Journal of Soil Management and Sustainable Production

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Soil Science Society of Iran

The effect of calcium nitrate and humic acid on the preservation of the apple Fruit

Ali Akbar Shokouhian[*1], Ali Kazemi Barazi[2], Shahriyar Einizadeh[3]

1. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: shokouhiana@yahoo.com
2. M.Sc. Graduate, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: baraziali@yahoo.com
3. Ph.D. Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: sh.einizadeh@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 03.01.2023
Revised: 01.15.2024
Accepted: 01.17.2024

Keywords:
Anthocyanin,
Carotenoid,
Fruit firmness,
Fruit quality,
Titratable acidity

ABSTRACT

Background and Objectives: Many physiological disorders of fruits are caused by low calcium concentration levels. Calcium nitrate is one of the widely used salts of this element. It is white in color and has many uses due to its high solubility in water compared to other compounds such as calcium sulfate, calcium carbonate, and calcium hydroxide. Calcium prevents ripening and softening of fruit tissue by reducing respiration, ethylene production, and polygalacturonase enzyme activity.

Materials and Methods: This experiment aims to evaluate the effect of calcium nitrate fertilizer and humic acid application levels on the postharvest indices of apple, factorially in the form of randomized complete block design with two fertilizer sources each at 4 levels including calcium nitrate fertilizer (0, 50, 100 and 150 g per tree) and humic acid (0, 100, 200 and 300 cc in 100 liters of water) and three evaluation times (0, 45 and 90 days postharvest) were carried out in 4 replications on apple trees of Golden Delicious variety. Fertilizer treatments were applied 4 times from the first of May to the end of July with an interval of 30 days. The indicators of soluble solids, total acid, carotenoids, anthocyanin, firmness and quality (aroma and taste) of the fruit were measured.

Results: Based on the results of comparing the averages, the control fruits had the lowest amount and the treatment of 150 grams of calcium nitrate per tree had the highest amount of anthocyanin and fruit firmness. Applying the treatment of 150 g of calcium nitrate and 300 cc of humic acid per 100 liters of water in the tree resulted in the highest amount of soluble solids in the fruit. Vitamin C and total acid decreased with the progress of time. The fruits of trees treated with the highest level of calcium nitrate and the control produced the highest and lowest amount of vitamin C and total acid, respectively. As time progressed, the shelf life of the fruit in the cold storage decreased. By applying the levels of 100 g of calcium nitrate per tree and 100 cc of humic acid, the highest fruit quality index was observed, and by applying the levels of 150 g of calcium nitrate per tree and without the application of humic acid, the lowest fruit quality index was observed.

Conclusion: As time progressed, the quality of fruit storage also decreased. The treatment of 150 g of calcium nitrate per tree and 300 cc of

humic acid in 100 liters of water had the best results in the fruit total soluble solids, and the level of 150 g of calcium per tree had the best effect on fruit storage (maintaining the firmness of the fruit tissue).

Cite this article: Shokouhian, Ali Akbar, Kazemi Barazi, Ali, Einizadeh, Shahriyar. 2024. The effect of calcium nitrate and humic acid on the preservation of the apple Fruit. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 14 (2), 119-132.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2024.21144.2091
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
شاپا چاپی: ۱۲٦۷-۲۳۲۲
شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲
انجمن علوم خاک ایران

اثر نیترات کلسیم و اسید هیومیک بر پایداری ویژگی‌های میوه سیب

علی‌اکبر شکوهیان*[۱]، علی کاظمی بارازی[۲]، شهریار عینی‌زاده[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
رایانامه: shokouhiana@yahoo.com
۲. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
رایانامه: baraziali@yahoo.com
۳. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
رایانامه: sh.einizadeh@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۱۲/۱۰
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۰/۲۷

واژه‌های کلیدی:
آنتوسیانین،
اسید قابل تیتراسیون،
سفتی میوه،
کارتنوئید،
کیفیت میوه

چکیده

سابقه و هدف: بسیاری از اختلالات فیزیولوژیکی میوه‌ها ناشی از سطوح پایین غلظت کلسیم می‌باشد. نیترات کلسیم یکی از نمک‌های پرمصرف این عنصر است که به رنگ سفید بوده و به‌دلیل حلالیت بالای آن در آب بر خلاف سایر ترکیبات مانند سولفات کلسیم، کربنات کلسیم و هیدروکسید کلسیم، مصارف زیادی دارد. کلسیم با کاهش تنفس، کاهش تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز از رسیدن و نرمی میوه جلوگیری می‌کند.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر کود نیترات کلسیم و سطوح کاربرد اسید هیومیک بر خصوصیات پس از برداشت سیب، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو منبع کودی هرکدام در ٤ سطح شامل کود نیترات کلسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در درخت) و اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ سی‌سی در ۱۰۰ لیتر آب) و سه زمان ارزیابی (۰، ٤۵ و ۹۰ روز پس از برداشت) در ٤ تکرار بروی درختان سیب رقم گلدن دلیشز اجرا شد. تیمارهای کودی موردنظر در ٤ نوبت از اول اردیبهشت تا اخر تیرماه به فاصله ۳۰ روز به‌صورت چالکود اعمال شدند. شاخص‌های مواد جامد محلول، اسید کل، کارتنوئیدها، آنتوسیانین، سفتی و کیفیت (عطر و طعم میوه) میوه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، شاهد کم‌ترین مقدار و ۱۵۰ گرم نیترات کلسیم در هر درخت بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین و سفتی میوه را داشتند. کاربرد ۱۵۰ گرم در درخت نیترات کلسیم و اسید هیومیک ۳۰۰ سی‌سی در ۱۰۰ لیتر آب از بیش‌ترین مقدار مواد جامد محلول برخوردار بودند. ویتامین ث و اسید کل با گذشت زمان کاهش یافت. کاربرد

بالاترین میزان نیترات کلسیم بیش‌ترین و شاهد کم‌ترین مقدار ویتامین ث و اسید کل را تولید کرده بودند. با افزایش زمان ماندگاری میوه در سردخانه شاخص کیفیت کاهش یافت. در سطوح ۱۰۰ گرم نیترات کلسیم به‌ازای هر درخت و ۱۰۰ سی‌سی اسید هیومیک بیش‌ترین مقدار و سطوح ۱۵۰ گرم نیترات کلسیم در هر درخت و بدون کاربرد اسید هیومیک کم‌ترین شاخص کیفیت میوه مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: با افزایش زمان ماندگاری میوه، کیفیت آن نیز کاهش یافت. تیماری ۱۵۰ گرم نیترات کلسیم برای هر درخت و ۳۰۰ سی‌سی هیومیک اسید در ۱۰۰ لیتر آب بهترین نتیجه را از نظر مواد جامد محلول و سطح ۱۵۰ گرم کلسیم بالاترین تأثیر را در انبارمانی (حفظ سفتی بافت) میوه به‌همراه داشتند.

استناد: شکوهیان، علی‌اکبر، کاظمی بارازی، علی، عینی‌زاده، شهریار (۱۴۰۳). اثر نیترات کلسیم و اسید هیومیک بر پایداری ویژگی‌های میوه سیب. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۴ (۲)، ۱۳۲-۱۱۹.

DOI: 10.22069/EJSMS.2024.21144.2091

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

سیب (*Malus pumila* L.) یکی از مهم‌ترین میوه‌های خزان‌دار است و به دلیل تنوع ژنتیکی زیاد، از پراکندگی وسیعی در جهان برخوردارمی‌باشد. سیب گلدن دلیشز یکی از مهم‌ترین ارقام این گونه محسوب می‌شود. کلسیم از مهم‌ترین مواد مغذی در کیفیت میوه سیب است. بسیاری از اختلالات فیزیولوژیکی میوه‌ها ناشی از سطوح پایین غلظت کلسیم می‌باشد. نیترات کلسیم یکی از نمک‌های پرمصرف کلسیم است که به رنگ سفید بوده و به‌دلیل حلالیت بالای آن در آب بر خلاف سایر ترکیبات مانند سولفات کلسیم، کربنات کلسیم و هیدروکسید کلسیم، مصارف زیادی دارد. کلسیم با کاهش تنفس، کاهش تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز از رسیدن و نرمی میوه جلوگیری می‌کند (۱).

تیمار کلرید کلسیم سفتی بافت میوه سیب را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش داد (۲). کاربرد کلریدکلسیم باعث حفظ ویتامین ث، سفتی و جلوگیری از قهوه‌ای شدن میوه کیوی شده است (۳). پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که تیمار خارجی کلسیم در بسیاری از میوه‌ها مانند توت‌فرنگی (٤) باعث بهبود شاخص انبارمانی آن‌ها می‌گردد. براساس بررسی بر روی میوه ازگیل ژاپنی، تیمار کلریدکلسیم شاخص قهوه‌ای شدن کم‌تری در مقایسه با شاهد بر روی این میوه داشت (۵). براساس نتایج ارائه شده، میوه‌های موز که با کلریدکلسیم تیمار شده بودند نسبت به شاهد در زمان برش دچار تغییر رنگ کم‌تری در گوشت شده بودند (٦). مطالعات بر روی سیب نشان داد که رابطه مثبتی بین غلظت کلسیم در میوه و سفتی بافت آن وجود دارد (۷). هم‌چنین مصرف کلسیم موجب افزایش کیفیت و عمر انبارداری زردآلو (۸) شده است. کلسیم باعث افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. در یاخته گیاهان پراکسداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن فعال می‌شوند و افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های مذکور باعث تاخیر در پیری خواهند شد (۹). میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سیب در تیمارهای نیترات کلسیم و استات کلسیم افزایش یافته است (۱۰).

ربیعی و همکاران (۲۰۱۱)، گزارش دادند که تیمار کلسیم نسبت مواد جامد محلول به اسید کل در سیب رقم جوناگلد را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با میوه‌های شاهد کاهش داده است (۱۰). هم‌چنین تیمار کلسیم در بلوبری رقم اونیل باعث کاهش میزان pH می‌شود (۱۱). سفتی بافت میوه تحت‌تأثیر محلول پاشی عنصر کلسیم بهبود می‌یابد، این افزایش سفتی بافت می‌تواند ناشی از افزایش میزان پکتات‌ها باشد که با کاربرد کلسیم گسترش می‌یابند (۱۲). از اثرات ترکیبات حاوی کلسیم می‌توان به تاخیر در رسیدگی میوه، استحکام بافت میوه، ماندگاری بیش‌تر و کاهش ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی اشاره کرد. علاوه برآن تا حد زیادی میزان فسادپذیری و در نتیجه میزان انبارداری را افزایش می‌دهد (۱۳). براساس بررسی‌های لارا (۲۰۱۳) مصرف نیترات کلسیم نسبت به شاهد استحکام میوه خربزه را افزایش داده است (١٤).

اسید هیومیک می‌تواند رفتاری شبیه مواد محرک رشد، به‌خصوص هورمون‌های اکسینی، از خود بروز دهد و از این طریق موجب بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد گیاهان گردد. محلول‌پاشی اسید هیومیک بر روی توت‌فرنگی رقم آروماس باعث افزایش مواد جامد محلول و سفتی میوه‌ها شده، اما میزان مواد جامد محلول و سفتی میوه‌ها با افزایش غلظت اسیدهیومیک کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های بالا، از میزان مواد جامد محلول و سفتی میوه‌ها کاسته شد (۱۵). کاربرد سطوح

مختلف اسیدفولیک، مواد جامد محلول، قندهای احیاکننده، اسیدهای قابل تیتراسیون، آنتوسیانین و ویتامین ث را افزایش داد (۱٦). محلول‌پاشی بوته‌های انگور با غلظت‌های ۵ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولیک، TSS، نسبت TSS/TA، pH را افزایش داد ولی اسیدیته قابل تیتراسیون کاهش یافت (۱۷). استفاده از مواد هیومیکی باعث بهبود خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس نیز شد. به‌طوری‌که میزان ویتامین ث، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های تیمارشده نسبت به میوه‌های شاهد افزایش یافت (۱۸). کاربرد مواد هیومیکی باعث بهبود مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و نسبت TSS/TA و pH گوشت میوه سیب رقم کاستارد (۱۹) و انگور (۲۰) شده است. کاربرد پتاسیم هیومات نیز بر کیفیت میوه‌های پرتقال رقم والنسیا مؤثر بود (۲۱). محلول‌پاشی اسیدهیومیک سبب سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول، فنول کل، ویتامین ث و آنتی‌اکسیدانت در میوه گوجه‌فرنگی نیز گردید (۲۲).

هدف: این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و نیترات کلسیم بر حفظ ویژگی‌های پس از برداشت میوه سیب رقم گلدن دلیشز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در شهرستان مراغه، در استان آذربایجان شرقی با مختصات ٤٦ درجه، ۳۲ دقیقه و ۵۵ ثانیه طول شرقی و۳۷ درجه، ۲۲ دقیقه و ۷ ثانیه عرض شمالی با مشخصات خاک مطابق جدول ۱ اجرا شد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو منبع کودی هر کدام در ٤ سطح شامل کود نیترات کلسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در درخت) و اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ سی‌سی در ۱۰۰ لیتر آب) و سه زمان ارزیابی (۰، ٤۵ و ۹۰ روز بعد از برداشت) در ٤ تکرار بر روی درختان سیب ۵ ساله رقم گلدن دلیشز اجرا گردید. تیمارهای کودی موردنظر در ٤ نوبت از اول اردیبهشت تا اخر تیرماه به فاصله ۳۰ روز به‌صورت چال‌کود اعمال شدند. براین اساس مقدار مصرف کل تیمارها کودی در ٤ نوبت برای هر درخت شامل صفر، ۲۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ گرم کود نیترات کلسیم و صفر ٤۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ سی‌سی اسید هیومیک بوده است.

به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های پس از برداشت، میوه‌ها در مهرماه جمع‌آوری و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل گردیدند.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش (عمق ۱۵ سانتی‌متری).

Table 1. Some characteristics of the soil of the test site.

pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	روی Total Zn (mg/kg^{-1})	مس Total Cu (mg/kg^{-1})	آهن Total Fe (mg/kg^{-1})	پتاسیم Total K (%)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)
7.5	2.22	8.84	1.22	1.154	0.96	1.084	1.33

در این بررسی اندازه‌گیری صفات در سه زمان شامل بلافاصله بعد از برداشت، ٤۵ و۹۰ روز بعد از برداشت انجام شدند. اندازه‌گیری ویتامین C به روش راناگانا (۱۹۸٦) انجام شد (۲۳). برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفراکترومتر مدل OE-ATC France استفاده شد (۲٤). اسیدیته

کل به روش تیتراسیون با محلول ۰/۱ نرمال NaOH تا pH=۸/۲ محاسبه و نتایج بر حسب گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ گرم بیان شد. برای این منظور پنج میلی‌لیتر آب میوه با ۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و سپس تیتر گردید (۲٤). اندازه‌گیری آنتوسیانین به روش متانول اسیدی انجام گرفت. یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک را با ۹۹ میلی‌لیتر متانول مخلوط کرده ۱۰ میلی‌لیتر از محلول را با ۰/۱ گرم بافت میوه در هاون چینی برای به‌دست آوردن عصاره کوبیده شد و سپس عصاره به‌مدت ۲٤ ساعت در تاریکی و دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه و ٤۰۰۰ دور دقیقه سانترفیوژ شد سپس محلول رویی با اسپکترومتر و طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت گردید (۲۵). برای اندازه‌گیری کارتنوئید، از روش آرنون استفاده شد. به این منظور ۱ گرم از نمونه را با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی کوبیده شد و سپس عصاره به‌مدت ۵ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده. مایع شفاف را به ارلن انتقال داده و با استون ۸۰ درصد به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. در آخر جذب محلول، در طول موج‌های ٤۸۰ و ۵۱۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (HACH DR6000, Germany) قرائت شد. جهت اندازه‌گیری سفتی میوه، از دستگاه سفتی‌سنج دستی (ساخت فرانسه مدل ۰۱٤۰-۹۵۰ OE-ATC) با پروب ۳ میلی‌متر و سرعت ۱۵ متر بر ثانیه استفاده و به‌صورت کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بیان گردید. برای ارزیابی کیفیت مزه و عطر میوه‌ها، از تعداد ۱۰ نفر ارزیاب‌حسی (داده‌های هر تکرار در تیمار میانگین نمره ۱۰ نفر ارزیاب است) استفاده شد، ارزیاب‌ها، کیفیت میوه‌های موجود را به‌صورت ثابت، در روزهای نمونه‌برداری، براساس مقیاس هدونیک ۱۰ نقطه‌ای – ارزیابی نمودند (۲٦).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS9/2 پس از نرمال کردن داده‌ها انجام گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودار در نرم‌افزار اکسل انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده کاربرد نیترات کلسیم و هیومیک اسید بر همه صفات مورد بررسی و اثر زمان تجزیه نمونه‌ها بر همه صفات به‌جز میزان کاروتنوئیدها (۵ درصد) در سطح احتمال ۱ درصد از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری بودند (جدول ۲). بررسی نتایج نشان داد که اثرات دوجانبه نیترات کلسیم با اسید هیومیک بر شاخص‌های سفتی بافت، مواد جامد محلول، آنتوسیانین و طعم میوه در سطح احتمال ۱ درصد و عطر میوه، کاروتنوئیدها و اسید کل در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. در این بررسی اثرات متقابل سه‌جانبه، زمان با اسید هیومیک و نیترات کلسیم، بر شاخص طعم میوه در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری بودند (جدول ۲).

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها با افزایش زمان ماندگاری شاخص طعم کاهش یافت. به‌نحوی‌که در ترکیب تیمار ۹۰ روز بعد از برداشت با شاهد نیترات کلسیم، همراه اسید هیومیک ۳۰۰ سی‌سی برای هر درخت با ۸/۹ کم‌ترین امتیاز را کسب کرده بود (شکل ۱). بهترین نتیجه نیز از ترکیب تیماری زمان اول (موقع برداشت)، نیترات کلسیم ۵۰ همراه با اسید هیومیک ۲۰۰ سی‌سی با امتیاز ۱۹/٦۷ حاصل شد. گرچه این نتیجه با تیمارهای مربوط به غلظت‌های مختلف کاربرد نیترات کلسیم در هر سه زمان به احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

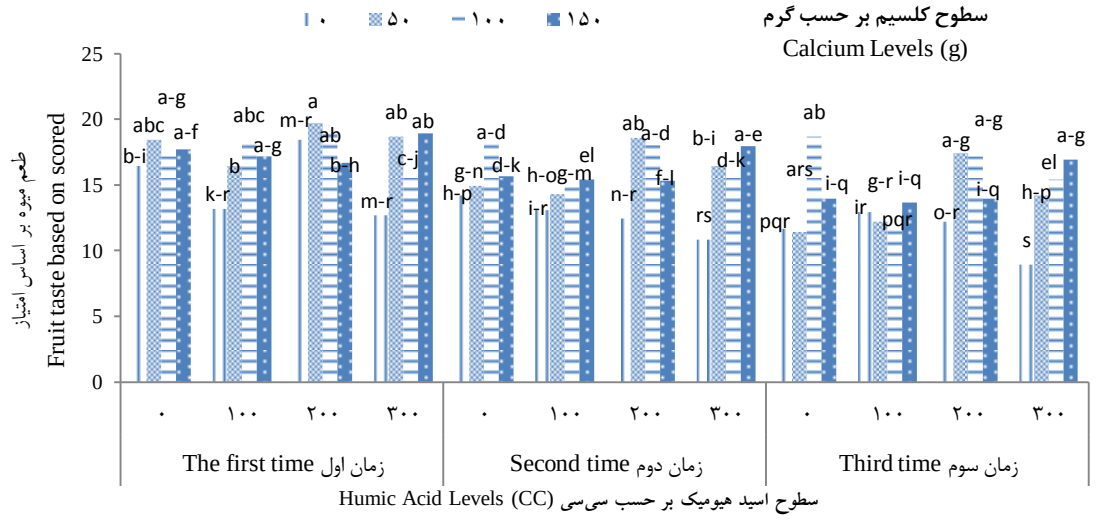
جدول ۲- تجزیه واریانس کاربرد غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نیترات کلسیم در حفظ ویژگی‌های پس از برداشت میوه سیب.

Table 2. Variance analysis of the use of different concentrations of humic acid and calcium nitrate on preserving the characteristics of apple fruit after harvesting.

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean of Squares								
		سفتی Firmness	مواد جامد محلول کل TSS	طعم میوه Fruit taste	عطر میوه Fruit aroma	ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین Anthocyanin	کاروتنوئید Carotenoid	اسید قابل تیتر اسیون Titratable Acidity
بلوک Block	3	8833.2 ^{ns}	0.63 ^{ns}	5.85 ^{ns}	22.2 **	35.6 **	0.33 **	0.16 **	6.59 **
کلسیم Calcium (C)	3	137.8 **	12.8 **	171 **	47 **	15.1 **	6.27 **	0.33 **	16.77 **
هیومیک اسید Humic Acid (H)	3	90.91 ^{ns}	6.84 **	24.5 **	22.5 **	4 **	0.6 **	0.087 **	1.49 **
زمان Time (T)	2	83322 **	60 **	144 **	141 **	62 **	0.72 **	0.031 *	61.62 **
C×H	9	15157 **	2.77 **	31 **	8.8 *	0.22 ^{ns}	0.22 **	0.002 *	0.23 *
C×T	6	911.6 ^{ns}	0.094 ^{ns}	4.6 ^{ns}	2.3 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.29 ^{ns}
H×T	6	1132.8 ^{ns}	0.12 ^{ns}	3.52 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.055 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.11 ^{ns}
C×H×T	18	653.9 ^{ns}	0.077 ^{ns}	5.52 *	0.86 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.08 ^{ns}
خطا Error	141	3798.8	0.37	3.26	3.56 ^{ns}	0.16	0.05	0.012	0.149
ضریب تغییرات CV%		8.84	6.92	14.97	14.60	9.02	14.11	12.68	6.62

^{ns}غیرمعنی‌دار، *معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

^{ns} not significant, *P≤0.05, **P≤0.01

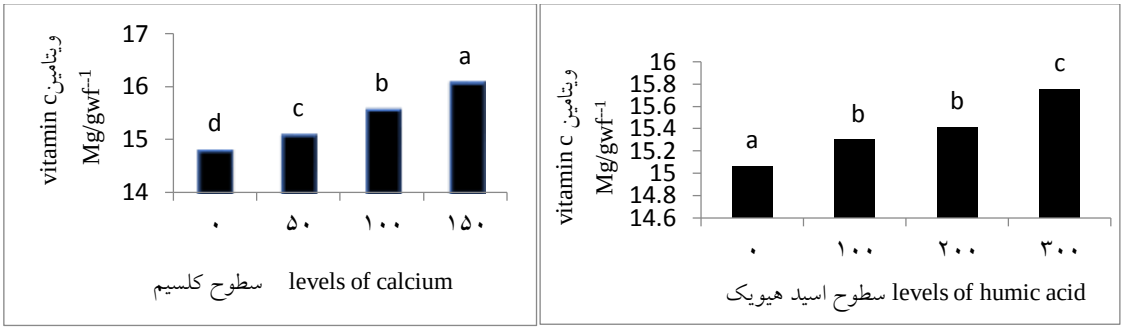


شکل ۱- اثرات متقابل سطوح مختلف کلسیم (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در هر درخت) هیومیک اسید (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ سی‌سی در هر درخت) در زمان (بلافاصله، ۴۵ و ۹۰ روز پس از برداشت) برطعم میوه سیب.

Figure 1. The interaction effects of different levels of calcium (0, 50, 100 and 150 g, per tree) (humic acid (0, 100, 200 and 300 cc per tree) in time (0, 45 and 90 days after harvest) on the taste of apple fruit. Means with same letters in each column have not difference based on LSD test (P≤0.05).

از آن‌جایی‌که اسیدهای آلی موجود در میوه سیب باعث مطبوع کردن طعم میوه می‌شودند با توجه به زیاد بودن اسیدیته کل در تیمارهای کلسیمی، وجود اسید تارتاریک، اسید اگزالیک و اسید فوماریک در آب میوه سیب در ماندگاری طعم میوه مؤثر بوده‌اند (۲۷). این نتیجه با گزارش‌های محمودی و همکاران (۱۳۹٦) در کیوی (۲۷) و محمود (۲۰۰۸) در پاپایا (۳) مطابقت داشت.

مقایسه میانگین‌ها بیانگر این است که با افزایش کاربرد هر یک از مواد کلسیم و اسید هیومیک میزان ویتامین ث میوه سیب افزایش یافته است (شکل ۲). به‌نحوی‌که بیش‌ترین مقدار آن از تیمار ۲۰۰ گرم کلسیم برای هر درخت (۱٦/۰۷ میلی‌گرم بر گرم) و هم‌چنین در تیمار کاربرد اسیدهیومیک بالاترین سطح (۱۵/۷۵ میلی‌گرم بر گرم) این ویتامین از مصرف ۳۰۰ سی‌سی در ۱۰۰ لیتر آب حاصل شد و کم‌ترین آن نیز مربوط به تیمار شاهد بود. افزایش ویتامین ث می‌تواند به‌وسیله نقش اسید هیومیک در گسترش قابلیت دسترسی مواد غذایی توجیه شود (۲۸ و ۲۹). کاربرد اسید هیومیک، دسترسی به عناصری چون فسفر و پتاسیم را بیش‌تر کرده و این امر نیز باعث افزایش میزان ویتامین ث میوه شده است (۳۰). هم‌چنین نقش کلسیم نیز در حفظ ویتامین ث توسط پژوهش‌گران گزارش شده است از جمله در این خصوص می‌توان به نتایج میغانی و همکاران (۱۳۹۷) توت‌فرنگی، سلیمانی و همکاران (۲۰۱۳) گیلاس و حسنی و همکاران (۲۰۱۲) سیب اشاره کرد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارند (۲۵، ۲۸، ۲۹).



شکل ۲- سطوح مختلف نیترات کلسیم (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم درهر درخت) هیومیک اسید (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ سی‌سی در هر درخت) بر میزان ویتامین ث میوه سیب.

Figure 2. The effects of different levels of calcium (0, 50, 100 and 150 grams per tree) and (humic acid (0, 100, 200 and 300 cc per tree) on the amount of vitamin C in Apple fruit.
Means with same letters in each column have not difference based on LSD test (P≤0.05).

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها بهترین نتیجه در صفات سفتی بافت میوه، کاروتنوئید، آنتوسیانین، عطر میوه، اسید کل و مواد جامد محلول از ترکیب تیماری سطوح مصرف ۲۰۰ گرم کلسیم همراه با استفاده از ۳۰۰ سی‌سی اسید هیومیک حاصل شد.در این میان تیمارهای کلسیم و اسید هیومیک با توجه به بهبود ماندگاری میوه، اثر مثبتی بر حفظ شاخص‌های مورد مطالعه داشته‌اند. (جدول ۳). این نتیجه با گزارش‌های میغانی و همکاران (۱۳۹۷) توت‌فرنگی، محمودی و همکاران، (۱۳۹٦) کیوی، (محمدی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۵) انگور، امینی‌فرد و همکاران، ۲۰۱۲) فلفل دلمه منطبق می‌باشد (۲۰، ۲۷، ۲۹، ۳۰). کاربرد مواد هیومیکی بر حفظ کیفیت سیب رقم کاستارد مؤثر بوده، به‌طوری‌که اسیدیته قابل

تیتراسیون و نسبت TSS/TA گوشت میوه را نسبت به میوه‌های شاهد بهبود بخشیده است (۱۹). گیاهانی که با مواد آلی تغذیه شده اند، حفظ نسبت کربن به نیتروژن اضافی را برای تولید اسیدهای هم‌چون اسید سیتریک و اسیدمالیک به‌کاربرده و از این طریق این مواد باعث بهبود اسید کل میوه شده‌اند (۳۲).

سفتی بافت میوه تحت‌تأثیر محلول پاشی عنصر کلسیم بهبود یافته است، این پدیده می‌تواند ناشی از افزایش میزان پکتات‌ها باشد که با کاربرد کلسیم در بافت میوه بیش‌تر شده است (۱۲). کلسیم با کاهش تنفس، کاهش تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز از رسیدن و نرمی میوه جلوگیری می‌کند (۱).

به‌طورکلی می‌توان گفت وجود کلسیم در بافت میوه موجب تثبیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده بافت میوه می‌گردد و سلول‌ها را در برابر این آنزیم‌ها محافظت می‌کنند (۳۳ و ۳٤). کلسیم باعث افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. در یاخته گیاهان پراکسداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن فعال می‌شوند و افزایش فعالیت‌های این آنزیم‌های باعث تاخیر در پیری می‌شوند (۱۲).

با افزایش سطح مصرفی اسید هیومیک موجب افزایش قابلیت جذب کلسیم در میوه گردیده که سبب افزایش مواد جامد محلول در سیب شده است (۳۵). اسید هیومیک با شیوه‌های متعددی به جذب بهتر عناصر غذایی و بهبود کیفیت محصول کمک می‌کند. این کود زیستی با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های فتوسنتز دارد، محتوای غذایی محصولات را افزایش می‌دهد (۳٦). براساس نتایج حاصل، مقدار آنتوسیانین میوه سیب تحت‌تأثیر سطح کلسیم و اسید هیومیک بوده که مثل سایر شاخص‌های مورد ارزیابی سطوح مصرف چهارم این ترکیبات بیش‌ترین تأثیر را بر این رنگیزه گیاهی داشته‌اند (جدول ۳). نتیجه حاضر با پژوهش‌های میغانی و همکاران (۱۳۹۷) توت‌فرنگی و سلیمانی و همکاران (۲۰۱۳) گیلاس منطبق است (۲۵ و ۲۹). احتمالاً این نتیجه به‌دلیل تأخیر ایجاد شده در فرآیند پیری می‌باشد. عنصر کلسیم در این خصوص نقش به‌سزایی دارد. چون وجود کلسیم باعث جلوگیری از تخریب آنتوسیانین در اثر فعالیت آنزیم‌های PPO و POD می‌شود (۱۷).

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش در طول انبارمانی و طی سه زمان آزمایش به خوبی مشخص می‌گردد که تمام شاخص‌های کیفی میوه با افزایش طول انبارمانی کاهش محسوسی یافته‌اند (جدول ٤). این نتیجه با بررسی‌های درخشان (۱۳۹۸)، هلو، محمودی و همکاران (۱۳۹٦) کیوی، لارا (۲۰۱۳) خربزه، و فلاحی و همکاران (۲۰۰٦) در سیب مطابقت داشت (۱۳، ۱٤، ۲۷، ۳۵).

دلیل این نتیجه می‌تواند شرکت کربوهیدارت‌ها و اسیدهای آلی در فرآیند تنفس به‌عنوان منبع تامین انرژی باشد. هم‌چنین ترکیبات همی‌سلولز و مواد پکتیکی موجود در دیواره سلولی در طول دوره انبارمانی تجزیه شده و باعث کاهش مقاومت بافت میوه شده است. علاوه‌بر این تجزیه رنگیزه‌های گیاهی و روند کاهشی فرار و ویتامین ث در طی دوره انبارمانی یک امر اثبات شده است.

جدول ۳- اثرات متقابل سطوح مختلف کلسیم (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در هر درخت) و هیومیک اسید (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ سی‌سی در هر درخت) بر حفظ شاخص‌های بعد از برداشت میوه سیب.

Table 3. The interaction effects of different levels of calcium (0, 50, 100 and 150 g, per tree) (humic acid (0, 100, 200 and 300 cc per tree) on preserving the characteristics of apple fruit after harvesting.

مواد جامد محلول کل TSS (Brix)	اسید کل Titratable Acidity (%)	عطرمیوه (امتیاز) Fruit aroma (Scored)	آنتوسیانین Anthocyanin (Mg/g^{-1})	کاروتنوئید Carotenoid (Mg/g^{-1})	سفتی Firmness (g/Cm^2)	سطوح اسید هیومیک Humic Acid Levels	سطوح کلسیم Calcium Levels
13.50^{i}	13.45^{f}	16^{a}	2.47^{de}	0.74^{h}	3692.5^{i}	1	1
14.34^{efg}	13.38^{f}	15.37^{ab}	2.23^{ef}	0.75^{h}	4251.4^{fgh}	2	
13.76^{hi}	13.63^{cdef}	13.87^{bcd}	2.34^{ef}	0.77^{gh}	4206.0^{fgh}	3	
14.03^{gh}	13.44^{f}	15^{abc}	2.46^{de}	0.79^{fgh}	4081^{fghi}	4	
13.92^{ghi}	13.36^{f}	15.5^{a}	2.26^{f}	0.80^{efgh}	3896.5^{hi}	1	2
15.22^{bc}	13.57^{def}	16^{a}	2.32^{ef}	0.82^{defgh}	4013.8^{ghi}	2	
14.2^{fgh}	13.52^{ef}	13.62^{cd}	2.33^{ef}	0.87^{cdef}	4393.8^{efgh}	3	
14.3^{fg}	13.8^{cde}	15.25^{ab}	2.33^{ef}	0.91^{bcd}	4828.5^{de}	4	
14.41^{efg}	13.89^{c}	15.62^{a}	2.42^{def}	0.85^{cdefg}	4068.1^{ghi}	1	3
14.93^{bcd}	13.86^{cd}	15.5^{a}	2.42^{def}	0.87^{cde}	4394.2^{efg}	2	
15.02^{bcd}	14.35^{b}	16.37^{a}	2.54^{d}	0.9^{cd}	4540^{ef}	3	
14.61^{def}	14.29^{b}	15.75^{a}	2.97^{bc}	0.87^{cdef}	6026.2^{a}	4	
14.18^{fgh}	14.47^{b}	13.25^{de}	2.88^{c}	0.85^{cdefg}	4874.3^{de}	1	4
14.8^{cde}	14.58^{b}	15.37^{ab}	3.12^{ab}	1^{ab}	5076.5^{cd}	2	
15.33^{b}	14.95^{a}	11.87^{e}	3.18^{a}	0.93^{bc}	5377^{bc}	3	
16.21^{a}	15^{a}	13.37^{de}	3.27^{a}	1.09^{a}	5733.7^{ab}	4	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیرمعنی‌دار هستند

Means with same letters in each column have not difference based on LSD test ($P\leq0.05$)

جدول ٤- اثر زمان (بلافاصله، ٤٥ و ٩٠ روز پس از برداشت) بر شاخص‌های بعد از برداشت میوه سیب.

Table 4. Effect of time (immediately, 45 and 90 days after harvest) on the characteristics after harvesting the apple fruit.

اسید کل Titratable Acidity (%)	کاروتنوئید Carotenoid (Mg/g^{-1})	آنتوسیانین Anthocyanin (Mg/g^{-1})	ویتامین ث Vitamin C Mg/100g	عطرمیوه (امتیاز) Fruit aroma (Scored)	مواد جامد محلول TSS (Brix)	سفتی بافت Firmness (g/Cm^2)	زمان بعد از برداشت روز Postharvest day
14.95^{a}	0.888^{a}	2.70^{a}	16.37^{a}	16.34^{a}	15.5^{a}	4957.4^{a}	0
13.98^{b}	0.864^{ab}	2.6^{b}	15.35^{b}	14.86^{b}	14.59^{b}	4579^{b}	45
12.99^{c}	0.8435^{b}	2.49^{c}	14.41^{c}	13.37^{c}	13.56^{c}	4236^{c}	90

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیرمعنی‌دار هستند

Means with same letters in each column have not difference based on LSD test ($P\leq0.05$)

نتیجه‌گیری کلی

ترکیب تیماری سطوح سوم و چهارم (۱۰۰و ۱۵۰ گرم در هر درخت) کلسیم و ۳۰۰ اسید هیومیک بیش‌ترین تأثیر را بر خصوصیات پس از برداشت به‌ویژه بر ویتامین ث و طعم و عطر میوه را داشتند. در سطح صفر کلسیم و صفر اسید هیومیک موجب کاهش خصوصیات پس از برداشت میوه در مقایسه با سایر سطوح تیماری شد. با افزایش زمان ماندگاری میوه کیفیت آن نیز کاهش یافت که ترکیب تیماری ۱۵۰ گرم نیترات کلسیم در هر درخت و ۳۰۰ سی‌سی اسید هیومیک در ۱۰۰ لیتر آب بهترین نتیجه را از نظر مواد جامد محلول و سطح ۱۵۰ گرم کلسیم بالاترین تأثیر را در انبارمانی (حفظ سفتی بافت) میوه سیب داشتند.

منابع

1. Singh, U. M., Metwal, M., Singh, M., Taj, G., & Kumar, A. (2015). Identification and characterization of calcium transporter gene family in finger millet in relation to grain calcium content. *Gene*, 566 (1), 37-46. **doi: 10.1016/ j.gene. 2015.04.021.**
2. Sepahvand, E., Talari, A., Askari Sarchesmeh, M. A., Fatahi Moghadam, M., & Ghasemnejhad, M. (2016). Effect of training system on qualitative and quantitative characteristics and concentration of nutrition elements of apple (Malus *domestica*) fruit. *Journal of Plant Production*, 23 (2), 123-144. [In Persian]
3. Mahmud, T. M. M., Al Eryani-Raqeeb, A., Syed Omar, S. R., Mohamad Zaki, A. R., & AL Erfani, A. R. (2008). Effect of different concentration and Application of Calcium on Storage Life and Physicochemical Characterestic of Papaya (Carica papaya). American *Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3, 536-533.
4. Łata, B. (2008). Apple peel antioxidant status in relation to genotype, storage type and time. *Scientia Horticulturae*, 117 (1), 45-52. **doi: 10.1016/ j.scienta. 2008.03.011.**
5. Akhtar, A., Abbasi, N. A., & Hussain, A. Z. (2010). Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (1), 181-188.
6. Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S., & Ferguson, I. (2003). The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 28 (1), 67-74. **doi: 10.1016/S0925-5214(02)00172-2.**
7. Dilmaghani Hassanloui, M. R., Taheri, M., & Malakouti, M. J. (2004). The Interactive Effects of Potassium and Calcium on the K/Ca and Quality of Apple Fruits (In Naghadeh). *Journal of Agricultural Engineering Research*, 5 (20), 71-84. [In Persian]
8. Moghbeli, T., & Arvin, M. J. (2013). Growth and fruit yield of cantaloupe cultivars and their response to polyethylene mulch and ethephon application. Iranian Journal of *Horticultural Science*, 13 (4), 405-416. [In Persian]
9. Kou, L., Yang, T., Luo, Y., Liu, X., Huang, L., & Codling, E. (2014). Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 70-78. **doi: 10.1016/j.postharvbio.2013.08.004**.
10. Rabiei, V., Shirzadeh, E., Sharafi, Y., & Mortazavi, N. (2011). Effects of postharvest applications of calcium nitrate and acetate on quality and shelf-life improvement of Jonagold apple fruit. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (19), 4912-4917.
11. Angeletti, P., Castagnasso, H., Miceli, E., Terminiello, L., Concellón, A., Chaves, A., & Vicente, A. R. (2010). Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality,

softening and cell wall degradation of two blueberry (Vaccinium corymbosum) varieties. *Postharvest biology and technology*, 58 (2), 98-103. **doi: 10.1016/j.plaphy.2014.06.015.**

12. Khalaj, K., Ahmadi, N., & Souri, M. K. (2015). Effect of Calcium and Boron Foliar Application on Fruit Quality in Asian pear Cultivar 'KS10'. *Journal of Crop Production and Processing*, 4 (14), 89-97. [In Persian]
13. Fallahi, E., Fallahi, B., & Seyed bagheri, M. M. (2006). Influence of humic substance and nitrogen on yield, fruit quality, and leaf mineral Elements of Early Spur Rome apple. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 1819-1833. **doi: 10.1080/01904160600899337.**
14. Lara, I. (2013). Preharvest sprays and their effects on the postharvest quality of fruit. *Stewart Postharvest Review*, 9 (3), 1-12. **doi: 10.2212/spr.2013.3.5.**
15. Farahi, M. H., Aboutalebi, A., Eshghi, S., Dastyaran, M., & Yosefi, F. (2013). Foliar Application of Humic Acid on Quantitative and Qualitative Characteristics of' Aromas' Strawberry in Soilless Culture. *Agricultural Communications*, 1 (1), 13-16.
16. Lara, I., Garcıa, P., & Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (Fragaria× ananassa Duch.) fruit. *Postharvest. Biology and Technology*, 34 (3), 331-339. **doi:10.1016/j.postharvbio.2004.05.018**.
17. Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P., & Ferrara E. (2008). Preliminary study on the effects of foliar applications of folic acids on 'Italia' table grape. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42, 79-87.
18. Rostami, M., Shokouhian, A. A., & Mohebodini, M. (2022). Effect of Humic Acid, Nitrogen Concentrations and Application Method on the Morphological, Yield and Biochemical Characteristics of Strawberry 'Paros'. *International Journal of fruit science*, 22 (1), 203-214. **doi:10.1080/15538362. 2021.2022566.**
19. Cavalcante, I. H. L., Mancin, A. C., & Cunha, M. D. S. (2015). Impact of humic substance and nitrogen fertilizing on the fruit quality and yield of custard apple. *Acta Scientiarum Agronomy Journal*, 37 (2), 211-218. **doi: 10.4025/ actasciagron.v37i2.19511.**
20. Mohamadineia, G., Farahi, M. H., & Dastyaran, M. (2015). Foliar and Soil Drench Application of Humic Acid on Yield and Berry Properties of 'Askari' Grapevine. *Agricultural Communications*, 3 (2), 21-27.
21. Abobatta, W. F. (2015). Influence of magnetic iron and k-humate on productivity of Valencia orange trees (*Citrus Sinensis* L.) under salinity conditions. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*, 2 (Proceedings), 108-119. **doi: 10.13140/RG.2.1.1857.2563.**
22. Kamari, S., Peyvast, Gh. & Ghasemnejhad, M. (2013). Effect of Humic acid on growth and Yield of Tomato cv. Isabela. *Journal of Horticultural Science*, 26 (4), 358-363. **doi: 10.22067/JHORTS4.V0I0.18148.** [In Persian]
23. Ranganna, S. (1986). Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products. Tata McGraw-Hill Education.
24. Mostofi, Y., & Najafi, F. (2005). Laboratory analytical methods of Horticultural Sciences. Institute of Tehran University Publications and Printing, 136. [In Persian]
25. Soleimani Aghdam, M., Yousefpour Dokhanieh, A., Hassanpour, H., & Rezapour Fard, J. 2013. Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (Cornus mas) fruit by postharvest calcium treatment. *Scientia Horticulturae*, 161, 160-164. **doi: 10.1016/j.scienta. 2013.07.006.**
26. Martinez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Bailén, G., Zapata, P., Serrano, M., Castillo, S., & Valero, D. (2007). Influence of "carvacrol" on survival of "Botrytis cinerea" Inoculated in table grapes. *International Journal of Food Microbiology*, 115 (2), 144-148. **doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.015.**

27. Mahmoodi, H., Shokouhian, A.A., Asghari, A., & Ghanbari, A. (2018). Effect of humic acid on qualitative and quantitative characteristics of Kiwifruit cv. Hyward. *Pomology Research*, 2 (2), 96-108. [In Persian]
28. Hussain, P. R., Meena, R. S., Dar, M. A., & Wani, A. M. (2012). Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of Food Science and Technology*, 49 (4), 415-426. **doi: 10.1007/s13197-011-0289-0.**
29. Meighani, H., Boroomand, N., & Moghbeli, E. (2018). Effect of chitosan coating and CaCl2 on maintaining postharvest quality and antioxidant compound of strawberry fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 76 (15), 307-317. [In Persian]
30. Aminifard, M. H., Aroiee, H., Azizi, M., Nemati, H., & Jaafar, H. Z. E. (2012). Effect of humic acid on Antioxidant Activities and fruit quality of hot pepper (Capsicum annuum). *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plant*, 18, 360-369. **doi: 10.1080/10496475.2012.713905.**
31. Saure, M. C. (2005). Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae*, 105 (1), 65-89. **doi: 10.1016/j.scienta.2004.10.003.**
32. White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92, 487-511. **doi: 10.1093/aob/mcg164**.
33. Kazemi, M. (2014). Effect of foliar application of humic acid and calcium chloride on tomato growth. Bulletin of Environment. *Pharmacology and Life Sciences*, 3 (3), 41-46.
34. Asri, F. O., Ari, N., & Demirtas, E. I. (2015). Change in fruit yield, quality and nutrient concentration in response to soil humic acid applications in processing tomato. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21 (3), 585-591.
35. Derakhshan, N., Shokouhian A. A., & Fathi Achachlouei B. (2019). Effect of Putrescine and Aloe Vera gel on biochemical indices of peach fruit var. red top during storage life. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 15 (1), 159-170. **doi: 10.22067/ ifstrj.v0i0.72680.** [In Persian]
36. Ron, W., Barry M., Doug, G., & Daryl, J. (1998). Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals 4th Edition. Oxford University Press, 280p.