

## اثر کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری آلو رقم قطره طلا

صبا شکراله فام<sup>۱</sup>، جعفر حاجی‌لو<sup>۲\*</sup>، فریبرز زارع<sup>۳</sup>، سید جلال طباطبایی<sup>۴</sup> و رحیم نقشی‌بند حسنی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۲/۳۰

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

<sup>۴</sup> استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

\*مسئول مکاتبه: E-mail: j\_hajlou@tabrizu.ac.ir

### چکیده

این تحقیق به منظور مطالعه اثر کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک در کیفیت و انبارمانی میوه آلو رقم "قطره طلا" صورت گرفت. در این آزمایش ۵ سطح تیماری و ۶ هفته انبارداری به عنوان عامل زمان در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بر ویژگی‌های کیفی از قبیل کاهش وزن، سفتی، مواد جامد محلول، pH، اسیدیته و ویتامین ث در تابستان ۱۳۸۹، در آزمایشگاه بیولوژی گلدی و فیزیولوژی رشد و نمو دانشگاه تبریز مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارها شامل کلرید کلسیم ۶۰ و ۸۰ میلی مولار، اسید سالیسیلیک ۱ و ۳ میلی مولار و آب مقطر (تیمار شاهد) بودند. میوه‌ها پس از تیمار به روش غوطه‌وری در سردخانه با شرایط دمایی ۱-۲ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۰٪ نگهداری و سپس پارامترهای کیفی در طول دوره انبارداری، هر هفته یکبار اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمار و زمان بر تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بوده است. اثر متقابل تیمار-زمان در دو صفت سفتی و مقدار مواد جامد محلول تفاوت معنی‌داری نداشت. در حالی که برهمکنش تیمار و زمان بر روی درصد کاهش وزن تر میوه، pH و اسیدیته در سطح آماری ۱ درصد و بر میزان ویتامین ث تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد به همراه داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین شاهد و بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری در تمام ویژگی‌ها وجود دارد. در بین تیمارها شاخص‌ترین تیمار در حفظ ویتامین ث میوه‌ها کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار بوده است.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، آلو رقم قطره طلا، انبارمانی، سفتی، ویتامین ث

## Effects of calcium chloride and salicylic acid on quality and shelf life of plum "golden drop" cultivar

S Shokrollah Fam<sup>1</sup>, J Hajilou<sup>2\*</sup>, F Zare<sup>3</sup>, SJ Tabatabaei<sup>4</sup> and R Naghshiband Hasani<sup>3</sup>

Received: July 03, 2011 Accepted: April 18, 2012

<sup>1</sup>MSc Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>4</sup>Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

\*Corresponding author: E-mail: j\_hajilou@tabrizu.ac.ir

### Abstract

This study was conducted for evaluating the effects of two chemicals on quality and shelf-life of plum cultivar "Golden Drop". The experiment was carried out with five treatments and six weeks storage as a factorial experiment with a complete randomized design with three replications. The quality characteristics of fruit such as weight loss, fruit firmness, soluble solids contents, pH, titratable acidity and ascorbic acid were assessed in summer 2010 at Flowering Biology and Developmental Physiology lab, University of Tabriz. Treatments were the concentrations of 60 and 80 mM calcium chloride and 1 and 3 mM salicylic acid and distilled water (control treatment). After treatment with dipping method, fruits kept into a cold room with a temperature of 1-2 °C and 80% relative humidity and then qualitative parameters were measured every week. Results showed that effect of treatment and time was significant in all characteristics at 1%. Time and treatment interaction on fruit firmness and soluble solids contents was not significant, whilst interaction effect treatment and time on weight loss, pH, titratable acidity in statistical level 1% and ascorbic acid content had significant diversity in statistical levels 5%. Mean comparisons showed that between control and other treatments were significant differences in all characteristics. Calcium chloride solution of 60 mM was the best treatment for the maintenance fruits vitamine C content.

**Keywords:** Salicylic acid, Golden Drop plum, shelf life, Firmness, Vitamin C

این میوه‌ها در اثر بروز ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مثل قهوه‌ای شدن درونی و ژله‌ای شدن در طول دوره انبارداری، عمر پس از برداشت کوتاهی دارند. از عوارض فیزیولوژیکی که در حین انبارداری میوه اتفاق می‌افتد می‌توان به افزایش متابولیسم، قهوه‌ای شدن گوشت، کاهش آب و وزن میوه اشاره کرد که نتیجه این تغییرات تسریع پیری، کاهش کیفیت و بازارپسندی محصول است (میلر ۱۹۹۲). از طرف دیگر چون طی

### مقدمه

کاهش کیفیت میوه آلو طی دوره پس از برداشت می‌تواند ناشی از افزایش تولید اتیلن میوه باشد بطوری که موجب تغییرات در ویژگی‌های رسیدن، رنگ، عطر، طعم و بافت میوه می‌شود. در اکثر ارقام آلو میوه دارای تنفس فرازگرا بوده بطوری که افزایش در میزان تنفس و تولید اتیلن به صورت همزمان در طی دوره پس از برداشت میوه روی می‌دهد (سرانو و همکاران ۲۰۰۳).

دوره برداشت و پس از برداشت میوه فرآیند رسیدن تسریع می‌شود و خیلی سریع کیفیت محصول کاهش می‌یابد، بنابراین نیازاست تا با روش‌های مختلف هم مدت انبارمانی میوه افزایش یابد و هم ویژگی‌های کیفی محصول در طول دوره انبارمانی حفظ شود.

کلسیم یک عنصر ضروری بوده و نقش مهمی در نگهداری کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات دارد (کیرکبی و پیلبنام ۱۹۸۴). به طوری که باعث کاهش سرعت تنفس و رسیدن میوه می‌شود (فرگوسن ۱۹۸۴) مطالعات انجام شده بیانگر آن است که سرعت پیری اغلب وابسته به مقدار کلسیم در بافت است به طوری که با افزایش سطوح کلسیم پارامترهای مختلف موثر در پیری مانند تنفس، مقدار پروتئین، کلروفیل و سیالیت غشا تغییر می‌یابند (پووا ۱۹۸۶). بهبود ویژگی‌های کیفی میوه از طریق به تأخیر انداختن رسیدن و یا افزایش عمر انبارداری میوه به دنبال تیمار کلرید کلسیم در آلو (والرو و همکاران ۲۰۰۲)، هلو (ناوجوت و همکاران ۲۰۱۰)، کیوی (دیمیتریوز و پاولینا ۲۰۰۵) و توت فرنگی (لارا و همکاران ۲۰۰۴) گزارش شده است. همچنین یون کلسیم استحکام دیواره سلولی را افزایش داده بطوری که با افزایش تعداد پیوندهای بین کلسیم و گروه‌های کربوکسیل رشته‌های پکتین موجود در دیواره سلولی موجب افزایش پایداری غشای سلولی می‌شود (دمارتی و همکاران ۱۹۸۴).

هدف از این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر کاهش وزن، عمر پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی (سفتی بافت، pH آب میوه، مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون و مقدار ویتامین ث) در طول دوره انبارداری میوه آلو رقم قطره طلا به عنوان یک رقم تجارتي و مهم می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

در این آزمایش از آلو رقم قطره طلا استفاده شد. میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری، بر اساس مقدار مواد جامد محلول (حدود ۹/۵ درجه بریکس) از یک باغ تجاری واقع در شهرستان شبستر در تابستان ۱۳۸۹ برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. قبل از اعمال هر گونه تیماری و حذف میوه‌های معیوب ویژگی‌های کمی و کیفی میوه (شامل سفتی اولیه، وزن میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته، ویتامین ث و pH) اندازه‌گیری شد. تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول تیمار و فاکتور دوم مدت زمان انبارداری (۶ هفته انبارداری) بود. تیمارها شامل کلرید کلسیم ۹۵ درصد شرکت مرک آلمان در دو سطح ۶۰ و ۸۰ میلی مولار، اسید سالیسیلیک تهیه شده از همان شرکت نیز در دو غلظت ۱ و ۳ میلی مولار و آب مقطر (شاهد) بودند. پس از حذف میوه‌های معیوب، برای اعمال تیمارها از روش غوطه‌وری (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و پی اچ ۴/۶) به

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی در گیاه می‌باشد که هم فرآیندهای رشد و نمو گیاه را کنترل می‌کند و هم در تنظیم بیان ژن‌های مربوط به عوامل بیماری‌زا نقش دارد، به این ترتیب موجب مقاومت در برابر حمله پاتوژن‌ها می‌شود (راسکین ۱۹۹۲a). از طرفی به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی می‌تواند از بیوسنتز و تولید اتیلن جلوگیری و باعث حفظ سفتی بافت گردد (راسکین ۱۹۹۲ b). حفظ سفتی بافت میوه در اثر تیمار اسید سالیسیلیک در آلو (گو و همکاران ۲۰۱۰)، موز (سری واستاوا و دیویدی ۲۰۰۰)، کیوی (اقدام و همکاران ۲۰۰۹)

برای اندازه‌گیری میزان ویتامین ث (میلی گرم اسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه) میوه‌ها، از روش تیتراسیون با ۶،۲ دی کلرو فنل ایندوفنل<sup>۲</sup> استفاده شد. مقدار ویتامین ث بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم آب میوه بیان شد (مستوفی و نجفی ۱۳۸۴).

#### آنالیز آماری

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

#### نتایج و بحث

**درصد کاهش وزن:** اثر تیمار و زمان‌های مختلف انبارداری و همچنین اثر متقابل آنها بر درصد کاهش وزن تر میوه‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در طول دوره انبارداری وزن تر میوه‌ها به تدریج کاهش یافته به طوری که در بین زمان‌های مختلف انبارداری کمترین وزن تر در هفته ششم مشاهده شد (جدول ۳). در بین تیمارها اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار و کلرید کلسیم ۶۰ و ۸۰ میلی مولار نسبت به شاهد و اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار کاهش وزن کمتری نشان دادند (جدول ۲). در هفته اول و دوم انبارداری اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار و کلرید کلسیم ۶۰ و ۸۰ میلی مولار نسبت به دو تیمار دیگر درصد کاهش وزن کمتری داشتند. در هفته سوم، چهارم و پنجم انبارداری کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار نسبت به بقیه تیمارها درصد کاهش وزن کمتری نشان دادند. در هفته ششم نیز کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار و اسید سالیسیلیک ۱ و ۳ میلی مولار به طور معنی‌داری از کاهش وزن میوه جلوگیری کرد (جدول ۴). مهمترین عامل کاهش وزن میوه در طی دوره انبارداری افزایش تبخیر و تعرق از سطح میوه می‌باشد. علت پایین بودن کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم به

مدت ۵ دقیقه استفاده شد، بعد از اعمال تیمارها میوه‌ها به مدت یک ساعت در دمای اتاق خشک شده سپس به سردخانه با دمای ۲-۱ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰٪ منتقل شدند. اندازه‌گیری پارامترهای کیفی بعد از انبارکردن هر هفته یک بار به شرح زیر انجام شد.

#### تعیین میزان درصد کاهش وزن

قبل از اعمال تیمار تعداد ۴ عدد میوه به صورت تصادفی با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. برای تعیین میزان درصد کاهش وزن هر هفته بلافاصله بعد از خروج از سردخانه میوه‌ها دوباره وزن شده و درصد کاهش وزن محاسبه گردید.

#### تعیین سفتی بافت میوه

برای اندازه‌گیری سفتی بافت از دو سمت مقابل هم و بعد از برداشتن پوست میوه از دستگاه پنترومتر مدل FT-011 با نوک میله نفوذ کننده ۱۱ میلی متری استفاده شد. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ میله در میوه بر حسب کیلوگرم نیرو بیان گردید.

#### pH آب میوه

عصاره ۴ عدد میوه با استفاده از دستگاه آب میوه-گیری استخراج شد. پس از عبور دادن از صافی، پی اچ عصاره میوه‌ها با استفاده از دستگاه پی اچ متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

#### مواد جامد محلول کل (TSS)

برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول از همان عصاره صاف شده میوه‌ها و دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی (مدل PAL-1) استفاده شد. میزان مواد جامد محلول بر حسب درصد (درجه بریکس) بیان شد.

#### درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

برای تعیین میزان اسیدیته کل میوه، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد و از روی میزان سود مصرفی مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بر اساس اسید مالیک محاسبه شد (مستوفی و نجفی ۱۳۸۴).

#### اندازه‌گیری ویتامین ث

توت فرنگی (شافعی و همکاران ۲۰۱۰) و آلو (سرانو و همکاران ۲۰۰۳) قبلاً مشاهده شده است. **سفتی بافت میوه:** اثر تیمار و زمان انبارداری بر سفتی بافت میوه در سطح آماری ۱ درصد معنی دار بوده است (جدول ۱). در طول دوره انبارداری (از هفته اول تا ششم) سفتی به تدریج کاهش یافته به طوری که در سه هفته پایانی انبارداری کمترین مقدار سفتی مشاهده شد. در حالی که در دو هفته اول میوه‌ها، بیشترین سفتی را نسبت به بقیه زمان‌های انبارداری داشتند (شکل ۱). در بین تیمارها هر دو غلظت دو ماده شیمیائی (کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک) به طور معنی‌داری سفتی بیشتری نسبت به شاهد داشتند (شکل ۲).

حفظ سفتی میوه و استحکام بافت مربوط بوده که عمدتاً از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول از بین برنده ساختار سلولی است که تبدلات گازی را کاهش می‌دهد (لوی و پووا ۱۹۷۹). کلسیم پیری را به تأخیر انداخته و باعث کاهش میزان تبخیر و تعرق می‌شود. میوه‌های گلایی تیمار شده با کلرید کلسیم در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده در طول ۷۵ روز دوره انبارداری افت وزنی کمتری را نشان دادند (ماه‌اجات و دات ۲۰۰۴). در آلو نیز کاربرد کلسیم از کاهش وزن میوه‌ها در دوره پس از برداشت جلوگیری کرد. (آلکارازلوپز و همکاران ۲۰۰۳). کاهش افت وزنی میوه‌ها در تیمار با اسید سالیسیلیک به علت کاهش سرعت تنفسی در بسیاری از محصولات باغبانی از جمله موز (سری و استاوا و دیویدی ۲۰۰۰)،

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی در طول دوره انبارداری

| میانگین                                  |                                  |               |                         |                          | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|--|----------------------------------|---------------|-------------------------|--------------------------|------------|---------------|
| اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد اسید مالیک) | ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰ میوه) | pH عصاره بافت | مواد جامد محلول (بریکس) | سفتی بافت (کیلوگرم نیرو) |            |               |
| ۰/۰۲۸ **                                 | ۱/۴۹۸ **                         | ۰/۰۳۲ **      | ۲۵/۲۲۷ **               | ۱/۲۱۱ **                 | ۶۹/۰۶۲ **  | تیمار ۴       |
| ۱/۰۵۸ **                                 | ۸/۷۳۲ **                         | ۰/۴۴۰ **      | ۶/۸۳۶ **                | ۲/۰۷۸ **                 | ۳۰۵/۱۰۳ ** | زمان ۵        |
| ۰/۰۱۱ **                                 | ۰/۶۷۲ *                          | ۰/۰۱۳ **      | ۰/۳۳۸ ns                | ۰/۰۶۱ ns                 | ۵/۳۰۱ **   | تیمار×زمان ۲۰ |
| ۰/۰۰۳                                    | ۰/۳۶۵                            | ۰/۰۰۴         | ۰/۹۱۶                   | ۰/۰۷۹                    | ۱/۰۲۰      | خطا ۶۰        |
| ۹/۶۴۸                                    | ۱۳/۷۸۳                           | ۱/۸۲۸         | ۸/۸۶۵                   | ۱۷/۷۱۱                   | ۱۱/۹۹۵     | ضریب          |

ns عدم اختلاف معنی‌دار

\*, \*\* به ترتیب در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر صفات اندازه‌گیری شده

| مقایسه میانگین صفات                      |                                  |                    |                     | تیمار                    |
|--|----------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد اسید مالیک) | ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰ میوه) | pH عصاره بافت      | درصد کاهش وزن تر    |                          |
| ۰/۴۸ <sup>b</sup>                        | ۴/۱۲۵ <sup>c</sup>               | ۳/۶۲۲ <sup>a</sup> | ۱۱/۷۹۱ <sup>a</sup> | شاهد                     |
| ۰/۵۵ <sup>a</sup>                        | ۴/۷۲۵ <sup>a</sup>               | ۳/۵۲۲ <sup>b</sup> | ۷/۶۷ <sup>c</sup>   | CaCl <sub>2</sub> (60mM) |
| ۰/۵۴ <sup>a</sup>                        | ۴/۶۵ <sup>ab</sup>               | ۳/۵۵۰ <sup>b</sup> | ۶/۹۸ <sup>c</sup>   | CaCl <sub>2</sub> (80mM) |
| ۰/۵۸ <sup>a</sup>                        | ۴/۱۲۵ <sup>c</sup>               | ۳/۵۱۶ <sup>b</sup> | ۸/۳۹۲ <sup>b</sup>  | SA (1 mM)                |
| ۰/۵۶ <sup>a</sup>                        | ۴/۲۷۵ <sup>bc</sup>              | ۳/۵۵۵ <sup>b</sup> | ۷/۲۶۱ <sup>c</sup>  | SA (3 mM)                |

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

ترکیب فنلی ساده از طریق تنظیم بیان ژنهای موثر در آنزیم Acc سینتاز و Acc اکسیداز و کاهش تولید اتیلن و آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی مانند پلی-گالاکتوروناز، سلولاز و پکتیناز باعث کاهش نرم شدن و حفظ سفتی میوه می‌گردد (شافعی و همکاران ۲۰۱۰؛ رومانی ۱۹۸۶). حفظ سفتی میوه در طول دوره انبارداری با استفاده از تیمارهای اسید سالیسیلیک در کیوی (اقدام و همکاران ۲۰۰۹) و موز (سری واستاوا و دیویدی ۲۰۰۰) گزارش شده است.

**pH:** تأثیر نوع تیمار و مدت زمان انبارداری میوه‌ها و نیز برهمکنش آنها بر شاخص pH عصاره میوه‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). pH عصاره میوه‌ها در طول دوره انبارداری تا هفته چهارم انبارداری افزایش یافت که این افزایش احتمالاً

عدم معنی‌دار بودن اثر متقابل تیمار با زمان در مورد سفتی بافت میوه بیانگر تأثیر مشابه هر دو ماده شیمیایی به کار رفته در حفظ سفتی میوه در طول دوره انبارداری بود (جدول ۱). حفظ سفتی در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم در اثر تولید پیوندهای بین گروه کربوکسیل آزاد دیواره سلولی و زنجیره پکتین می‌باشد که باعث پایداری غشای سلولی می‌شود (مانگاناریس و همکاران ۲۰۰۷). تیمار کلرید کلسیم در آلو از طریق افزایش سفتی میوه باعث بهبود انبارداری آن شده است، به این دلیل که کلسیم با افزایش مقدار پوتریسین متصل به دیواره سلولی و اسپرمیدین آزاد در طول دوره انبارداری باعث افزایش استحکام دیواره سلولی و در نتیجه سفتی بافت شده است (والرو و همکاران ۲۰۰۲). ناوجت و همکاران (۲۰۱۰) حفظ سفتی بافت را به دنبال تیمار کلرید کلسیم در هلو گزارش کردند. اسید سالیسیلیک نیز به عنوان یک

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زمان‌های مختلف انبارداری روی صفات اندازه‌گیری شده

| مقایسه میانگین صفات |                    |                   |  |                                      |
|---------------------|--------------------|-------------------|--|--------------------------------------|
| زمان انبارداری      | درصد کاهش وزن تر   | pH عصاره بافت     | اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد اسید مالیک) | ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه) |
| هفته اول            | ۲/۱۳ <sup>f</sup>  | ۳/۵۶ <sup>c</sup> | ۱/۰۸۶ <sup>a</sup>                       | ۵/۱۳۰ <sup>a</sup>                   |
| هفته دوم            | ۴/۹۵ <sup>e</sup>  | ۳/۶۴ <sup>b</sup> | ۰/۳۹۹ <sup>c</sup>                       | ۵/۰۴ <sup>a</sup>                    |
| هفته سوم            | ۷/۲۳ <sup>d</sup>  | ۳/۶۷ <sup>b</sup> | ۰/۴۴۳ <sup>b</sup>                       | ۴/۶۸ <sup>a</sup>                    |
| هفته چهارم          | ۹/۹۰ <sup>c</sup>  | ۳/۷۴ <sup>a</sup> | ۰/۴۵۳ <sup>b</sup>                       | ۴/۱۴ <sup>b</sup>                    |
| هفته پنجم           | ۱۲/۲۰ <sup>b</sup> | ۳/۳۲ <sup>d</sup> | ۰/۴۶۷ <sup>b</sup>                       | ۴/۲۳ <sup>b</sup>                    |
| هفته ششم            | ۱۴/۰۹ <sup>a</sup> | ۳/۳۶ <sup>d</sup> | ۰/۴۲۷ <sup>bc</sup>                      | ۳/۰۶ <sup>c</sup>                    |

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

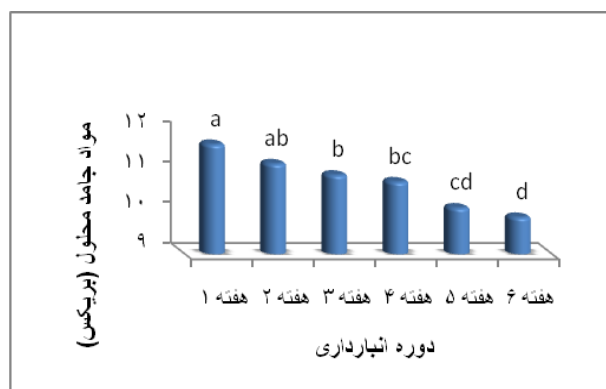
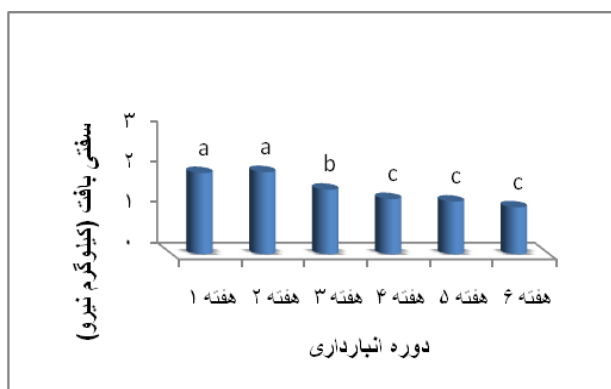
تبدیل آنها به قند شده باشد (جدول ۳). در بین تیمارها هر دو ماده شیمیایی به طور یکسان از نظر معنی‌داری نسبت به شاهد باعث کاهش pH گردیده است (جدول ۲). در هفته اول انبارداری کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار کمترین مقدار pH را ایجاد کرد در هفته دوم و سوم انبارداری به ترتیب اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و ۳ میلی مولار کمترین تغییر را در مقدار pH داشتند. در

به واسطه شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرایند تنفس می‌باشد چنین نتیجه‌ای در زردآلو (زکائی خسروشاهی و اثنی عشری ۲۰۰۸) و توت فرنگی (زکائی خسروشاهی و همکاران ۲۰۰۷) هم گزارش شده است. از هفته چهارم به بعد کاهش در پی اچ عصاره میوه‌ها مشاهده می‌شود که به نظر می‌رسد تأخیر موقتی در سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها مانع تجزیه اسیدهای آلی و

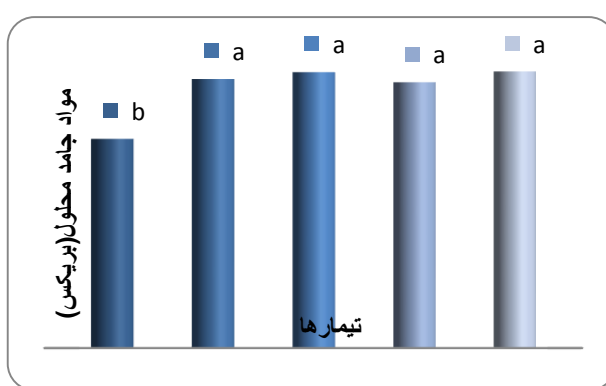
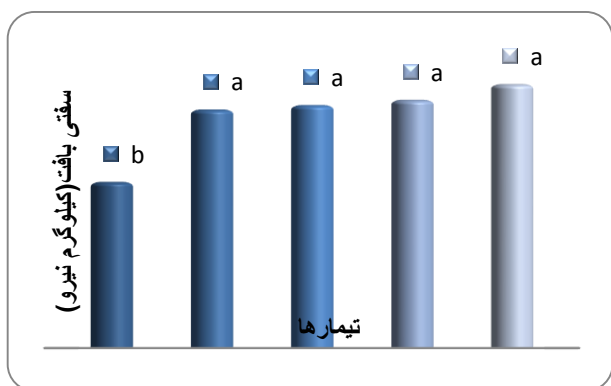
مواد جامد محلول در اثر شکستن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتیکی، هیدرولیز پروتیین‌ها و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچکتر در طی فرآیند تنفس می‌باشد (بال ۱۹۹۷). میوه آلو دارای تنفس فرازگرا بوده و کربوهیدرات نخیره در میوه‌های فرازگرا از نوع نشاسته بوده که در دوره پس از برداشت به تدریج به ساکارز تبدیل می‌شود. در زمان‌های مختلف انبارداری کمترین مقدار مواد جامد محلول در هفته ششم مشاهده شد (جدول ۳). در بین تیمارها هر دو غلظت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری مواد جامد محلول بالاتری نسبت به شاهد داشتند (شکل ۱).

هفته چهارم و پنجم انبارداری کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار نسبت به بقیه تیمارها کمترین تغییر را در pH عصاره میوه‌ها نشان دادند. در پایان انبارداری هر دو غلظت کلرید کلسیم شاخص‌ترین تیمار در حفظ pH بودند (جدول ۴). حفظ ویژگی‌های کیفی میوه از جمله pH عصاره میوه به دنبال تیمار اسید سالیسیلیک در آلودی آنجلینو گزارش شده است (گو و همکاران ۲۰۱۰).

**مواد جامد محلول کل:** اثر تیمار و زمان انبارداری بر مقدار مواد جامد محلول میوه‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقدار مواد جامد محلول در طول دوره انبارداری کاهش پیدا کرد که این کاهش



شکل ۱- اثر زمان‌های مختلف انبارداری بر سفتی بافت و مواد جامد محلول



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر سفتی بافت و مواد جامد محلول

تیمار کلرید کلسیم در هلو گزارش کردند. در توت فرنگی نیز تیمار اسید سالیسیلیک از کاهش مواد جامد محلول در طول دوره انبارداری جلوگیری کرده است (اصغری ۲۰۰۶).

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): اثر تیمار و زمان انبارداری روی اسیدیته قابل تیتراسیون میوه‌ها در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱).

علت بالا بودن مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم احتمالاً به علت ایجاد یک لایه نازک روی سطح میوه است که ممکن است باعث کاهش سرعت تنفسی میوه و جلوگیری از فرآیند تجزیه و شکستن کربوهیدرات‌ها شود و این حالت باعث حفظ مواد جامد محلول میوه‌ها خواهد شد. در واقع به نظر می‌رسد یون کلسیم با اتصال به این مولکول‌ها از سرعت تجزیه آنها می‌کاهد. مانگاناریس و همکاران (۲۰۰۷) حفظ پارامترهای کیفی از جمله مواد جامد محلول را در اثر

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری روی صفات اندازه‌گیری شده

| تیمار                  | زمان | درصد کاهش وزن | pH عصاره میوه | اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد اسید مالیک) | ویتامین ث (میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم میوه) |
|------------------------|------|---------------|---------------|--|---|
| شاهد                   | ۱    | ۲/۳۳ no       | ۳/۵۶ de       | ۰/۸۶ c                                   | ۵/۸۵ a                                  |
| CaCl <sub>2</sub> 60mM | ۱    | ۱/۲۴ o        | ۳/۵۳ ef       | ۱/۱۵ a                                   | ۴/۹۵ abc                                |
| CaCl <sub>2</sub> 80mM | ۱    | ۱/۴ o         | ۳/۵۶ de       | ۱/۰۵ b                                   | ۵/۸۵ a                                  |
| SA 1mM                 | ۱    | ۳/۷۸۶ mn      | ۳/۵۶ de       | ۱/۱۶۳ a                                  | ۴/۹۵ abc                                |
| SA 3mM                 | ۱    | ۱/۴۶۶ o       | ۳/۵۶ de       | ۱/۲۰۶ a                                  | ۴/۰۵ cde                                |
| شاهد                   | ۲    | ۶/۵ jkl       | ۳/۷ bc        | ۰/۳۹ g                                   | ۴/۰۵ cde                                |
| CaCl <sub>2</sub> 60mM | ۲    | ۴/۴۳۳ m       | ۳/۶۶ bcd      | ۰/۴۴ efg                                 | ۵/۴ ab                                  |
| CaCl <sub>2</sub> 80mM | ۲    | ۴/۳۲ m        | ۳/۶۳ bcde     | ۰/۳۷۶ g                                  | ۵/۸۵ a                                  |
| SA 1mM                 | ۲    | ۵/۴ lm        | ۳/۵۶ de       | ۰/۳۹ g                                   | ۴/۵ bcd                                 |
| SA 3mM                 | ۲    | ۴/۱ mn        | ۳/۶۶ bcd      | ۰/۴ fg                                   | ۵/۴ ab                                  |
| شاهد                   | ۳    | ۹/۶۸۲ fgh     | ۳/۷۳ b        | ۰/۳۹۶ fg                                 | ۴/۵ bcd                                 |
| CaCl <sub>2</sub> 60mM | ۳    | ۷ jkl         | ۳/۶۶ bcd      | ۰/۴۲۳ efg                                | ۴/۹۵ abc                                |
| CaCl <sub>2</sub> 80mM | ۳    | ۵/۶ klm       | ۳/۷۳ b        | ۰/۵ def                                  | ۴/۹۵ abc                                |
| SA 1mM                 | ۳    | ۷/۴۶۶ ijk     | ۳/۶۳ bcde     | ۰/۴۷۳ defg                               | ۴/۵ bcd                                 |
| SA 3mM                 | ۳    | ۶/۳ jkl       | ۳/۶ cde       | ۰/۴۲۳ defg                               | ۴/۵ bcd                                 |
| شاهد                   | ۴    | ۱۳/۵۶۶ c      | ۴ a           | ۰/۴۳۶ efg                                | ۳/۶ def                                 |
| CaCl <sub>2</sub> 60mM | ۴    | ۹/۱۳۳ ghi     | ۳/۶۶ bcd      | ۰/۴۰۳ efg                                | ۴/۵ bcd                                 |
| CaCl <sub>2</sub> 80mM | ۴    | ۸/۰۹ hij      | ۳/۷۳ b        | ۰/۴۵۳ defg                               | ۴/۰۵ cde                                |
| SA 1mM                 | ۴    | ۹/۶۳۳ fgh     | ۳/۶۳ bcde     | ۰/۵۰۶ de                                 | ۴/۰۵ cde                                |
| SA 3mM                 | ۴    | ۹ ghi         | ۳/۷ bc        | ۰/۴۶۶ defg                               | ۴/۵ bcd                                 |
| شاهد                   | ۵    | ۱۶/۴۶۶ b      | ۳/۳۳ gh       | ۰/۴۱۶ efg                                | ۴/۰۵ cde                                |
| CaCl <sub>2</sub> 60mM | ۵    | ۱۱/۲ def      | ۳/۳ h         | ۰/۴۴۳ defg                               | ۴/۹۵ abc                                |
| CaCl <sub>2</sub> 80mM | ۵    | ۱۰/۲۶ fg      | ۳/۳۳ gh       | ۰/۴۲۶ efg                                | ۴/۰۵ cde                                |
| SA 1mM                 | ۵    | ۱۱/۵۳۳ def    | ۳/۳ h         | ۰/۵۴۳ d                                  | ۴/۰۵ cde                                |
| SA 3mM                 | ۵    | ۱۰/۵۶۶ efg    | ۳/۳۶ gh       | ۰/۵۰۶ de                                 | ۴/۰۵ cde                                |
| شاهد                   | ۶    | ۲۰/۶۷۳ a      | ۳/۴ gh        | ۰/۳۸ g                                   | ۳/۷ f                                   |
| CaCl <sub>2</sub> 60mM | ۶    | ۱۳/۰۱۶ cd     | ۳/۳ h         | ۰/۴۶۳ defg                               | ۳/۶ def                                 |
| CaCl <sub>2</sub> 80mM | ۶    | ۱۲/۲ cde      | ۳/۳ h         | ۰/۴۶۶ defg                               | ۳/۱۵ ef                                 |
| SA 1mM                 | ۶    | ۱۲/۴۳ cde     | ۳/۴ gh        | ۰/۴۱۳ efg                                | ۳/۷ f                                   |
| SA 3mM                 | ۶    | ۱۲/۱۳ cde     | ۳/۴۳ fg       | ۰/۴۱۳ efg                                | ۳/۱۵ ef                                 |

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۱ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.



**ویتامین ث:** اثر تیمار و زمان‌های مختلف انبارداری بر مقدار ویتامین ث میوه‌ها در سطح آماری ۱ درصد و برهمکنش آنها در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقدار ویتامین ث میوه‌ها در طول دوره انبارداری به تدریج کاهش یافته به طوری که در هفته ششم انبارداری کمترین مقدار ویتامین ث مشاهده شده است و در سه هفته اول انبارداری بیشترین مقدار ویتامین ث در میوه‌ها ثبت گردیده است (جدول ۳). در بین تیمارها نیز شاخص‌ترین تیمار در حفظ ویتامین ث میوه‌ها کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار بوده است (جدول ۲). در مورد برهمکنش دو عامل فوق، با توجه به جدول ۴ می‌توان بیان کرد که در دو هفته اول انبارداری بیشترین مقدار ویتامین ث در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ۸۰ میلی مولار مشاهده شده است. در هفته سوم انبارداری هر دو غلظت کلرید کلسیم نسبت به بقیه تیمارها مقدار بیشتری از ویتامین ث میوه‌ها را حفظ کرده و در هفته چهارم، پنجم و ششم انبارداری کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار نسبت به بقیه تیمارها شاخص‌ترین تیمار در حفظ ویتامین ث میوه‌ها بوده است، که ممکن است به دلیل غلظت بالای این ماده باشد که اکسیداسیون سریع اسید آسکوربیک را به تأخیر انداخته است. کلرید کلسیم با داشتن بار مولکولی و اتصال به غشا باعث پایداری آنها می‌شوند و با این کار از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن به غشا جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشاهای زیستی کمک می‌کنند و در حقیقت نقش آنتی‌اکسیدانت‌ها نظیر ویتامین ث را به عهده می‌گیرند و از تجزیه ویتامین ث جلوگیری می‌کنند (اسپیناردی ۲۰۰۵؛ وایت و برودلی ۲۰۰۳) کلسیم همچنین با افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، اکسیداسیون سریع اسید آسکوربیک را به تأخیر می‌اندازد (کاظمی و همکاران ۲۰۱۱).

اسیدیته قابل تیتراسیون در طول دوره انبارداری کاهش پیدا کرد. در بین تیمارها شاهد به طور معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارها کمترین اسیدیته را داشت. در هفته اول انبارداری کلرید کلسیم ۶۰ میلی مولار و اسید سالیسیلیک ۱ و ۳ میلی مولار بیشترین مقدار اسیدیته را داشتند. در هفته دوم و سوم اندازه‌گیری به ترتیب کلرید کلسیم ۶۰ و ۸۰ میلی مولار بیشترین اسیدیته را ایجاد کردند. در هفته چهارم و پنجم اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار شاخص‌ترین تیمارها از نظر حفظ اسیدیته بود. در پایان انبارداری هر دو غلظت کلرید کلسیم بهترین تیمارها از نظر حفظ اسیدیته بودند (جدول ۴). اسیدیته به طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسید آلی غالب در میوه است که یک پارامتر مهم در نگهداری کیفیت میوه می‌باشد. از آنجا که اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا برای واکنش‌های آنزیمی تنفس به کار می‌روند، انتظار می‌رود طی دوره پس از برداشت اسیدیته میوه کاهش و مقادیر pH آن افزایش یابد. می‌توان گفت استفاده از کلرید کلسیم با کاهش تولید اتیلن و سرعت تنفس باعث پایین آوردن متابولیسم فرآورده می‌شود و تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون را کاهش می‌دهد. کاهش اسیدیته به علت تغییرات بیوشیمیایی ترکیبات آلی میوه در طی فرآیند تنفس بسیار محتمل است (دینگ و همکاران ۱۹۹۸)، پس هر تیماری که باعث کندی متابولیسم و پیری محصول شود می‌تواند سرعت تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون را در طول انبارداری کاهش دهد (جلیلی ۱۳۸۳). از آنجایی که نقش کلسیم و اسید سالیسیلیک نیز در به تأخیر انداختن رسیدن میوه و کاهش تولیدات اتیلن و سرعت تنفسی به اثبات رسیده است، باعث کاهش سرعت تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون می‌شوند (والرو و همکاران ۲۰۰۲).

## منابع مورد استفاده

- مستوفی ی و نجفی ف، ۱۳۸۴. روشهای آزمایشگاهی تجزیه ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران ص ۱۳۶.
- جلیلی مرندی ر، ۱۳۸۳. فیزیولوژی بعد از برداشت جابجایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه ص ۲۷۶.
- Aghdam MS, Mostofi Y, Motallebiazar A, Ghasemneghad M and Fattahi Moghaddam J, 2009. Effects of MeSA vapor treatment on the postharvest quality of Hayward kiwifruit. In 6<sup>th</sup> International Postharvest Symposium. Antalya, Turkey.
- Alcaraz-Lopez C, Botia M, Alcaraz CF And Riquelme F, 2003. Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on plum (*Prunus domestica* L.) fruit quality. *Plant Physiology* 160: 1441–1446.
- Asghari M, 2006. Effects of salicylic acid on Selva strawberry fruit, antioxidant activity, ethylene production and senescence, fungal contamination and some other quality attributes. Ph.D. thesis, University of Tehran.
- Ball JA, 1997. Evaluation of two lipid-based edible coatings for their ability to preserved postharvest quality of green bell peppers. Master Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.
- Demarty M, Morvan C and Thellier M, 1984. Ca and the cell wall. *Plant, Cell & Environment* 7: 441-448.
- Dimitrios G and Pavlina DD, 2005. Summer-pruning and preharvest calcium chloride sprays affect storability and low temperature breakdown incidence in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 36: 303-308.
- Ding CK, Chachin Y, Hamauzu YU and Imahori Y, 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology* 14: 309-315.
- Ferguson IB, 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant, Cell & Environment* 7: 477-489.
- Garcia JM, Herrera S and Morilla A, 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Agricultural and food Chemistry* 44: 30-33.
- GUO X, Wang Y, LI L, Wang G and Chen X, 2010. Principal components analysis of the influence of 1-MCP and salicylic acid treatment on fruit quality of "Angeleno" plum. *Food Science* 31: 416-422.
- Kazemi M, Aran M and Zamani S, 2011. Effect of Calcium Chloride and Salicylic acid Treatments Quality on Charasterictics of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) During Storage. *Americal Journal of Plant Physiology* 6: 183-189.
- Kirkby EA and Pilbeaam DJ, 1984. Calcium as a plant nutrient. *Plant, Cell & Environment* 7: 397-405.
- Lara I, García P and 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.
- Leslie CA and Romani RJ, 1986. Salicylic acid: a new inhibitor of ethylene biosynthesis, *Plant Cell Reports* 5: 144–146.
- Levy D and Poovaiah BW, 1979. Effect of calcium infiltration of senescence of apples. *Horticultural Science* 14:466-472.

- Mahajan BVC, Dhatt AS, 2004. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behaviour and quality of Asian pear during cold storage. *Journal of Food Agriculture and Environment* 2:157–159.
- Manganaris GA, Vasilakakis M, Diamantidis G and Mignani I, 2007. 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.
- Miller AR, 1992. Physiology, biochemistry and detection of bruising (mechanical stress) in fruits and vegetables. *Postharvest News Information* 3: 53–58.
- Navjot G, Sukhjit Kaur J and Parmpal Singh G, 2010. Effect of calcium on cold storage and post-storage quality of peach. *Food Science Technology* 48: 225–229.
- Poovalah BW, 1986. Role of Calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology* 40: 86-89.
- Raskina I, 1992. Role of salicylic acid in plants, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43: 439–463.
- Raskin bI, 1992. Salicylate, a new plant hormone, *Plant Physiology* 99: 799–803.
- Serrano M, Martinez-Romero D, Guillen F and Valero D, 2003. Effect of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 30: 259–271.
- Shafiee M, Taghavi TS and Babalar M, 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulture* 124: 40-45.
- Spinardi AM, 2005. Effect of harvest data and storage on antioxidant systems in pears. *Acta Horticulturae*, 682: V International Postharvest Symposium.
- Srivastava MK, Dwivedi UN, 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science* 158: 87-96.
- Valero D, Perez-vicente A, Martinz-Romero D, Castillo S, Guillen F And Serrano M, 2002. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatments: Role of polyamines. *Food Science* 67: 2571-2575.
- Wang L, Chen S, Kong W, Li S and Archbold DD, 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 244-251.
- White PJ and Broadley MR, 2003. Calcium in plants. *Ann. Botanical* 92: 487-511.
- Zokae Khosroshahi MR, Esna-Ashari M and Ershadi A, 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar Selva. *Scientia Horticulturae* 114: 27–32.
- Zokae Khosroshahi MR, Esna-Ashari M and Ershadi A, 2008. Effect of exogenous putrescine treatment on the quality and storage life of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation* 1: 278-287.