد.

بر اساس نتایج حاصله در افزایش اسید قابل تیتر و کاهش غلظت مواد جامد محلول که هر دوی آن‌ها از اجزای عطر و طعم هستند، محلول‌پاشی کلرید کلسیم روی برگ + میوه نسبت به برگ و یا میوه به تنهایی مؤثرتر می‌باشد. Singh *et al.* (1993) گزارش نمودند که محلول‌پاشی برگ و میوه انبه با کلرید کلسیم سبب افزایش بازارپسندی ظاهری میوه مثل کاهش نقاط قارچی و نرمی گوشت گردید. نتایج این تحقیق با یافته‌ها ذکر شده منطبق است که نشان‌دهنده راندمان بالاتر روش محلول‌پاشی کلرید کلسیم روی برگ + میوه در افزایش کیفیت کلی میوه می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

از نگرانی‌های اصلی درخصوص کاهش تلفات پس

## References

- Agusti, M., Juan, M., Martinez-Fuentes, A., Mesejo, C., and Almela, V. (2004). Calcium nitrate delays climacteric of persimmon fruit. *Annals of Applied Biology*, 144: 65-9.
- Ali, A., Mahmud, T.M.M., Sijam, K., and Siddiqui, K. (2010). Potential of chitosan coating in delaying the postharvest anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) of Eksotika II papaya. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 2134-2140.
- Bhat, M.Y., Ahsan, H., Bandy, F.A., Dar, M.A., Imtiyaz Wani, A., and Hassan, G.I. (2012). Effect of harvest dates, pre harvest calcium sprays and storage period on physico-chemical characteristics of pear cv. Bartlett. *E3 Journal of Agricultural Research and Development*, 4: 101-106.
- Cheour, F., Willemot, C., Arul, J., Makhlof, J., and Desjardins, Y. (1991). Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of  $\text{CaCl}_2$ . *HortScience*, 26: 1186-1188.
- Dris, R. and Niskanen, R. (1999). Calcium chloride sprays decrease physiological disorders following long-term cold storage of apple. *Plant Foods for Human Nutrition*, 54: 159-171.
- Dris, R., Niskanen, R., and Fallahi, E. (1999). Relationships between leaf and fruit minerals and fruit quality attributes of apples grown under northern conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 12: 1839-1851.
- Etienne, A., Genard, M., Lobit, P., Mbeguie-A-Mbeguie, D., and Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany*, 64: 1451-1469.

- Ferguson, I.B. (1984). Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant, Cell & Environment*, 7(6): 477-489.
- Gerasopoulos, D., Chouliaras, V., and Lionakis, S. (1996). Effect of preharvest calcium chloride spray on maturity and storability of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 7: 65-72.
- Ghani, M.A.A., Awang, Y., and Sijam, K. (2011). Disease occurrence and fruit quality of pre-harvest calcium treated red flesh dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *African Journal of Biotechnology*, 9: 1550-1558.
- Kader, A.A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication, Oakland. P. 535.
- Kadir, S.A. (2005). Fruit quality at harvest of 'Jonathan' apple treated with foliarly-applied calcium chloride. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 1991-2006.
- Madani, B., Mohamed, M.T.M., Awang, Y., Kadir, J., and Patil, V.D. (2013). Effects of calcium treatment applied around the root zone on nutrient concentration and morphological traits of papaya seedlings (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II). *Australian Journal of Crop Science*, 5: 568-572.
- Malakouti, M.J., Tabatabaei, S.J., Shahabi, A., and Fallahi, E. (1999). Effects of calcium chloride on apple fruit quality of trees grown in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 22: 1451-1454.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press Inc., London. P. 889.
- Mills, H.A. and Benton-Jones, J. (1996). *Plant analysis handbook II: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publisher, Athens. P. 422.
- Morard, P., Pujos, A., Bernadac, A., and Bertoni, G. (1996). Effect of temporary calcium deficiency on tomato growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 19: 115-127.
- Nabigol, A. (2012). Pre-harvest calcium sulfate application improves postharvest quality of cut rose flowers. *African Journal of Biotechnology*, 5: 1078-1083.
- Ortiz, A., Graell, J., and Isabel, L. (2011). Preharvest calcium sprays improve volatile emission at commercial harvest of 'Fuji Kiku-8' Apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 335-341.
- Paull, R.E. and Duarte, O. (2011). *Tropical fruits*. CABI Publisher, Wallingford. P. 400.
- Qiu, Y., Nishina, M.S., and Paull, R.E. (1995). Papaya fruit growth, calcium uptake and fruit ripening. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 1204: 246-253.
- Raese, J.T. and Drake, S.R. (2000). Effect of calcium spray materials, rate, time of spray application, and rootstocks on fruit quality of 'Red' and 'Golden delicious' apples. *Journal of Plant Nutrition*, 23: 1435-1447.

- Ranggana, M. (1986). Hand Book of analysis and quality control of fruit and vegetable products. Tata McGraw Hill, New Delhi. P. 205.
- Recasens, I., Benavides, A., Puy, J., and Casero, T. (2004). Pre-harvest calcium treatments in relation with respiration rate and ethylene production of 'Golden Smoothie' apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 765-771.
- Rohani, M. (1994). Papaya: Fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Malaysia. P. 144.
- Saltveit, M.E. (1982). Procedure for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissue by gas chromatography. *HortScience*, 17: 878-881.
- Sams, C.E. and Conway, W.S. (1984). Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of 'Golden Delicious' apple fruit. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 109: 53-57.
- Saure, M.C. (2005). Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae*, 105: 65-89.
- Schell, J. (1997). Interdependence of pH, malate concentration, and calcium and magnesium concentrations in the xylem sap of beech roots. *Tree Physiology*, 17: 479-483.
- Serrano, M., Amoros, A., Pretel, M.T., Martinez-Madrid, M.C., Madrid, R., and Romojaro, F. (2002). Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Science and Technology International*, 8: 147-154.
- Seymour, G.B., Taylor, J., and Tucker, G.A. (1993). *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman and Hall, New York, pp: 273-290.
- Singh, R., Sharma, R.R., and Tyagi, S.K. (2007). Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 112: 215-220.
- Singh, R.P., Tandon, D.K., and Kalra, S.K. (1993). Change in post-harvest quality of mangoes affected by pre-harvest application of calcium salts. *Scientia Horticulturae*, 54: 211-219.
- Stow, J. (1993). Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 3: 1-9.
- Toivonen, P.M.A., and Bowen, P.A. (1999). The effect of preharvest foliar sprays of calcium on quality and shelf life of two cultivars of sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in plasticulture. *Canadian Journal of Plant Science*, 79: 411-416.
- Torre, S., Borochoy, A., and Halevy, A.H. (1999). Calcium regulation of senescence in roses. *Physiologia Plantarum*, 107: 214-219.
- Tzortzakis, N., Borland, A., Singleton, I., and Barnes, J. (2007). Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 317-325.

- Vicente, A.R., Saladie, M., Rose, J.K.C., and 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: 1435-1448.
- Wang, W.Y., Zhu, B.Z., Lv, J., and Luo, Y.B. (2006). No difference in the regulation pattern of calcium on ethylene biosynthesis between wild-type and never-ripe tomato fruit at mature green stage. *Russian Journal of Plant Physiology*, 1: 54-61.
- Wójcik, P. and Borowik, M. (2013). Influence of preharvest sprays of a mixture of calcium formate, calcium acetate, calcium chloride and calcium nitrate on quality of 'Jonagold' apple storability. *Journal of Plant Nutrition*, 36: 2023-2034.
- Yuen, C.M.C. (1994). Calcium and fruit storage potential. *Australian Quarterly International Agricultural Research*, 50: 218-227.

## Effects of Calcium Chloride Sprays to the Leaves and Fruits on Postharvest Physiological Characteristics of Papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II) Fruits

A. Mirshekari<sup>1\*</sup> and B. Madani<sup>2</sup>

- 1- **\*Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Yasouj, Yasouj, Iran (a\_mirshekari@yu.ac.ir)
- 2- Graduate Ph.D. of Horticulture Science, Department of Crop Science, University Putra Malaysia, Selangor, Malaysia and Assistant Professor of Agricultural Research Education and Extension Organization, Hormozgan, Iran

Received: 20 April, 2016

Accepted: 8 March, 2017

### Abstract

#### Background and Objectives

Papaya (*Carica papaya* L.) is a tropical fruit crop. The 'Eksotika II' is high yielding cultivar with pleasant aroma, but fruits soften quickly and lose their quality. Low calcium content causes low fruit quality and storage life. Foliar application of calcium on the fruit is significant to make the cell membrane integrity and cell wall firm and improve fruit quality. The objectives of this study were to determine the effects of calcium chloride foliar application on postharvest quality of papaya fruits.

#### Materials and methods

In order to evaluate the effect of calcium chloride (0, 0.5, 1, 1.5 and 2) on leaves, fruits and leaves + fruits of papaya, a factorial experiment based on RCBD was conducted in 2012. Calcium chloride was sprayed starting 21 days after flower anthesis and continued every two weeks for six times. Fruits were stored at  $12\pm 1$  °C and RH<sub>85-90%</sub> after harvest. The calcium and magnesium, respiration rate and ethylene, firmness, titratable acidity (TA), soluble solids concentration (SSC) and quality were determined 21 days after storage.

#### Results

The highest calcium content in fruits was observed with fruits and fruits + leaves sprayed treatments, while the lowest was recorded on leaves sprayed. Magnesium in peel and pulp of fruits that sprayed on fruits or fruits + leaves was lowest, while the highest was observed in leaves sprayed. Decreased in respiration rate and ethylene production were observed in fruits sprayed on fruits and fruits + leaves. The SSC was lowest in fruits + leaves treatment. Inverse results were recorded for TA. Moreover, calcium content in the peel and pulp, TA and overall quality increased when calcium chloride concentration in fruits and fruits + leaves treatments increased, While there was no effect on calcium content when applied to the leaves, but it increased TA.

#### Discussion

Results of this study showed that calcium could not transfer from leaf to fruit and vice versa in papaya. Since calcium moves in the transpiration stream, little or no subsequent translocation occurs from leaf to fruit. Unchanged ethylene production and respiration rate when calcium was applied to the leaves might be related to the immobility of calcium. Calcium was considered as a binding agent between cell walls which result in higher fruit firmness. Calcium is hypothesized to delay ripening by reducing disintegration of tissues and maintaining membrane integrity. The positive correlation might be related to magnesium and malate in fruits and malate might not be used in the process of respiration and thus increase in TA. The effect of calcium in decreasing SSC in fruits is possibly due to the decreasing respiration rate and metabolism activity that postpones ripening process.

**Keywords:** Ethylene, Fruit quality, Nutrition, Storage