

تأثیر محلول پاشی قبل از برداشت ترکیبات کلسیمی بر کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی رقم درگزی

فرهاد عزیزی^۱، فرهنگ رضوی^{۲*}، ولی ربیعی^۳، اکبر حسینی^۴

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

farhad.azizi186@gmail.com.

۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

razavi.farhang@znu.ac.ir.

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

rabiei@znu.ac.ir

۴- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

akbar.hassani@znu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۶

چکیده

امروزه به دلیل اثرات مضر مواد شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست استفاده از این مواد با محدودیتهایی روبرو است. از این رو یافتن مواد سالم برای استفاده در فن‌آوری پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها ضروری می‌باشد. ترکیبات کلسیم از جمله موادی است که در کاهش ضایعات موثر بوده و موجب حفظ کیفیت میوه گلابی در طول مدت انبارمانی می‌گردد. به منظور بررسی اثرات محلول پاشی ترکیبات کلسیمی بر خواص کیفی و عمر انباری گلابی رقم درگزی، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در زنجان (ابهرا) بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ترکیبات حاوی کلسیم (کلرید کلسیم، لاکتات کلسیم و لیگنوسولفونات کلسیم با غلظت ۳ درصد و شاهد (آب مقطر)) و عمر انبارمانی (بلافاصله پس از برداشت، ۴۵ و ۹۰ روز پس از انبارمانی) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش طول انبارمانی سفتی بافت، مواد جامد محلول کل، اسید کل، فلاونوئید، فنل کل و مقدار ویتامین ث میوه کاهش یافت. استفاده از ترکیبات کلسیم سبب افزایش مقدار کلسیم کل میوه نسبت به شاهد شد و در زمان برداشت میوه‌های تیمار شده با لیگنوسولفونات کلسیم، مقدار کلسیم داخلی بیشتری را نشان دادند. با افزایش عمر انباری مقدار کلسیم کل افزایش یافت و در زمان بررسی ۴۵ و ۹۰ روز اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کلسیمی مشاهده نشد. استفاده از محلول پاشی کلسیم سبب حفظ سفتی، مواد جامد محلول کل، اسید کل بیشتر بافت میوه نسبت به شاهد شد. بیشترین میزان اسید کل هم در تیمارهای لیگنوسولفات کلسیم و لاکتات کلسیم در زمان سوم مشاهده شد. بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان کل در تیمار لاکتات کلسیم در زمان سوم و کمترین مقدار آن هم در تیمار شاهد و زمان دوم به دست آمد. تیمارهای کلسیمی با افزایش میزان فنل کل، فلاونوئید کل و اسید اسکوربیک باعث بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها گردیدند. بیشترین مقدار فنل کل در زمان برداشت و در محلول پاشی لاکتات کلسیم دیده شد. با افزایش عمر انباری مقدار ویتامین ث کاهش نشان داد و استفاده از ترکیب لیگنوسولفونات کلسیم سبب حفظ مقدار ویتامین ث نسبت به شاهد شد. لذا با توجه به تأثیر ترکیبات کلسیمی در افزایش عمر انبارمانی، حفظ کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی استفاده از این ترکیبات توصیه می‌شود.

کلید واژه‌ها: نمک‌های کلسیمی، کیفیت میوه، عمر انباری، سفتی

مقدمه

گلابی (*Pyrus communis* L.) پس از سیب مهم‌ترین میوه دانه‌دار در سطح جهان است. این میوه علی‌رغم شباهت‌های گیاه‌شناختی زیاد به گونه سیب از جنبه‌های زیادی نیز متمایز و متفاوت است (عبداللهی، ۱۳۸۹). تولید آن طی سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است و سومین میوه مهم مناطق معتدله بعد از انگور و سیب می‌باشد (خورشیدی، ۱۳۹۵). طعم و مزه و قابلیت هضم بالای میوه گلابی باعث شده که این میوه محبوبیت زیادی بین مصرف‌کنندگان داشته باشد (Ahmed and Anjum, 2010). بر اساس آمار سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (FAO) میزان تولید جهانی گلابی ۲/۷ میلیون تن برآورد شده است. در بین کشورهای عمده تولیدکننده گلابی در جهان، ایران از نظر سطح زیر کشت مقام نهم، از نظر میزان تولید مقام چهاردهم را دارا می‌باشد (FAO, 2016).

گلابی در دوره پس از برداشت دچار نابسامانی‌های فیزیولوژیکی مختلفی نظیر شفاف شدن پیرامون برچه‌ها، لکه چوب پنبه‌ای و قهوه‌ای شدن درونی می‌شود که باعث کاهش کیفیت و عمر انباری آن می‌گردد (Freitas and Pareek, 2019). کلسیم از جمله عناصر ضروری در گیاهان می‌باشد که به صورت تیمارهای قبل و پس از برداشت برای افزایش کیفیت و جلوگیری از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی متنوع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این عنصر با شرکت در ساختمان دیواره سلولی در افزایش سفتی میوه نقش مستقیم داشته و در بسیاری از فرآیندهای درون سلولی همانند نفوذپذیری انتخابی غشاء کاهش سرعت تنفس و جلوگیری از تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتوروناز و پکتین متیل استراز تاثیرگذار می‌-

باشد (Valero and Serrano, 2010). کلسیم عنصری نسبتاً غیر متحرک است که بیشتر از طریق آوند چوبی انتقال پیدا می‌کند و غالباً به حرکت به برگ‌ها که میزان تبخیر و تعرق بالایی دارند گرایش دارد. انتقال محدود کلسیم به میوه، همچنین عدم انتقال کلسیم از برگ‌ها، افزایش غلظت کلسیم میوه را مشکل می‌سازد در نتیجه محلول‌پاشی کلسیم بر روی میوه‌ها روش موثرتری برای افزایش کلسیم درونی میوه‌ها می‌باشد (طباطبایی، ۱۳۹۳).

منابع کلسیمی متنوعی از قبیل کلرید کلسیم، نترات کلسیم، تیو سولفات کلسیم، کلسیم کلات شده با امینو اسید، لاکتات کلسیم، استات کلسیم، آسکورات کلسیم برای بهبود کلسیم محصولات باغبانی به کار می‌رود که از بین آنها کلرید کلسیم کاربرد بیشتری دارد. برخی اثرات نامطلوب استفاده از کلرید کلسیم مثل گیاه سوزی باعث افزایش جستجو برای جایگزینی کلرید کلسیم شده است (Valero and Serrano, 2010). محققین با محلول‌پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم روی میوه گلابی آسیایی رقم KS10، نقش آن را بر حفظ سفتی، جلوگیری از کاهش فنل کل میوه‌ها و مهار فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز مثبت ارزیابی کردند (خلج و همکاران، ۱۳۹۳). شش مرحله محلول‌پاشی گلابی رقم کنفرنس (Conference) از شش هفته پس از تمام گل تا یک هفته قبل از برداشت، باعث افزایش کلسیم درونی، کاهش تولید اتیلن و دی‌اکسید کربن و کاهش حساسیت میوه گلابی به قهوه‌ای شدن درونی و افزایش عمر انبارمانی گردید. هر چند محلول‌پاشی با غلظت بالا باعث سوزش برگ‌ها گردید. بیشترین درصد برگ‌های صدمه دیده در تیمار ۲۵ کیلوگرم بر هکتار بدست آمد (Wojcik et al., 2014). نیکخواه (۱۳۹۰) گزارش کرد که تیمار گلابی رقم اسپادونا با کلرید

فرهاد عزیزی و همکاران: تاثیر محلول پاشی قبل از برداشت ترکیبات کلسیمی بر کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی ...

بصورت قطره‌ای آبیاری می‌شدند باغ مورد نظر در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه ۲۳ دقیقه ۴۱ ثانیه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه ۵۹ دقیقه ۴۴ ثانیه استان زنجان واقع شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید.

محلول‌پاشی درختان گلابی با ترکیبات حاوی کلسیم شامل کلرید کلسیم (شرکت Merck) با فرمول شیمیایی $CaCl_2$ ، لیگنوسولفونات کلسیم (شرکت Pubchem) با فرمول شیمیایی $C_{20}H_{24}CaO_{10}S_2$ و لاکتات کلسیم (شرکت Pubchem) با فرمول شیمیایی $C_6H_{10}CaO_6$ با غلظت ۳ درصد و شاهد (آب مقطر) بود. محلول‌پاشی به صورت دو مرحله‌ای، مرحله اول ۲ هفته قبل از برداشت و مرحله دوم ۳ روز قبل از برداشت اجرا شد. از ترکیب خیس‌کننده تجاری (توئین ۲۰) نیز جهت افزایش جذب ترکیبات به کار رفته بر روی میوه‌ها استفاده گردید و محلول‌پاشی تا خیس شدن تمام سطح برگ انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه از هر تیمار آزمایشی به طور تصادفی نمونه‌برداری انجام گردید به طوری‌که برای هر تیمار سه تکرار و برای هر تکرار ۱۵ عدد میوه گلابی برداشت و از این تعداد ۵ عدد میوه در هر تکرار برای اندازه‌گیری صفات در زمان برداشت استفاده گردید و سایر میوه‌های تیمار شده، در سردخانه در دمای 2 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰٪ قرار گرفت. نمونه‌های موجود در هر تیمار در هر مرحله از نمونه‌برداری با فاصله ۴۵ روز در یک دوره ۹۰ روزه از سردخانه خارج و ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شده و در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفت.

کلسیم ۶ درصد که ۱۴۰ روز پس از گلدهی برداشت شده بود پس از ۱۸۰ روز نگهداری در سردخانه دارای میزان کلسیم بیشتری بوده و از لحاظ صفت ظاهری نیز امتیاز بالاتری را کسب نمود و به طور کلی از نظر صفات کمی، کیفی و خصوصیات حسی نسبت به بقیه تیمارها در وضعیت مطلوبی قرار داشت. تیمار قبل از برداشت لاکتات کلسیم در غلظت ۱/۵٪ باعث افزایش سفتی و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه‌های فلفل دلمه گردید (Barzegar et al., 2018). فروبری خرمالو در لاکتات کلسیم نیز باعث جلوگیری از کاهش وزن، افزایش کلسیم درونی، حفظ سفتی، اسیدیته قابل تیتراسیون و تانن میوه در طول انبار سرد شد. و با حفظ تانن محلول، کاروتنوئید و ویتامین ث سبب بهبود خواص آنتی‌اکسیدانی خرمالو گردید (Naser et al., 2018).

با توجه به بررسی منابع صورت گرفته، درباره تاثیر تیمار قبل از برداشت لاکتات کلسیم در گلابی مطالعه‌ای تاکنون صورت نگرفته است و همچنین استفاده از محلول‌پاشی ترکیب لیگنوسولفونات کلسیم برای بهبود خواص کیفی و آنتی‌اکسیدانی و افزایش محتوی کلسیم درونی در محصولات باغبانی برای اولین بار صورت می‌گیرد بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر تیمار قبل از برداشت کودهای مختلف کلسیم برای بهبود کیفیت و افزایش عمر انبارمانی گلابی رقم درگزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مهر ماه سال ۱۳۹۶ در شهرستان ابهر روستای چرگر در یک باغ گلابی تجاری بر روی گلابی رقم درگزی هشت ساله و پیوند شده بر روی پایه بذری میسوری اجرا شد. درختان با فواصل ۶×۵ کشت شده و

صفات مورد ارزیابی

سفتی بافت با استفاده از دستگاه سفتی سنج مدل FT 011، بر روی ۳ عدد میوه در هر تکرار از دو سمت مقابل هم و بعد از برداشتن پوست میوه انجام شد و برحسب نیوتن بیان شد. اندازه‌گیری مواد جامد محلول (Total soluble solid (TSS) با دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (مدل PAL-1 انجام و به صورت درصد بیان گردید. اسیدیته آب میوه با استفاده از pH متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد. اسید کل (Titrateable acidity (TA) به روش عیارسنجی با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH = ۸/۲ انجام شد و میزان اسید کل برحسب درصد بیان شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸۴).

برای اندازه‌گیری اسید اسکوربیک از روش عیارسنجی و با کمک یدور پتاسیم و معرف نشاسته استفاده شد. به ۵ میلی‌لیتر آب میوه صاف شده، ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر معرف نشاسته یک درصد اضافه شد. محلول حاصل با یدور پتاسیم (۱۶ گرم یدور پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در لیتر) تیترا شد میزان اسید اسکوربیک برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد (ربیعی و جزء قاسمی، ۱۳۹۲).

برای اندازه‌گیری میزان فنل و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از عصاره متانولی میوه، سانتریفوژ شده به مدت ده دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور استفاده شد. محتوی فنول کل نمونه با استفاده از واکنش گر فولین سیوکالتو اندازه‌گیری شد. نتایج مطابق با میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بیان شد (Singlinton and Rossi, 1965). فلاونوئید کل مطابق روش Kaijv و همکاران (۲۰۰۶) اندازه‌گیری شد. میزان جذب نمونه و استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۷ نانومتر

قرائت گردید و در نهایت مقدار فلاونوئید کل بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بیان گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید (Dehghan and Khoshkam, 2012). ۵۰ میکرولیتر از عصاره سانتریفوژ شده را به ۹۵۰ میکرولیتر محلول DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اضافه گردید و سپس به سرعت هم زده شد و در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی تا رسیدن محلول به حالت یکنواخت نگهداری گردید کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. سپس ظرفیت آنتی-اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری محتوی کلسیم میوه ابتدا نمونه‌ها به روش خشک سوزانی در کوره در دمای ۵۰۰ درجه خاکستر شده و با اسید هیدروکلریک هضم شدند. غلظت کلسیم در نمونه‌های هضم شده پس از صاف شدن با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Kalra, 1997).

آنالیز آماری

داده‌ها پس از نرمال شدن با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس در شاخص‌های سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول کل، اسید کل، آنتی‌اکسیدان

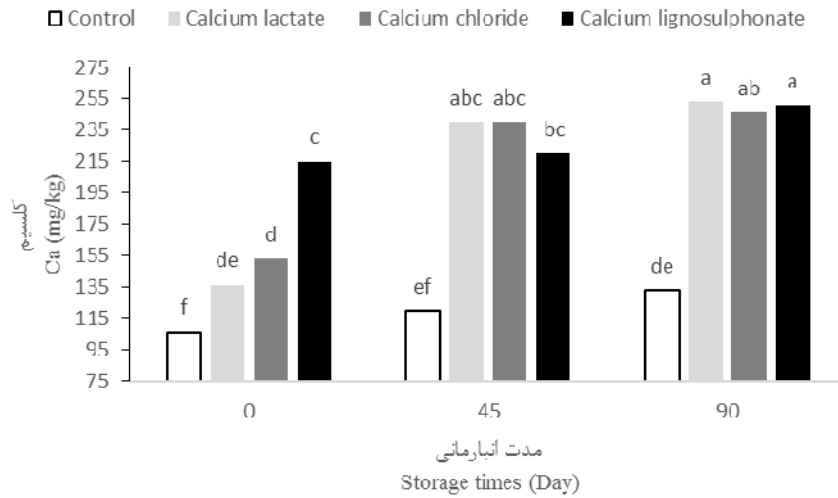
فرهاد عزیزی و همکاران: تاثیر محلول پاشی قبل از برداشت ترکیبات کلسیمی بر کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی ...

کل، فلاونوئید، فنل کل، کلسیم کل و ویتامین ث اثر زمان بررسی، اثر تیمار و اثر برهم‌کنش بین تیمار و زمان بررسی معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در زمان برداشت تمامی ترکیبات کلسیمی به طور معنی‌داری باعث افزایش کلسیم درونی گوشت میوه‌ها شدند. در هر سه مرحله نمونه‌برداری کمترین کلسیم در شاهد مشاهده شد. در زمان بررسی ۴۵ و ۹۰ روز میوه‌های تیمار شده با ترکیبات مختلف کلسیم بدون اختلاف معنی‌دار میزان کلسیم بیشتری نسبت به شاهد نشان دادند (شکل ۱). محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم در گلابی رقم کنفرنس نیز باعث افزایش کلسیم درونی گردید. بیشترین میزان کلسیم در محلول‌پاشی ۶ مرحله‌ای در تابستان و پاییز گزارش شد (Wójcik *et al.*, 2014). محلول‌پاشی تابستانه و پاییزه با غلظت پایین در افزایش میزان کلسیم داخلی گلابی تاثیری نداشت (Wójcik, 2012). افزایش کلسیم درونی پس از محلول‌پاشی با کودهای کلسیمی در سیب (Fallahi *et al.*, 1997)، هلو (Manganaris *et al.*, 2007) و گیلاس (Wang *et al.*, 2015) نیز مشاهده شده است. در تحقیقی تاثیر تیمار با نمک‌های کلسیمی مختلف نظیر کلرید کلسیم، سترات کلسیم، لاکتات کلسیم، اسکوربات، کلسیم تارتارات، کلسیم سیلیکات، پروپیونات کلسیم و استات کلسیم در افزایش کلسیم درونی خربزه‌های برش یافته بررسی شد و نشان داد که لاکتات کلسیم به همراه کلرید کلسیم و اسکوربات کلسیم در افزایش کلسیم آزاد و پیوندی خربزه موثرتر بود (Silveira *et al.*, 2011). انتقال کلسیم در داخل گیاه از فضای آپوپلاستی انجام شده و لذا بسیار کند و به شدت وابسته به تعرق است و در رقابت بین میوه و برگ برای جذب کلسیم، برگها به علت تعرق بیشتر، کلسیم بیشتری جذب نموده و از انتقال آن به میوه ممانعت می‌کنند. از این رو محلول‌پاشی کلسیم روی میوه منجر به افزایش بیشتر کلسیم در میوه‌ها، نسبت به استفاده کود به صورت خاکی می‌باشد (Wójcik *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر میزان کلسیم گوشت میوه در طول انبار افزایش یافت بطوری که تیمارهای کلسیمی در زمان بررسی ۴۵ روز و ۹۰ روز بدون اختلاف معنی‌دار دارای کلسیم بیشتری نسبت به زمان برداشت بودند. این افزایش را می‌توان به انتقال کلسیم از پوست میوه به گوشت نسبت داد. Bhat و همکاران (۲۰۱۲) با محلول‌پاشی گلابی بارتلت با سه غلظت (۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد) و برداشت میوه‌ها در سه مرحله (۱۰۵، ۱۱۰ و ۱۱۵ روز بعد تمام گل) و نگهداری آنها در دمای ۲۵ درجه به مدت ۱۵ روز به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت تیمار کلسیم، میزان کلسیم پوست و گوشت میوه‌ها نیز بالاتر می‌رود. همچنین میوه‌هایی که دیرتر برداشت شده بودند کلسیم بیشتری را نشان دادند. افزایش دوره انبارمانی نیز منجر به افزایش کلسیم میوه‌ها گردیده و بعد از ۱۵ روز از انبار بالاترین مقدار بود. در هلو انتقال کلسیم از پوست میوه به گوشت آن در طول نگهداری در دمای ۵ درجه گزارش شده است. انتقال از پوست به گوشت در میوه‌هایی که پس از انبار سرد به مدت ۵ روز در دمای اتاق نگهداری شده بود بیشتر بود (Manganaris *et al.*, 2007).

کلسیم کل گوشت میوه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در زمان برداشت تمامی ترکیبات کلسیمی به طور معنی‌داری باعث افزایش کلسیم درونی گوشت میوه‌ها شدند. در هر سه مرحله نمونه‌برداری کمترین کلسیم در شاهد مشاهده شد. در زمان بررسی ۴۵ و ۹۰ روز میوه‌های تیمار شده با ترکیبات مختلف کلسیم بدون اختلاف معنی‌دار میزان کلسیم بیشتری نسبت به شاهد نشان دادند (شکل ۱). محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم در گلابی رقم کنفرنس نیز باعث افزایش کلسیم درونی گردید. بیشترین میزان کلسیم در محلول‌پاشی ۶ مرحله‌ای در تابستان و پاییز گزارش شد (Wójcik *et al.*, 2014). محلول‌پاشی تابستانه و پاییزه با غلظت پایین در افزایش میزان کلسیم داخلی گلابی تاثیری نداشت (Wójcik, 2012). افزایش کلسیم درونی پس از محلول‌پاشی با کودهای کلسیمی در سیب (Fallahi *et al.*, 1997)، هلو (Manganaris *et al.*, 2007) و گیلاس (Wang *et al.*, 2015) نیز مشاهده شده است. در تحقیقی تاثیر تیمار با نمک‌های کلسیمی مختلف نظیر کلرید کلسیم، سترات کلسیم، لاکتات کلسیم، اسکوربات، کلسیم تارتارات، کلسیم سیلیکات، پروپیونات کلسیم و استات کلسیم در افزایش کلسیم درونی خربزه‌های برش یافته بررسی شد و نشان داد که لاکتات کلسیم به همراه کلرید کلسیم و اسکوربات کلسیم در افزایش کلسیم آزاد و پیوندی خربزه موثرتر بود (Silveira *et al.*, 2011).



شکل ۱. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر محتوی کلسیم داخلی در گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 1. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on internal calcium content of pears during cold storage.

Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test

استحکام دیواره سلولی و غشاء می‌گردد و با کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی نظیر پکتین متیل استراز و پلی گالاکتروناز نرم شدن را به تاخیر می‌اندازد. از طرفی با حفظ ثبات غشاء و استحکام دیواره موجب حفظ فشار تورژسانس و آماس سلول می‌شود (Naser *et al.*, 2018). همچنین تیمار کلسیم در گلابی تولید اتیلن و تنفس را کاهش داده در نتیجه با ایجاد تاخیر در رسیدگی میوه‌ها باعث حفظ بیشتر سفتی در میوه گردید (Wójcik *et al.*, 2014). بررسی تاثیر تاریخ برداشت و تیمار کلور کلسیم در ارقام اسپادونا و کوشیا نشان داد که میوه‌های کوشیا برداشت شده در ۳ و ۹ مرداد نسبت به ۱۵ مرداد از سفتی بالاتری برخوردار بودند و تیمار با غلظت بالاتر کلرید کلسیم (۶ درصد) نسبت به شاهد و غلظت ۴ درصد سفتی بیشتری را ایجاد کرد (نیکخواه، ۱۳۹۰). خلج و همکاران (۱۳۹۳) نیز تایید

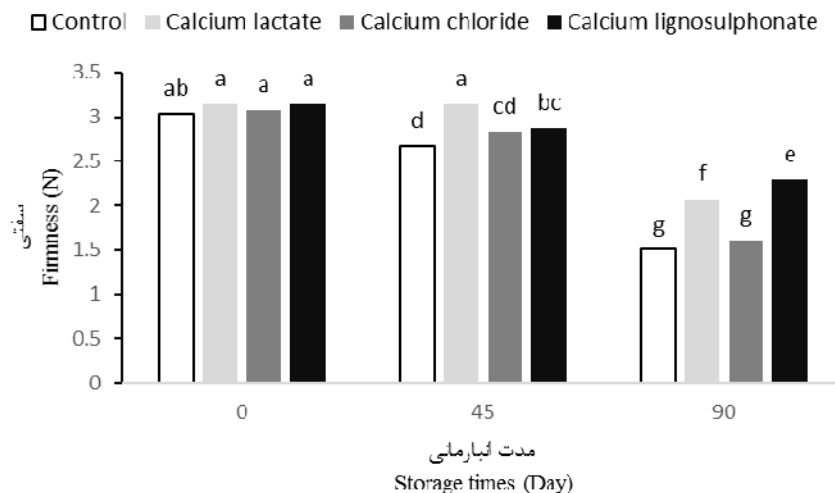
سفتی بافت میوه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها سفتی بافت تمامی نمونه‌ها با گذشت زمان انبارداری کاهش یافت. در زمان برداشت اختلاف معنی داری بین تیمارهای اعمال شده و شاهد از نظر سفتی بافت مشاهده نشد. ولی در زمانهای بررسی ۴۵ و ۹۰ نمونه‌های شاهد دارای سفتی کمتری در مقایسه با تیمارهای کلسیمی بودند. در زمان بررسی ۹۰ روز تیمار لیگنوسولفونات کلسیم سفتی بیشتری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (شکل ۲). حفظ سفتی و جلوگیری از نرم شدن میوه از مهمترین فاکتورهای کیفی موثر در افزایش عمر پس از برداشت گلابی می‌باشد تیمار کلسیم از طریق تشکیل پکتات کلسیم باعث حفظ سفتی بافت می‌گردد. کلسیم در غشای میانی و دیواره سلولی نفوذ کرده و منجر به افزایش

فرهاد عزیزی و همکاران: تاثیر محلول پاشی قبل از برداشت ترکیبات کلسیمی بر کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی ...

میوه‌هایی تیمار شده با کلسیم، سفتی بافت خود را مدت زمان بیشتری حفظ می‌کنند (Kamal et al., 2014). Ochei و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که استفاده از کلرید کلسیم بصورت پیش و پس از برداشتی در هلو منجر به سفتی بیشتر میوه نسبت به شاهد در طول نگهداری در انبار شد.

کردند که کاربرد کلسیم بر گلابی‌های آسیایی سفتی میوه را نسبت به شاهد افزایش داده است و استفاده از ۰/۷ درصد کلسیم بعد از سه ماه انبار سرد بیشترین میزان سفتی را نسبت به شاهد نشان داد. در هلو نتایج مشابهی گزارش شد و بیان شد که سفتی میوه هلو با گذشت زمان در طی مدت نگهداری در انبار کاسته می‌شود ولی



شکل ۲. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر سفتی میوه در گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 2. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on fruit firmness of pears during cold storage.

Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test

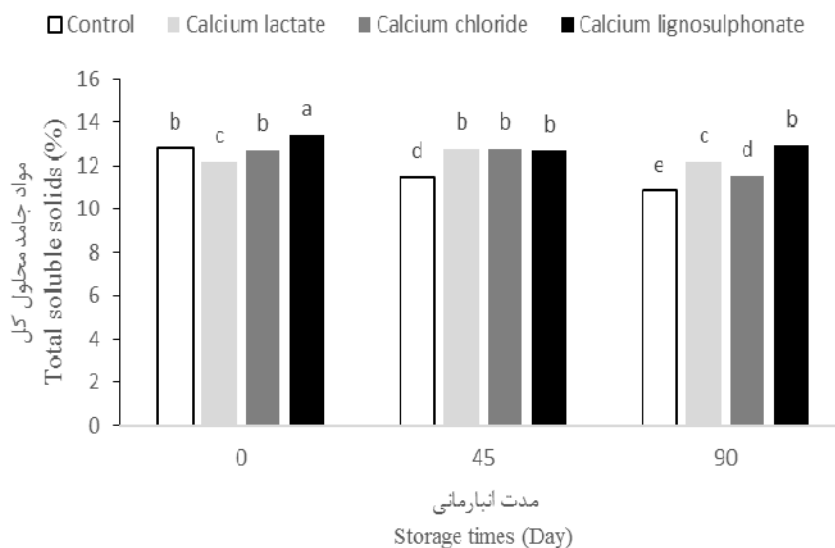
بیشترین میزان اسید کل در تیمار لیگنوسولفات کلسیم با میانگین ۰/۴۲ درصد به دست آمد و شاهد بدون اختلاف معنی‌دار با لاکتات کلسیم و کلرید کلسیم کمترین درصد اسید کل را نشان داد. در زمان دوم بررسی بین شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در زمان بررسی ۹۰ روز بالاترین درصد اسید کل در تیمار لیگنوسولفات کلسیم و کمترین مقدار در تیمار لاکتات کلسیم بدست آمد (شکل ۴). درصد بالاتر TSS و TA در میوه‌هایی که با کلسیم محلول‌پاشی شده بودند را می‌توان

مواد جامد محلول کل و اسید کل

نتایج برهمکنش بین تیمار و زمان بررسی نشان داد که در زمان برداشت میوه‌های تیمار شده با لیگنوسولفات کلسیم بیشترین و لاکتات کلسیم کمترین مقدار TSS را نشان دادند. ولی در زمانهای بررسی ۴۵ و ۹۰ روز نمونه‌های شاهد دارای مقدار TSS کمتری در مقایسه با تیمارهای کلسیمی بودند (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای اسید کل نشان داد که در زمان برداشت

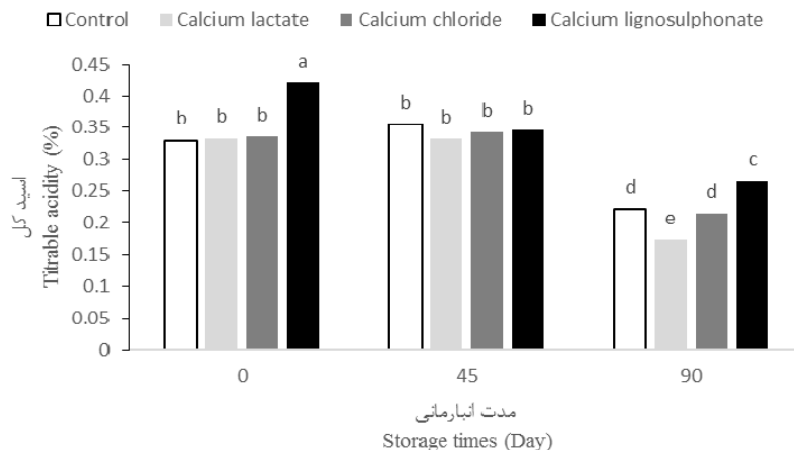
میزان TSS در آریل‌های انار گردید و کلرید کلسیم در غلظت ۴ درصد بیشترین افزایش TSS را ایجاد کرد درحالی که تاثیر معنی‌داری در اسید کل نداشت (Ramezani et al., 2009). بصورت متضاد، گوجه-فرنگی‌های تیمار شده با کلسیم میزان TSS و TA پایین-تری را نسبت به شاهد نشان دادند (Fanasca et al., 2006). در گلابی کنفرنس تیمار کلرید کلسیم بصورت قبل از برداشت نیز تاثیر معنی‌داری در میزان TSS و TA نداشتند (Wójcik et al., 2014). Bhat و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که مقدار اسید میوه‌های گلابی رقم بارتلت با افزایش عمر انبارماني کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد.

به کاهش تنفس و کاهش مصرف قندها و اسیدها در طی تنفس نسبت داد. افزایش میزان کلسیم در بافت گیاهی نشت پیش ماده های تنفسی از واکنش ها را کاهش داده و باعث کاهش سرعت تنفس بافت ها می‌شود. این وضعیت باعث کاهش تولید اتیلن در بافت گیاهی شده و سرعت رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد. افزون بر این، دیگر عنصرها حتی عنصرهای دو ظرفیتی مانند منیزیم نمی‌تواند جایگزین کلسیم شده و وظایف آن را در ساختار یاخته گیاهی انجام دهند (Tsantili et al., 2002). در رابطه با تاثیر تیمار با ترکیبات کلسیمی بر میزان مواد جامد محلول و اسید کل نتایج متفاوت و در برخی مواقع متضادی گزارش شده است. محلول‌پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم با غلظت ۲ و ۴ درصد در انار منجر به افزایش



شکل ۳. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر کل مواد جامد محلول در گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 3. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on total soluble solid content of pears during cold storage. Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test.



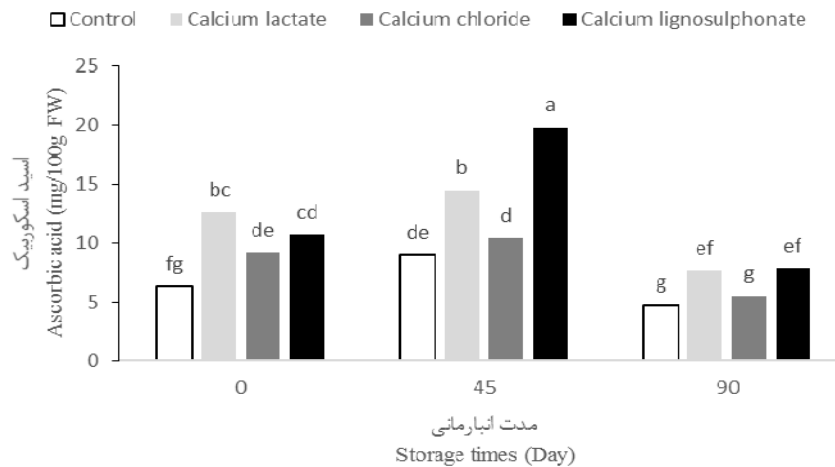
شکل ۴. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر اسید کل در گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 4. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on total acid content of pears during cold storage. Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test.

شده و با اتصال به کالمدولین به عنوان سیگنال دهنده عمل می‌کند و سیستم آنتی‌اکسیدانی داخلی را فعال می‌کند و همچنین از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژنی به غشا جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشاهای زیستی کمک و در حقیقت از تجزیه اسیدآسکوربیک جلوگیری می‌کند (Aghdam *et al.*, 2018, Naser *et al.*, 2013). علاوه‌براین گزارش شده است که تیمار فلفل دلمه با کلرید کلسیم باعث مهار آنزیم اسکوربیک اسید اکسیداز شده در نتیجه باعث افزایش میزان اسید اسکوربیک داخلی می‌گردد (Ruoyi *et al.*, 2005). تاثیر مثبت تیمار کلسیم در حفظ بیشتر محتوی اسید اسکوربیک در مقایسه با شاهد درگیلاس (Wang *et al.*, 2015, Zagal *et al.*, 2013) و خرمالو (Naser *et al.*, 2018) نیز گزارش شده است. در انار محلول‌پاشی کلرید کلسیم در مرحله تمام گل منجر به افزایش میزان اسید اسکوربیک در زمان برداشت گردید (Ramezani *et al.*, 2009).

ویتامین ث

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش بین تیمار و زمان بررسی نشان داد که در زمان برداشت اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمارهای کلسیمی از نظر محتوی اسید اسکوربیک بدست آمد. در این زمان بررسی کمترین محتوی اسید اسکوربیک در نمونه‌های شاهد و بیشترین در تیمار لاکتات کلسیم مشاهده شد. در زمان بررسی ۹۰ روز انبارمانی لاکتات کلسیم و لیگنوسولفونات کلسیم مقدار اسید اسکوربیک بیشتری را نسبت به شاهد و کلرید کلسیم حفظ کردند (شکل ۵). نگهداری در دمای پایین و در شرایط سردخانه منجر به وارد آمدن استرس سرمایی به میوه شده و تولید گونه‌های فعال اکسیژن افزایش پیدا می‌کند. اسید اسکوربیک به عنوان یکی از مهمترین آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی برای خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن وارد عمل می‌شود لذا مقدار اسید اسکوربیک در طول نگهداری میوه در دمای پایین کاهش پیدا می‌کند (Naser *et al.*, 2018). تیمار کلسیم منجر به افزایش کلسیم سیتوسولی



شکل ۵. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر محتوی اسید اسکوربیک در گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 5. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on ascorbic acid content of pears during cold storage. Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test

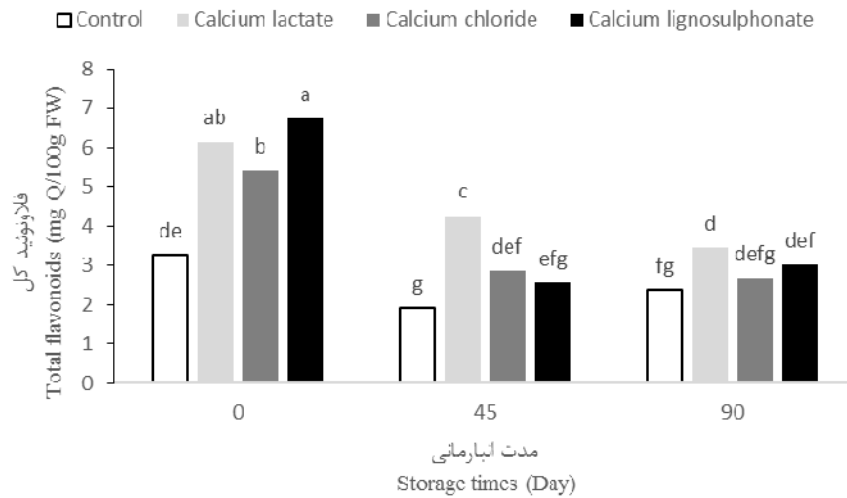
کلسیمی منجر به افزایش کلسیم سیتوزولی شده که این امر باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL می‌گردد (Aghdam *et al.*, 2013). در نتیجه افزایش تولید فنل‌ها و فلاونوئیدها را در اثر تیمار ترکیبات کلسیم، می‌توان به افزایش فعالیت آنزیم PAL نسبت داد. Aghdam و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تیمار پس از برداشت ذغال اخته با کلرید کلسیم منجر به افزایش فعالیت آنزیم PAL می‌گردد. در پژوهشی تیمار میوه‌های گلابی با کلرید کلسیم باعث حفظ مقادیر بیشتری از کلروژنیک اسید، آروتین و کاتکین شد و میزان فنل کل و فلاونوئید کل را افزایش داده در نتیجه بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها را به‌دنبال داشت (Kou *et al.*, 2013). در انار نیز افزایش میزان فنل با تیمار کلرید کلسیم مشاهده شده است (Ramezani *et al.*, 2009). Barzegar و همکاران (۲۰۱۸) نیز نقش تیمار لاکتات کلسیم را در افزایش میزان فنل و فلاونوئید کل را در طول انبار با دمای ۷ درجه به مدت ۳۰ روز گزارش کردند.

فلاونوئید و فنل کل

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مقدار فلاونوئید کل تمام نمونه‌ها با گذشت زمان انبارمانی کاهش یافت. در هر سه زمان بررسی تیمار با ترکیبات کلسیمی باعث افزایش فلاونوئید کل نمونه‌ها نسبت به شاهد شد و لاکتات کلسیم بیشترین و شاهد کمترین فلاونوئید را نشان دادند. (شکل ۶). همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود در همه تیمارها کاهش مقدار فنل کل با افزایش مدت انبارمانی اتفاق افتاده است. استفاده از کلسیم نسبت به شاهد از کاهش مقدار فنل کل جلوگیری کرده و لاکتات کلسیم کمترین میزان کاهش را نسبت به قبل از انبار کردن نشان داد.

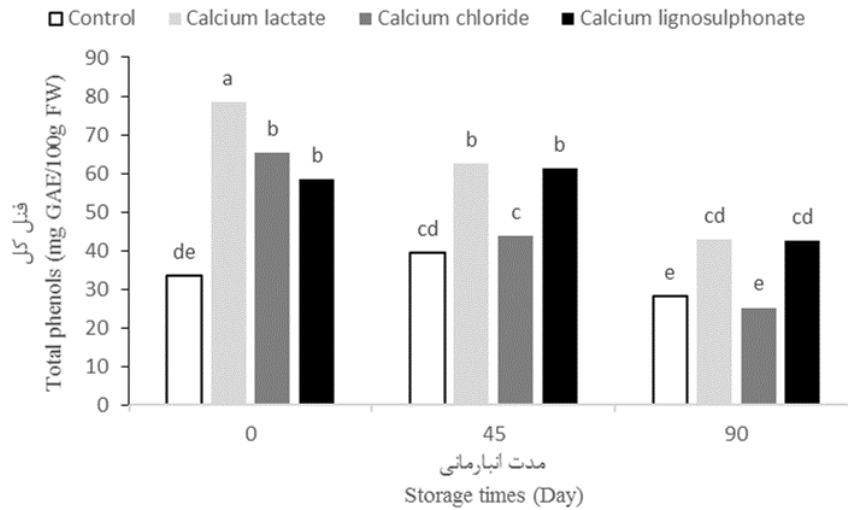
ترکیبایی مانند فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها از جمله عامل‌های تعیین کننده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ارزش کیفی میوه می‌باشند که از مسیر فنیل پروپانوئید در اثر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایاز (phenylalanine ammonia lyase) تولید می‌شود. تیمار با ترکیبات

فرهاد عزیزی و همکاران: تاثیر محلول پاشی قبل از برداشت ترکیبات کلسیمی بر کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی ...



شکل ۶. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر فلاونوئید کل گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 6. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on total flavonoids content of pears during cold storage. Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test.



شکل ۷. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر محتوی فنل کل گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

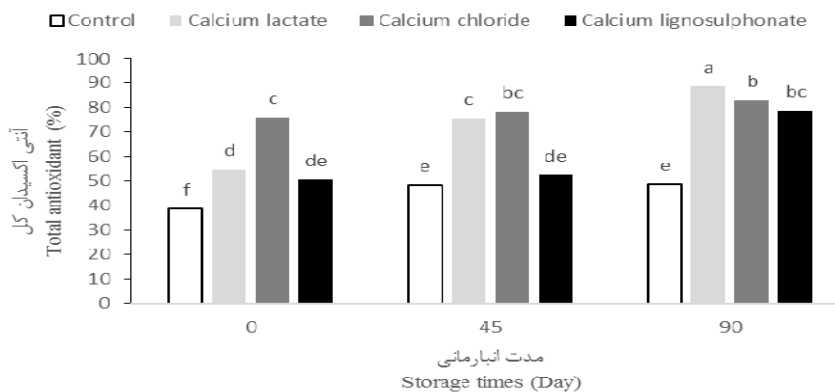
Fig 7. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on total phenols content of pears during cold storage. Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test.

ظرفیت آنتی اکسیدانی

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود در همه تیمارهایی که با ترکیبات مختلف کلسیم محلول پاشی شده اند ظرفیت آنتی اکسیدانی طی دوره انبارمانی نسبت به زمان برداشت افزایش یافت از این نظر، میوه های تیمار شده نسبت به میوه های شاهد از ظرفیت آنتی اکسیدانی بیشتری برخوردار بودند، به طوری که در زمان بررسی ۹۰ روز بهترین تیمار از این نظر لاکتات کلسیم بود (شکل ۸). ظرفیت آنتی اکسیدانی بالا عمر پس از برداشت میوه ها را افزایش می دهد. آنزیم های آنتی اکسیدانی نظیر سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز، اسکوربات پراکسیداز و گلوکاتایون ردوکتاز و ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر فنل ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین ها و اسید اسکوربیک باعث ایجاد ظرفیت آنتی اکسیدانی در میوه ها می گردند. افزایش تجمع ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر فنل و فلاونوئید کل و اسید اسکوربیک در مطالعه حاضر مشاهده شد بنابراین افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی را می توان به افزایش تجمع ترکیبات با خاصیت آنتی اکسیدانی نسبت داد. Aghdam و همکاران (۲۰۱۳) افزایش ظرفیت آنتی- اکسیدانی میوه های ذغال اخته را با تیمار کلرید کلسیم گزارش کردند و آن را به افزایش تولید مواد آنتی اکسیدانی

شامل فنل ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین ها و اسید اسکوربیک نسبت دادند. افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی با تیمار کلرید کلسیم در گلابی مشاهده شده است (Kou et al. 2013). محلول پاشی قبل از برداشت فلفل دلمه با لاکتات کلسیم نیز باعث افزایش تولید فنل ها، فلاونوئیدها، کاراتنوئیدها و اسید اسکوربیک و به دنبال آن افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی گردید (Barzegar et al., 2018). که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

علاوه بر این کلسیم با اتصال به غشا پایداری غشا را بالا برده و از اتصال رادیکال های آزاد به غشا ممانعت می کند و از پراکسیداسیون لیپیدها و تولید ROS ها کاسته در نتیجه ظرفیت آنتی اکسیدانی سلول در سطح بالاتری حفظ می- گردد (Spinardi, 2005). Zhi و همکاران (۲۰۱۷) نیترات کلسیم را بر هلو تیمار کردند و کاهش تولید ROS و مالون دیالدهید و افزایش سطوح آنتی اکسیدانهای آنزیمی و غیر آنزیمی را نشان دادند. در حقیقت تیمار کلسیم با افزایش کلسیم سیتوسولی منجر به افزایش بیان و سنتز آنزیم ها و پروتئین های پایدار کننده غشا می گردند که با کاهش تولید گونه های فعال اکسیژن از مصرف آنتی- اکسیدانهای داخل سلولی ممانعت کرده و سطح آن را در سلول حفظ می کند (Naser et al., 2018).



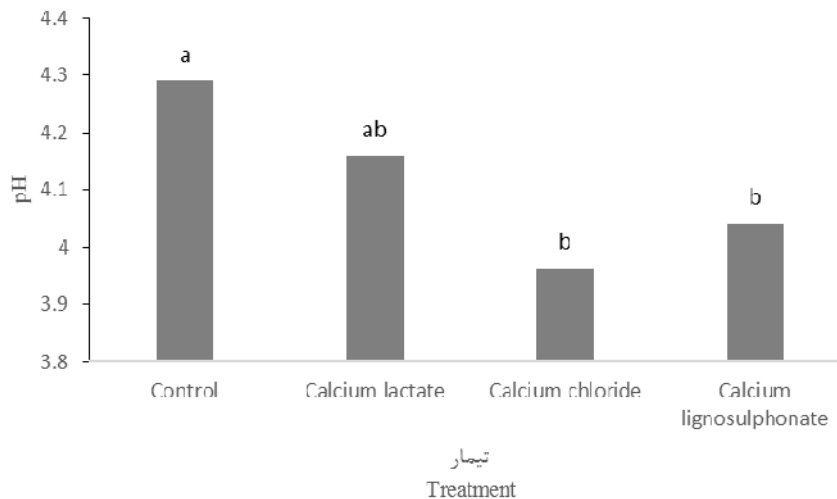
شکل ۸. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر ظرفیت مهار رادیکال های آزاد DPPH در گلابی در طول انبار سرد. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Fig 8. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on DPPH scavenging capacity of pears during cold storage. Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test

pH آب میوه

نشان دادند که میوه‌های تیمار شده دارای pH کمتری نسبت به شاهد بودند که پایین بودن pH در میوه‌های تیمار شده را می‌توان به نقش مثبت کلسیم در کاهش تنفس و حفظ اسیدهای آلی نسبت داد. در هلوهای تیمار شده با کلرید کلسیم نیز pH در طول نگهداری در انبار سرد در شاهد و تیمار کلسیم افزایش یافت ولی میوه‌های تیمار شده pH پایین‌تری را نسبت به شاهد در طول انبار نشان دادند (کرم نژاد و همکاران، ۱۳۹۴).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر محلول‌پاشی با ترکیبات مختلف کلسیمی در مقدار pH آب میوه معنی‌دار ولی بر زمان بررسی و برهمکنش تیمار و زمان بررسی غیرمعنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین pH در شاهد و کمترین در کلرید کلسیم مشاهده شد (شکل ۹). محلول‌پاشی قبل از برداشت لاکتات کلسیم در فلفل دلمه نیز بیشترین میزان pH در شاهد مشاهده شد (Barzegar et al., 2018). مرادی نژاد و همکاران (۱۳۹۷) در زرشک با محلول‌پاشی کلرید کلسیم



شکل ۹. تاثیر تیمار قبل از برداشت با منابع مختلف کلسیمی بر pH در گلابی در طول انبار سرد. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig 9. Effect of preharvest treatment of different calcium sources on pH of pears during cold storage. Means with the same letters is not significant at 5% level of Duncan test.

نتیجه‌گیری کلی

آسکوربیک اسید، سفتی و اسید کل را که در طی دوره انبارمانی گلابی مطرح هستند، تقلیل دادند. لذا با توجه به افزایش عمر انبارمانی، حذف کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی استفاده از این ترکیبات کلسیمی توصیه می‌شود. از بین نمک‌های کلسیم مورد استفاده در این آزمایش لیگنوسولفونات کلسیم بیشترین تأثیر را در میزان اسیدهای کل، ویتامین ث، سفتی میوه، مقدار کلسیم کل و مقدار فلاونوئیدها داشت بنابراین به-عنوان تیمار کلسیمی مناسب معرفی می‌گردد.

به‌طور خلاصه می‌توان بیان کرد که محلول‌پاشی ترکیبات کلسیمی اثر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه، مقدار مواد جامد محلول کل، اسید کل، ویتامین ث، فنل کل، کلسیم کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و فلاونوئیدها داشت. به-طور کلی، تیمارهای محلول‌پاشی شده با نمک‌های مختلف کلسیمی اثرات مثبتی بر صفات اندازه‌گیری شده داشتند و تغییرات بیوشیمیایی از قبیل کاهش

منابع

- خلج، ک.، احمدی، ن.، و سوری، م.ک.، ۱۳۹۳. اثرات محلول پاشی کلسیم و بور بر کیفیت میوه گلابی آسیایی رقم KS10. تولید فرآوری محصولات زراعی و باغی، شماره ۴ (۱۴)، صص ۸۹-۹۶.
- خورشیدی، ش.، داورینژاد، غ.، سمعی، ل.، و مقدم، م.، ۱۳۹۵. بررسی مقاومت به سرمازدگی جوانه‌های رویشی و زایشی ارقام و ژنوتیپهای مختلف گلابی در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه علوم باغبانی، شماره ۳۰ (۳)، صص ۵۸۱-۵۸۹.
- ربیعی، و.، و جزقاسمی، س.، ۱۳۹۲. روش‌های کاربردی آزمایشگاهی در علوم باغی و زراعی: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه ارومیه. طباطبائی، س.ج.، ۱۳۹۳. اصول تغذیه معدنی گیاهان. تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز.
- عبداللهی، ح.، ۱۳۸۹. گلابی: گیاه شناسی، ارقام و پایه‌ها: انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج، نشر آموزش کشاورزی. ۲۱۰ صفحه.
- کرم نژاد، ف.، حاجیلو، ج.، و طباطبائی، س.ج.، ۱۳۹۴. تاثیر تیمارهای پس از برداشت کلرید کلسیم در دماهای مختلف بر خصوصیات کیفی و عمر انباری میوه هلو رقم کوثری. فن آوری تولیدات گیاهی (پژوهش کشاورزی)، شماره ۱۱۵ (۲)، صص ۱۹۱-۲۰۲.
- مرادی نژاد، ف.، حسن پور، س.، و سیاری، م. ح.، ۱۳۹۷. تاثیر محلول پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و کیفیت میوه تازه زرشک بی‌دانه. نشریه علوم باغبانی، شماره ۳۲، صص ۶۱-۷۴.
- مستوفی، ی.، و نجفی، ف.، ۱۳۸۴. روش‌های آزمایشگاهی تجزیه ای در علوم باغبانی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- نیکخواه، ش.، ۱۳۹۰. تاثیر تاریخ برداشت و غلظت کلرورکلسیم بر کیفیت انبارمانی گلابی ارقام اسپادونا و کوشیا. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۳)، صص ۲۴۳-۲۵۰.
- Aghdam, S.M., Dokhanieh, A.Y., Hassanpour, H., and Fard, J.R. 2013. Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (*Cornus mas*) fruit by postharvest calcium treatment. *Scientia Horticulturae*. 161: 160-164.
- Ahmed, M., and Anjum, M.A. 2010. In vitro storage of some pear genotypes with the minimal growth technique. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 34: 25-32.
- Barzegar, T., Fateh, M., and Razavi, F., 2018. Enhancement of postharvest sensory quality and antioxidant capacity of sweet pepper fruits by foliar applying calcium lactate and ascorbic acid. *Scientia Horticulturae*. 241: 293-303.
- Bhat, M.Y. Hafiza Ahsan, F.A., Banday, F.A., Dar, M.A., Imtiyaz Wani, A., and Hassan, G.I. 2012. Effect of harvest dates, pre harvest calcium sprays and storage period on physico-chemical characteristics of pear cv. Bartlett. *Journal of Agricultural Research and Development*. 2(4): 101-106.
- Dehghan, G., and Khoshkam, Z. 2012. Tin(II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. *Food Chemistry*. 131: 422-426.
- Fallahi, E., Conway, W., Hickey, K.D., and Sams, C.C. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apple. *HortScience*. 32: 831-835.
- Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneira, E., Roupheal, Y., Azzini, E., and Saccardo, F. 2006. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 4319-4325.
- FAO. 2011. FAOSTAT, FAO Stistical Databases. <http://faostat.fao.org>.
- Freitas, D.S.T., and Pareek, S. 2019. Postharvest Physiological Disorders in Fruits and Vegetables. CRC Press.
- Kaijv, M., Sheng, L., and Chao, C. 2006. Antioxidation of flavonoids of green rhizome. *Food Science*. 27: 110-115.
- Kalra, Y. 1997. Handbook of reference methods for plant analysis. London. CRC press.
- Kamal, H.M., Eissa, M.A., and Albaty, A.A. 2014. Effect of calcium and boron foliar application on postharvest quality of florida prince peach fruit. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 6 (1): 34-40.

- Kou, X.H., Guo, W.L., Guo, R.Z., Li, X.Y., and Xue, Z.H. 2014. Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. "Huang guan" during storage. *Food and Bioprocess Technology*. 7(3): 671-681.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., and Mignani, I. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry*. 100(4): 1385-1392.
- Naser, F., Rabiei, V., Razavi, F., and Khademi, O. 2018. Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*. 233: 114-123.
- Ochei, C.O., Basiouny, F.M., and Woods, F.M. 1994. Calcium mediated postharvest changes in storage ability and fruit quality of peaches. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 106: 266-269.
- Ramezani, A., Rahemi, M., and Vazifeshenas, M.R. 2009. Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*. 121: 171-175.
- Ruoyi, K., Zhifang, Y., and Zhaoxin, L. 2005. Effect of coating and intermittent warming on enzymes, soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (Cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. *Food Research International*. 38: 331-336.
- Silveira, A.C., Aguayo, E., Chisari, M., and Artes, F. 2011. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut 'Galia' melon. *Postharvest biology and technology*. 62: 77-84.
- Singleton, V. L., and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Enology and Viticulture*. 16: 144-158.
- Spinardi, A.M., 2005. Effect of harvest date and storage on antioxidant system in pears. *Acta Horticulturae*. 682: 135-140.
- Tsantili, E., Konstantinidis, K., Athanasopoulos, P. E. and Pontikis, C. 2002. Effects of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 77: 479-484.
- Valero, D., and Serrano, M. 2010. Postharvest biology and technology for preserving fruit quality. CRC press.
- Wang, Y., and Long, L.E. 2015. Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. *Food Chemistry*. 181: 241-247.
- Wójcik, P., 2012. Quality and 'Conference' pear storability as influenced by preharvest sprays of calcium chloride. *Journal of Plant Nutrition*. 35, 1970-1983.
- Wójcik, P., Skorupińska, A. and Filipczak, J. 2014. Impacts of preharvest fall sprays of calcium chloride at high rates on quality and 'Conference' pear storability. *Scientia Horticulturae*. 168: 51-57.
- Zhi, H.H., Liu, Q.Q., Dong, Y., Liu, M.P., and Zong, W. 2017. Effect of calcium dissolved in slightly acidic electrolyzed water on antioxidant system, calcium distribution, and cell wall metabolism of peach in relation to fruit browning. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 1-9.

Effects of pre-harvest calcium compounds foliar application on quality and antioxidant properties of pear cv “Dargazi”

Farhad azizi¹, Farhang Razavi^{2*}, Vali rabiei³, Akbar Hassani⁴

1- M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. farhad.azizi186@gmail.com

2*-Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. razavi.farhang@znu.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. rabiei@znu.ac.ir

4- Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. akbar.hassani@znu.ac.ir

Accepted Date: 2019/09/30

Received Date: 2019/08/07

ABSTRACT

Introduction:

Nowadays, application of chemical compounds is limited due to their harmful effects on human health and environmental. Therefore, it is required to find safe compound that utilized in postharvest technology of fruit and vegetable. Calcium is regarded as a safe and potentially effective element for increasing the quality and storage life of several fruit. Pre and postharvest treatments with different calcium salts have been effective in maintaining cell wall stabilization and integrity, enhancing antioxidant capacity, delaying the ripening process, alleviating chilling injury, controlling postharvest decay and reducing physiological disorders of horticultural crops. However, there is little information about the effects of different calcium sources on bioactive components, antioxidant properties and quality attribution in pear fruits. Thus, the aim of this study was to investigate the effect of pre-harvest foliar application of calcium chloride, calcium lactate and calcium lignosulphonate on important quality characteristics, antioxidant properties and storage life of pear fruits.

Material and Methods: The experiment was carried out on 8-year-old pear [*Pyrus communis* (L.) ‘Dargazi’] trees, in a commercial orchard located in the Zanjan (Abhar). Trees were selected with uniform size and fruit load and sprayed with different calcium sources (calcium chloride, calcium lactate and calcium lignosulphonate) at concentrations of 3% on whole tree and control trees receiving only water. Foliar spraying was performed in two stages, (two weeks and three days before commercial harvesting) onto the leaves and fruits until runoff, and Tween 20 (0.04% v/v) was used as a surfactant. Pear fruit were harvested at commercial maturity stage, and transferred to the laboratory on the same day. The fruits were selected for uniform size and absence of mechanical damage, and then one group was analyzed 1 day after harvest and another groups stored at 2±1°C and 90% RH for 90 d. At 45-day intervals, stage, and transferred to the laboratory on the same day. The fruits were selected for uniform size and absence of mechanical damage, and then one group was analyzed 1 day after harvest and another groups stored at 2±1°C and 90% RH for 90 d. At 45-day intervals, Chicago, IL, USA). The significance of the differences was determined by Duncan’s test ($P < 0.05$).

Results and Discussions:

The results showed that different calcium sources significantly maintained content of total soluble solids, firmness, vitamin C, total phenolics and antioxidant capacity. Our results showed that a preharvest application of calcium salts increased calcium content of pear fruits. At 90 days, the highest amount of total acidity was obtained in calcium lignosulphonate treated fruits. However, the content of ascorbic acid, total phenolics, and flavonoids were higher in treated than in control pears, leading to fruit with high bioactive compounds and antioxidant potential at commercial harvest and during storage. Thus, preharvest treatments with different calcium sources could be promising tools to improve calcium content and health beneficial effects of pear fruits.

Keywords: Calcium salts, firmness, fruit quality, storage life