

Improvement of Anthocyanin and Antioxidant Properties of Strawberry (cv. Amaros) by Calcium Lactate and Potassium Sorbate Application

Farah Hosseini¹, Mohammad Esmail Amiri^{2*} and Farhang Razavi³

1- M.Sc. Student of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2- ***Corresponding Author:** Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran (m-amiri@znu.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 14 March, 2018

Accepted: 27 January, 2019

Abstract

Background and Objectives

Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) is one of the most popular soft fruits worldwide. It is a rich source of health promoting compounds such as essential macro/micro-nutrients, polyphenols, anthocyanin, vitamins and amino acids, while showing a high antioxidant capacity. Preharvest applications of calcium lactate and potassium sorbate have shown to be promising as a tool to improve the quality and extend the shelf life of various fruits. To our knowledge, however, little information is available regarding the effect of calcium lactate and potassium sorbate on strawberry fruits. Thus, the objective of the present study was to determine the effect of foliar application of calcium lactate and potassium sorbate on important quality characteristics and antioxidant properties of 'Armas' strawberries.

Materials and Methods

This research was performed at a commercial orchard on 2-year old strawberries in Marivan, Iran in 2015. The experiment was arranged as factorial based on randomized complete block design with two factors and four replications. The first factor included different levels of calcium lactate (0, 0.5 and 1%) and the second factor included different levels of potassium sorbate (0, 0.5 and 1%). Foliar spraying was performed in three stages: three weeks before commercial harvesting, at initial coloring, and one week before harvest. Fruit were harvested at commercial maturity and immediately transported to the laboratory at University of Zanjan and subjected to physicochemical analysis. Differences among means of data were analyzed by Duncan's test at $p \leq 0.05$ ($n = 3$). All statistical analyses were performed with SAS version 9.4.

Results

The results showed that the combination of calcium lactate and potassium sorbate (0.5 Percent concentration) treatment significantly ($P \leq 0.01$) increased the total anthocyanin content of the whole fruit, resulting into further attractive fruit color and market than the control. It also increased antioxidant properties up to a level of 57.07%. On the other hand, the application of this treatment (calcium lactate and potassium sorbate 0.5 Percent) significantly increased the total flavonoid content, total soluble solids, flavor index (1.1 Percent) and calcium lactate (1 Percent). Potassium sorbate increased total phenol, total acidity, and fruit acidity significantly compared to other treatments and control ($P \leq 0.05$).

Discussion

In general, the results of the present study showed that a preharvest application of calcium lactate and potassium sorbate increased firmness, nutritional quality, and antioxidant potential of strawberry fruits. Thus, the use of these two materials is recommended to improve the qualitative and antioxidant properties of strawberry fruit.

Keywords: Antioxidant capacity, Firmness, Titrable acidity, Total soluble solid, phenol

بهبود خواص آنتی‌اکسیدانی و آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی رقم آروماس با استفاده از لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم

فرح حسینی^۱، محمد اسماعیل امیری^{۲*} و فرهنگ رضوی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- *نویسنده مسئول: استاد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران (m-amiri@znu.ac.ir)

۳- استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم بر خواص آنتی‌اکسیدانی و بعضی صفات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آروماس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار، بر روی بوته‌های دو ساله، در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی شهرستان مریان، اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده شامل شاهد (آب مقطر)، سوربات پتاسیم با غلظت‌های (۰/۵ و ۱ درصد)، لاکتات کلسیم با غلظت‌های (۰/۵ و ۱ درصد) و اثر ترکیبی آن‌ها به صورت محلول پاشی در سه مرحله، مرحله اول سه هفته قبل از برداشت تجاری، مرحله دوم دو هفته قبل از برداشت، مرحله سوم یک هفته قبل از برداشت اعمال گردید. نتایج حاصله حاکی از آن است که کاربرد ترکیبی لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم (غلظت‌های ۰/۵ درصد)، میزان آنتوسیانین کل میوه را به طور معنی‌دار (در سطح احتمال آماری یک درصد) افزایش داد، که این امر جذابیت رنگ و بازاریابی میوه را نسبت به شاهد بیشتر نمود، به طبع آن خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش یافت. از طرف دیگر اثر این تیمار (ترکیب لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم ۰/۵ درصد) باعث افزایش معنی‌داری (در سطح یک درصد) محتوای فلاونوئید کل، کل مواد جامد محلول و شاخص طعم و تیمار ترکیبی (یک در یک درصد) لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار فنل کل (۹۵/۷۲ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر)، اسید کل و سفتی بافت میوه نسبت به تیمارهای دیگر شد ($p \leq 0.05$). بنابراین استفاده از این دو ماده در سه مرحله و به صورت ترکیبی جهت بهبود خواص کیفی و آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی قابل توصیه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: اسید قابل تیتراسیون، سفتی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، مواد جامد محلول

مقدمه

وضعیت تغذیه گیاه توت‌فرنگی علاوه بر عملکرد، کیفیت و ماندگاری محصول را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. کلسیم از عناصر ضروری است که نقش مهمی در متابولیسم سلولی ایفا کرده و از عناصر اصلی تشکیل دهنده دیواره سلولی و فعال کننده آنزیم فسفاتاز است (Kadir, 2005 ; Clender and Virk, 1990). کلسیم در ساختمان تیغه میانی سلول‌ها و بافت‌های گیاهی در ترکیبی به نام پکتات کلسیم وجود دارد و

توت‌فرنگی با نام علمی (*Fragaria sp*) از تیره رزاسه بوده و از منابع با ارزش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، مواد فنولی، اسیدهای آلی، ویتامین‌ث، آنتوسیانین و منبع خوبی برای تأمین کلسیم، پتاسیم، منگنز و روی می‌باشد (Atri et al., 2008). بنابراین با توجه به ارزش غذایی بالای این محصول و همچنین گسترش کشت در جهان و در کشور ما توجه به تغذیه گیاه اهمیت زیادی دارد (Miri et al., 2016).

سبب پایداری دیواره سلولی گشته و پایداری غشاهای سلولی ارتباط نزدیکی با میزان سفتی گوشت میوه دارد (Naser *et al.*, 2018). کلسیم محلول‌پاشی شده نیز از طریق ایجاد کمپلکس با گروه‌های کربوکسیل پکتین باعث سفتی بافت میوه شده و به دیواره سلولی استحکام می‌بخشد به این ترتیب نقش اساسی در به تأخیر انداختن رسیدگی میوه دارد (Ferguson, 1984; Madani *et al.*, 2016). کلسیم به صورت نمک‌های مختلف از جمله کلرید کلسیم، آسکوربات کلسیم، پروپیونات کلسیم و لاکتات کلسیم نه تنها باعث حفظ بافت استحکام میوه گردیده بلکه ترکیبات شیمیایی را نیز در میوه‌های مختلف (انگور، خرمالو، پسته، پرتقال) افزایش داده است (Almela *et al.*, 2013; Martin-Diana *et al.*, 2007; Naser *et al.*, 2018).

پتاسیم نیز به‌عنوان عنصر ضروری و پرمصرف نقش بسزایی در سنتز پروتئین‌ها، فعال کردن آنزیم‌ها، انتقال قند و نقش آن در حفظ فشار اسمزی و افزایش جذب دی اکسید کربن، فتوسنتز و تنظیم باز شدن روزنه‌ها و همچنین بهبود ساختاری در ترکیباتی از قبیل لیگنین و سلولز مشخص شده است. پتاسیم شدت فتوسنتز و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به بافت ذخیره‌ای را افزایش می‌دهد در نتیجه کیفیت میوه و عملکرد را بهبود می‌بخشد. سوربات پتاسیم از طرف سازمان جهانی غذا و دارو (FDA) به‌عنوان نگهدارنده ضد میکروبی، برای افزایش کیفیت به‌صورت گسترده در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سوربات پتاسیم محلول در آب و در مقادیر مجاز تأثیر منفی ندارد. محققین گزارش کردند که استفاده از سوربات پتاسیم و بتونیت پتاسیم به‌عنوان ماده پوششی برای حفظ و نگهداری میوه انبه، باعث کاهش پوسیدگی و جلوگیری از کاهش وزن، حفظ ویتامین ث، اسیدتیة قابل تیتراسیون، عطر و طعم میوه شده است (Liu *et al.*, 2014). بر اساس بررسی منابع صورت گرفته در مورد محلول‌پاشی قبل از برداشت توت‌فرنگی توسط لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم اطلاعات زیادی در دسترس نیست. لذا هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر محلول‌پاشی لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم بر کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی

میوه توت‌فرنگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه تجاری توت‌فرنگی رقم آروماس واقع در شهرستان مریوان در بهار سال ۱۳۹۵ انجام شد. عملیات به باغی (آبیاری، تغذیه و غیره) در این مزرعه دو ساله طبق توصیه کارشناسان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (پنج بوته در هر تکرار) اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده شامل شاهد (آب مقطر)، سوربات پتاسیم با غلظت‌های ۰/۵ درصد (A_1) و ۱ درصد (A_2) و لاکتات کلسیم با غلظت‌های ۰/۵ درصد (B_1) و ۱ درصد (B_2) و تلفیق آن‌ها بودند. محلول‌پاشی در سه مرحله، مرحله اول سه هفته قبل از برداشت تجاری، مرحله دوم دو هفته قبل از برداشت تجاری و مرحله سوم یک هفته قبل از برداشت اجرا شد. در تهیه محلول‌ها از توین ۲۰ به‌عنوان سورفکتانت استفاده شد و از هر تکرار ده میوه برداشت شده و صفات کیفی و آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

صفات مورد ارزیابی

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (شرکت تکچیر آنالیز با میله نفوذکننده به قطر ۳ میلی‌متر) اندازه‌گیری و برحسب نیوتن بیان شد. برای تعیین مواد جامد محلول کل میوه از رفاکتومتر دستی مدل (ATAGO) ساخت کشور ژاپن استفاده شد. درصد اسیدیته قابل تیتراسیون میوه از طریق تیتراژ کردن عصاره میوه توسط سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH به ۸/۲ انجام شد (Hernandez-Munoz *et al.*, 2008). pH عصاره میوه‌ها (مخلوط عصاره ۶ میوه برای هر تکرار) با استفاده از pH متر مدل HI 9811 اندازه‌گیری شد. برای بیان شاخص طعم میوه از نسبت TSS/TA استفاده شد.

محتوای فنل کل میوه

اندازه‌گیری محتوای فنل کل با استفاده از روش فولین سیکالو انجام شد. ابتدا عصاره میوه توت‌فرنگی تهیه شده و از کاغذ صافی عبور داده شد و در فالدکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس آب‌میوه سانتریفیوژ شده و محلول‌روی درون میکروتیوب ریخته شد. برای این منظور ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های رقیق شده همراه ۲ میلی‌لیتر Na_2CO_3 (۲)

بیان شد (Giusti and Worlsted, 2001).

رابطه (۱)

$$(A) = (A520pH1 - A700pH1) - (A520pH4/5 - A700pH4/5)$$

رابطه (۲)

$$(mg/l) = (A/26900 \times 10^3) \times (445/2) \times (5)$$

که در آن 10^3 عامل تبدیل، ۲۶۹۰۰ ضریب مولی سیانیدین ۳- گلوکوزید، ۴۴۵/۲ وزن ملکولی سیانیدین ۳- گلوکوزید می‌باشد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه به روش DPPH

تعیین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان کل عصاره میوه بر اساس روش دهقان و خوشکام انجام گرفت. ۵۰ میکرولیتر از عصاره سانتریفیوژ شده به ۹۵۰ میکرولیتر محلول DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اضافه گردید و کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. سپس ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید (Dehghan and Khoshkam, 2012).

رابطه (۳)

$$\%DPPHsc = (Ac - As) \times 100 / Ac$$

که در آن $\%DPPHsc$ درصد بازدارندگی، Ac میزان جذب محلول DPPH و As میزان جذب محلول حاوی عصاره می‌باشد.

تجزیه آماری

آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

آنتوسیانین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات سوربات پتاسیم و لاکتات کلسیم بر مقدار آنتوسیانین میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل تیمارها بر مقدار آنتوسیانین معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت

درصد در لوله آزمایش ریخته شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از واکنشگر فولین سیوکالتو (۵۰ درصد) به آن اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد و سپس میزان جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Specorp 250 Jena-History) در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت شد از غلظت‌های مختلف اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد و نتایج بر اساس میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بیان شد (Singleton and Rossi, 1965).

محتوای فلاونوئید کل میوه

محتوای فلاونوئید کل (TFC) عصاره‌ها با روش ارائه شده توسط Kaijv et al. (2006) اندازه‌گیری شد. برای این منظور، بر روی ۰/۲۵ میلی‌لیتر از نمونه‌ها با رقت مناسب، ۷۵ میکرولیتر (۵٪) $NaNO_2$ و ۰/۱۵ میلی‌لیتر (۱۰ درصد) $AlCl_3$ و ۰/۵ میلی‌لیتر $NaOH$ یک مولار اضافه شد و با افزودن آب مقطر حجم نهایی به ۲/۵ میلی‌لیتر رسید. جذب محلول پس از ۵ دقیقه در طول موج ۵۰۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل (Specorp 250 Jena-History) خوانده شد نتایج مطابق با میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد (Kaijv et al., 2006).

محتوای آنتوسیانین میوه

از روش اختلاف pH برای سنجش میزان آنتوسیانین استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر آب میوه به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی با ۵ میلی‌لیتر محلول $KCl-HCl$ (۵۰ میلی‌لیتر از محلول ۰/۲ مولار کلرید پتاسیم + ۹۷ میلی‌لیتر از محلول ۰/۲ مولار اسید کلریدریک به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) با pH ۱ رقیق شد. ۱ میلی‌لیتر دیگر از محلول رویی با ۵ میلی‌لیتر بافر استات ۰/۲ مولار (۳۰/۵ میلی‌لیتر از استیک اسید ۰/۲ مولار + ۱۹/۵ میلی‌لیتر از استات سدیم ۰/۲ مولار به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد)، pH ۴/۵ رقیق شد. سپس جذب هر دو محلول در دو طول موج ۵۱۰ نانومتر و ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. غلظت آنتوسیانین کل، با استفاده از فرمول زیر بر حسب میلی‌گرم سیانیدین ۳- گلوکوزید در لیتر

و میوه‌ها در مراحل قبل و پس از برداشت است و کاهش دما سبب افزایش سنتز آنتوسیانین در آن‌ها می‌شود (Hamedani et al., 2014). در پژوهش حاضر با افزایش غلظت تیمار لاکتات کلسیم غلظت آنتوسیانین میوه‌ها کاهش می‌یابد که این کاهش را می‌توان به نقش کلسیم در کاهش فعالیت‌های متابولیکی مرتبط با رسیدگی میوه نسبت داد. افزایش غلظت کلسیم باعث تأخیر در تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی نظیر پلی‌گالاکتوروناز و پکتین متیل استراز شده در نتیجه رسیدگی میوه و فرایندهای مرتبط با آن نظیر رنگ‌گیری میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد (Naser et al., 2018). در پژوهشی که توسط تیمار کلرید کلسیم در توت‌فرنگی صورت گرفته است نقش افزایش غلظت کلسیم در کاهش میزان آنتوسیانین میوه گزارش شده است (Cheour et al., 1990). Atri et al. (2008) در بررسی محلول پاشی کلرید کلسیم بر روی توت‌فرنگی نشان دادند که غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (۰/۳ و ۰/۵) بر روی آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی تأثیر معنی‌داری ندارد.

لاکتات کلسیم مقدار آنتوسیانین به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در حالی‌که با افزایش غلظت سوربات پتاسیم مقدار آنتوسیانین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بالاترین مقدار آنتوسیانین در تیمار ترکیبی ۰/۵ درصد لاکتات کلسیم و ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم (۶۶/۶۹ میلی‌گرم بر لیتر) و کمترین مقدار آنتوسیانین در تیمار ۱ درصد لاکتات کلسیم (۳۱/۲۹ میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده شد (جدول ۲).

آنتوسیانین‌ها به‌صورت قرمز و ارغوانی در واکوئل سلول و محلول در آب هستند. در لایه‌های اپیدرمی بیشتر وجود دارند رنگ‌های قوی هستند که گاهی سبب مخفی شدن رنگیزه‌های کاروتن و کلروفیل در زیر آن‌ها می‌شوند. رنگ قرمز در سیب، هلو، گلابی، آلبالو، گیلاس و توت‌فرنگی از آنتوسیانین‌ها هستند. قندها از تقویت‌کننده‌های آنتوسیانین هستند که مانع تغییر رنگیزه‌ها و تأخیر در رسیدن میوه می‌شوند (Wafaa et al., 2014). آنتوسیانین‌ها یکی از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه جلوگیری می‌کنند (Rmazani, 2012). درجه حرارت یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر تجمع آنتوسیانین در گل‌ها

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم و اثرات ترکیبی بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی

میوه توت‌فرنگی

Table 1. Analysis of variance of different levels of calcium lactate and potassium sorbate and combined effects on antioxidant properties of strawberry fruit

| میانگین مربعات | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|--|
| Means of squares | | | | | |
| آنتی‌اکسیدان | آنتوسیانین | فلاونوئید | فنل | درجه آزادی | منابع تغییرات |
| Antioxidants | Anthocyanin | Flavonoid | Phenol | df | Sources of variations |
| 18.24 ^{ns} | 28.74 ^{ns} | 0.0003 ^{ns} | 37.71 ^{ns} | 2 | Block |
| 232.02 ^{**} | 1603 ^{**} | 55.30 ^{**} | 789.14 ^{**} | 2 | لاکتات کلسیم Calcium lactate (CaL) |
| 362.61 ^{**} | 322.18 ^{**} | 3.63 ^{**} | 928.93 ^{**} | 2 | سوربات پتاسیم Potassium sorbate (PS) |
| 250.92 ^{**} | 31.93 ^{ns} | 20.84 ^{**} | 280 ^{**} | 4 | لاکتات کلسیم × سوربات پتاسیم CaL × PS |
| 9.12 | 27.78 | 0.018 | 20.92 | 16 | خطای آزمایشی Trial error |
| 5.64 | 10.02 | 10.22 | 7.9 | - | ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) |

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌داری، معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد می‌باشد.

ns, * and ** no significant differences, significant at the 5 and 1 % probability level, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر غلظت لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم بر روی خواص آنتی‌اکسیدانی توت‌فرنگی
 Table 2. Comparison of the effect of calcium lactate and potassium sorbate on the antioxidant properties of strawberry

| آنتوسیانین (میلی‌گرم بر لیتر) Anthocyanin (mg/l) | آنتی‌اکسیدان (درصد) Antioxidant (%) | فنل کل (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) Total phenol (mg 100g ⁻¹ FW) | فلاونوئید کل (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) Total flavonoid (mg 100g ⁻¹ FW) | تیمارها (درصد) Treatments (%) | |
|---|--|--|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| | | | | سوربات پتاسیم Potassium sorbat | لاکتات کلسیم Calcium lactate |
| 59.55 ^a | 35.02 ^c | 53.82 ^c | 6.88 ^h | 0 | |
| 64.84 ^a | 58.36 ^{ab} | 51.03 ^{cd} | 7.89 ^g | 0.5 | 0 |
| 62.45 ^a | 56.99 ^{ab} | 45.65 ^c | 11.08 ^e | 1 | |
| 48.58 ^b | 51.10 ^b | 65.08 ^b | 14.54 ^b | 0 | |
| 66.69 ^a | 59.07 ^b | 52.19 ^{cd} | 15.95 ^a | 0.5 | 0.5 |
| 58.75 ^a | 53.90 ^b | 48.16 ^{cd} | 10.20 ^f | 1 | |
| 31.29 ^d | 64.18 ^a | 92.75 ^a | 12.55 ^c | 0 | |
| 43.78 ^{bc} | 58.97 ^b | 50.08 ^{cd} | 11.46 ^d | 0.5 | 1 |
| 36.74 ^{cd} | 54.90 ^b | 65.04 ^b | 10.25 ^f | 1 | |

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$).

تیمارها بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). شاهد با میانگین ۳۵/۰۲ درصد کمترین و تیمار ۱ درصد لاکتات کلسیم با ۶۴/۱۸ درصد بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد و بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). میزان آنتی‌اکسیدان کل میوه در تمام میوه‌های تیمار شده افزایش یافت ولی این افزایش در میوه‌های تیمار شده با لاکتات کلسیم بیشتر بود. تأثیر کلسیم در حفظ و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه به کاهش اتلاف آب‌میوه، تنفس و تولید اتیلن و پیری مربوط می‌شود (Ferreyra *et al.*, 2007). میزان آنتی‌اکسیدان‌ها با بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیولوژیکی میوه نظیر رنگ، سفتی در ارتباط است و احتمالاً با زمان برداشت، شیوه‌های انبارداری، زمان بین چیدن میوه و مصرف آن تغییر می‌کند (Abbasi *et al.*, 2012).

آنتی‌اکسیدان‌ها علاوه بر این که در سلامت انسان مؤثرند در کیفیت میوه‌ها هم اثر دارند، در حقیقت آنتی‌اکسیدان‌ها به وسیله سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن، میوه‌ها را از ناهنجاری‌ها محافظت می‌کنند.

برعکس کلسیم، پتاسیم در افزایش آنتوسیانین تأثیر مثبت داشته است و با افزایش غلظت آن مقدار آنتوسیانین میوه بهبود یافته است. افزایش بیوسنتز آنتوسیانین‌ها با افزایش سطح پتاسیم ممکن است با توجه به نقش پتاسیم در فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایز و به احتمال زیاد به عنوان یک کوفاکتور باعث فعال شدن آنزیم‌هایی مانند UDP گالاکتوز و فلاونوئید-۳-او-گلیکوزیل ترانسفراز می‌شود (Nava *et al.*, 2007). علاوه بر این از اجزای اصلی سازنده آنتوسیانین‌ها قندها می‌باشد و از طرفی پتاسیم در حمل و نقل قندها و تولید کربوهیدرات‌ها نقش بسیار عظیمی داشته و می‌تواند به‌طور غیرمستقیم نیز در تحریک تولید آنتوسیانین دخیل باشد (Hiratsuka *et al.*, 2001). پژوهشگران گزارش کردند که تیمار کلرید پتاسیم با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی شده است (Dudman and Amiri, 2010) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف سوربات پتاسیم و لاکتات کلسیم و اثر متقابل

در بین دو تیمار، لاکتات کلسیم بهتر از سوربات پتاسیم عمل کرده که می‌توان گفت احتمالاً کلسیم به دلیل بازداری از آسیب غشا از اکسید شدن فنل جلوگیری کرده است. ترکیبات فنولی مسئول برخی ویژگی‌های حسی مرتبط با کیفیت مواد غذایی گیاهی می‌باشند که از آن جمله می‌توان به تأثیر آن‌ها در ایجاد طعم تلخ و گس، رنگ تیره، بو و پایداری اکسیداتیو مواد غذایی و تغییر در بیان ژن‌ها و فعالیت پروتئین‌ها اشاره کرد (Shoji, 2007). آنزیم PAL از آنزیم‌های اصلی در سنتز ترکیبات فنولی است که فعالیت آن می‌تواند مستقیماً با مقدار ترکیبات فنولی مرتبط باشد. به نحوی که افزایش در ترکیبات فنولی می‌تواند مرتبط با افزایش فعالیت PAL باشد (Lemoine *et al.*, 2007). کلسیم از طریق حفظ استحکام غشا، باعث جلوگیری از شرایط تنش القاکننده پیری شده و در نتیجه حضور کلسیم در غشا و دیواره سلولی باعث استحکام سلول شده و تخریب ترکیبات فنولی را به تأخیر می‌اندازد (Wang *et al.*, 2013). تیمار لاکتات کلسیم باعث افزایش محتوای فلاونوئید و فنل کل شد، که با یافته‌های پژوهش‌های قبلی، اثر سیلیکات کلسیم بر میوه‌های آووکادو در طی دوره انبارمانی افزایش غلظت ترکیبات فنولی را نشان داده بودند در انطباق است (Tsfay *et al.*, 2010).

سفتی

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمارهای لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم بر سفتی بافت میوه معنی‌دار بود ($p < 0/05$) (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها، اثر متقابل غلظت ۱ درصد لاکتات کلسیم و غلظت ۱ درصد سوربات پتاسیم با (۵/۸۰) نیوتن بیشترین سفتی و تیمار شاهد با میانگین (۳/۹۸) نیوتن کمترین سفتی بافت میوه را نشان دادند. با افزایش غلظت تیمارها سفتی بافت میوه در سطح بالایی نسبت به تیمار شاهد حفظ شده است ولی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

محققین گزارش کردند که میوه‌های پاپایا تیمار شده با کلسیم دو درصد بالاترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به شاهد نشان دادند (Madani *et al.*, 2016). محققان بیان کردند که کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی توت‌فرنگی به دلیل کاهش ویتامین C، فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی می‌باشد (Ferreyra *et al.*, 2007). بالا بودن غلظت پتاسیم منجر به کاهش تولید H_2O_2 و کاهش استرس اکسیداتیو و تأخیر پیری در میوه‌ها می‌شود. افزایش مقدار آنتی‌اکسیدان کل میوه در تیمار سوربات پتاسیم را می‌توان به ویژگی پتاسیم در افزایش سفتی، کاهش تولید اتیلن و تاخیر در رسیدن، کاهش غلظت و حذف فعالیت H_2O_2 ، O_2^- و کاهش استرس اکسیداتیو دانست (Puerta-Gomez and Cisneros-Zevallos, 2011).

محتوای فنل و فلاونوئید کل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تیمار سطوح مختلف لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم و اثر متقابل تیمارها بر محتوای فنل و فلاونوئید کل میوه در سطح احتمال ($p < 0/01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ۱ درصد لاکتات کلسیم با میانگین (۹۲/۷۵) میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه (بیشترین و تیمار ۱ درصد سوربات پتاسیم با میانگین (۴۵/۶۵) میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) کمترین تأثیر را بر محتوای فنل کل داشت. با توجه به جدول (۲) با افزایش غلظت لاکتات کلسیم بر میزان فنل کل میوه افزوده می‌شود. بیشترین محتوای فلاونوئید در تیمار ترکیبی ۰/۵ درصد لاکتات کلسیم و ۰/۵ سوربات پتاسیم (۱۵/۹۵) میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) و کمترین آن در میوه‌های شاهد (۶/۸۸) میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) مشاهده شد.

پژوهشگران گزارش کردند که تیمار کلرید کلسیم در حفظ ترکیبات فنلی، آنتوسیانین، اسید آسکوربیک در میوه زغال‌اخته مؤثر بوده است (Dokhanieh *et al.*, 2013; Ghesmati *et al.*, 2018).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم و اثرات ترکیبی آنها بر توت فرنگی
 Table 3. Analysis of variance of different levels of calcium lactate and potassium sorbate and their combined effects on strawberry

| میانگین مربعات Means of squares | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|------------------|--|
| اسیدیته pH | شاخص طعم TSS/TA | مواد جامد محلول TSS | اسید کل TA | سفتی Firmness | درجه آزادی df | منابع تغییرات Sources of variations |
| 0.0003 ^{ns} | 0.017 ^{ns} | 0.294 ^{ns} | 0.106 ^{ns} | 0.037 ^{ns} | 2 | بلوک Block |
| 0.009 ^{ns} | 0.600* | 1.047* | 1.047** | 0.923* | 2 | لاکتات کلسیم Calcium lactate (CaL) |
| 0.012 ^{ns} | 2.50** | 0.733* | 2.75** | 1.275** | 2 | سوربات پتاسیم Potassium sorbate (PS) |
| 0.01 ^{ns} | 1.53** | 1.25** | 0.889* | 0.709 ^{ns} | 4 | لاکتات کلسیم × سوربات پتاسیم CaL × PS |
| 0.004 | 0.103 | 0.219 | 0.168 | 0.237 | 16 | خطای آزمایشی Trial error |
| 1.87 | 12.009 | 10.22 | 11.07 | 9.28 | - | ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) |

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی داری، معنی داری در سطح یک و پنج درصد می باشد.

ns, * and ** no significant differences, significant at the 5 and 1 % probability level, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر غلظت لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم بر صفات کیفی میوه توت فرنگی
 Table 4. Comparison of the effect of concentration of calcium lactate and potassium sorbate on quality traits of strawberry fruit

| عصاره میوه pH | شاخص طعم TSS/TA | اسید کل (درصد) TA (%) | مواد جامد محلول (برکس) TSS (Brix) | سفتی (نیوتن) Firmness (N) | تیمارها (درصد) Treatments (%) | |
|-------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| | | | | | سوربات پتاسیم | لاکتات کلسیم |
| | | | | | Potassium sorbat | Calcium lactate |
| 3.69 ^b | 1.016 ^d | 3.36 ^{abc} | 3.63 ^d | 3.98 ^b | 0 | |
| 3.73 ^a | 2.2 ^a | 2.5 ^d | 5.5 ^a | 5.03 ^a | 0.5 | 0 |
| 3.64 ^a | 1.21 ^{cd} | 3.15 ^{ab} | 4.13 ^{cd} | 5.73 ^a | 1 | |
| 3.67 ^a | 2.20 ^{cd} | 3.44 ^a | 4.33 ^{cd} | 5.3 ^a | 0 | |
| 3.73 ^a | 1.85 ^b | 2.71 ^c | 5.23 ^{ab} | 5 ^a | 0.5 | 0.5 |
| 3.70 ^a | 10.71 ^{bc} | 2.85 ^{bc} | 5.23 ^{ab} | 5.46 ^a | 1 | |
| 3.74 ^a | 1.54 ^{bcd} | 3.24 ^{abc} | 5.16 ^{ab} | 5.56 ^a | 0 | |
| 3.71 ^a | 1.41 ^{cd} | 3.32 ^{abc} | 4.66 ^{bc} | 5.30 ^a | 0.5 | 1 |
| 3.64 ^a | 1.01 ^d | 3.43 ^a | 4 ^{cd} | 5.80 ^a | 1 | |

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

تأخیر در رسیدن، افزایش ساخت ترکیبات آروماتیک، کاهش زوال و تخفیف خسارت سرما افزایش می دهد (Martin-Diana *et al.*, 2007). پژوهشگران گزارش کردند که توت فرنگی محلول پاشی شده با کلسیم باعث افزایش سفتی و ماندگاری میوه شده است (Hernandez-

نقش کلسیم در افزایش سفتی احتمالاً مربوط به نقش آن در افزایش استحکام دیواره سلولی می باشد (Ghesmati *et al.*, 2018). تیمار کلسیم ارزش غذایی میوهها را بهبود می بخشد و ماندگاری میوهها را از طریق حفظ سفتی، کاهش میزان تنفس و تولید اتیلن،

(Munoz et al., 2008). لاکتات کلسیم در غلظت‌های مختلف در پس از برداشت انبه و خرمالو باعث استحکام تأخیر در رسیدن و نرم شدن بافت میوه شد بدون این که عطر و یا طعم آن عوض شود (Almela et al., 2013). افزایش سفتی و تأخیر در رسیدن ناشی از تیمار سوربات پتاسیم را می‌توان به ویژگی پتاسیم در کاهش غلظت و حذف فعالیت H_2O_2 و O_2^- و کاهش استرس اکسیداتیو دانست (Puerta-Gomez and Cisneros-Zevallos, 2011). تحقیقات انجام‌شده بر روی خرمالو (Khademi et al., 2012) و سیب (Salmon et al., 2010) نشان داد که تیمار پتاسیم باعث حفظ سفتی بافت میوه شده است.

مواد جامد محلول

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم در سطح ($p < 0.05$) و اثرات متقابل لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم در سطح احتمال ($p < 0.01$) بر میزان مواد جامد محلول معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار (۵/۵) درصد سوربات پتاسیم (۵/۵) بریکس به صورت معنی‌داری به افزایش مواد جامد محلول منجر شد و کمترین میزان مواد جامد محلول مربوط به تیمار شاهد (۳/۶۳) بریکس بود. با افزایش غلظت تیمار لاکتات کلسیم مواد جامد محلول افزایش یافت ولی در تیمار سوربات پتاسیم با افزایش غلظت تیمار مواد جامد محلول به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴).

مواد جامد محلول یک پارامتر بسیار مهم در بین صفات تعیین کیفیت میوه‌ها می‌باشد. ترکیبی از قندها، اسیدها و دیگر مواد حل‌شده در شیر سلولی می‌باشد، که حدود ۸۰-۹۰ درصد آن را قند تشکیل می‌دهد. به عبارتی مواد جامد محلول شامل مواد معدنی و آلی مانند نمک‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، آهن و غیر می‌باشد که به صورت محلول داخل میوه قرار دارند ولی از آنجایی که درصد قند نسبت به سایر مواد بیشتر است بنابراین تا حدودی به درصد قند میوه اطلاق می‌شوند. در طی گزارشات بیش از ۹۰ درصد قند میوه رسیده را گلوکز، فروکتوز و ساکاروز و بقیه را

سوربیتول، زایلیتول و زایلوس تشکیل می‌دهند. کلسیم با کاهش سرعت تنفس میوه و جلوگیری از فرآیند تجزیه و شکستن کربوهیدرات‌ها باعث حفظ مواد جامد محلول و اسید کل در میوه‌ها می‌شود. پژوهشگران گزارش کردند که تأخیر در تغییرات مقدار مواد جامد محلول، ممکن است در اثر تأثیر لاکتات کلسیم روی متابولیسم قند باشد (Akhtar et al., 2010). پتاسیم یک ماده معدنی ضروری است که باعث حفظ و افزایش ویژگی‌های کیفی مانند قند محلول، مواد جامد محلول و اسید آلی می‌شود (Schwarz et al., 2013). از نظر فیزیولوژی پتاسیم فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌ها، به خصوص آنزیم‌هایی که به متابولیسم کربوهیدرات‌ها مربوط می‌شوند. بدیهی است که با افزایش پتاسیم در محلول غذایی میزان مواد جامد محلول افزایش یابد (Caruso et al., 1999).

اسید کل و pH عصاره میوه

سطوح مختلف لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم و همچنین اثرات متقابل تیمارها در سطح احتمال ($p < 0.01$) بر اسید کل میوه معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها تیمار ترکیبی ۱ درصد لاکتات کلسیم و ۱ درصد سوربات پتاسیم با میانگین (۳/۴۳) درصد بیشترین و تیمار ۵/۵ درصد سوربات پتاسیم با میانگین (۲/۵) درصد کمترین اسید کل میوه را داشتند. با افزایش غلظت تیمارهای لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم اسید کل میوه کاهش یافته است ولی تیمار ترکیبی ۱ درصد لاکتات کلسیم و ۱ درصد سوربات پتاسیم باعث افزایش اسید کل میوه شده است (جدول ۴). به طور کلی اسید کل به عنوان معیار و نمادی از اسیدهای آلی موجود در میوه و سبزی‌ها می‌باشد که در کنار قندها نقش مهمی در تعیین طعم و مزه آن‌ها ایفا می‌کند. این ترکیبات با تنظیم pH درون سلول موجبات پایداری سلول و فرآیندهای فیزیولوژیکی درون آن را فراهم می‌کنند.

اسید کل به طور مستقیم با غلظت اسیدهای آلی غالب در میوه در ارتباط است که یک پارامتر مهم در کیفیت میوه به حساب می‌آید. کلسیم با به تاخیر انداختن رسیدن میوه و

محلول و اسید کل در تیمار ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم مشاهده گردید. مزه مناسب برای توت‌فرنگی بر اساس میزان قند بالا به میزان مناسب اسید می‌باشد. روند کاهشی شاخص طعم به خاطر کاهش درصد مواد جامد محلول نسبت به اسید غالب میوه است که در اثر مصرف شدن قندها برای تولید آنتوسیانین است. این رنگیزه دارای جزء قندی می‌باشد که حلقه فنلی غیرقندی به آن اضافه گردیده است (Shojaee et al., 2011). در صورتی که توت‌فرنگی در شرایط نامناسب نگهداری شود ظاهراً آنزیم‌های گلیکولیتیک و آنزیم‌های تغمیر الکی مانند الکل دهیدرناز (ADH) و پیروات دکربوکسیلاز (PDC) فعال شده تا انرژی لازم برای تنفس سلولی تأمین کنند و در نتیجه این تغییرات آنزیمی، طعم توت‌فرنگی دچار دگرگونی می‌شود (Modarres et al., 2015).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش بیانگر آن است که تیمار ترکیبی و جداگانه سوربات پتاسیم و لاکتات کلسیم در افزایش سفتی بافت، شاخص طعم، افزایش مواد جامد محلول و نیز جلوگیری از کاهش میزان اسید کل میوه مؤثر بوده است و همچنین باعث افزایش و حفظ خواص آنتی‌اکسیدنی میوه (آنتی‌اکسیدان کل، فنل و فلاونوئید) شده است و تیمار ترکیبی ۰/۵ درصد لاکتات کلسیم و ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم برای افزایش میزان آنتوسیانین توت‌فرنگی قابل توصیه می‌باشد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از معاونت مالی دانشگاه زنجان جهت پشتیبانی مالی این طرح در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد تشکر و قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

نویسندگان عدم وجود تضاد منافع را در پژوهش حاضر بیان می‌کنند.

سهم نویسندگان

نویسندگان در نگارش مقاله حاضر دارای سهم مساوی می‌باشند.

کاهش تولید اتیلن و سرعت تنفسی باعث پایین آمدن سرعت متابولیسم‌های درون سلولی شده و با حفظ غشا و دیواره سلولی از کاهش اسید کل جلوگیری می‌کند (Aguayo et al., 2006). پژوهشگران در طی گزارشی بیان کردند که اسیدیته شدیداً تحت تأثیر مدیریت کوددهی است و تأمین بهینه عناصر معدنی به‌ویژه پتاسیم و کلسیم موجب افزایش میزان اسید و قندهای توت‌فرنگی می‌شود (Macit et al., 2007). پتاسیم یک ماده معدنی ضروری است که باعث حفظ و افزایش ویژگی‌های کیفی مانند قند محلول، مواد جامد محلول و اسید آلی می‌شود. محققان گزارش کردند که پتاسیم باعث افزایش مواد جامد محلول و اسید کل میوه شده است که با نتیجه پژوهش حاضر مطابقت دارد (Shoji, 2007). نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم و همچنین اثرات ترکیبی تیمارها بر pH عصاره میوه تأثیر معنی‌داری نداشتند.

شاخص طعم میوه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر تیمار لاکتات کلسیم و سوربات پتاسیم و اثر متقابل تیمارها بر شاخص رسیدگی میوه یا طعم میوه معنی‌دار بود ($p < 0.01$) (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین تیمارها، تیمار ۰/۵ درصد سوربات پتاسیم با میانگین (۲/۲) باعث افزایش شاخص طعم میوه در سطح بالایی نسبت به سایر تیمارها و شاهد شده است و کمترین میزان شاخص طعم میوه توت‌فرنگی با توجه به میزان اسید بالا به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و تیمار ترکیبی لاکتات کلسیم (۱ درصد) و سوربات پتاسیم (۱ درصد) مشاهده شد که نسبت به بالاترین میزان طعم کاهش چشمگیری داشت (جدول ۴).

نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون به‌عنوان شاخص رسیدگی توت‌فرنگی، یا شاخص طعم محسوب می‌شود؛ تنها اسیدی که در همه مراحل رشد میوه یافت می‌شود اسید سیتریک است. تعادل در میزان قند و اسید در میوه موجب کیفیت و طعم میوه توت‌فرنگی خواهد شد. از این‌رو بیشترین طعم میوه بر اساس نسبت مواد جامد

References

- Abbasi, A. N., Tareen, J. M. and Hafiz, A. I. (2012). Postharvest application of salicylic acid enhanced antioxidant enzyme activity and maintained quality of peach cv.'Flordaking' fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 142, 221-228.
- Aguayo, E., Jansasithorn, R. and Kader, A. A. (2006). Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 40(3), 269-278.
- Akhtar, A., Abbasi, N. A. and Hussain, A. (2010). Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Pakistan Botany*, 42(1), 181-188.
- Almela, C., Castello, M. L., Tarrazo, J. and Ortola, M. D. (2013). Influence of calcium lactate and modified atmosphere on respiration rate, optical and mechanical properties of sliced persimmon. *Food Science and Technology International*, 21(1), 55-63.
- Atri, M., Gholami, M. and Karami, F. (2008). Effect of calcium chloride leaf spread on increasing the shelf life of strawberry in kurdistan. *Agricultural and Agricultural Research*, 8(1), 47-55. [In Farsi].
- Caruso, G., Villari, G. and Lmpembo, M. (1999). Effect of nutritive solution K: N and shading on the fruit quality of NFT grown strawberry. *Acta Horticulturae*, 614(8), 727-734.
- Cheour, F., Willemot, C., Arul, J., Desjardins, Y., Makhlof, J., Charest, P. M. and Gosselin, A., (1990). Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(5), 789-792.
- Clender, R. E. and Virk, S. (1990). Calcium cell wall and growght. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(1), 68-74.
- Dehghan, G. and Khoshkam, Z. (2012). Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 131(2), 422-427.
- Dokhanieh, A. Y., Aghdam, M. S., Rezapour Fard, J. and Hassanpour, H. (2013). Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. *Scientia Horticulture*, 154, 31-36.
- Dudman, M. and Amiri, M. (2010). *The effect of magnesium potassium and nitrogen on the yield of some strawberry traits of Sanreyz cultivar under hydroponic culture conditions.* M.Sc. Thesis, Zanjan University, Zanjan. [In Farsi].
- Ferguson, I. B. (1984). Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant, Cell & Environment*, 7(6), 477-489.
- Ferreira, M. R., Vina, S. Z., Mugridge, A. and Chaves, A. R. (2007). Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. *Science Horticulturae*, 112(1), 27-32.
- Ghesmati, M., Moradinezhad, F. and khayat, M. (2018). Efficacy of Some Calcium Salts Foliar Spray on Growth and Biochemical Parameters of Jujube Fruit (*Ziziphus jujuba* Mill). *Plant Productions*, 41(3), 30-33. [In Farsi]
- Giusti, M. M. and Worlsted, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in food Analytical Chemistry*, 14(3), 217-225
- Hamedani, M., Rabiei, V., Moradi, H. and Ghanbari, A. (2014). The effect of time and storage on biochemical changes and quality of after-harvesting of *Citrus sinensis* cv Moro. *Iranian Journal of Horticulture*, 44(4), 367-377. [In Farsi]
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V. D., Velez, D. and Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2), 428-35.

- Hiratsuka, S., Onodera, H., Kawai, Y., Kubo, T., Itoh, H. and Wada, R., (2001). ABA and sugar effects on anthocyanin formation in grape berry cultured in vitro. *Scientia Horticulturae*, 90(1), 121-130.
- Kadir, S. A. (2005). Fruit quality at harvest of 'Jonathan' apple treated with foliarlyapplied calcium chloride. *Journal of Plant Nutrition*, 27(11), 1991-2006.
- Kaijv, M., Sheng, L. and Chao, C. (2006). Antioxidatioan of flavonoids of green rhizome. *Food Science*, 27(3), 110-115.
- Khademi, O., Zamani, Z., Mostofi, Y., Kalantari, S. and Ahmadi, A. (2012). Extending storability of persimmon fruit cv. Karaj by postharvest application of salicylic acid. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 1067-1074.
- Lemoine, M. L., Civello, P. M., Martnez, G. A. and Chaves, A. R. (2007). Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 1132-1139.
- Liu, K., Wanga, X. and Young, M. (2014). Effect of bentonite/potassium sorbate coatings on the quality of mangos in storage at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 137, 16-22.
- Macit, I., Koc, A., Guler, S. and Deligoz, I. (2007). Yield quality and nutritional status of organically and conventionally-grown strawberry cultivares. *Asian Journal of Plant sciences*, 6(7), 1131-1136.
- Madani, B., Mirshekari, A. and Yahia, E. (2016). Effect of calcium chloride treatments on calcium content, anthracnose severity and antioxidant activity in papaya fruit during ambient storage. *Journal of the Science of Food and Agriculcure*, 96(9), 2963-2968.
- Martin-Diana, A. B., Rico, D., Frias, J. M., Henehan, G. T. M., Mulcahy, J., Barat, J. M. and Barry-Ryan, C. (2007). Effect of calcium lactate and heatshock on texture in fresh-cut lettuce during storage. *Food Engineering*, 77(4), 1069-1077.
- Miri, S. M., Hossieni, M., Surrey, M. K. and Abbass Poor, S. (2016). The effects of potassium nitrate and phenyl Ftalamik acid on some quantitative and qualitative characteristics of strawberry cultivars of Gabyogi. *Plant Productions*, 39(4), 43-52.
- Modarres, B., Ramin, A. A. and Ghobadi, S. (2015). The effect of 1-methyl cyclopropene (1-MCP) on the shelf life of strawberry fruit and berries of Camarosa cultivars. *Magazine Production and Processing of Crops and Garden*, 4(11), 253-267. [In Farsi]
- Naser, F., Rabiei, V., Razavi, F. and Khademi, O. (2018). Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 233, 114-123.
- Nava, G., Dechen, A. R. and Nachtigall, G. R., (2007). Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(1-2), 96-107.
- Puerta-Gomez, A. F. and Cisneros-Zevallos, L. (2011). Postharvest studies beyond fresh market eating quality: Phytochemical antioxidant changes in peach and plum fruit during ripening and advanced senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 60(3), 220-224.
- Salmon, A. B., Richardson, A. and Perez, V. I. (2010). Update on the oxidative stress theory of aging. does oxidative stress play a role in aging or healthy aging?. *Free Radical Biology and Medicine*, 48(5), 642-655.
- Schwarz, D., Oztekin, G. B., Tuzel, Y., Bruckner, B. and Krumbein, A. (2013). Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. *Scientia Horticulturae*, 1490, 70-79.
- Sharma, R. M. and Yamdagni, R. (2000). *Modern strawberry cultivation*. Daryaganj, New Delhi, Delhi, India: Kalyani Publishers.

- Shojaee A., Ghasemnejad, M. and Mortazavi, S. N. (2011). Changes in antioxidant capacity and post harvest quality of Thomson fruit orange juice during storage. *Journal of Horticulture*, 25(2), 147-155. [In Farsi]
- Shoji, T. (2007). Polyphenols as natural food pigments: Changes during food processing. *American Journal of Food Technology*, 2(7), 570-581.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal. Enology . Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Tesfay, S. Z., Bertling, I. and Bower, J. P. (2010). Levels of antioxidants in various tissues during maturation of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of Horticulturae Science Biotechnology*, 85(2), 106-112.
- Wafaa, A. A., Sahar, M. A. and Kamel, O. T. (2014). Using safe alternatives for controlling postharvest decay, maintaining quality of crimson seedless grape. *World Applied Sciences Journal*, 31(7), 1345-1357.
- Wang, T. X., Yin, H. Z., Zhang, W., Peng, T. and Kang, W. Y. (2013). Chemical constituents from *Psoralea corylifolia* and their antioxidant alpha-glucosidase inhibitory and antimicrobial activities. *Journal of Chinese Materia Medica*, 38(14), 2328-2333.



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)