اثر کاربرد پس از برداشت املاح کلسیم بر کیفیت و ماندگاری توت فرنگی

فرزاد گودرزی[۱] *

(تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۲/۷)

چکیده

به دلیل فاصله نسبتاً زیاد محل تولید تا مصرف، لطافت زیاد و حمل و نقل نامناسب، حدود ۳۰تا ۴۰ درصد میوه توت فرنگی در فاصلهٔ برداشت تا مصرف تلف می‌گردد. از جمله روش‌های توصیه شده برای کاهش ضایعات توت فرنگی، کاربرد املاح کلسیم برای افزایش محتوای کلسیم بافت میوه است. برای این منظور توت فرنگی‌های نمونه در محلول‌های با غلظت ۰ ، ۲۵ ،۵۰ و ۷۵ میلی‌مول بر لیترکلرید کلسیم، سولفات کلسیم و نیترات کلسیم، برای مدت زمان ۴ دقیقه غوطه‌ور و سپس در هوای آزمایشگاه خشک و به مدت پنج و ده روز در یخچال و حرارت $5^{o}C$ نگه‌داری شدند. در پایان دوره با انجام آزمون‌های کمّی و کیفی (شامل اندازه‌گیری میزان کلسیم، اسیدکل، بریکس، سفتی بافت، میزان فساد کپکی و آزمون ارزیابی حسی) تأثیر تیمارها بر محصول ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نمک‌های کلسیم مقدار اسیدیته، کلسیم بافت و سفتی بافت به میزان معنی‌داری افزایش و میزان کپک‌زدگی محصول کاهش یافت. در اغلب موارد غلظت‌های ۵۰ و ۷۵ سولفات کلسیم نتایج مشابهی داشتند. از بین املاح مورد استفاده، نیترات کلسیم بیشترین تأثیر را بر میزان کلسیم و سفتی بافت میوه‌ها نشان داد. اما سولفات کلسیم بهتر از دیگر نمک‌ها کپک زدگی توت فرنگی را کنترل کرد. با افزایش زمان نگه‌داری میوه‌ها، میزان اسیدیته و سفتی بافت میوه‌ها به شکل معنی‌داری کاهش و درصد کپک‌زدگی افزایش یافت. آزمون ارزیابی حسی نشان داد که با افزایش غلظت محلول‌های کلرید و یا نیترات کلسیم، ازمیزان مقبولیت طعم توت فرنگی کاسته می‌شود. به دلیل ته مزه تلخ، کمترین امتیاز به نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۷۵ میلی‌مول بر لیتر نیترات کلسیم اختصاص یافت. گروه ارزیاب بین نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۲۵ میلی‌مول بر لیتر سولفات و کلرید کلسیم و نمونه شاهد، اختلاف طعم معنی‌داری تشخیص نداد. از آنجا که هیچ یک از ۹ تیمارمحلول پاشی نتوانست طراوت و شکل اولیه میوه‌ها را طی دوره نگه‌داری حفظ نماید، این روش قابل توصیه برای افزایش ماندگاری میوه در سطح تازه خوری نیست، اما می‌تواند برای افزایش ماندگاری توت فرنگی‌هایی که در صنایع فراوری مصرف می شوند، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: توت فرنگی، کلسیم، غوطه‌وری، کیفیت، ماندگاری

مقدمه

میوه توت فرنگی به دلیل لطافت و حساسیت بسیار، آسیب پذیر و مستعد فساد سریع و لهیدگی است. این وضعیت جابه‌جایی و انتقال این محصول را به مراکز مصرف مشکل ساخته است، به طوری که از زمان برداشت تا مصرف توت فرنگی مقدار قابل توجهی از محصول تلف شده و یا به دلیل افت شدید کیفیت، به بهای نازلی مبادله می‌شود. با توجه به امکان توسعه سطح زیر کشت این محصول در کشور، تلاش و مطالعه در راستای افزایش عملکرد، ارتقای کیفیت تولید و افزایش زمان ماندگاری این محصول پس از برداشت بسیار ضروری است.

۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: goodarzifarzad @ gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

پس از برداشت، علی‌رغم قطع ارتباط میوه با گیاه مادر، میوه‌ها به تنفس و تعرق خود ادامه می‌دهند. لذا موادی که در اثر تنفس و تعرق از دست می‌رود، به وسیلهٔ شیرهٔ گیاه جایگزین نمی‌شود. در این حالت میوه از آب و مواد اندوخته خود استفاده کرده و این امر سبب زوال و فساد میوه می‌گردد(۶).

مجموعه مطالعات صورت گرفته جهت کنترل و کاهش ضایعات توت فرنگی منجر به ارائه راه‌ها و پیشنهادات مختلفی شده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های استفاده از قارچ‌کش‌ها و محلول پاشی بوته توت‌فرنگی با املاح کلسیم، سرد کردن سریع محصول برداشت شده، استفاده از انبارهای سرد، بسته‌بندی در جعبه‌های سوراخ دار درست شده از فیلم‌های نازک P.V.C ، استفاده از انبارهای با اتمسفر کنترل شده، کنترل‌های شیمیایی و بیولوژیک و نیز استفاده از روش‌های پرتوتابی اشاره نمود. هر یک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی بوده و به کار بردن برخی از آنها در سطوح وسیع، به دلیل هزینه بالا و یا نیازمندی به ادوات خاص، عملاً با محدودیت مواجه است (۱، ۶ و ۱۴). از جمله روش‌های توصیه شده جهت کاهش ضایعات میوه‌ها، افزایش غلظت کلسیم میوه با استفاده از املاح کلسیم است. کلسیم یکی از مهم‌ترین عناصر معدنی است که در تعیین کیفیت میوه و زمان ماندگاری آن دخالت دارد. در میوه‌ها و سبزی‌ها، اهمیت کلسیم به خاطر تأثیر عمومی در به تأخیر انداختن رسیدن میوه و ماندگاری بیشتر است. کلسیم در ساختمان تیغه میانی سلول‌ها و بافت گیاهی در ترکیبی به نام پکتات کلسیم وجود دارد و تا زمانی که مقدار آن به حد کافی باشد، از تخریب دیوارهٔ پکتینی ممانعت به عمل می‌آورد(۵ و۱۳).

بر اساس نظریه کانوی و سام (۹) کلسیم موجود در دیوارهٔ سلولی تا حد زیادی، میوه را در مقابل میکروب‌هایی که تلاش دارند با شکستن پکتین وارد آن شوند، محافظت می‌کند. هم‌چنین افزایش غلظت کلسیم علاوه بر افزایش تولید CO_2، بر کاهش تولید اتیلن توسط میوه مؤثر بوده و می‌تواند فرآیند پیچیده رسیدن میوه را کنترل کرده و به تأخیر اندازد. میوه‌های حاوی کلسیم کم، سرعت تنفس بالاتری دارند و از این رو سریع‌تر دچار فساد می‌شوند. برای نیل به این هدف لازم است جذب و انتقال کلسیم به میوه به طرقی تسریع و تقویت گردد. این عمل در ابتدا به صورت محلول‌پاشی روی گیاه و در محصولاتی چون سیب، گلابی و گوجه فرنگی و توت فرنگی اجرا گردید و نتایج رضایت بخشی را به دنبال داشت(۱، ۵، ۱۲ و ۱۶).

چانگ و همکاران (۸) با پاشیدن محلول کلرید کلسیم در غلظت‌های ۰/۳ تا ۰/۹ درصد و دو هفته قبل از برداشت اثر معنی‌دار این تیمار را بر کاهش فساد و افزاش کیفیت میوه نشان دادند. آنها دریافتند که با افزایش غلظت کلسیم، فساد میوه کاهش یافت. به طوری که پس از ۸ روز ۷۰% توت‌فرنگی‌های شاهد نگه‌داری شده در $3^{\circ}C$ از بین رفتند. این در حالی بود که تنها ۱۰ % میوه‌های تیمار شده با محلول کلرید کلسیم ۰/۵%، فاسد شده بودند. اثر بخشی مناسب این شیوه نیازمند تکرار آن طی چندین نوبت است، که با توجه به عدم یکپارچگی باغات و نیازمندی به ادوات، نیروی انسانی زیاد، و برای تأثیر بهتر و بیشتر کلسیم بر میوه‌ها، نظر محققان به اجرای این عملیات، بلافاصله پس از برداشت میوه معطوف گردید تا به جای چندین نوبت محلول‌پاشی روی درخت یا بوته، میوه برداشت شده در یک نوبت در محلول املاح کلسیم غوطه‌ور گردد. در این راستا، موریس و همکاران (۱۵) میوه‌های توت‌فرنگی را برای مدت ۵ دقیقه در محلول ۰/۱۸ درصد CaCl2 غوطه ور کرده و سپس آنها را درون ظروف پلی‌اتیلن نگه داشتند. نتایج نشان داد که میزان سفتی بافت میوه‌ها بدون تغییر قابل توجه در وزن و یا رنگ میوه‌ها افزایش یافت. دسوزا و همکاران (۱۰) نشان دادند که غلظت‌های ۰/۵و۱ درصد محلول کلرید کلسیم خواص فیزیکوشیمیایی توت‌فرنگی رقم سکویا از قبیل pH، میزان مواد جامد محلول و پکتین را تحت تأثیر قرار نداد، اما ماندگاری میوه‌های تیمار شده با محلول‌های فوق بدون آن که دچار آلودگی کپکی گردند از ۳ روز به ۱۶ روز افزایش یافت.

در اکثر مطالعات صورت گرفته در این زمینه از نمک کلرید

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

کلسیم استفاده شده است و به تغییرات ارگانولپتیکی میوه‌ها پس از تیمار اشاره نشده است. این طرح بـه مطالعـه اثرغوطـه وری میـوه تـوت فرنگـی رقـم کردسـتان در غلظـت‌هـای مختلـف نمک‌های کلرید، سولفات و نیترات کلسیم بر تغییرات ماندگاری و برخی ویژگی‌های ارگانولپتیکی آن می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

مواد

۳ کیلوگرم توت‌فرنگی رقم کردستان از مـزارع آزمایـشی مرکـز تحقیقات کشاورزی استان کردستان تهیه گردید.

میوه‌ها در اوایل صـبح برداشـت شـده و در جعبـه‌هـای چـوبی کوچک با عمق ۱۵ cm حمل گردیـد. در طـول مـدت آزمـایش میوه‌ها درون یخچال و در دمای ۱ ± ۵°C نگه‌داری گردید. کلیه مواد شـیمیایی مـصرفی در اجـرای آزمـایش‌هـا از محـصولات شرکت مرک (Merck) انتخاب گردید.

روش‌ها

در آزمایشگاه میوه‌ها به سرعت تا دمای ۴ درجـه خنـک شـدند سپس به مدت ۴ دقیقه در محلول‌های کلرید کلـسیم، سـولفات کلسیم و نیترات کلسیم با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مول بر لیتـر و دمـای ۱ ± ۱۰ °C غوطـه‌ورشـدند. (۱۱و۱۲). بخـشی از میوه‌ها در آب مقطر با همان دما قرار گرفتـه و بـه عنـوان تیمـار شاهد با دیگر تیمارها مقایسه گردید. کلیه آزمایش‌ها در ۳ تکرار اجرا گردید. تعداد نمونه‌ها برای هر تکرار و در هر تیمار ۶ عدد بود. توت‌فرنگی‌های هر تیمار درهـوای ۱ ± ۱۶ °C آزمـایشـگاه نم‌گیری شده و سپس درون جعبه‌های درب دار پلاستیکی بدون سوراخ به ابعاد ۱۵×۱۴×۱۴ سانتی‌متر و حد اکثر در ۴ لایه چیده شدند. نمونه‌های توت فرنگی تیمار شده تا انجام آزمایش‌هـا در یخچال بـا دمـای ۱± ۵ درجـه سـانتی‌گـراد بـه مـدت ۱۰ روز نگه‌داری شدند . قبل از تیمار و نیز ۵ و ۱۰ روز بعد از نگه‌داری میوه‌های تیمار شده، آزمون‌های زیر روی نمونه‌ها اجرا شد:

- اندازه‌گیری کلسیم: به روش احیا اکسالات کلسیم توسـط پـر منگنات پتاسیم انجام شد (۳و ۱۰).

- اندازه‌گیری سفتی بافت میوه‌ها: مقـدار نیـروی لازم برحـسب نیوتن برای نفوذ یک پراب با قطـر ۲ میلـی‌متـر بـه عمـق یـک سانتی‌متری درون بافت نمونه‌های توت‌فرنگـی توسـط دسـتگاه Instron مدل H5K-S ساخت شـرکت هانـسفیلد(Hounsfield LTD)، سنجیده و به عنوان ملاک سفتی بافت نمونـه‌هـا درنظـر گرفته شد. در هر مورد۳ نمونه انتخاب و میانگین سـفتی بافـت آنها به عنوان سفتی بافت هر تکرار از تیمار مورد آزمایش ثبـت گردید(۷و۱۰).

- درصـد مـواد جامـد محلـول: بـا اسـتفاده از یـک دسـتگاه رفراکتومتر ATAGO مدل ATC-1E ساخت ژاپن انـدازه‌گیـری گردید(۳).

- اسیدیته کل: به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و برحسب اسید سیتریک محاسبه گردید (۴ و ۸).

- خـواص ارگانولپتیـک: بـرای مقایـسه کیفیـت ارگـانولپتیکی نمونه‌ها از آزمـون" هـدونیک(Hedonic Rating test)" اسـتفاده گردید. نمونه‌ها به نوبت و به طور جداگانه در ۳ گـروه ۴ تـایی (شامل ۳ نمونه تیمارشده با غلظت‌های مختلف هر نمک کلسیم به همراه یک نمونه شاهد) در اختیار ۱۵ ارزیاب آمـوزش دیـده قرار گرفت. از افراد خواسته شد با در نظر گرفتن نمره ۱۰ برای نمونه‌های شاهد، به هر گروه نمونه دریافتی از هر تیمار به طـور مجزا و براساس ظاهر و طعم و عطر میوه نمراتی بـین ۰ تـا ۲۰ داده شود (۲). نمره صفر و ۲۰ به ترتیب برای بدترین و بهترین حالت نسبت به نمونه شـاهد در نظـر گرفتـه شـد. در پایـان بـا استفاده از آنالیز واریانس آنوا(Anova) داده‌های حاصـل ارزیـابی شـدند. بـا اسـتفاده از روش "آزمـون مقایـسه چنـد تـایی میانگین(Least Significant Difference Test) (LSD) اختلاف بین تیمارهای آزمایشی و اختلاف آنها با تیمار شـاهد مـشخص گردید(۲).

- فساد کپکی نمونه‌ها: برای بررسی میزان گسترش فساد کپکـی در میوه‌ها، تعداد توت‌فرنگی‌های آلوده شده هر تیمـار در پایـان روز پنجم و دهم نگه‌داری به روش هـاوارد(Howard Method)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

مورد شمارش قرار گرفته و درصد آلودگی نمونه‌ها در هر تیمار تعیین گردید (۱۱).

نتایج حاصل از آزمایش‌های به اجرا در آمده (غیر از آزمون چشائی) توسط آزمایش فاکتوریل۲×۴×۳ (به ترتیب سطوح نوع نمک، غلظت نمک و زمان نگه‌داری) و در قالب طرح کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن(Duncan test) استفاده گردید.

نتایج و بحث

خواص اولیه نمونه‌های آزمایشی

ویژگی‌های ارزیابی شده و تصویر توت‌فرنگی رقم کردستان، قبل از اعمال تیمار در جدول و شکل شماره ۱ آورده شده است.

اثر تیمارهای آزمایش بر اسیدیته توت‌فرنگی

مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها، اثر نوع و غلظت نمک‌های کلسیم و نیز زمان ماندگاری بر میزان اسیدیته قابل تیتر نمونه‌های آزمایش در سطح ۵% معنی‌دار بود. در کلیه تیمارها با افزایش غلظت نمک‌های کلسیم مقدار اسیدیته به میزان کم ولی معنی‌داری افزایش یافت. کلرید کلسیم بیش از دیگر نمک‌ها اسیدیته را افزایش داد. سولفات و نیترات کلسیم در افزایش اسیدیته نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. میزان اسیدیته تیمارها از ابتدا تا روز پنجم افزایش یافت و در پایان روز دهم کمتر از روز پنجم، اما کماکان بیش از تیمار شاهد بود. افزایش اسیدیته کل توت‌فرنگی‌های تیمار نسبت به شاهد می‌تواند به دلیل تغییر اتمسفر ظروف نگه‌داری نمونه‌ها طی چند روز اول نگه‌داری میوه‌ها باشد.

افزایش CO_2 و کاهش O_2 در این ظروف می‌تواند بنوبه خود سیستم آنزیمی گلیکولیتیک را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت تولید اسیدهای مختلف را تسریع ببخشد. وجود اختلاف در بین اثر کلرید کلسیم با سولفات و نیترات کلسیم می‌تواند از نحوه اثر این نمک‌ها بر روی این سیستم آنزیمی و نرخ تنفس متفاوت میوه‌های تیمار شده ناشی شده باشد. کاهش اسیدیته میوه‌ها طی ۵ روز دوم نگه‌داری می‌تواند حاصل اکسایش اسیدها در چرخهٔ کربس باشد. این چرخه در شرایطی می‌تواند یک جایگزین مناسب برای تأمین انرژی میوه باشد که احتمالاً کاهش اکسیژن و افزایش اسید میوه سبب فعال شدن آن شده است (۴). این نتایج، روند تغییرات گزارش شده توسط دسوزا و چانگ (۸ و۱۰) را برای اسیدیته توت فرنگی ارقام سکویا و چارلی که توسط محلول کلرید کلسیم تیمار شده بودند تأیید می‌کند. هر چند میانگین ثبت شده برای رقم چارلی اندکی بیشتر از ارقام کردستان و سکویا است.

اثر تیمارهای آزمایش بر میزان کلسیم نمونه‌های توت‌فرنگی

بر اساس نتایج به دست آمده، اثر نوع و غلظت نمک‌های کلسیم بر میزان کلسیم بافت نمونه‌ها در سطح ۵% معنی‌دار بود (جدول ۲) ولی مدت زمان نگه‌داری اثر معنی‌داری را نشان نداد. میزان کلسیم همهٔ تیمارها به شکل معنی‌داری بالاتر از شاهد بود. با افزایش غلظت نمک‌ها، بر میزان کلسیم بافت میوه افزوده گشت. تنها در مورد سولفات کلسیم اختلاف معنی‌داری بین غلظت ۵۰ و ۷۵ میلی‌مول بر لیتر آن مشاهده نشد. علت این موضوع با دقت در میزان ضریب حلالیت(Ksp) و مولاریته (M) این نمک‌ها روشن می‌شود:

میزان Ksp برای سولفات کلسیم حدود ۵-۱۰×۴/۲۳ و برای کلرید و نیترات کلسیم نزدیک به عدد ۱ است. لذا غلظت یون Ca در محلول دو نمک اخیر کاملاً تابع مولاریته محلول است. اما برای سولفات کلسیم عملاً محدودیت وجود دارد. طبق روابط زیر حداکثر غلظت یون Ca در محلول سولفات کلسیم ۱/۱۲ gr/lit است و افزودن بیشتر این نمک به محلول، باعث افزایش غلظت یون کلسیم محیط نمی‌شود:

$$CaSO_4 \rightleftharpoons Ca^{2+} + SO_4^{2-}$$

$$Ksp = [ca^{+2}]\,[so_4^{-2}] = X \times X = X^2 = 4/23\times10^{-5}$$

پس: $X = CM = C / M = C / 172/17 = 0/006505$

$$\Longrightarrow C = 1/12 \text{ gr/lit}$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

جدول ۱. خصوصیات اندازه‌گیری شده برای توت‌فرنگی رقم کردستان پیش از اعمال تیمار و مقایسه آن با نتایج دسوزا و همکاران برای رقم سکویا

ویژگی رقم	رطوبت %	pH	اسیدیته کل (% اسید سیتریک)	بریکس (%)	ویتامین C (mg /۱۰۰gr)	کلسیم (mg /۱۰۰gr)	سفتی بافت N / m^2
کردستان	۹۲	۳/۵۵	۰/۷۹	۸/۸۲	۵۸/۱۲	۱۳/۱	۱/۲۶
سکویا	۹۲/۷	۳/۴۷	۰/۷۸	۸/۳	۵۶/۳۲	۱۳/۳۵	۱/۲۲



شکل ۱. نمونه‌های توت فرنگی قبل از اعمال تیمار

نتایج حاصل نشان می‌دهد که بین نمک‌های مختلف کلسیم نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نیترات کلسیم بالاترین و سولفات کلسیم کمترین اثر را در افزایش میزان کلسیم بافت دارا بودند. این نتیجه نیز با میزان حلالیت این نمک‌ها در محلول‌های مربوطه همخوانی دارد. اندازه‌گیری میزان کلسیم بافت در پایان روز پنجم و دهم نگه‌داری نمونه‌ها، نشان داد که میزان کلسیم نمونه‌ها با گذشت زمان به میزان اندکی افزایش میابد اما این افزایش معنی‌دار نبود. دسوزا، چانگ، چور و ویلموت و لیما (۷، ۸ ، ۱۰ و ۱۲) نیز اثرات مشابهی را در مورد رابطه بین میزان کلسیم بافت میوه‌ها و غلظت کلرید کلیسم مورد استفاده گزارش کردند.

اثر تیمارهای آزمایش بر میزان سفتی بافت نمونه‌های توت‌فرنگی

نتایج حاصل ازاجرای این مطالعه نشان می‌دهد که نوع و غلظت نمک‌های کلسیم به کار رفته و نیز مدت زمان نگه‌داری نمونه‌ها بر میزان سفتی بافت آنها اثر معنی‌داری داشته است. هم‌چنین سفتی بافت کلیه نمونه‌های تیمار به میزان معنی‌داری (در سطح ۵%) بیش از نمونه‌های شاهد بوده است. نیترات کلسیم و سولفات کلسیم به ترتیب بالاترین و کمترین اثر را بر سفتی بافت میوه‌ها داشتند. با افزایش غلظت نمک‌های کلسیم مورد استفاده بر میزان سفتی بافت نمونه‌ها افزوده گردید، به غیر از تیمار سولفات کلسیم که غلظت ۲۵ با ۵۰ و ۵۰ با ۷۵ میلی‌مول بر لیتر آن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

سفتی بافت نمونه‌ها در پایان روز دهم به شکل معنی‌داری کمتر از میزان سفتی بافت آنها در پایان روز پنجم نگه‌داری، اما کماکان بالاتر از سفتی بافت نمونه‌های شاهد بود. سفتی بافت بالاترین غلظت نمک‌های کلسیم در روز دهم با میزان سفتی بافت کمترین غلظت آنها در روز پنجم اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. تطابق نتایج میزان کلسیم و سفتی بافت نمونه‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع و غلظت نمک کلسیم بر میزان کلسیم بافت نمونه‌های توت فرنگی

غلظت محلول mmol/lit / نوع نمک کلسیم	۰ (شاهد)	۲۵	۵۰	۷۵
کلرید کلسیم	۱۳/۲۳ F*	۱۸/۸۶ E	۲۷/۸۸ C	۳۴/۱۳ B
سولفات کلسیم	۱۳/ ۴ F	۱۹/۲۱ E	۲۳/۷۹ D	۲۴/۰۸ D
نیترات کلسیم	۱۳/۲۱ F	۱۹/۱۱ E	۲۸/۷۱ C	۳۶/۸۷ A

* : اعداد دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵% فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. CV= ۱۲/۱۱

جدول ۳. میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر میزان اسیدیته قابل تیتر، سفتی بافت و بریکس نمونه‌های توت‌فرنگی

تیمارهای آزمایشی	نوع نمک کلسیم			غلظت نمک کلسیم (میلی مول بر لیتر)				زمان نگه‌داری (روز)	
	کلریدکلسیم	سولفات‌کلسیم	نیترات کلسیم	۰ (شاهد)	۲۵	۵۰	۷۵	۵	۱۰
اسیدیته قابل تیتر									
میانگین (%)	۰/۸۶۷۵	۰/۸۴۷۵	۰/۸۵۱۳	۰/۸۱۵	۰/۸۴۵	۰/۸۷۱۷	۰/۸۹	۰/۸۶۷	۰/۸۴۳
سطوح اختلاف*	b	a	a	a	b	c	d	a	b
CV= ۵/۴۱									
سفتی بافت									
میانگین (N/m2)	۱/۲۱	۱/۰۹	۱/۲۹	۰/۷۴۶	۱/۱۶	۱/۳۳	۱/۵۶	۱/۳۲	۱/۰۷
سطوح اختلاف*	b	a	c	a	b	c	d	a	b
CV= ۹/۸۳									
بریکس									
میانگین	۸/۸۸۵	۸/۸۷	۸/۸۸	۸/۷۲	۸/۸۰۶	۸/۸۸۴	۸/۸۹	۸/۸۷۵	۸/۸۷۷
سطوح اختلاف*	c	a	b	a	b	b	c	a	a
CV= ۸/۱۱									

* : میانگین‌ها در هر تیمار به طور مجزا مورد مقایسه آماری قرار گرفته و اعداد دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵% فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

توت‌فرنگی اثر مثبت کلسیم را در بهبود سفتی بافت نمونه‌ها نشان می‌دهد. نقش اساسی کلسیم در استحکام غشای بافت‌های گیاهی به راه‌های گوناگون بازتاب می‌یابد.

بخش قابل توجهی از کلسیم در دیواره بافت‌های گیاه جای می‌گیرد. این وضعیت منحصر به فرد کلسیم به سبب وجود جایگاه‌های زیاد تثبیت کلسیم در دیوارهٔ سلولی و نیز جابه‌جایی بسیار محدود آن از غشای سیتوپلاسم به درون سیتوپلاسم سلول است. در تیغهٔ میانی، کلسیم به گروه‌های کربوکسیل مربوط به اسید گالاکترونیک (پکتین) اتصال یافته و پکتات کلسیم کمتر محلول تشکیل می‌شود. از سوی دیگر پکتات

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

موجود در دیواره سلولی گیاهان عالی به وسیلهٔ آنزیم پلی گالاکتروناز تجزیه می‌شود. غلظت‌های بالای کلسیم، فعالیت آنزیم عامل این تجزیه را به شدت کاهش می‌دهد. بنابراین با افزایش مقدار کلسیم بافت، فعالیت این آنزیم کاهش یافته و تجزیه دیواره سلولی با سرعت کمتری انجام می‌شود. کلسیم با اتصال به گروه‌های فسفات، کربوکسیلات، فسفولیپیدها و پروتئین‌های سطوح غشاها نیز باعث پایداری سلولی می‌شود (۵ و۷). هم‌چنین افزایش میزان کلسیم بافت گیاهی از طریق کاستن از میزان نشت سوبستراهای تنفسی از واکوئل‌ها باعث کاهش سرعت تنفس بافت‌ها شده، این وضعیت خود، منجر به کاهش تولید اتیلن در بافت گیاه و کاهش سرعت رسیدن میوه می‌شود.گفتنی است که هیچ عنصر دیگری، حتی عناصر دو ظرفیتی مشابه شبیه منیزیم نمی‌تواند جایگزین کلسیم شده و وظایف آنرا در ساختار سلول گیاهی اجرا نماید(۱۳). در مطالعه چور و دسوزا (۷ و ۱۰) نیز اثر محلول کلرید کلسیم بر افزایش سفتی بافت توت فرنگی به اثبات رسیده است.

اثرتیمارهای آزمایش بر میزان بریکس نمونه‌های توت‌فرنگی

غلظت نمک‌های کلسیم اثری کم اما معنی‌دار بر میزان بریکس نمونه‌های توت‌فرنگی داشتند، ولی زمان نگه‌داری اثر معنی‌داری را نشان نداد. مطابق جدول ۳ نمونه‌های شاهد دارای کمترین میزان بریکس بودند . این وضعیت نشان‌دهنده اثر بخشی تیمارهای املاح کلسیم بر افزایش بریکس نمونه‌هاست. بریکس نمونه‌های شاهد و تیمارشده در کمترین غلظت هر سه نوع نمک کلسیم (۲۵ میلی‌مول بر لیتر) و هم‌چنین غلظت‌های ۲۵و۵۰ میلی‌مول بر لیتر هر سه نوع نمک کلسیم اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند. کاربرد غلظت ۷۵ میلی‌مول بر لیتر نیترات کلسیم و کلرید کلسیم بالاترین میزان بریکس را برای نمونه‌های توت‌فرنگی به همراه داشت. در این بین، کمترین اثر را محلول سولفات کلسیم بر جای گذاشت، به طوری که با افزایش غلظت محلول این نمک اختلاف معنی‌داری در بریکس نمونه‌های توت‌فرنگی تیمار شده به وجود نیامد. دسوزا و موریس نیز نتایج مشابهی را برای ارقام توت فرنگی مورد مطالعه گزارش کرده‌اند.

اثر تیمارهای آزمایش بر درصدکپک زدگی نمونه‌های توت‌فرنگی

نوع و غلظت املاح کلسیم و نیز مدت زمان نگه‌داری نمونه‌ها بر میزان آلودگی آنها به کپک خاکستری(*Butrytis cinera*) به شکل معنی‌داری مؤثر بود. نتایج نشان داد که سولفات کلسیم دارای بالاترین اثر باز دارندگی بر میزان فساد کپکی نمونه‌های توت‌فرنگی بوده و پس از آن دو نمک کلرید و نیترات کلسیم اثرات نزدیکی را دارا بوده‌اند. هم‌چنین نمونه‌های شاهد دارای بالاترین میزان درصد فساد کپکی بودند. با افزایش غلظت املاح کلسیم بر میزان اثر باز دارندگی محلول‌های به کار رفته وکاهش درصد آلودگی کپکی نمونه‌ها افزوده گشت. نتایج حاصل همگی مؤید این مطلب می‌باشند که با افزایش میزان یون کلسیم در محلول‌ها و در نتیجه جذب بیشتر کلسیم توسط بافت نمونه‌ها، برمیزان مقاومت میوه در برابر فساد کپکی افزوده می‌شود. این مسئله با نتایج حاصل از آزمون سفتی بافت نمونه‌ها تطابق داشته و نشان می‌دهد که بین افزایش استحکام دیوارهٔ سلول و مقاومت آن در برابر حملات کپک‌ها رابطه مستقیمی برقرار است. جدول ۴ نشان می‌دهد که غلظت ۷۵ میلی‌مول بر لیتر هر سه نوع نمک مورد مطالعه در پایان روز پنجم و دهم اثر باز دارندگی مشابهی بر فساد کپکی نمونه‌ها داشته است. به عبارت دیگر حداکثر قدرت بازدارندگی سولفات کلسیم در غلظت ۵۰ میلی‌مول بر لیتر ظاهر می‌شود، حال آن که دو نمک کلرید و نیترات کلسیم در غلظت ۷۵ میلی‌مول برلیتر به حداکثر توان بازدارندگی خود می‌رسند. این نتیجه با میزان حلالیت و Ksp این نمک‌ها به خوبی انطباق دارد.

نکته قابل توجه دیگر در نتیجه حاصل شده، قابلیت رقابت قدرت بازدارندگی غلظت ۵۰ میلی‌مول برلیتر سولفات کلسیم با غلظت ۷۵ دو نوع نمک دیگر است که این موضوع با میزان کلسیم یونیزه شده و میزان کلسیم موجود در بافت نمونه‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

جدول ۴. مقایسه میانگن اثر تیمارهای آزمایش بر درصد نمونه‌های توت‌فرنگی کپک زده

مدت نگه‌داری(روز)	روز پنجم نگه‌داری				روز دهم نگه‌داری			
غلظت محلول mmol/lit / نوع نمک کلسیم	۰ (شاهد)	۲۵	۵۰	۷۵	۰ (شاهد)	۲۵	۵۰	۷۵
کلرید کلسیم	۳۳^{cd*}	۲۳^{f}	۱۴^{hi}	۷^{j}	۸۲^{a}	۶۶^{b}	۳۴ ^{cd}	۱۸^{g}
سولفات کلسیم	۲۹^{de}	۱۲ ^{i}	۵^{j}	۵^{j}	۸۰^{a}	۳۵^{c}	۱۸^{g}	۱۷^{gh}
نیترات کلسیم	۳۱^{d}	۲۵^{ef}	۱۲^{i}	۶^{j}	۸۳^{a}	۷۱^{b}	۳۷^{c}	۱۷^{gh}

* : میانگین‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵% فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. CV= ۱۳/۰۸

جدول۵. مقایسه میانگین نمرات اختصاص یافته از سوی گروه ارزیاب به نمونه‌های توت‌فرنگی تیمار وشاهد

تیمار	شاهد	کلرید کلسیم (mmol/lit)			سولفات کلسیم (mmol/lit)			نیترات کلسیم (mmol/lit)		
		۲۵	۵۰	۷۵	۲۵	۵۰	۷۵	۲۵	۵۰	۷۵
میانگین نمرات	۱۰	۹/۵۷	۸/۹۲	۸/۲۸	۱۰/۴۳	۱۰/۹۳	۱۱/۵	۸/۷۱	۷/۷۵	۶/۳۵
سطوح اختلاف*	bc	cd	de	ef	bc	ab	a	de	f	g

* : میانگین‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵% فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

توت‌فرنگی در تیمارهای مربوطه قابل تفسیر نیست. به نظر می‌رسد در این وضعیت جدید، یون سولفات حاصل از انحلال سولفات کلسیم نقش داشته باشد. چرا که یون سولفات در محلول آبی با دیگر ترکیبات سولفاته به تعادل می‌رسد که حاصل این تعادل، پدید آمدن ترکیبات سولفاته مؤثر بر رشد کپک‌ها است. لذا می‌توان چنین در نظر گرفت که در نمک سولفات کلسیم، علاوه بر یون کلسیم، یون سولفات نیز به ممانعت از رشد کپک‌ها و کاهش درصد فساد کپکی نمونه‌ها کمک می‌کند. این امر می‌تواند دلیلی برای کمتر بودن میزان درصد آلودگی توت‌فرنگی‌های تیمار شده با غلظت ۲۵ میلی‌مول بر لیتر محلول سولفات کلسیم نسبت به نمونه‌های تیمار شده با غلظت مشابه به املاح کلرید و نیترات کلسیم باشد.

اثرتیمارهای آزمایش بر خواص ارگانولپتیکی نمونه‌های توت‌فرنگی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده از آزمایش چشایی نمونه‌های توت‌فرنگی که در جدول ۵ نشان داده شده است، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار از نظر کیفیت طعم، عطر و بافت بین نمونه‌های تیمار و شاهد است. در نمونه‌های توت‌فرنگی تیمار شده با محلول کلرید یا نیترات کلسیم، با افزایش غلظت محلول‌ها از درجه مقبولیت نمونه‌ها کاسته شد. اثر محلول نیترات کلسیم در کاهش درجه پذیرش نمونه‌ها بسیار شدیدتر از سایر نمک‌های کلسیم بود، به طوری که کمترین امتیاز اعطا شده از سوی گروه ارزیاب به دلیل ته مزه تلخ به نمونه‌های تیمار شده با نیترات کلسیم و مخصوصاً غلظت ۷۵ میلی‌مول بر لیتر این نمک تعلق یافت. گروه ارزیاب بین نمونه شاهد و توت‌فرنگی‌های تیمار شده با غلظت ۲۵

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]



شکل ۲. نمونه‌های توت فرنگی ۲ ساعت پس از تیمار در محلول کلرید کلسیم

میلی‌مول بر لیتر سولفات و کلرید کلسیم اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵% تشخیص نداد. ضمن آن که این گروه چنین ارزیابی نمودکه با افزایش غلظت سولفات کلسیم بر میزان مقبولیت نمونه‌های توت‌فرنگی اندکی افزوده می‌گردد. هر چند بین نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های ۵۰ و ۷۵ میلی‌مول بر لیتراین نمک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

شکل ظاهری میوه‌ها

متاسفانه هیچ یک از تیمارهای نه گانه نتوانست طراوت و شکل اولیه میوه‌ها را طی دوره نگه‌داری حفظ نماید. در کلیه تیمارها پس از گذشت چند ساعت از اعمال تیمار، طراوت بافت نمونه‌های توت‌فرنگی از بین رفته و سطح میوه‌ها حالتی لیز و آب انداخته به خود گرفت (شکل ۲).

نتیجه‌گیری

علی‌رغم اثرات مثبت و سودمند املاح کلسیم بر افزایش سفتی بافت و میزان کلسیم نمونه‌های تیمار شده و نیز کاهش قابل ملاحظه میزان کپک زدگی این نمونه‌ها نسبت به شاهد، این اثرات مثبت تحت الشعاع وضعیت ظاهری میوه‌ها قرار گرفتند و به دلیل ایجاد حالت لیز شدن و از بین رفتن طراوت بافت میوه، نمی‌توان این روش را برای توت‌فرنگی‌هایی که مصرف تازه‌خوری دارند توصیه نمود. ضمن آن که تلخی طعم حاصل از کاربرد املاح نیترات و تا حدی کلرید کلسیم نیز خود مزید بر علت است. به نظر می‌رسد روش محلول پاشی، قابلیت کاربرد در سطح تازه خوری این محصول را ندارد، اما استفاده از املاح سولفات و یا کلرید کلسیم (در غلظت‌های پایین) جهت آماده سازی نمونه قبل از اعمال فرایند انجماد برای نگه‌داری طولانی مدت و نیز برای توت فرنگی‌هایی که به مصرف تولید کنسانتره می‌رسند قابل بررسی است. چرا که به هر حال طی مرحله انجماد یا یخ‌زدایی توت‌فرنگی، حالت اولیه میوه تا حدی زایل می‌گردد و این امر حساسیت چندانی را ایجاد نمی‌کند ضمن آنکه کپک زدگی و لهیدگی محصول طی حمل و نقل کاهش می‌یابد. دسوزا، موریس و روزن (۱۰، ۱۵ و ۱۶) نیز توصیه مشابهی را برای محلول پاشی توت فرنگی با کلرید کلسیم به عمل آورده‌اند. به هر حال چنین به نظر می‌رسد که کماکان عملی‌ترین روش‌های کاهش ضایعات و افزایش عمر انبارداری محصول توت فرنگی برای مصارف تازه خوری، سرد کردن سریع محصول برداشت شده، جابه‌جایی و بسته‌بندی محصول در حجم‌های کوچک و ظروف کم عمق (حدود ۱۵ سانتی‌متر) و ذوزنقه‌ای شکل و استفاده از انبارهای سرد با دمای ۱- درجه سانتی‌گراد برای نگه‌داری کوتاه مدت محصول است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]

منابع مورد استفاده

۱. بهمنیان، م. و س. مسیحا. ۱۳۸۱. *توت‌فرنگی*. چاپ اول، انتشارات ستوده، تبریز.

۲. پایان ، ر.۱۳۸۲ . *مبانی کنترل کیفیت در صنایع غذایی*. چاپ سوم، انتشارات آییژ، تهران.

۳. پروانه، و .۱۳۷۱. *کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی*. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۴. حسینی، ز. ۱۳۶۹ . *روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه شیراز.

۵. خلد برین، ب. و ط. اسلامزاده. ۱۳۸۰. *تغذیه معدنی گیاهان عالی*. انتشارات دانشگاه شیراز.

۶. راحمی، م. ۱۳۷۳. *فیزیولوژی پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها*. انتشارات شیراز.

7. Cheour, F and C. Willemot. 1991. Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of $CaCl_2$. J. Hort. Sci. 26 (9): 1186-1188.
8. Chung, H. D. F. Cheour and A. Passos. 1993. Effect of foliar application of calcium chloride on shelf life and quality of strawberry fruits. J. Hort. Sci. 34(1):7-15.
9. Conway,W. S. and C.E. Sam. 1987. Possibles mechanisms by which post harvest calcium treatment reduces decay in apples. J. Phytochem. 74 (3):208-210.
10. De Souza, A. L. B. M. I. Fernandes and S. Quintao Scalon. 1999. ″post harvest application of CaCl2 in strawberry fruits: Evaluation of fruit quality and post-harvest life. ″Sciene.E.agrotec., Larvas Universuty, 23(4):841-848.
11. Ellis, M.A, L. V. Erincik and J. C. Scheerens. 1998. ″Evaluation of foliar applications of calcium cloride for control of Botrytis gray mold on strawberry: A brief summary of research in Ohio.″ The Ohio State University, Department of Horticulture and Crop Science, Extension Service. Oh 44691.
12. Lima, L. C. O. 1990. Quality and cell wall components of Anna and Granny smith apples treated with heat, calcium and ethylene. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115(6): 954-958.
13. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press., Harcourt-Brace Pub. Company, New York.
14. Mohammad, S.E .1988. Tioga strawberry products (canned). J. Agric. Res. 31(3):183-196.
15. Morris, J. R. J. L. Main and N. A. Sistrunk. 1991. Relationship of treatment of fresh strawberries to the quality of frozen fruit and preserves. J. Food Quality 14:467-479.
16. Rozen, J. C. A. A. and Kader. 1989. Post harvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. J. Food. Sci. 54(3):656-659.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.46.50.4]