

اثر محلول‌پاشی برگی نترات کلسیم و فسفیت پتاسیم بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و عناصر غذایی پرتقال خونی رقم سانگین در انبار^۱

The Effect of Foliar Application of Calcium Nitrate and Potassium Phosphite on Antioxidant Enzymes and Nutrients of Sanguine Blood Orange in the Storage

امیرعلی محمدی^{*}، مهرداد شهابیان و محمودرضا رمضانپور^۲

چکیده

میوه‌های مرکبات منبع مهمی از آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله ترکیب‌های فنولی، فلاونوئیدی، کاروتنوئیدها و آسکوربیک اسید می‌باشند که این ترکیب‌ها با کاربرد عناصر معدنی به‌ویژه پتاسیم و کلسیم می‌توانند تغییر یابند. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی انجام شد. محلول‌پاشی نترات کلسیم (صفر، ۲ و ۴ گرم در لیتر) و فسفیت پتاسیم (صفر، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) پیش از بلوغ تجاری میوه‌های پرتقال خونی رقم سانگین انجام و یک هفته پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها برداشت و به‌مدت ۳ ماه در انبار معمولی نگهداری شدند. ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، عناصر و آنزیم‌ها در زمان برداشت و طی دوره انبار به فواصل یک ماه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کاربرد غلظت‌های بالاتر نترات کلسیم و فسفیت پتاسیم موجب بهبود ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در روز برداشت شده‌است. میوه‌های تیمار شده با نترات کلسیم ۴ گرم در لیتر و فسفیت پتاسیم ۳ و ۱/۵ گرم بر لیتر بهترین اثر را بر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و عناصر در طی انبارداری داشتند. همچنین، میزان آنزیم‌های APX و SOD با این تیمارها طی دوره انبارداری افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: سانگین، آنتوسیانین، فنول، ویتامین C.

مقدمه

پرتقال (*Citrus sinensis*) از جنس مرکبات (*Citrus*) و تیره سدابیان (Rutaceae) است که بیشتر در مناطق نیمه گرمسیری کشت و کار می‌شود. پرتقال‌های خونی یکی از انواع مهم پرتقال و دارای ترکیب‌های دارویی و غذایی ارزشمندی می‌باشند (۱۱). پرتقال‌های خونی به‌دلیل دارا بودن رنگ‌دانه اسید فنولیک متعلق به گروه آنتوسیانین، دارای رنگی منحصربه‌فرد بوده و به همین دلیل از کیفیت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به ارقام معمولی برخوردار می‌باشند (۲۶). ارزش آنتی‌اکسیدانی پرتقال خونی، به‌دلیل تأثیر عوامل پیش و پس از برداشت دچار تغییر می‌شود، به‌طوری‌که گزارش شده مواد آنتی‌اکسیدانی بسته به دما، زمان برداشت، نوع رقم، عوامل محیطی پیش از برداشت و شرایط نگهداری، متفاوت می‌باشند (۱۴). از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد و نمو درختان مرکبات و عمر انباری و کیفیت میوه‌های آن، تغذیه اصولی و بهینه است. محلول‌پاشی روشی متداول

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و استادیاران بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Amiralimohammadi72@yahoo.com).

برای تأمین عناصر غذایی در مرکبات است. عناصر مورد نیاز گیاه از راه محلول پاشی، با سرعت زیاد و کارایی به نسبت بالا در اختیار گیاه قرار می گیرند. محلول پاشی در کوتاه ترین زمان ممکن، می تواند اثر خود را نشان دهد؛ در نتیجه هنگامی که گیاه نیاز به تأمین سریع عناصر غذایی داشته باشد و یا هدف، افزایش عملکرد و کیفیت میوه باشد، محلول پاشی راهکاری مناسب است (۳۸).

عناصر تغذیه ای، اثرهای متفاوتی روی کیفیت میوه ها از خود نشان می دهند. در این میان، کلسیم مهم ترین عنصر معدنی در تعیین کیفیت میوه بوده و میوه های دارای کلسیم بیشتر، عمر انبارمانی بالاتری دارند (۹). انتقال محدود کلسیم به میوه، همچنین عدم انتقال کلسیم از برگ ها، افزایش غلظت کلسیم میوه را دشوار می سازد. کلسیم در گیاه به وسیله فضای آپوپلاستی منتقل می شود، از این روی حرکت بسیار کند داشته و به میزان تعرق وابسته است. همچنین، میان برگ و میوه برای جذب کلسیم رقابت وجود دارد و برگ ها به دلیل تعرق بیشتر، کلسیم بیشتری جذب نموده و از انتقال آن به میوه جلوگیری می نمایند. در نتیجه، کاربرد مستقیم کلسیم روی سطح میوه روش موثرتری برای افزایش مقدار این عنصر در میوه نسبت به کاربرد حاکی می باشد (۳۵).

کمبود کلسیم به دلیل عدم تحرک آن در آوند های آبکش و همچنین حرکت آهسته آن از برگ به طرف میوه، در بیشتر میوه های گوشتی دیده می شود. بنابراین، به کارگیری روش هایی که به کمک آن ها بتوان مقدار کلسیم در میوه را بهتر و سریع تر افزایش داد، در بهبود کیفیت میوه ها، کاهش فسادپذیری و افزایش عمر انباری آن ها بسیار مؤثر می باشد (۲۷). در پژوهش El-Hilali و همکاران (۶) تأثیر کاربرد پیش از برداشت کلسیم بر کیفیت میوه نارنگی مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج حاکی از آن بود غلظت کلسیم در پوست و بافت میوه های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش چشمگیری داشته است.

فسفیت پتاسیم به دلیل دارا بودن دو عنصر پتاسیم و فسفر نقش مهمی در کیفیت میوه ها و عمر پس از برداشت آن ها دارد. پتاسیم یکی از عناصر مهم در مرکبات بوده که مقدار بهینه آن، ریزش میوه در پاییز را کاهش داده و موجب افزایش عملکرد و ویژگی های کیفی از جمله ویتامین C و قند میوه می گردد (۱۷). همچنین، در پژوهشی دیگر کاربرد پیش و پس از برداشت فسفیت پتاسیم موجب افزایش کیفیت میوه ها شده است (۲۳).

در بررسی Klimczak و همکاران (۱۴) اثر دما و زمان انبار روی غلظت پلی فنول ها، ویتامین C و توانایی آنتی اکسیدانی در دو نوع آب پرتقال تجاری مورد ارزیابی قرار گرفت. ایشان نتیجه گرفتند که زمان و دمای انبار بیشترین اثر را بر غلظت ویتامین C و اسید هیدروکسی سینامیک دارد. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مقدار آنتوسیانین، فلاوانونها و اسید هیدروکسی سینامیک طی انبارداری افزایش، اما مقدار ویتامین C در پرتقال های خونی کاهش می یابد. با توجه به پژوهش های انجام شده، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم بر میزان عناصر، آنزیم ها و ارزش آنتی اکسیدانی میوه های پرتقال خونی طی دوره انبارداری می باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش از مهر تا دی ماه ۱۳۹۸ در باغی تجاری روی پرتقال خونی رقم سانگین ۱۲ ساله و در شهرستان ساری با مختصات جغرافیایی $36^{\circ}34'22''N$ - $50^{\circ}04'48''E$ ، به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی اجرا گردید. پیش از انجام آزمایش، خاک باغ از لحاظ ویژگی های شیمیایی و مقدار عناصر مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). فاکتور اول محلول پاشی نیترات کلسیم (۰، ۲ و ۴ گرم بر لیتر) و فاکتور دوم محلول پاشی فسفیت پتاسیم (۰، ۱/۵ و ۳ گرم بر لیتر) و فاکتور سوم زمان نگهداری میوه ها در انبار بود. محلول پاشی اواخر آذر ماه و پیش از بلوغ تجاری میوه ها طی سه مرتبه و به فاصله هفت روز تکرار گردید. همچنین، محلول پاشی نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم به فاصله یک روز، برای جلوگیری از تداخل و اثر منفی آن ها بر یکدیگر، انجام شد. سپس یک هفته پس از اعمال تیمارها، برداشت محصول با قیچی باغبانی انجام و پس از شستشو میوه ها با یک مویان به نسبت ضعیف، به مدت ۳ ماه در دمای معمولی (۷-۴ درجه سلسیوس، رطوبت ۸۵ درصد) نگهداری شدند. پیش از انتقال میوه ها به انبار، برای آزمایش روز نخست، سه تکرار از میوه ها به آزمایشگاه منتقل گردید. همچنین، در انتهای هر ماه، از تیمارهای مختلف سه تکرار جدا نموده و در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفتند. میوه ها درون سبدهای تک ردیف و در انبار نگهداری شدند. برای انجام آزمایش ها در هر تیمار سه تکرار و در هر تکرار سه نمونه استفاده گردید.

ویژگی‌های مورد بررسی

آنتوسیانین کل

اندازه‌گیری آنتوسیانین کل با به‌کارگیری روش تفاوت جذب در پی‌اچ‌های مختلف با روش اسپکتروفتومتری صورت گرفت (۴۲). برای خواندن آنتوسیانین کل از دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده شد.

$$A = (A_{520} - A_{700}) \text{ pH } 1.0 - (A_{520} - A_{700}) \text{ pH } 4.5$$

جدول ۱- ویژگی‌های خاک باغ مورد مطالعه.

Table 1. Soil properties of the studied garden.

پتاسیم	فسفر	نیتروژن	آهک	شوری	اسیدیته	ماده آلی	کربن آلی	بافت
K (p.p.m)	P (p.p.m)	N%	T.N.V%	EC $\times 10^{-3}$	pH	O.M%	O.C%	TEX.
232	9	1.2	25.7	1.3	7.02	3.07	2.4	Sandy-loam

فنول

محتوای فنول کل با روش فولین سیوکالتیو تعیین گردید (۳۴). جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر با طیف‌سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800PC ساخت چین) خوانده شد. برای کالیبره کردن دستگاه از همه مواد به‌غیر از عصاره استفاده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده گردید.

فعالیت پاداکسایندگی

درصد مهار رادیکال‌های آزاد با استفاده رادیکال پایدار دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) محاسبه گردید (۵). مقدار جذب بلانک و نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800PC ساخت چین) اندازه‌گیری و در پایان اعداد خوانده شده با استفاده فرمول زیر به‌صورت درصد مهار آب میوه گزارش شد.

$$\text{درصد مهار} = (A_c - A_s) / A_c \times 100$$

ویتامین C

برای اندازه ویتامین C از ترکیب ۲،۶ - دی کلرو فنول ایندوفنول استفاده شد (۲). غلظت آسکوربیک اسید با استفاده از خط درجه‌بندی تهیه شده از غلظت‌های مختلف آسکوربیک اسید (۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) در حضور DCIP محاسبه گردید.

نیتروژن

۰/۳ گرم نمونه با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و به لوله‌های هضم (بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتر) منتقل شد. سپس، ۲/۵ میلی لیتر از مخلوط اسیدها اضافه و ۲۴ ساعت به حال خود قرار داده شد. لوله‌ها بعد از این مدت، به مدت ۲ ساعت تا ۱۸۰ درجه سلسیوس حرارت دیدند و پس از خنک شدن ۳ بار و هر بار ۱ میلی لیتر آب اکسیژنه به لوله‌ها اضافه شد. مجدداً، لوله‌ها تا دمای ۳۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت گرم شدند تا عصاره بی‌رنگ شود. عصاره درون بالن را به کمک بخار آب حرارت داده بعد از ظهور اولین قطره تقطیر عمل به مدت t دقیقه ادامه یافت. در ادامه محلول حاصل از تقطیر در ۱۰ میلی لیتر اسید بوریک حاوی ۱۰ قطره اندیکاتور جذب گردید. ۳۰ ثانیه پیش از پایان عمل تقطیر، ارنل حاوی اسید بوریک را اندکی پایین آورده تا انتهای میرد با بخار آب شسته شود. اسید بوریک حاوی آمونیاک با اسید سولفوریک ۰/۰۰۵ مولار تا تغییر رنگ محلول از سبز به صورتی تیتیر شد. این کار با نمونه شاهد به دست آمده از عمل هضم نیز با همین روش انجام شد (۳).

میزان درصد نیتروژن در نمونه خشک گیاهی از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$N\% = 0.56 \times t \times (a-b) \times V/M \times 100/D.M$$

پتاسیم

اندازه‌گیری پتاسیم به روش نشر شعله‌ای انجام شد. محلول حاصل از عصاره‌گیری به نسبت ۹:۱ با کلرید سزیم (CsCl) رقیق شد و جذب را با دستگاه فلیم فوتو متر و در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر برای پتاسیم قرائت گردید (۳).

$$K = A \times b \times V / 1000W \times 100/D.M$$

کلسیم

برای اندازه‌گیری عنصر کلسیم، مقدار ۰/۳ گرم بافت میوه وزن و به بالن حجمی ۵۰ میلی لیتری منتقل شد. سپس ۲/۳ میلی لیتر اسید (۶ گرم اسید سالیسیلیک + ۱۰۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۶ درصد + ۱۸ میلی لیتر آب مقطر) به آن اضافه و به مدت ۲۴ ساعت در این حالت قرار گرفت. سپس بالن در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت قرار داده شد. پس از خنک شدن، پنج قطره آب اکسیژنه به آن اضافه شد. سپس دمای مخلوط به ۲۸۰ درجه سلسیوس رسانده شد و پنج قطره آب اکسیژنه برای از بین بردن کربن اضافه دوباره گرما داده شد. با آب مقطر حجم بالن به ۵۰ میلی لیتر رسانده و عمل صاف کردن انجام شد. در نهایت، میزان کلسیم با دستگاه جذب اتمی (مدل Varian-Specter AA 20, Australia) اندازه‌گیری شد (۷).

آنزیم‌ها

برای اندازه‌گیری میزان غلظت کمی آنزیم آسکوربیک پراکسیداز (APX) از روش Nakano and Asada (۲۰) استفاده شد. پس از آماده‌سازی، جذب نمونه در طول موج ۲۹۰ nm بعد از مدت یک دقیقه با دستگاه طیف سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800PC ساخت چین) خوانده شد.

فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) بر اساس روش Giannopolitis and Ries (۱۳) اندازه‌گیری شد. در طول موج ۵۶۰ نانومتر با کمک دستگاه طیف سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800PC ساخت چین) جذب نمونه‌ها قرائت و با استفاده از فرمول زیر میزان درصد فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برای هر نمونه محاسبه شد.

$$SOD = \frac{ODs - ODc}{ODc} \times 100$$

واکوی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت. رسم نمودار با استفاده از نرم‌افزار اکسل (۲۰۱۶) انجام شد.

نتایج

نتایج نشان داد که اثر متقابل نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم و زمان نگهداری بر میزان فنول، آنتوسیانین، ویتامین C، درصد مهار، میزان عناصر و آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز پرتقال خونی رقم سانگین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

فنول

میزان فنول در میوه‌های پرتقال سانگین در روز برداشت بیشترین مقدار را نشان داد؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار در تیمار نیترات کلسیم ۴ گرم برلیتر و فسفیت پتاسیم ۱/۵ گرم برلیتر و در روز برداشت به میزان ۱۱۲۰/۳ میلی گرم برصد گرم حاصل شد. کمترین مقدار (۶۵۸/۶ میلی گرم برصد گرم) نیز در تیمار شاهد و در ماه اول انبارداری به‌دست آمد (جدول ۲).

آنتوسیانین

آنتوسیانین با افزایش زمان نگهداری در تیمارهای مختلف افزایش یافت، اگرچه در میان تیمارها تفاوت معنی داری وجود داشت. بیشترین مقدار آنتوسیانین در تیمار ۴ گرم برلیتر نیترات کلسیم و ۳ گرم برلیتر فسفیت پتاسیم به میزان ۲۶۲/۶ میلی گرم برلیتر حاصل شد و کمترین مقدار (۷۱/۴۶ میلی گرم برلیتر) در تیمار شاهد و در زمان برداشت مشاهده گردید (جدول ۲).

ویتامین C

میزان ویتامین C در تیمار نیترات کلسیم ۴ گرم برلیتر و فسفیت پتاسیم ۳ گرم برلیتر بیشترین مقدار را به میزان ۵۵ میلی گرم / صد گرم در ماه اول نشان داد، اما با افزایش زمان نگهداری از میزان آن کاسته شده‌است. کمترین مقدار در تیمار شاهد حاصل گردید. به‌طور کلی نتایج حاکی از آن بود که از زمان برداشت تا ماه اول بر میزان ویتامین C افزوده‌شده، اما پس از آن و تا پایان انبار کاهش یافت (جدول ۲).

درصد مهار

درصد مهار رادیکال‌های آزاد در طول دوره انباری و از ماه دوم کاهش یافته و زیر تأثیر تیمارهای انجام‌شده قرار گرفته‌است. به‌طوری‌که بیشترین مقدار در تیمار ۴ گرم‌برلیتر نیترات کلسیم و ۳ گرم‌برلیتر فسفیت پتاسیم به میزان ۷۶/۶ درصد در ماه اول انبارداری به‌دست آمد. همچنین، کمترین مقدار آن نیز در تیمار شاهد و در روز برداشت به میزان ۳۹ درصد مشاهده گردید (جدول ۲).

عناصر (کلسیم، پتاسیم و نیتروژن)

میزان کلسیم تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و با افزایش غلظت تیمارها، مقدار آن نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین مقدار در روز برداشت و در تیمار نیترات کلسیم ۴ گرم‌برلیتر و فسفیت پتاسیم ۳ گرم‌برلیتر به میزان ۴۰/۹ میلی‌گرم‌بر ۱۰۰ گرم و کمترین مقدار در تیمار شاهد و در ماه سوم انباری به میزان ۱۷/۵ میلی‌گرم‌بر ۱۰۰ گرم حاصل گردید (جدول ۴). میزان پتاسیم در طول نگهداری با کاهش همراه بود. بیشترین مقدار پتاسیم (۱۵۴/۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) در بالاترین غلظت نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم و کمترین مقدار آن (۸۴/۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) نیز در تیمار شاهد و در ماه سوم به‌دست آمد (جدول ۴). میزان نیتروژن نیز مانند سایر عناصر در طول مدت انبارداری کاهش یافت. بیشترین مقدار در روز برداشت و در تیمار نیترات کلسیم ۴ گرم‌برلیتر و فسفیت پتاسیم ۳ گرم‌برلیتر به میزان ۵/۲ گرم‌برکیلوگرم به‌دست آمد. کمترین مقدار در تیمار شاهد و در ماه سوم حاصل گردید (جدول ۳).

آنزیم‌ها

آنزیم آسکوربات پراکسیداز در طول انبارمانی میوه‌ها افزایش یافت. بیشترین مقدار آن در تیمار نیترات کلسیم ۴ گرم‌برلیتر و فسفیت پتاسیم ۳ گرم‌برلیتر به میزان ۲/۴۹ واحدبرگرم‌وزن‌تر و کمترین مقدار آن نیز در تیمار شاهد و در روز نخست به‌دست آمد (جدول ۵). آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نیز همانند آسکوربات پراکسیداز با افزایش زمان انبارداری افزایش یافت. همچنین، استفاده از تیمارهای مختلف موجب افزایش این آنزیم شد. بیشترین مقدار آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در نیترات کلسیم ۴ گرم‌برلیتر و فسفیت پتاسیم ۳ گرم‌برلیتر به میزان ۱۳/۴ واحدبرگرم‌وزن‌تر در ماه سوم انبار حاصل شد. همچنین، کمترین مقدار در تیمار شاهد و در روز برداشت محصول مشاهده گردید (جدول ۴).

جدول ۲- ویژگی‌های بیوشیمیایی پرتقال سانگین (خونی) در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار.

Table 2. Biochemical characteristics of sanguine (blood) orange at the time of harvesting and during storage.

تیمارها		فنول (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم)				آنتوسیانین (میلی گرم بر لیتر)				ویتامین C (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم)				درصد مهار			
Treatments		Phenol (mg.100g ⁻¹)				Anthocyanin (mg.L ⁻¹)				Vitamin C (mg.100g ⁻¹)				Inhibition (%)			
نیتрат کلسیم	پتاسیم فسفیت	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
Calcium nitrate	Potassium phosphite	Harvest day	First month	Second month	Third month	Harvest day	First month	Second month	Third month	Harvest day	First month	Second month	Third month	Harvest day	First month	Second month	Third month
0	0	847.6l	658.6u	7846pq	687.6t	71.46v	82.86tu	137.2l	213.5f	38.3hi	41.3g	40.3gh	39.3h	39.0st	45.0pq	44.0q	42.0r
	1.5	887.6j	698.6s	788.6o	727.6r	82.6tu	93.7s	148.4jk	224.7e	41.3g	43.3fg	44.3ef	43.3f	41.6rs	48.6o	46.6p	44.6q
	3	910.3i	721.3r	811.3u	750.3pq	86.0t	97.86r	152.5j	228.8de	45e	45.0e	47.0d	47.0d	46.6p	55.6kl	51.6mn	49.6no
2	0	942.0g	746.0q	845.0l	788.0o	98.73r	112.1p	168.8hi	253.03b	39.3h	47.3d	45.3e	43.3f	50.0n	62.0h	57.0jk	54.0l
	1.5	1030c	816.0u	911.0i	852.0l	77.8u	91.2s	147.9k	232.1d	36.3i	44.3ef	42.3fg	40.3gh	52.6m	64.6g	59.6ij	56.6k
	3	1049b	853.0l	952.0f	895.0j	69.1v	82.5tu	139.2l	223.4e	41.0g	49.0cd	47.0d	45.0e	54.0l	66.0f	61.0hi	58.0j
4	0	1047.6b	833.6m	928.6h	869.6k	109.1q	118.8o	166.6i	247.8c	40.3gh	49.3cd	46.3de	43.3f	59.6ij	72.6c	66.6f	64.6g
	1.5	1120.3a	924.3h	979.3d	966.3e	115.8op	125.5n	173.3h	254.5b	44.0ef	53.0ab	50.0c	47.0d	61.0hi	74.0b	68.0e	66.0f
	3	971.3de	757.3p	852.3l	793.3o	123.9m	133.6m	181.8g	262.6a	46.0de	55.0a	52.0b	49.0cd	63.6gh	76.6a	70.6d	68.6e

حرف‌های مشترک نشانگر تفاوت غیر معنی‌دار آن‌ها در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD است.

Means in each column with similar letters are not significantly different at 1% level of probability with the LSD's test.

جدول ۳ - مقایسه میانگین مقدار عناصر غذایی موجود در پرتقال سانگین (خونی) در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار.

Table 3. Comparison of the average amount of nutrients in sanguine (blood) orange at the time of harvest and during storage.

تیمارها		کلسیم (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم)				پتاسیم (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم)				نیتروژن (گرم بر کیلوگرم)			
Treatments		Calcium (mg.100g ⁻¹)				Potassium (mg.100g ⁻¹)				Nitrogen (g. kg ⁻¹)			
نیترات کلسیم	پتاسیم فسفیت	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
Calcium nitrate	Potassium phosphite	Harvest day	First month	Second month	Third month	Harvest day	First month	Second month	Third month	Harvest day	First month	Second month	Third month
0	0	24.3k	21.9mn	20o	17.5p	101.1q	95.4s	89.5t	84.9u	2.2no	1.83q	1.63s	1.33u
	1.5	27.2i	24.9k	23.2l	20.7n	129.5fg	123.9i	118.0k	113.4m	2.2no	1.83q	1.63s	1.33u
	3	28.9h	26.5j	24.8k	22.4m	132.9ef	127.3gh	121.4j	116.8l	2.39n	1.99p	1.79r	1.49t
2	0	30.4g	28.5h	26.8j	24.4k	143.9c	137.2d	130.3fg	126.7gh	3.1jk	2.8l	2.4n	2.2o
	1.5	32.6ef	30.6g	29.0gh	26.6j	138.8d	132.08f	125.1h	121.6j	3.18j	2.88kl	2.4mn	2.28n
	3	35.0d	33.0e	31.1f	29.0gh	136.0de	129.3fg	122.4ij	118.8k	3.29i	2.99k	2.6n	2.39n
4	0	31.8f	30.2g	28.8h	26.9j	108.8o	104.1p	100.3qr	98.04r	5.0b	4.5d	4f	3.7h
	1.5	33.2e	31.6f	30.2g	28.1hi	122.4ij	117.7kl	113.9m	111.6n	5.1ab	4.63cd	4.13ef	3.8g
	3	40.9a	39.3b	37.9c	34.4de	154.9a	150.2b	146.4c	144.1c	5.28a	4.78c	4.28e	3.98fg

حرف‌های مشترک نشانگر تفاوت غیر معنی‌دار آن‌ها در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD است.

Means in each column with similar letters are not significantly different at 1% level of probability with the LSD's test..

جدول ۴ - مقایسه میانگین مقدار آنزیم‌های آنتی اکسیدان در پرتقال سانگین (خونی) در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار

Table 4 - Comparison of the mean amount of antioxidant enzymes in sanguine (blood) orange

تیمارها		آسکوربات پراکسیداز (واحد بر گرم وزن تر)				سوپر اکسید دیسموتاز (واحد بر گرم وزن تر)			
Treatments		Ascorbate peroxidase (U.gFW ⁻¹)				Superoxide dismutase (U.gFW ⁻¹)			
نیترات کلسیم	پتاسیم فسفیت	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	روز برداشت	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
Calcium nitrate	Potassium phosphite	Harvest day	First month	Second month	Third month	Harvest day	First month	Second month	Third month
0	0	0.26u	0.56pq	1.16k	1.91f	4.6w	5.9u	7.5p	10.4i
	1.5	0.26u	0.56pq	1.16k	1.91f	4.9v	6.3st	7.8o	10.7fg
	3	0.26u	0.57pq	1.17k	1.92f	4.8v	6.1t	7.7o	10.6gh
2	0	0.31t	0.71o	1.21j	2.02ef	6.4s	7.7o	8.9l	10.8f
	1.5	0.32st	0.72no	1.22j	2.05e	6.8r	8.1n	9.3k	11.2e
	3	0.36s	0.76n	1.26ij	2.09d	7.2q	8.5m	9.7j	11.6d
4	0	0.43r	1.03m	1.48hi	2.35c	7.7o	9.1k	10.5hi	12.2c
	1.5	0.52q	1.12l	1.57gh	2.44b	8.2n	9.6j	11.0e	12.8b
	3	0.57p	1.17k	1.62g	2.49a	8.8l	10.3i	11.6d	13.4a

حرف‌های مشترک نشانگر تفاوت غیر معنی‌دار آن‌ها در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD است.

Means in each column with similar letters are not significantly different at 1% level of probability with the LSD's test.

بحث

فنول

میزان فنول از روز برداشت تا پایان دوره انبارداری با کاهش همراه بود. همچنین، استفاده از نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم موجب افزایش فنول نسبت به شاهد گردید. کلسیم از راه حفظ استحکام غشا، باعث جلوگیری از شرایط تنش القا کننده پیری شده و در نتیجه حضور کلسیم در غشا و دیواره یاخته‌ای باعث استحکام یاخته شده و تخریب مواد فنولی را به تأخیر می‌اندازد (۳۳). تیمار کلسیم باعث افزایش فنول کل شد. این نتایج با یافته‌های پژوهش Zaman و همکاران (۳۷) که گزارش کردند کاربرد کربنات کلسیم پیش از برداشت موجب افزایش غلظت ترکیب‌های فنولی نسبت به شاهد در میوه‌های نارنگی کینو شده، همسو است. همچنین فسفیت پتاسیم موجب افزایش فنول شده‌است. فنول‌ها در سیستم آنتی‌اکسیداتیو گیاهان دخیل هستند، این مواد فیتوشیمیایی با تغییر در بیان ژن‌ها و فعالیت پروتئین‌ها بر فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی اکسیداتیو اثرگذار می‌باشند (۳۲).

آنتوسیانین

آنتوسیانین‌ها یکی از مهم‌ترین ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی هستند که نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه جلوگیری می‌کنند. در همین راستا Moor و همکاران (۱۸) گزارش کردند که تیمار فسفیت پتاسیم با تولید بیشتر آنتوسیانین و اسید آسکوربیک سبب افزایش کیفیت میوه می‌شود. پژوهشگران در آزمایش دیگری دریافتند که آنتوسیانین افزون بر نقش در عملکرد، رنگ و کیفیت میوه، در عملکرد سیستم دفاعی گیاه نیز نقش دارد. این پژوهشگران با استفاده از فسفیت پتاسیم در میوه توت فرنگی، افزایش تولید آنتوسیانین نسبت به نمونه شاهد را گزارش کردند (۸) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. در پژوهش حاضر، کاربرد نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم باعث افزایش محتوای آنتوسیانین کل میوه پرتقال خونی رقم سانگین شد.

ویتامین C

ویتامین C زیر تأثیر تیمارهای نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم افزایش یافت. میزان آن در ابتدای دوره انبارداری افزایش و سپس با کاهش همراه بود. افزایش میزان ویتامین C نسبت به شاهد در اثر کاربرد کلسیم با نتایج گزارش شده در میوه نارنگی همخوانی دارد (۳۷). علت کاهش میزان ویتامین C در طی زمان نگهداری میوه پرتقال می‌تواند به این دلیل باشد که آنزیم آسکوربات پروکسیداز (APX) برای واکنش کاتالیزوری خود از اسید آسکوربیک به‌عنوان کوفاکتور استفاده می‌کند. این آنزیم با مصرف اسید آسکوربیک به‌عنوان دهنده الکترون سبب کاهش سوخت و ساز اکسیداتیو می‌شود (۱۰). تأثیر مثبت کلسیم بر میزان ویتامین C در طی زمان پس از برداشت ممکن است به دلیل کاهش سرعت اکسید شدن اسید آسکوربیک در اثر غلظت‌های بالای کلسیم باشد (۱).

پژوهش حاضر با یافته‌های Nagy (۱۹) که گزارش کرد پتاسیم سبب افزایش اسید آسکوربیک در میوه می‌شود، در یک راستاست. پژوهش‌های انجام‌شده روی پرتقال واشنگتن ناول نشان داد که کاربرد کلراید پتاسیم باعث افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها مانند ویتامین C در طول انبارداری می‌شود (۲۵).

درصد مهار

نتایج نشان داد که میزان درصد مهار در طول دوره انبار، نخست افزایش و سپس کاهش یافت. ساخت آنتوسیانین‌ها در طی انبارداری دلیلی بر بالا بودن فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پرتقال‌های خونی می‌باشد (۱۶). Gardner و همکاران (۱۲) به بررسی تغییر میزان فلاونوئیدها، آنتی‌اکسیدان و ویتامین C میوه پرتقال، نارنگی و گریپ‌فروت پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه مرکبات در طی انبارداری کاهش می‌یابد. در این پژوهش نیز ثابت گردید که در طی نگهداری، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت. کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در نگهداری طولانی مدت میوه مرکبات را به کاهش ترکیب‌های فنولی و ویتامین C نسبت داده‌اند. Policegoudra and Aradhya (۲۱) نشان دادند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی انبه در ابتدای انبارداری تغییری نکرد، اما با طولانی شدن دوره انبارداری میزان آن کاهش یافت. آن‌ها نشان دادند که سهم زیادی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترکیب‌های فنولی و ویتامین C بر می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر با این یافته‌ها همسو است.

عناصر

در سطح میوه مرکبات روزهایی برای نقل و انتقال آب و گازها وجود دارد. این روزه‌ها در زمان باز شدن گل تنظیم شده و در طول رشد و نمو ثابت می‌مانند، اگرچه افزایش حجم میوه و رشد آن، موجب کاهش عملکرد روزه‌ها می‌گردد. افزون بر کاهش کارایی روزه‌ها، تشکیل پکتین در سطح پوست میوه نیز جذب توسط میوه را کاهش می‌دهد (۳۱). از این روی جذب کلسیم توسط میوه بیشتر در مراحل اولیه رشد صورت گرفته و در مراحل پایانی رشد، جذب به‌وسیله میوه کاهش می‌یابد (۳۰). کلسیم در گیاه از راه فضای آپوپلاستی منتقل می‌شود، به همین دلیل حرکت بسیار آهسته داشته و به میزان تعلق وابسته‌است. همچنین، میان برگ و میوه برای جذب کلسیم رقابت وجود دارد و برگ‌ها به‌دلیل تعلق بیشتر، کلسیم بیشتری جذب نموده و از انتقال آن به میوه جلوگیری می‌نمایند. از این رو، در مقایسه با کاربرد خاکی، محلول‌پاشی کلسیم روی میوه منجر به افزایش بیشتر کلسیم در میوه‌ها می‌شود (۳۵). افزایش غلظت کلسیم میوه در اثر کاربرد کلسیم با نتایج گزارش شده در میوه‌های دیگر همخوانی دارد. برای نمونه، گزارش شده‌است که محلول‌پاشی پیش از برداشت نیترات کلسیم با غلظت دو درصد سبب افزایش بیش از ۶۰ درصدی غلظت کلسیم میوه نارنگی فورچون نسبت به شاهد شده‌است (۶).

نتایج یک آزمایش روی نارنگی نشان داد محلول‌پاشی منابع مختلف پتاسیم موجب افزایش غلظت پتاسیم در برگ و میوه شد؛ به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری میان تیمار شاهد با سایر تیمارها به وجود آمد (۲۸). در این آزمایش بیشترین میزان پتاسیم با محلول‌پاشی فسفیت پتاسیم به‌دست آمد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم، مقدار نیتروژن در میوه افزایش یافته‌است. به نظر می‌رسد نیترات کلسیم به‌دلیل دارا بودن مقدارهایی از نیتروژن می‌تواند موجب افزایش این عنصر شود. همچنین، پتاسیم موجود در فسفیت پتاسیم در افزایش نیتروژن نقش دارد. در پژوهشی بیان شد که میزان نیتروژن با سایر عناصر مانند پتاسیم، کلسیم و فسفر در ارتباط است (۲۲) و به همین دلیل افزایش یافته‌است.

آنزیم‌ها

نتایج بررسی نشان داد که آنزیم‌های پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز، به‌دلیل اثرپذیری از تیمارهای نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم، در سطوح بالای این تیمارها، افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشته‌اند. همچنین، با گذشت زمان بر میزان آن‌ها افزوده شد. به نظر می‌رسد گیاه در مواجهه با عامل بیماری‌زا با افزایش این آنزیم‌های دفاعی در صدد ایجاد مقاومت برآمده است و میزان فعالیت آنزیم‌های دفاعی افزایش یافته‌است. در پژوهشی، Ramezani و همکاران (۲۴) با بررسی تأثیر فسفیت پتاسیم قبل و بعد از آلودگی خیار آلوده به عامل بیماری سفیدک پودری مشاهده کردند که پیش تیمار فسفیت پتاسیم بیشتر با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز آثار نامطلوب قارچ را در گیاه کاهش داده‌است. علت القاء فعالیت آسکوربات پراکسیداز در گیاهان با پیش تیمار فسفیت پتاسیم و تحت تنش عامل بیماری در مقایسه با شاهد این است که آنزیم آسکوربات پراکسیداز با میانجیگری سبب اتصال متقابل پروتئین‌های ساختاری و دیگر پلیمرهای بالقوه در یاخته می‌شود. برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌است که فسفیت پتاسیم به‌تنهایی

و بدون آلودگی به بیماری‌زا نمی‌تواند مقاومت گیاه را تحریک کند؛ در حالی که پیش تیمار فسفیت پتاسیم در گیاهان آلوده به قارچ سبب افزایش فعالیت این آنزیم شده‌است (۲۴).

افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی بیشتر پیامد توانایی سیستم برای به تأخیر انداختن پیری است که افزون بر گوشت میوه، سلامت پوست آن نیز در مرحله پس از برداشت نقش تعیین کننده‌ای در کیفیت میوه دارد. پوست میوه به دلیل ارتباط با محیط پیرامون زیر تأثیر تنش‌های گوناگون زیستی و غیر زیستی قرار می‌گیرد که این امر منجر به آسیب‌های سطحی یا درونی میوه می‌گردد (۱۵). بنابراین، حفظ و یا افزایش آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی در بافت پوست جهت کاهش این آسیب‌ها و یا پیری بافت ضروری است. پژوهش‌ها نشان داده‌است که کلسیم موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی می‌شود و نقش مهمی در تعادل رادیکال‌های آزاد در گیاهان ایفا می‌کند. در ارتباط با تأثیر محلول پاشی درختان با کلسیم بر سیستم مهار ROS در میوه مرکبات در مدت انبارداری یافته‌های بسیار محدودی در دسترس است. در پژوهشی در همین ارتباط El-Hilali و همکاران (۶) گزارش کردند که محلول پاشی درختان نارنگی با کلسیم موجب کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز میوه می‌گردد. کلسیم با به تأخیر انداختن رسیدن و پیری میوه‌ها نقش مهمی در حفظ آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی از جمله ترکیب‌های فنولی، کاروتنوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی دارد. این ترکیب‌ها نقش مهمی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ایفا می‌کنند. در آزمایش حاضر به نظر می‌رسد نیتрат کلسیم با حفظ و یا افزایش آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های درختان تیمار شده در مقایسه با میوه‌های درختان شاهد در پایان انبارداری گردید (۲۹).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربرد غلظت‌های بالاتر نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم موجب بهبود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و آنزیم‌ها شده‌است. همچنین، کاربرد این مواد موجب افزایش مقدار عناصر در بافت میوه شده‌است. میزان آنزیم‌ها در میوه‌های تیمار شده و در طول انبارداری افزایش معنی داری داشته، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در ماه سوم انبار و با کاربرد بیشترین غلظت عناصر به‌دست آمد. در نهایت نتایج حاکی از آن بود که کاربرد نیترات کلسیم و فسفیت پتاسیم افزون بر افزایش ویژگی‌های کیفی میوه، می‌تواند ویژگی‌های آنزیمی را افزایش دهد. به‌طور کلی و با در نظر گرفتن نتایج این آزمایش پیشنهاد می‌گردد نسبت‌های بیشتر نیترات کلسیم و کاربرد آن در زمان‌های مختلف رشد مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Akhtar, A., N.A. Abbasi. and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Pakistan. J. Bot.* 42(1):181-188.
2. Bor, J.Y., H.Y. Chen. and G.C. Yen. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *J. Agr. Food Chem.* 54:5:1680-1686.
3. Chapman, H. D. and P. F. Pratt. 1961. *Methods of analysis for soils, Plants Waters, Soil Sci. J.* 169-176.
4. Conway, W.S., C. E. Sams. and K.D. Hickey. 2001. Pre-and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. In *International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants*, September, Merano, Italy, 594 (pp. 413-419).
5. Ebrahimzadeh, M.A., S.F. Nabavi, S.M. Nabavi. and B. Eslami. 2010. Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Cent. Eur. J. Biol.* 5: 338-345.
6. El-Hilali, F., A. Ait-Oubahou, A. Remah. and O. Akhayat. 2004. Effect of preharvest sprays of Ca and K on quality, peel pitting and peroxidases activity of 'Fortune' mandarin fruit in low temperature storage. *Acta Hort.* 632(40): 309-315.
7. Emami, A. 1997. *Methods of plant analysis. Agriculture research and promotion organization. Agriculture Ministry.* 128 pp. (In Persian)
8. Estrada-Ortiz, E., L.I. Trejo-Téllez, F.C. Gómez-Merino, R. Núñez-Escobar. and M. Sandoval-Villa. 2013. The effects of phosphite on strawberry yield and fruit quality. *J. Soil Sci. Plant Nut.* 13(3): 612-620.
9. Fallahi, E., W.S. Conway, K.D. Hickey. and C. Sams. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience*, 32 (5): 831-835.
10. Fattahi Moghaddam, J., M. Kiaeshkevian. and Y.Gh. Khazaiepol. 2014. Determination of harvesting time index of kiwifruit cv. Hayward in central area of Mazandaran province. *J. Plant Pro.* 21(2):1-23. (In Persian)
11. Fotoohi Qazvini, R. and J. Fattahi Moghaddam. 2010. *Citrus cultivation in Iran.* Guilan University Press. pp.305. (In Persian)

منابع

12. Gardner P.T., T.A.C. White, D.B. Mcphail. and G.C. Duthie. 2000. The relative contribution of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chem.* 68: 471-474.
13. Giannopolitis, C. N. and S.K. Ries. 1977. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiol.* 59(2): 309-314.
14. Klimczak, I., M. Małecka, M. Szlachta. and A. Gliszczyńska-Świgło. 2007. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *J. Food Compos. Anal.* 20(3-4): 313-322.
15. Lliso, I., F.R. Tadeo, B.S. Phinney, C.G. Wilkerson. and M. Talon. 2007. Protein changes in the albedo of citrus fruits on post-harvesting storage. *J. Agr. Food Chem.* 55(22):9047-9053.
16. LoScalzo R., T. Innocari, C. Summa, R. Morelli. and P. Rapisarda. 2004. effect of thermal treatment on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chem.* 85: 41-47.
17. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed., Academic Press, New York.
18. Moor, U., P. Pöldma, T. Tõnutare, K. Karp, M. Starast. and E. Vool. 2009. Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. *Sci. Hort.* 119(3): 264-269.
19. Nagy, S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their produced: a review. *J. Agr. Food Chem.* 28, 8-18.
20. Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* 22(5): 867-880.
21. Policegoudra, R.S. and S.M. Aradhya. 2007. Biochemical changes and antioxidant activity of mango ginger (*Curcuma amada* Roxb) rhizomes during postharvest storage at different temperatures. *Postharvest Biol. Tech.* 46: 189-194.
22. Rajiv, K. and R.L. Misra. 2011. Studies on nitrogen application in combination with phosphorus or potassium on gladiolus cv. Jester Gold. *In. J. Hort.* 68 (4): 535-539.
23. Ramallo, A. C., L. Cerioni, G.M. Olmedo. S.I. Volentini. J. Ramallo. and V.A. Rapisarda. 2019. Control of Phytophthora brown rot of lemons by pre-and postharvest applications of potassium phosphite. *Eur. J. Plant Pathol.* 154(4): 975-982.
24. Ramezani, M., F. Rahmani. and A. Dehestani. 2017. Study of physio-biochemical responses elicited by potassium phosphite in downy mildew-infected cucumber plants. *Arch. Phyt. Plant Protec.* 50(11-12).
25. Ramezani, A., R. Dadgar. and F. Habibi. 2018. Postharvest Attributes of "Washington Navel" orange as affected by preharvest foliar application of calcium chloride, potassium chloride, and salicylic acid. *Int. J. Fruit. Sci.* 18(1): 68-84.
26. Rapisarda P., A. Tomaino. R. Lo Cascio, F. Bonina, A. De Pasquale. and A. Saija. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *J. Agr. Food Chem.* 47: 4718-4723.
27. Salem, A.T., and A.M.K. EL Khoreiby. 1991. Effect of preharvest sprays of calcium chloride and storage temperatures on quality and decay percentage of graperuit. *Bull. of Fac. Agr. Uni. of Cairo*, 42:1285–1298.
28. Sarrwy, S.M.A., A. Enas. and H.S.A. Hassan. 2010. Effect of foliar spray with potassium nitrate and mono-potassium phosphate on leaf mineral contents, fruit set, yield and fruit quality of Picual olive trees grown under sandy soil conditions. *American- Eurasian J. Agr. Environ. Sci.*, 8(4): 420-430.
29. Sepahvand, E., M. Ghasemnejad, M.R. Fatahi Moghadam, A.R. Talaie. And M. Ali Askari Sarcheshmeh. 2016. Effect of training system and calcium chloride foliar spray on storability of apple fruit cvs. 'Gala' and 'Delbarestival'. *J. Crops Improv.* 18(3): 553-555. (In Persian).
30. Tabatabaei, J. 2014. Principles of mineral nutrition of plants. Tabriz University Press. (In Persian)
31. Tadeo, F. R., J. Terol. M.J. Rodrigo, C. Licciardello, and A. Sadka. 2020. Fruit growth and development. *In The Genus Citrus.* Woodhead Publishing. pp. 245-269
32. Vatter, D.A. R. Randhir, and K. Shetty. 2005. Cranberry phenolics-mediated elicitation of antioxidant enzyme response in fava bean (*Vicia faba*) sprouts. *J. Food Biochem.* 29(1): 41-70.
33. Wang, Z. T. Ying. B. Bao. and X. Huang. 2005. Characteristics of fruit ripening in tomato mutant epi. *J. Zhe. Uni. Sci.* 6: 502-207.
34. Waterhouse, A.L. and V.F. Laurie. 2006. Oxidation of wine phenolics a critical evaluation and hypotheses on antioxidant capacity and bioactive compounds in raspberry fruit. *Amer. J. Enol. Vitic.* 57(3): 306-313.
35. Wójcik, P., A. Skorupińska. and J. Filipczak. 2014. Impacts of preharvest fall sprays of calcium chloride at high rates on quality and 'Conference' pear storability. *Sci. Hort.* 168:51-57.
36. Wrolstad, R. E. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Oregon Agriculture Experiment Station Corvallis, Oregon. Bulletin, 624.
37. Zaman, L., W. Shafqat, A. Qureshi, N. Sharif, K. Raza, and S. ud Din, S. Ikram, M. Jafar Jaskani. and M. Kamran. 2019. Effect of foliar spray of zinc sulphate and calcium carbonate on fruit quality of Kinnow mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *J. Glob. Innov. Agr. Soc. Sci.* 7(4): 157-161.
38. Zekri, M. 2014. Foliar fertilization in citriculture. Citrus Industry, University of Florida Extension, 3p.

The Effect of Foliar Application of Calcium Nitrate and Potassium Phosphite on Antioxidant Enzymes and Nutrients of Blood Orange CV. Sanguine in the Storage

A.A. Mohammadi, M. Shahabian and M.R Ramezanpour¹

Citrus fruits are important sources of antioxidants including phenolic compounds, flavonoids, carotenoids and ascorbic acid, which can be changed by using mineral elements, especially potassium and calcium. This research was conducted factorial form in a completely randomized design. Foliar application of calcium nitrate (0, 2 and 4 g L⁻¹) and potassium phosphite (0, 1.5 and 3 g L⁻¹) before commercial maturation of blood orange fruits of Sanguine cultivar, and one week after treatment, fruit harvesting operation done. The fruits were stored for 3 months in normal storage. The antioxidant properties, elements and enzymes were evaluated at the time of harvest and during the storage period at intervals of one month. The results showed that the use of higher concentrations of calcium nitrate and potassium phosphite improved the characteristics measured on the day of harvest. Fruits treated with 4 g L⁻¹ calcium nitrate and 3 g L⁻¹ and 1.5 g L⁻¹ potassium phosphate had the best effect on antioxidant properties and elements. Also, the amount of APX and SOD enzymes increased with these treatments during the storage period.

Keywords: Sanguine, Anthocyanin, Phenol, Vitamin C.

1. Ph.D. student of Horticultural Science-Production and Post-harvest Physiology of Horticultural Plants, Department of Horticulture, Faculty of Plant Products, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, and Assistant Professors of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran, respectively.

* Corresponding Author, Email: (Amiralimohammadi72@yahoo.com).