مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۱ شماره ۴ صفحه های ۳۶۹ تا ۳۸۲ (۱۳۹۹)
مقاله پژوهشی

اثر کاربرد برگی نانوکلات‌های کلسیم و پتاسیم بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی انار رقم زردانار در انبار سرد[1]

Effect of Foliar Application of Calcium and Potassium Nano- Chelates on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of *Punica granatum* L. cv. Zardanar during Cold Storage

مجید راحمی*، مریم زارع و احمد رئوفی[2]

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم و پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار رقم زردانار، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در بخش سیدان- فاروق انجام شد. تیمارها شامل شاهد، نانوکلات کلسیم (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر) و نانوکلات پتاسیم (غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر) بود. ۴۵ روز بعد از تمام گل و همچنین ۳۰ و ۱۴روز پیش از برداشت محلول‌پاشی انجام شد و به‌مدت ۱/۵ و ۳ ماه در انبار سرد نگهداری شدند. پیش از انبارمانی و پس از انبارمانی، ویژگی های کمی و کیفی بررسی شدند. تیمارهای نانوکلات کلسیم و پتاسیم در مقایسه با شاهد سبب افزایش وزن کل آریل، کمتر شدن کاهش از دست دادن وزن و شاخص قهوه‌ای شدن پوست میوه در طی انبارمانی شدند. در طی انبارمانی بالاترین مقدار ماده‌های جامد محلول و کمترین میزان اسیدیته در تیمار نانوکلات کلسیم مشاهده شد. نانوکلات کلسیم و نانوکلات پتاسیم سبب افزایش روشنایی و مقدار کروما در پوست میوه شدند. مشخص شد که محلول‌پاشی با نانوکلات کلسیم در مقایسه با نانوکلات پتاسیم می‌تواند در بهبود و حفظ بسیاری از ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار در طول دوره انبارمانی تاثیر معنی‌داری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: انبار سرد، شاخص قهوه‌ای شدن، کاهش وزن، ماده‌های جامد محلول و محلول‌پاشی

مقدمه

ایران بیشترین میزان سطح زیر کشت انار جهان را (برابر ۶۸۶۰۰ هکتار با مقدار تولید ۶۵۳۸۴۳ تن با متوسط عملکرد ۱۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) به خود اختصاص داده است. در کشورهای ترکیه، افغانستان، پاکستان، هندوستان، ارمنستان، گرجستان، تاجیکستان، آذربایجان، لیبی، لبنان، فلسطین اشغالی، سودان، برمه، بنگلادش، موریتانی، مراکش، قبرس، یونان، اسپانیا، فرانسه، چین، ژاپن و آمریکا کشت این محصول مرسوم است و در بین این کشورها بعد از ایران بالاترین سطح زیرکشت و تنوع رقم‌های انار مربوط به هندوستان، ترکیه و اسپانیا می‌باشد (۵).

میوه‌های انار با ارزش اقتصادی بالا، متعلق به مناطق نیمه‌گرمسیری و نسبت به سرمازدگی بسیار آسیب‌پذیر هستند که محدودیت استفاده از ذخیره‌سازی در دمای پایین را محدود می‌سازد (۲۷). برای افزایش طول عمر محصول‌های باغبانی با حفظ ارزش غذایی، ذخیره‌سازی در دمای پایین به کار گرفته می‌شود (۱). به خاطر ارزش اقتصادی میوه‌ها و سودمندی آن‌ها برای

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۳
۲- به‌ترتیب، استاد و دانشجویان دکتری بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (rahemi@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

سلامت بشر، تلاش‌های زیادی توسط پژوهشگران انجام شده است تا آسیب ناشی از سرمازدگی را در طول ذخیره‌سازی کاهش دهند (۳).

ماده‌های معدنی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر تولید و کیفیت محصول‌ها تاثیر می‌گذارند. بیشتر اثرها غیرمستقیم بوده و با تغییر ظرفیت و به دنبال آن تجزیه متابولیت‌های فتوسنتزی اولیه و ثانویه مانند کربوهیدرات، اسیدهای آلی و پروتئین عمل می‌کند (۳۸). توانایی گیاهان برای جذب عنصرهای غذایی،محلول‌پاشی برگی کودها را به یک روش متناوب برای تامین عنصرهای غذایی گیاهان تبدیل نموده است. محلول‌پاشی دارای سودمندی توزیع یکنواخت ماده‌های کودی و واکنش‌های سریع به توزیع ماده‌های مغذی کاربردی است. برای محلول‌پاشی کلسیم، ترکیب‌های مختلفی مانند کلات کلسیم، کلرید کلسیم، نیترات کلسیم و نانوکلات کلسیم وجود دارد. نانو کودها به منظور تنظیم و رهاسازی عنصرهای غذایی، بسته به مقدار نیاز گیاهی ساخته شده و گزارش‌های موجود حاکی از آن است که کارایی آن‌ها در مقایسه با کودهای معمول مورد استفاده در بخش کشاورزی بیشتر است (۲۴).

نانو کودها در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، با آزادسازی انتخابی عنصرهای غذایی در طول زمان و یا بر حسب شرایط محیطی، نقش موثرتری دارند و با توانایی کنترل رهاسازی عنصرهای غذایی، در بهبود کیفیت خاک از راه کاهش آثار مخرب ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، موثر هستند (۳۷). کلسیم نقش بسیار مهمی را در ساختار دیواره یاخته‌ای ایفا می‌کند که در آن گروه‌های کربوکسیل آزاد در زنجیره‌های پلی گالاکتورونات[۱]در برش میانی دیواره یاخته‌ای گیاه نقش دارد و به چسبندگی یاخته‌ای و انسجام یاخته‌ای کمک می‌کنند و در نتیجه منجر به استحکام بیشتر بافت میوه‌ها می‌شود. مشارکت کلسیم در تنظیم فرآیند بلوغ میوه و فرآیند رسیدن آن، به خوبی مشخص شده است. تیمارهای پیش و پس از برداشت محصول با نمک‌های کلسیم در کنترل چندین اختلال فیزیولوژیکی، از جمله به تاخیر افتادن رسیدن میوه، بهبود کیفیت میوه، حفظ استحکام میوه و کاهش بروز عوامل بیماری‌زای قارچی موثر بوده است (۲۰). کاربرد کلسیم، از دیواره یاخته‌ای در برابر آنزیم‌های مخرب آن محافظت می‌کند و هم‌چنین دیواره یاخته‌ای گیاه را تثبیت می‌کند و نقش مهمی در حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها دارد (۳۰).

پتاسیم در تامین رشد، کاهش اثرهای سوء ناشی از تنش‌ها، افزایش عملکرد و بهبود کیفی محصول، از جمله طول دوره انبارمانی و بازارپسندی محصول نقش قابل توجهی دارد (۱۴). استفاده از کلرید کلسیم ۱٪ باعث کمترشدن کاهش وزن، حفظ یکپارچگی دیواره یاخته‌ای و افزایش مقاومت در برابر حمله قارچی در طول مدت ۱۰ روز انبارمانی در دمای ۳ درجه سلسیوس میوه توت فرنگی گردید (۲۱). استفاده از محلول کلرید کلسیم و مدت زمان نگهداری به میزان قابل توجهی بر کیفیت میوه هلو تاثیر گذاشت. با این حال، استفاده از محلول کلرید کلسیم، کاهش وزن، قند کل، نسبت ماده‌های جامد محلول به اسید و ماده‌های جامد را کاهش داد و سبب افزایش سفتی میوه، اسیدیته و اسکوربیک اسید میوه‌های هلو گردید (۳۰).

در پژوهشی به‌منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پتاسیم و ۵ گرم در لیتر کلرید کلسیم روی رنگ میوه و ویژگی‌های کیفی سیب رد دلیشس[۲]، نتایج نشان داده است که محلول‌پاشی با کلرید کلسیم و پتاسیم به طور قابل توجهی سبب افزایش وزن میوه، غلظت قند، آنتوسیانین، سفتی میوه و جذب پتاسیم شد. استفاده از کلسیم و هر یک از منابع پتاسیم بیشتر سبب بهبود رنگ میوه، سفتی میوه، جذب کلسیم و پتاسیم و نسبت آن در مقایسه با پتاسیم یا کلسیم که به تنهایی استفاده شده بود گردید (۳۶). محلول‌پاشی کلرید کلسیم در مرحله تمام گل و یک ماه بعد از آن، اندازه میوه، قطر میوه، مقدار ویتامین C و ماده‌های جامد محلول در انار رقم ملس یزدی را افزایش داد (۳۱). پتاسیم به عنوان یک عنصر غذایی ضروری در انار است و غلظت پتاسیم در پوست انار و آریل‌ها در مقایسه با دیگر عنصرهای پرمصرف و کم‌مصرف بیشتر مورد نیاز بوده است (۱۷). مطالعه‌های بسیاری نشان داده است که محلول‌پاشی پتاسیم روی گیاه باعث افزایش رشد رویشی، کیفیت میوه، عملکرد و عمر انبارمانی میوه زیتون (۱۲) شده است. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر کاربرد کودهای نانوکلات کلسیم و پتاسیم بر تحمل به سرمای انار رقم زردانار در انبار سرد صورت پذیرفت.

۱- Polygalacturonate
۲- Red Delicious

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ روی درختان انار رقم زردانار در باغی، با بافت خاک شنی- رسی و با سیستم آبیاری به‌صورت قطره‌ای، در بخش سیدان – فاروق از توابع شهرستان مرودشت (در ۵۲ درجه و ۴۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۵۹۵ متری از سطح دریا واقع شده است)، انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار (۱۵ درخت انتخاب گردید) به اجرا در آمد. فاکتور اصلی تیمارهای کودی و فاکتور فرعی زمان برداشت و زمان انبارمانی بود. تیمارها شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر)، ترکیب کودی کلسیم و پتاسیم به‌ترتیب به‌صورت نانوکلات کلسیم (۲/۵ و ۵ گرم در لیتر) و نانـوکلات پتـاسیم (۲ و ۴ گرم در لیتر) بـودند. کودهای نانوکلات کلسیم و پتاسیم مورد استفاده از شرکت صدور احرار شرق خضراء از تهران تهیه گردید. محلول‌پاشی کل درخت (شاخساره و میوه) در طی رشد و نمو میوه در سه زمان ۴۵ روز بعد از تمام گل و همچنین، ۳۰ و ۱۴ روز قبل از برداشت (ششم تیرماه، دوم مهرماه و پانزدهم مهرماه ۱۳۹۷) صورت گرفت. میوه‌ها در زمان رسیدن با احتیاط از درخت جدا شدند و پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند. میـوه‌های هر یک از تیمارها در کیسه‌های پلاستیکی سوراخ‌دار (۲۴ سوراخ) قرار داده شدند به طوری که در هر واحد آزمایشی تعداد ۵ عدد میوه وجود داشت. میوه‌ها پس از بسته‌بندی و توزین در دمای ۱/۵ ±۰/۵درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد به مدت ۱/۵ و ۳ ماه در سردخانه نگهداری شدند.

برای بررسی عمر انباری میوه‌ها پس از خروج از سردخانه، میوه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق (۳ ± ۲۵ درجه سلسیوس) قرار گرفتند و سپس ویژگی‌های کمی و کیفی آن‌ها بررسی شد. وزن میوه‌ها، پوست و آریل‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل SAS-3031 با دقت ۰/۰۰۱گرم ساخت کشور ایران اندازه‌گیری شد و پس از جداسازی آریل‌ها و توزین آن‌ها، متوسط وزن آن‌ها و وزن ۱۰۰ آریل با ترازوی دیجیتالی مدل SAS-3031 با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه شد. برای محاسبه درصد کاهش وزن، میوه‌ها پیش و پس از خروج از انبار توزین شدند و با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه شد:

$$wl = \left(\frac{w0 - wf}{w0}\right) \times 100$$

W_L: درصد کاهش وزن، W_0: وزن اولیه (گرم) میوه در روز صفر و W_F: وزن نهایی (گرم) میوه در روز آزمون می باشد (۳۰).

برای اندازه‌گیری قهوه‌ای شدن پوست، تک تک میوه‌ها از لحاظ قهوه‌ای شدن که یکی از شاخص‌های سرمازدگی در انار است، مورد بررسی قرار گرفتند. به هرکدام از میوه‌ها با توجه به درصد قهوه‌ای شدن امتیازهایی از صفر تا پنج داده شد و با استفاده از رابطه زیر درجه سرمازدگی اندازه‌گیری گردید. قهوه‌ای شدن پوست میوه و قهوه‌ای شدن پوست سفید درون میوه (غشا) انار بعد از باز کردن انار به صورت چشمی و به صورت درصد بیان شد(۱۵).

$$\text{شاخص قهوه ای شدن} = \sum \frac{(\text{تعداد میوه مربوط به درجه قهوه ای شدن}) \times (\text{درجه قهوه ای شدن})}{(\text{تعداد کل میوه ها}) \times 4} \times 100$$

برای درصد نشت الکترولیت‌های پوست از میوه‌های موجود در هر تکرار ۶ عدد دیسک به قطر ۱۰ میلی‌متر تهیه شد و پس از ۳ بار شست و شو در آب مقطر، دیسک‌ها به ظرف حاوی ۲۵ میلی‌لیتر مانتیول ۰/۴ مولار انتقال داده شدند و ظرف حاوی محلول مانیتول و نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت روی دستگاه لرزا قرار گرفت. نشت یون اولیه این محلول توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی Metrohm (مدل 644 Conductometer) ساخت کشور سوئیس اندازه‌گیری شد. سپس هر یک از ظرف‌های حاوی دیسک‌های پوست میوه در فشار ۱ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند و پس از گذشت مدت ۲۴ ساعت نشت یون کل اندازه‌گیری شد و در نهایت از فرمول زیر درصد نشت الکترولیت‌ها به صورت درصدی از نشت کل محاسبه شد (۲۶).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

۱۰۰× نشت کل/ نشت اولیه = درصد نشت الکترولیت

نشت یون پتاسیم، مشابه نشت الکترولیت‌ها اندازه‌گیری شد. از دستگاه فلیم فوتومتر JENWAY (Model PFP7) ساخت کشور انگلستان برای اندازه‌گیری نشت اولیه و نشت کل یون پتاسیم استفاده شد. مشابه نشت الکترولیت، درصد نشت یون پتاسیم به صورت درصدی از نشت کل محاسبه شد (۲۵).

۱۰۰× نشت کل/ نشت اولیه = درصد نشت یون کلسیم

برای اندازه‌گیری ماده جامد محلول (TSS) میوه‌ها از دستگاه قندسنج دیجیتالی (مدل ATAGO-B933475) ساخت کشور ژاپن استفاده شد و مقدار ماده جامد محلول به درصد بیان شد (۳۱). اسیدیته کل (TA) به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد. مقدار سود مصرفی یادداشت شد. برای محاسبه TA از فرمول زیر استفاده شد.

$$TA\ (\%) = \frac{V \times N \times Meq}{y \times 1000} \times ۱۰۰$$

TA: اسیدیته کل، V: میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر، N: نرمالیته سود مصرفی، Meq: میلی‌اکی والان اسید غالب و Y: میلی‌لیتر حجم عصاره نمونه (۳۹).

شاخص طعم نیز از تقسیم مقدار عددی مربوط به TSS بر مقدار عددی مربوط به شاخص TA به‌دست آمد (۱۱).

رنگ پوست میوه با دستگاه رنگ‌سنج (مدل CR400/4، ساخت کشور ژاپن) به صورت (روشنایی)L* ،[۲]a* و b* اندازه‌گیری شد و دو شاخص a* و b* به زاویه فام یا ته رنگ و مقدار خلوص رنگ (کروما) تبدیل شدند و در نهایت به صورت L* و کروما گزارش شدند (۳۴).

$$\text{کروما} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

واکاوی داده‌های به دست آمده به کمک نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده داشتند (داده‌ها نشان داده نشده است).

وزن کل آریل و وزن صد آریل

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها در سطح احتمال ۱ ٪ بر وزن کل آریل و وزن صد آریل معنی‌دار بود. بیشترین وزن کل آریل (۱۶۳/۶۲ گرم) مربوط به تیمار نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر و کمترین آن مربوط به تیمارهای شاهد، غلظت ۲/۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و ۴ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم بود. بیشترین وزن صد آریل (به ترتیب ۳۵/۱۶ و ۳۶/۸۷ گرم) به غلظت‌های نانوکلات پتاسیم مربوط بود که با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. کمترین وزن صد آریل (۲۹/۰۴ گرم) در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بین سه زمان انبارمانی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. وزن کل آریل در زمان برداشت ۱۵۸/۸۶ گرم بود و در طی انبارمانی به ۱۴۵/۶۴ گرم رسید.

بیشترین وزن صد آریل در زمان برداشت مشاهده شد، اما با گذشت زمان وزن صد آریل کاهش یافت. کمترین وزن صد آریل (۳۰/۵۵ گرم) متعلق به زمان سوم انبارمانی بود (جدول ۲). اثر زمان انبارمانی و غلظت‌های مختلف تیمارها بر وزن کل آریل در سطح ۵ ٪ و وزن صد آریل در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین وزن کل آریل در زمان برداشت در تیمار نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر به‌دست آمد. در طی ۱/۵ ماه انبارمانی بیشترین وزن کل آریل در تیمار نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر به‌دست آمد (جدول۳). در زمان برداشت بیشترین وزن صد آریل به غلظت‌های ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و ۴ گرم در لیتر

۱- Flame photometer
۲- Lightness

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

نانوکلات پتاسیم مربوط بود. بعد از ۱/۵ ماه انبارمانی، بیشترین وزن صد آریل با تیمار ۲ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم به دست آمد (جدول۳).

درصد کاهش وزن میوه

اثر تیمارها و زمان انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار بود. بیشترین درصد کاهش وزن میوه (۶/۴۰٪) مربوط به شاهد و کمترین کاهش وزن متعلق به تیمارهای نانوکلات کلسیم و نانوکلات پتاسیم بود که غلظت‌های نانوکلات پتاسیم با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). نتیجه‌ها نشان داد که با گذشت زمان (۱/۵ ماه انبارمانی) کاهش وزن میوه اتفاق افتاد، بعد از آن (۳ ماه انبارمانی) کاهش وزن افزایش یافت. اثرهای برهمکنش زمان انبارمانی و غلظت‌های محلول‌پاشی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) اثر برهمکنش مذکور نشان می‌دهد که کمترین درصد کاهش وزن در ۱/۵ ماه انبارمانی در تیمارهای ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و ۲ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم به‌دست آمد.

درصد قهوه‌ای شدن پوست

نتیجه‌ها نشان داد که اثر تیمارها و زمان انبارمانی بر درصد قهوه‌ای شدن پوست معنی‌دار بود. بیشترین درصد قهوه‌ای شدن پوست میوه (۴۴/۱۶٪) مربوط به شاهد و کمترین درصد قهوه‌ای شدن پوست میوه مربوط به غلظت‌های بالای نانوکلات کلسیم و نانوکلات پتاسیم بود (جدول۱). نتیجه‌ها نشان داد که که با افزایش مدت انبارمانی درصد قهوه‌ای شدن پوست افزایش یافت (جدول۲). هم‌چنین، اثر برهمکنش درصد قهوه‌ای شدن و زمان انبارمانی معنی‌دار نبود (جدول۳).

درصد نشت یونی

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها و زمان انبارمانی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین نشت یونی (۶۳٪/۰۸) مربوط به میوه‌های شاهد و کمترین نشت یونی (۴۶/۲۷٪) مربوط به غلظت ۲/۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم بود که بین غلظت‌های کلسیم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). کمترین نشت یونی در زمان برداشت به‌دست آمد و در طی انبارمانی میزان نشت یونی افزایش نشان داد (جدول ۲). اثر برهمکنش زمان انبارمانی و غلظت مختلف تیمارها در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار شد. در زمان برداشت، بیشترین نشت یونی مربوط به میوه‌های شاهد بود. کمترین میزان نشت یونی در تیمارهای نانوکلات کلسیم به‌دست آمد (جدول ۳). در زمان دوم انبارمانی تیمارهای ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم کمترین نشت یونی را داشتند. در طی ۳ ماه انبارمانی کمترین درصد نشت یونی در غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم به‌دست آمد و هم‌چنین، تیمارهای نانوکلات پتاسیم نسبت به شاهد کمترین درصد نشت یونی را داشتند (جدول۳).

درصد نشت یون پتاسیم

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها و زمان انبارمانی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین مقدار نشت یون پتاسیم مربوط به شاهد (۶۲/۷۶٪) و کمترین درصد نشت یون پتاسیم مربوط به تیمار نانوکلات کلسیم (۴۶/۷۷٪) بود (جدول ۱). در زمان برداشت، نشت یون پتاسیم ۳۶/۹۷٪ بود و در طی انبارمانی نشت یون پتاسیم افزایش یافت (جدول۲). اثر برهمکنش زمان انبارمانی و غلظت‌های مختلف تیمارها بر درصد نشت یون پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در زمان برداشت، کمترین نشت یون پتاسیم مربوط به میوه‌های محلول‌پاشی شده با ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم بود. در زمان دوم انبارمانی،۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم کمترین نشت یون پتاسیم را نسبت به شاهد داشت. در طی ۳ ماه انبارمانی کمترین درصد نشت یون پتاسیم در غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم به‌دست آمد و تیمار نانو کلات پتاسیم نسبت به شاهد نیز کمترین نشت یون پتاسیم را داشت (جدول۳).

ماده‌های جامد محلول

نتیجه‌ها نشان داد اثر تیمارنانو کلات پتاسیم و کلسیم در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار شد. بیشترین مقدار ماده‌های جامد محلول در تیمارهای نانوکلات کلسیم و نانوکلات پتاسیم با غلظت‌های مختلف مشاهده شد که تفاوت میان آن‌ها معنی‌دار نبود و کمترین مقدار آن در میوه‌های شاهد بود (جدول ۱). اثر زمان برای ماده‌های جامد محلول معنی‌دار نبود. اثرهای برهمکنش زمان انبارمانی و غلظت‌های مختلف نانوکلات کلسیم و پتاسیم بر ماده‌های جامد محلول میوه انار در سطح ۵ ٪ معنی‌دار بود. بیشترین ماده‌های جامد محلول در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم در طی ۱/۵ ماه انبارمانی به‌دست آمد (جدول ۳).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

اسیدیته قابل تیتر

نتیجه‌ها نشان داد که اثر تیمار و زمان در سطح ۱٪ برای اسیدیته قابل تیتر معنی‌دار گردید. بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتر مربوط به تیمار نانوکلات کلسیم با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر (به ترتیب ۱/۹۵ و ۱/۸۷٪) و پتاسیم با غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر (به ترتیب ۱/۹۹ و ۲/۰۱٪) بود و کمترین مقدار اسیدیته قابل تیتر (۱/۶۸٪) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۱). نتیجه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتر (۲/۴۹٪) به زمان دوم و کمترین میزان آن (۱/۴۹٪) به زمان سوم مربوط است که بین آن‌ها تفاوت معنی‌دار بود. بین زمان دوم و سوم انبارمانی نیز اختلاف معنی‌داری دیده شد (جدول۲). با گذشت زمان، اسیدیته قابل تیتر در میوه انار کاهش یافت. اثر برهمکنش زمان انبارمانی و غلظت تیمارهای مختلف بر اسیدیته قابل تیتر معنی‌دار بود. در طی ۱/۵ ماه انبارمانی بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتر در تیمارهای ۲/۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم به‌دست آمد. کمترین مقدار اسیدیته در ۳ ماه انبارمانی در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم به‌دست آمد (جدول۳).

شاخص طعم

نتیجه‌ها نشان داد که اثر تیمار، زمان و اثر برهمکنش برای شاخص طعم معنی‌دار شد. بیشترین شاخص طعم (۱۴/۲۷) مربوط به شاهد و کمترین آن مربوط به تیمارهای نانوکلات کلسیم بود که بین آن‌ها تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین شاخص طعم مربوط به زمان سوم انبارمانی و کمترین مربوط به زمان دوم انبارمانی (۷/۲۸) بود (جدول ۲). اثر تیمارهای مختلف و زمان انبارمانی بر شاخص طعم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. براین اساس، تیمارهای نانوکلات کلسیم ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر و نانوکلات پتاسیم ۲ و ۴ گرم در لیتر در طی ۳ ماه انبارمانی شاخص طعم بالاتری نسبت به بقیه تیمارها در طی انبارمانی داشت (جدول۳).

L* و کروما پوست میوه

نتیجه‌ها نشان داد که اثر تیمار، زمان انبارمانی و اثر برهمکنش تیمار در زمان برای صفت رنگ میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. کمترین روشنی (L^*) در میوه‌های شاهـــد و تیمار نانـــوکلات کلسیم ۲/۵ گرم در لیتر مشاهده شد. روشنی (L^*) میوه‌های تیمارشده با غلظت‌های مختلف نانوکلات پتاسیم افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد و غلظت ۲/۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم نشان دادند (جدول ۱). کمترین روشنی در زمان برداشت مشاهده شد و بیشترین روشنی در طی انبارمانی اتفاق افتاد (جدول۲). اثر برهمکنش تیمارهای مختلف و زمان انبارمانی بر روشنی پوست میوه انار در سطح احتمال ۱٪معنی‌دار بود. در زمان برداشت، روشنی میوه‌های تیمار شده با ۲ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها و شاهد داشت.

در ۱/۵ ماه انبارمانی، میوه‌های تیمارشده با ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم بیشترین روشنی را داشتند. در ۳ ماه انبارمانی غلظت ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم بیشترین L^* را نسبت به بقیه تیمارها داشتند (جدول۳).

تیمارهای ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را در مقدار کروما نشان دادند، به طوری که بیشترین مقدار کروما مربوط به غلظت‌های نانوکلات پتاسیم و کمترین مقدار کروما مربوط به شاهد و غلظت ۲/۵ در هزار نانوکلات کلسیم بود که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۱). مقدار کروما در زمان برداشت کم بود و در طی انبارمانی افزایش یافت (جدول ۲). اثر برهمکنش تیمارهای مختلف و زمان انبارمانی بر مقدار کرومای پوست میوه انار درسطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در زمان برداشت، کرومای میوه‌های تیمارشده با ۲ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها و شاهد داشت. در ۱/۵ ماه انبارمانی تیمارهای ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم بیشترین مقدار کروما را داشتند. در ۳ ماه انبارمانی غلظت‌های مختلف نانوکلات کلسیم و نانوکلات پتاسیم بیشترین مقدار کروما را نسبت به شاهد داشتند که با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۳).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه‌های انار رقم زردانار.

Table 1. Mean comparison of the effect of applied treatments on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate Zardanar cultivar.

تیمارها Treatments	وزن کل آریل‌ها(گرم) Total weight of arils (g)	وزن ۱۰۰ آریل(گرم) Weight of one hundred aril (g)	کاهش وزن(٪) Weight loss (%)	شاخص قهوه‌ای شدن(٪) Browning index (%)	نشت یونی(٪) Ionic leakage (%)	نشت یون پتاسیم(٪) Potassium ion leakage (%)	ماده‌های جامد محلول(٪) TSS (%)	اسیدیته قابل تیتر(٪) TA (%)	شاخص طعم TSS/TA	روشنی پوست L*	کروما پوست Peel chroma
شاهد Control	141.48^{c†}	29.04^{c}	6.40^{a}	44.17^{a}	63.08^{a}	62.76$_{a}$	17.48^{b}	1.68^{c}	11.39^{a}	48.48^{c}	6.95^{c}
نانوکلات کلسیم ۲/۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 2.5 g L^{-1}	144.44^{c}	33.94^{b}	4.81^{c}	16.25^{bc}	46.27^{d}	47.09$_{c}$	18.26^{a}	1.96^{a}	9.56^{c}	49.51^{c}	7.04^{bc}
نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 5 g L^{-1}	154.47^{b}	33.59^{b}	5.16^{b}	10.83^{c}	47.25^{d}	46.77$_{c}$	18.06^{a}	1.87^{b}	10.10^{b}	51.79^{b}	7.19^{b}
نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر Nano chelate potassium 2 g L^{-1}	163.62^{a}	35.16^{ab}	4.69^{c}	18.75^{b}	56.46^{c}	55.37^{b}	18.17^{a}	1.99^{a}	9.54^{c}	55.38^{a}	7.44^{a}
نانوکلات پتاسیم ۴ گرم در لیتر Nano chelate potassium 4 g L^{-1}	141.47^{c}	36.68^{a}	5.03^{bc}	11.25^{bc}	55.13^{c}	56.18^{b}	18.28^{a}	2.00^{a}	9.49^{c}	54.15^{a}	7.36^{a}

†Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD test.

میانگین‌هایی که در هر ستون حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال ۵ ٪ براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یگدیگر ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

جدول ۲ – مقایسه میانگین اثر زمان انبارمانی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه‌های انار رقم زردانار

Table 2. Mean comparison of the effect of storage time on quantitative and qualitative characteristics of the Zardanar cultivar of pomegranate.

زمان انبارمانی Storage time	وزن کل آریل‌ها (گرم) Total weight of arils (g)	وزن ۱۰۰ آریل (گرم) Weight of one hundred arils (g)	کاهش وزن(٪) Weight loss (%)	شاخص قهوه‌ای شدن(٪) Browning (%)	نشت یونی(٪) Ionic leakage (%)	نشت یون پتاسیم(٪) Potassium ion leakage (%)	ماده‌های جامد محلول(٪) TSS (%)	اسیدیته قابل تیتر(٪) TA (%)	شاخص طعم TSS/TA	روشنی پوست L*	کروما پوست Peel chroma
زمان برداشت Harvesting time	158.86^{ab†}	36.90^{a}	0	0	36.63c	36.97c	17.89^{a}	1.72^{b}	10.60^{b}	49.29^{b}	7.02^{c}
۱/۵ ماه 1.5 Months	152.64^{a}	33.59^{b}	4.77^{b}	17.00^{b}	51.74b	51.27b	18.23^{a}	2.49^{a}	7.28^{c}	52.35^{a}	7.22^{b}
۳ماه 3 Months	145.64^{b}	30.55^{c}	5.66^{a}	23.50^{a}	72.54a	72.66a	18.00^{a}	1.49^{c}	12.17^{a}	53.94^{a}	7.34^{a}

†Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD test.

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار با یگدیگر ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

بحث

براساس نتیجه‌های به دست آمده، اثر غلظت‌های مختلف تیمارها بر وزن کل آریل و وزن صد آریل معنی‌دار بود. در طی انبارمانی وزن کل آریل و صد آریل کاهش یافت. تیمار ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و ۲ و۴ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم نسبت به شاهد سبب افزایش وزن صد آریل شدند. نقش کلسیم در افزایش اندازه میوه شاید به دلیل انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ به میوه و یا نقش آن در افزایش ریشه‌های موئین، تقسیم یاخته‌ای ریشه و مقاوم کردن ریشه به پوسیدگی باشد که سبب افزایش جذب ماده‌های غذایی و آب از آن می‌شود. کاهش وزن یکی از شاخص‌هایی است که در میوه‌های سرمازده افزایش می‌یابد. نتیجه‌های حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که کاهش وزن در طی انبارمانی رخ داده است. گزارش شده است که مهمترین عاملی که سبب کاهش وزن میوه طی دوره انبارمانی می‌شود افزایش تبخیر و تعرق از سطح میوه است (۲۲).

Rahman و همکاران (۲۹) نشان دادند که با کاربرد کلرید کلسیم در هلو، بیشترین کاهش وزن میوه در شاهد ثبت شد که با سایر تیمارها متفاوت بود. نتیجه‌های پژوهش حاضر با یافته‌های این مطالعه همسو می‌باشند.

کلسیم ممکن است در حفظ وزن میوه در حین انبارمانی نقش داشته باشد، زیرا در عملکردهای یاخته مانند رشد و تقسیم یاخته‌ای نقش دارد (۱۶) که در نهایت وزن میوه را حفظ می‌کند. Gupta و همکاران (۱۰) بیان داشتند که میوه های هلو تحت تیمار کلسیم کترین کاهش وزن را داشتند که با نتایج این پژوهش همسو بود. کاهش وزن میوه در انبار به میزان تنفس و تبخیر از سطح میوه و رطوبت نسبی محیط نگهداری، بستگی دارد (۱۳). استفاده از کود نانوکلات کلسیم کاهش وزن میوه را در طی انبارمانی زیر تاثیر قرار داد. کاربرد کلسیم پیش از برداشت، از راه ایجاد تاخیر در پیری و نیز کاهش سرعت تنفس و تعرق منجر به استحکام و حفظ ثبات غشای یاخته‌ای شده و اتلاف وزن میوه را در طول دوره انبارمانی کاهش می‌دهد (۲). براساس نتیجه‌های به‌دست آمده در طی انبارمانی درصد قهوه‌ای شدن میوه افزایش یافت. با مقایسه میوه‌های تیمارشده با غلظت‌های مختلف نانوکلات کلسیم و پتاسیم درصد قهوه‌ای شدن کمتری نسبت به شاهد مشاهده شد. استفاده از این تیمارها می‌تواند فعالیت آنزیم‌های مسئول تیرگی بافت و روند قهوه‌ای شدن را به طور چشم‌گیری کاهش دهد. گزارش شده است که قهوه‌ای شدن میوه انار به دلیل سرما، اتلاف آب و اختلال‌های فیزیولوژیک در طول انبارمانی اتفاق می‌افتد که ترکیب‌های کینون به همراه اکسیژن با پلی فنل‌اکسیداز ترکیب شده و رنگدانه‌های قهوه‌ای را تولید می‌کنند (۲۳).

براساس یافته‌های پژوهش حاضر، نانوکلات کلسیم سبب کاهش نشت یونی نسبت به نانوکلات پتاسیم شد. در ۱/۵ ماه انبارمانی میوه‌های تیمارشده با ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم کمترین نشت یونی را نشان دادند و در زمان ۳ ماه انبارمانی میوه‌های تیمارشده با نانوکلات کلسیم با غلظت‌های مختلف کمترین نشت یونی را نشان دادند. تیمار نانوکلات پتاسیم نسبت به تیمار نانوکلات کلسیم نتوانست از افزایش نشت یونی جلوگیری کند. در زمان برداشت نشت یون پتاسیم پایین‌تر بود و در طی انبارمانی نشت یون پتاسیم افزایش یافت. در طی انبارمانی، کمترین درصد نشت یون پتاسیم در تیمار نانوکلات کلسیم مشاهده شد که نسبت به نانوکلات پتاسیم نشت یون پتاسیم را بیشتر کاهش داد. تنش‌ها اثر مستقیمی روی غشای یاخته‌ها گذاشته و سازوکار آن را مختل می‌کنند. افزایش در نفوذپذیری و نشت یون نشان‌دهنده سرمازدگی و آسیب به غشای پلاسمایی می‌باشد (۳۵). نتیجه‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که انبارمانی میوه‌های انار در دمای پایین میزان نشت یون را افزایش داده است و این نشان‌دهنده آن است که غشا زیر تاثیر دمای پایین آسیب دیده و پراکسیداسیون لیپدها و نشت یون اتفاق می‌افتد (۳۵). در بسیاری از مطالعه‌ها نشان داده شده است که کلسیم می‌تواند انسجام غشا پلاسمایی را بهبود بخشد و در نتیجه آسیب سرمایی را کاهش دهد (۴، ۶).

با استفاده از ذره های کلسیم از راه نفوذ در خلاء کلرید کلسیم روی میوه آووکادو گزارش شده است که شدت نشانه‌های سرمازدگی کاهش یافته است (۶). میوه‌های انار تیمارشده با کلسیم در مقایسه با میوه‌های شاهد فعالیت بسیار بالاتری از آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و فعالیت کمتری از پراکسیداز را نشان می‌دهند. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که آنزیم‌های آنتی اکسیدانی باعث ایجاد تحمل در برابر سرمازدگی در میوه‌های انار می‌شوند (۳۰). براساس نتیجه‌های به‌دست آمده، ماده‌های جامد محلول در طی انبارمانی افزایش یافت. تخریب پکتین، سلولز و همی سلولز از دیواره یاخته‌ای در بخش‌های میوه ممکن است باعث آزاد شدن اجزای محلول شود که می‌تواند تاثیر مستقیمی روی TSS داشته باشد (۱۸). گزارش شده است

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

که محلول‌پاشی دو رقم طالبی با کلسیم و پتاسیم ۲ در هزار و ترکیب این دو، مقدار ماده‌های جامد محلول میوه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است که نتیجه‌های پژوهش حاضر با این یافته‌ها در یک راستا نیست (۱۹). رسولی صدیقانی و همکاران (۳۴) گزارش کردند که محلوپاشی با نمک‌های کلسیمی منجر به کاهش ماده‌های جامد محلول می‌شود. محلولپاشی کلسیم، به دلیل تأثیر کلسیم در کاهش تولید اتیلن و نیز نقش آن در تغییر فرایندهای درون یاخته‌ای و برون یاخته‌ای، افزایش ماده‌های جامد محلول را به تأخیر می‌اندازد (۲۸).

براساس نتیجه‌های به‌دست آمده از این پژوهش، میزان اسیدیته قابل تیتر در طی انبارمانی کاهش یافته است. اسیدهای آلی به هنگام رسیدن میوه در نتیجه تنفس و نیز تبدیل شدن به قندها کاهش می‌یابند و این کاهش رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. در واقع اسیدهای آلی به عنوان یک منبع ذخیره برای میوه عمل می‌کنند و هنگام رسیدن آن، با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند (۲۸). به احتمال در تیمار شاهد میزان تولید اتیلن افزایش یافته است و در نتیجه منجر به مصرف اسیدهای آلی به عنوان سوبسترای تنفسی شده است، درحالی‌که در تیمارهای محلول‌پاشی شده، به دلیل نقش کلسیم در کاهش تنفس و تولید اتیلن، مصرف اسیدهای آلی در نتیجه فرایندهای تنفسی کاهش یافته است (۹).

گزارش شده است که محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم روی انار، پس از خروج میوه‌ها از انبار باعث کاهش اسیدیته قابل تیتر و افزایش نسبت ماده‌های جامد محلول به اسید کل نسبت به شاهد می‌شود (۳۲) که نتیجه‌های پژوهش حاضر با این یافته‌ها همخوانی دارند. هم‌چنین، گزارش شده است که محلول‌پاشی درختان سیب پیش از برداشت با نانوکلسیم و کلرید کلسیم، سبب افزایش استحکام، اسیدیته قابل تیتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل و محتوای فیبر در میوه‌های تیمارشده با نانوکلسیم و کلرید کلسیم نسبت به میوه‌های شاهد می‌شود، اما با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی این پارامترها کاهش یافته است (۳۳). در زمان انبارمانی کاهش وزن، TSS و قهوه‌ای شدن داخلی افزایش می‌یابد، اما این افزایش در میوه‌های تیمارشده با نانوکلسیم و کلرید کلسیم کمتر از میوه‌های شاهد بوده است. نتیجه‌های حاصل از آزمایش حاضر نشان می‌دهد که بیشترین میزان روشنایی و مقدار کروما در میوه‌های تیمارشده با نانوکلات پتاسیم نسبت به میوه‌های شاهد به‌دست آمد و در میوه‌های تیمارشده با ۲ گرم در لیتر نانوکلات پتاسیم در طی انبارمانی مقدار روشنایی افزایش یافته و میوه‌های تیمار شده با نانوکلات کلسیم و پتاسیم از مقدارکرومای بیشتری در سه ماه انبارمانی نسبت به شاهد برخوردار بودند که دلیل آن را به مقدار بالای پتاسیم و کلسیم می‌توان نسبت داد. پتاسیم سبب بهبود کیفیت رنگ در میوه‌ها می‌شود (۸). گزارش شده است که کلسیم با به تاخیر انداختن پیری بر مقدار رنگ پوست اثر می‌گذارد (۷).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های میوه‌های انار رقم زردانار تحت اثر برهمکنش تیمارها و زمان انبارمانی

Table 3. Mean comparison of characteristics of Zardanar cultivar of pomegranate under the interaction effect of treatments and storage time

زمان انبارمانی Storage time	تیمارها Treatments	وزن کل آریل‌ها (گرم) Total weight of arils (g)	وزن ۱۰۰ آریل (گرم) Weight of one hundred aril(g)	کاهش وزن(٪) Weight loss (٪)	شاخص قهوه‌ای شدن (٪) Browning (٪)	نشت یونی (٪) Ionic leakage (%)	نشت یون پتاسیم(٪) Potassium ion leakage (%)
زمان برداشت Harvesting time	شاهد Control	142.52^{d†}	28.46^{g}	0	0	42.96^{f}	44.39^{f}
	نانوکلات کلسیم۲/۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 2.5 g L^{-1}	148.44^{cd}	38.44^{bcd}	0	0	32.^{37h}	31.51^{h}
	نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 5 g L^{-1}	185.00^{a}	40.36^{ab}	0	0	31.67^{h}	31.00^{h}
	نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر Nano chelate potassium 2 g L^{-1}	166.58^{bc}	35.07^{de}	0	0	38.26^{g}	38.17^{g}
	نانوکلات پتاسیم ۴ گرم در لیتر Nano chelate potassium 4 g L^{-1}	147.79^{d}	42.19^{a}	0	0	37.89^{g}	39.80^{g}
۱/۵ ماه 1.5 Months	شاهد Control	141.82^{d}	30.26^{gf}	5.71^{bc}	36.67^{b}	63.60^{d}	63.22^{d}
	نانوکلات کلسیم۲/۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 2.5 g L^{-1}	145.94^{d}	32.25^{ef}	4.35^{e}	15.00^{cd}	42.29^{f}	44.72^{f}
	نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 5 g L^{-1}	157.61^{bc}	29.84^{gf}	4.31^{e}	8.33^{d}	42.56^{f}	43.71^{f}
	نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر Nano chelate potassium 2 g L^{-1}	156.81^{c}	38.99^{abc}	4.43^{e}	15.00^{cd}	55.97^{e}	51.75^{e}
	نانوکلات پتاسیم ۴ گرم در لیتر Nano chelate potassium 4 g L^{-1}	145.04^{cd}	36.59^{cd}	5.07^{d}	10.00^{d}	54.27^{e}	52.96^{e}
۳ماه 3 Months	شاهد Control	140.10^{d}	28.41^{g}	7.09^{a}	51.67^{a}	82.66^{a}	80.67^{a}
	نانوکلات کلسیم۲/۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 2.5 g L^{-1}	142.93^{d}	31.12^{fg}	5.27^{cd}	17.50^{cd}	64.13^{d}	65.03^{c}
	نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 5 g L^{-1}	140.80^{d}	30.57^{fg}	6.01^{b}	13.33^{cd}	67.53^{c}	65.61^{c}
	نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر Nano chelate potassium 2 g L^{-1}	154.47^{bc}	31.42^{efg}	4.96^{d}	22.50^{c}	75.15^{b}	76.20^{b}
	نانوکلات پتاسیم ۴ گرم در لیتر Nano chelate potassium 4 g L^{-1}	144.90^{cd}	31.25^{fg}	4.98^{d}	12.50^{cd}	73.22^{b}	75.77^{b}

†Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD test.

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند در سطح احتمال ۵ ٪ براساس آزمون LSD تفاوت‌معنی‌دار با یگدیگر ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

جدول ۳- ادامه.

Table 3. Continued.

زمان انبارمانی Storage time	تیمار Treatment	مادههای جامد محلول(٪) TSS (%)	اسیدیته قابل تیتر(٪) TA (%)	شاخص طعم TSS/TA	روشنی پوست (L*)	کروما پوست Peel chroma
زمان برداشت Harvesting time	شاهد Control	17.00^{f†}	1.34^{g}	12.65^{b}	41.89^{h}	6.47^{h}
	نانوکلات کلسیم۲/۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 2.5 g L^{-1}	18.17^{bc}	1.89^{d}	9.79^{ef}	49.32^{fg}	7.03^{fg}
	نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 5 g L^{-1}	18.37^{b}	1.69^{e}	10.86^{cd}	51.36^{def}	7.19^{def}
	نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر Nano chelate potassium 2 g L^{-1}	18.07^{bcd}	1.94^{d}	9.31^{f}	53.63^{abcde}	7.32^{abcde}
	نانوکلات پتاسیم ۴ گرم در لیتر Nano chelate potassium 4 g L^{-1}	18.55^{b}	1.72^{e}	10.38^{de}	50.27^{ef}	7.09^{ef}
۱/۵ ماه 1.5 Months	شاهد Control	17.30^{def}	2.43^{bc}	7.24^{g}	52.20^{cdef}	7.22^{cdef}
	نانوکلات کلسیم۲/۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 2.5 g L^{-1}	19.55^{a}	2.46^{abc}	7.62^{g}	45.90^{g}	6.77^{g}
	نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 5 g L^{-1}	17.55^{cdef}	2.42^{c}	7.25^{g}	50.34^{ef}	7.07^{ef}
	نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر Nano chelate potassium 2 g L^{-1}	18.30^{bc}	2.56^{ab}	7.14^{g}	57.43^{a}	7.57^{a}
	نانوکلات پتاسیم ۴ گرم در لیتر Nano chelate potassium 4 g L^{-1}	18.45^{b}	2.58^{a}	7.34^{g}	55.89^{abc}	7.48^{abc}
۳ماه 3 Months	شاهد Control	18.02^{bcd}	1.52^{f}	14.27^{a}	51.35^{def}	7.16^{def}
	نانوکلات کلسیم۲/۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 2.5 g L^{-1}	17.07^{ef}	1.27^{g}	11.26^{c}	53.32^{bcde}	7.33^{abcde}
	نانوکلات کلسیم ۵ گرم در لیتر Nano chelate calcium 5 g L^{-1}	18.25^{bc}	1.49^{f}	12.19^{b}	53.66^{abcde}	7.30^{abcde}
	نانوکلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر Nano chelate potassium 2 g L^{-1}	18.15^{bc}	1.49^{f}	12.17^{b}	55.08^{abcd}	7.42^{abcd}
	نانوکلات پتاسیم ۴ گرم در لیتر Nano chelate potassium 4 g L^{-1}	17.85^{bcde}	1.69^{e}	10.94^{cd}	56.31^{ab}	7.50^{ab}

†Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD test.

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار با یگدیگر ندارند.

نتیجه گیری

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم و نانوکلات پتاسیم می‌تواند اثرهای متفاوتی بر ویژگی‌های کیفی و کمی میوه انار رقم زردانار در زمان برداشت و هم‌چنین طی انبارمانی داشته باشد. این دو ترکیب، از دست رفتن وزن، شاخص قهوه‌ای شدن و نشت یونی که در طی انبارمانی مطرح هستند را کاهش دادند. با توجه به تاثیر آن‌ها در کاهش نیاز به استفاده از سم‌های شیمیایی و همچنین، افزایش عمر انبارمانی استفاده از این ترکیب‌ها توصیه می‌شود. با توجه به اینکه نانوکلات کلسیم بیشترین تاثیر را نسبت به نانوکلات پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی انار رقم زردانار داشت، می‌توان آن را به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار معرفی نمود. بنابراین، با توجه به تاثیر متفاوت کلسیم در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار،به بررسی‌های بیشتری نیاز می‌باشد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز برای در اختیار قرار دادن امکانات لازم برای انجام این پژوهش و نیز از مدیریت شرکت خضراء کودهای کلاته برای مساعدت بی دریغشان در زمینه انجام این پژوهش، تشکر و قدرانی می‌شود.

منابع References

1. Aghdam, M.S. and S. Bodbodak. 2013. Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruits and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. Sci. Hort.156: 73–85.
2. Akhtar, A., N.A. Abbasi and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of Loquat fruit during storage. Pak.J. Bot. 42:181-188.
3. Babalar, M., F. Pirzad, M.A. Askari Sarcheshmeh, A. Talaei and H. Lessani. 2018. Arginine treatment attenuates chilling injury of pomegranate fruit during cold storage by enhancing antioxidant system activity. Postharvest. Biol. Technol. 137: 31–37.
4. Bitencourt De Souza, A.L., S.D.P Quintao Scalon, M.I.F. Chitarra and A.B. Chitarra. 1999. Postharvest application of CaCl2 in strawberry fruits (*Fragaria ananassa* Dutch cv. Sequoia): evaluation of fruit quality and postharvest life. Cienc. Agrotec. 23: 841-848.
5-Brickell C. and D. Joyce. 2008. The American Horticultural Society – Pruning and Training. The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences.
6. Chaplin, G.R. and K.J. Scott. 1980. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored Avocados. Hort. Sci. 15:514-515.
7. Dadgar, R., A. Ramezanian, and F. Habibi. 2017. Improving Qualitative Characteristics of 'Washington Navel' Orange by Calcium Chloride, Potassium Chloride and Salicylic Acid Spray. Iran. J. Hort. Sci. Technol. 18 (1): 1-14. (In Persian)
8. Erner, Y., Y. Kaplan, B. Artzi and M. Hamou. 1993. Increasing citrus fruit size using auxins and potassium. Acta Hort. 329:112-119.
9. Garcia, J.M., S. Herrera and A. Morilla. 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. J. Agric. Food Chem. 44:30–33.
10. Gupta, N., Jawandha, S.K., and P.S. Gill.2011. Effect of calcium on cold storage and post-harvest-storage qual- ity of peach. J. Food. Sci. 48: 225–229.
11. Habibi, F. and A. Ramezanian. 2017. Physicochemical changes and bioactive compounds of blood orange fruit of Sangin cultivar during ripening. Iran. J. Hort. Sci. Technol. (4)18: 365-376. (In Persian)
12. Hegazi, E., S. Samira, M. Mohamed, M.R. El-Sonbaty, S.K.M. Abd El-Naby and T.F. El-Sharony. 2011. Effect of potassium nitrate on vegetative growth, nutritional status and yield and fruit quality of olive cv. "Picual". J. Hort. Sci. Ornamental. Plants.3: 252-258.
13. Hernandez-Munoz, P., E. Almenar, M.J. Ocio and R. Gavara. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coating on postharvest life of strawberries (*Fragaria ananassa*). Postharvest. Biol. Technol. 39: 247-253.
14. Jifon, G.E. and J.L. Lester. 2007. Effects of foliar potassium fertilization on muskmelon fruit quality and yield. Ann. Rep. pp.1-5.
15. Jin. P., H. Zhu, L. Wang, T. Shan and Y. Zheng. 2014. Oxalic acid alleviates chilling injury in peach fruit by regulating energy metabolism and fatty acid contents. Food Chem.161:87-93.
16. Johnson, R.S., 2008. Nutrient and water requirements of peach trees, in The Peach Botany, Production and Uses, Lyne, D.R. and Bassi, D., CAB. International. pp. 310–311.
17. Khayyat, M., A. Tehranifar, M. Zaree, Z. Karimian, M.H. Aminifard, M.R. Vazifeshenas, S. Amini, Y. Noori and M. Shakeri. 2012. Effects of potassium nitrate spraying on fruit characteristicsof 'Malas Yazdi' pomegranate, J. Plant Nutr. 35 :(9) 1387-1393.
18. Khorram, F., A. Ramezanian and S.M.H. Hosseini. 2017. Shellac, gelatin and Persian gum as alternative coating for orange fruit. Sci. Hort. 225:22-28.
19. Khosravi Mashizi, M. and Sarcheshmeh Pour. M. 2015. The effect of foliar application of calcium and potassium on growth, yield and postharvest characteristics of two cantaloupe cultivars (*Cucumis melo* L.). J. Crop Prod. Process. 5(17):295-310. (In Persian)
20. Koushesh Saba., M., K. Arzani and M. Barzegar. 2016. Impact of postharvest calcium treatments on storage life, biochemical attributes and chilling injury of apricot. J. Agr. Sci. Technol. 18:1355-1366.
21. Lara, I., P. Garcia and M. Vendrell. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium treated strawberry fruit. Postharvest. Biol. Technol. 34:331–339.
22. Levy, D. and B.W. Poovaiah. 1979. Effect of calcium infiltration of senescence on apples. Hort. Sci. 14:466-472.
23. Lin, Z.Y. and Z.R. Pang. 2008. Study on the mechanism of browning of pomegranate (*Punica granatum* L.cv. Ganesh) peel in different storage conditions. Agr. Sci. China. 7 (1): 65-73.
24. Liu, X., Z. Feng, S. Zhang, J. Zhang, Q. Xiao and Y. Wang. 2006. Preparation and testing of cementing nanosubnano composites of slow or controlled release of fertilizers. Sci. Agric. Sin. 39: 1598-1604.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

25. Lurie, S. and J.D. Klein. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(6):1007-1012.
26. McCollum, T.G. and R.E. McDonald. 1991. Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. Hort. Sci. 26(9), 1191-1192.
27. Pareek, S., D. Valero and M. Serrano. 2015. Postharvest biology and technology of pomegranate. J. Sci. Food Agric. 95: 2360 –2379.
28. Rahemi, M. and H. Akbari. 2003. Effects of heat treatment and packaging on fruit quality and storage duration.Hortic. Sci. Technol. 3:83-94. (In Persian).
29. Rahman, M.M.U., M. Sajid, R. Abdur, A. Shahzad, M. Owais Shahid, A. Alam, M. Israr and A. Irshad. 2016. Impact of calcium chloride concentrations and storage duration on quality attributes of peach (*Prunus persica*). Russ. Agric. Sci. 42(2):130–136.
30. Ramezanian, A. and M. Rahemi. 2011. Chilling resistance in pomegranate fruits with spermidine and calcium chloride treatments. Inter. J. Fruit. Sci.11 (3):276-285.
31. Ramezanian, A., M. Rahemi and M.R. Vazifehshenas. 2009. Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate Fruits. Sci. Hort. 121:171-175.
32. Ranjbar, H., M. Hassanpour Asil, M.A. Asgari, H. Sameeizadeh and A. Baniasadi. 2007. The effects of calcium chloride, hot water treatment, and polyethylene bag packaging on the storage life and quality of pomegranate cv. Malas-Saveh. Iran. J. Food. Sci. Technol. 4(2): 1-10.
33.Ranjbar, Sh., M. Rahemi and A. Ramezanian. 2018. Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. Sci. Hort. 240: 57–64.
34. Rasouli-Sadaghiani, MH., M. Moghadas Gerani, S. Ashrafi Saeidlou, and E. Sepehr.2017. Effect of different calcium sources application on antioxidant, enzymatic activity and qualitative characteristics of apple (*Malus domestic*). J. Crop Prod. Proc. 7(2):73-87. (In Persian)
35. Saltveit, M.E. 2002. The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures. Postharvest. Biol. Technol. 26:295–304.
36. Solhjoo, S. A. Gharaghani and E. Fallahi. 2017. Calcium and potassium foliar sprays affect fruit skin color, quality attributes, and mineral nutrient concentrations of 'Red delicious' apples. Inter. J. Fruit Sci. doi: 10.1080/15538362.2017.1318734.
37.Suman, P.R., V.K. Jain and A. Varma. 2010. Role of nano materials in symbiotic fungus growth enhancement. Sci. Cor. 99: 1189-1191 .
38. Taghliavini, M., C. Zavalloni, A.D. Rombola, M. Quartieri, D. Malaguti, F. Mazzanti, P. Millard and B. Marangoni. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. Acta Hort. 512 (206):131–140.
39. Varasteh, F., K. Arzani, M. Barzegar and Z. Zamani. 2012. Changes in anthocyanins in arils of chitosan-coated pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabbab-e-Neyriz) fruit during cold storage. Food. Chem.130(2):267-272.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21(4): 369 - 382 (2020)
Research article

Foliar Application of Calcium and Potassium Nano- Chelatedes on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of *Punica granatum* L. cv. Zardanar During Cold Storage

M. Rahemi[*], M. Zare and A. Raoufi[1]

In order to investigate the effect of foliar application of nano-chelate calcium and potassium on quantitative and qualitative characteristics of Zardanar pomegranate fruit, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in 2018 in Sidan-Farooq section. Treatments included control, nano-chelate calcium (at concentrations of 2.5 and 5 mg L^{-1}) and nano-chelate potassium (at concentrations of 2 and 4 mg L^{-1}). Spraying was done 45 days after full bloom as well as 30 and 14 days before harvest and kept in cold storage for 1.5 and 3 months. Quantitative and qualitative characteristics were investigated before storage and after storage. Spraying of nano-chelate calcium and nano–chelate potassium compared to control resulted in an increase in total weight of aril, reduced weight loss, and brownish skin index of the fruit skin during storage. During cold storage, the highest amount of soluble solids and the lowest amount of acidity were observed in nano- chelate calcium treatments. Nano- chelate calcium and nano- chelate potassium could increase the brightness and chroma value in the fruit skin. It could be concluded that nano- chelate calcium in comparison with nano-chelate potassium have a significant effect on the improvement and preservation of qualitative and quantitative properties of pomegranate fruits during cold storage periods.

Keywords: Browning index, Cold storage, Foliar spray, Soluble solids, Weight loss.

1. Professor of Horticultural Science, Ph.D. Students in Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.
* Corresponding author, E-mail: (rahemi@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.23.3]