Archive of SID

مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۷ شماره ۳ صفحه های ۱۹۳ تا ۲۰۶ (۱۳۸۵)

اثر تیمارهای پس از برداشت کلسیم و گرما بر انگیزش مقاومت به سرما و کیفیت میوه لیموی 'لیسبون'[۱]

EFFECT OF POSTHARVEST CALCIUM AND HEAT TREATMENTS ON THE INDUCTION OF COLD TOLERANCE AND QUALITY OF 'LISBON' LEMON FRUIT

محمد رضا صفی‌زاده و مجید راحمی[۲]

چکیده

لیموهای 'لیسبون' (*Citrus limon* (L.) Burm) پیش از این که به مدت ٦ و ۱۲ هفته در دمای ۱/۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۵٪ و یک هفته دیگر در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شوند، با محلول‌هایی تا ۷/۵٪ کلرورکلسیم (وزن/حجم) و روش‌های کاربرد غوطه‌وری معمولی (ND)[۳] (۱۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۵ دقیقه)، غوطه‌وری داغ (HD)[۴] (۵۳ درجه سانتی گراد به مدت۳ دقیقه) نفوذ در خلاء معمولی (NVI)[۵] (۱۵ درجه سانتی گراد، ۳۳- کیلوپاسکال به مدت ۱۰ دقیقه) و نفوذ در خلاء داغ (HVI)[۶] (۴۵ درجه سانتی گراد، ۳۳- کیلوپاسکال به مدت ۱۰ دقیقه) تیمار شدند. ضریب همبستگی بین میزان کلسیم پوست و غلظت‌های کلرورکلسیم نشان داد که جذب کلسیم اندکی افزایش یافته و تحت تاثیر روش کاربرد، غلظت کلرورکلسیم و دما قرار گرفته است. سرمازدگی به نسبت کمی پس از ٦ هفته بروز کرد؛ بنابراین، تیمارها کمتر سودمند بودند. پس از ۱۲ هفته نگهداری، برای تمام روش‌های کاربرد، تیمارهای مختلف کلرورکلسیم فقط بر سرمازدگی و کاهش وزن میوه تاثیر داشتند و بر سایر ویژگی ها موثر نبودند. از بین تیمارها، ND با ۳٪ کلرورکلسیم، NVI با ۱/۵٪ کلرورکلسیم، غوطه‌ور کردن در آب داغ به تنها و نفوذ در خلاء آب داغ به تنهایی موثرترین بودند و سرمازدگی را به ترتیب ۵۸/۸۹، ۵۳/۲۵، ٦۷/۵ و ۱۹/۲۹٪ کاهش دادند. محلول‌های داغ کلرورکلسیم (HD و HVI) در مقایسه با آب داغ تنها هیچ برتری نداشتند و در غلظت‌های زیاد باعث افزایش سرمازدگی و کاهش وزن شدند. سرمازدگی، کاهش وزن، نشت یونی و ویژگی‌های کیفیت داخلی میوه به طور معنی‌داری تحت تاثیر روش‌های کاربرد کلرورکلسیم و زمان انبارداری قرار گرفتند. میوه‌هایی که با روش‌های ND و NVI، HD وHVI تیمار شده بودند، به طور معنی‌دار به ترتیب کمترین، متوسط و بیشترین سرمازدگی را نشان دادند. همبستگی معنی‌داری بین سرمازدگی و هر کدام از ویژگی های دیگر به دست آمد. هنگامی که سرمازدگی افزایش یافت، کاهش وزن و نشت یونی افزایش و برعکس، مقادیر ویتامین C و اسیدیته کاهش یافت. همین روند نیز وقتی که مدت انبار و سرمازدگی افزایش یافت، دیده شد.

واژه‌های کلیدی: آسیب سرمازدگی، تیمارهای پس از برداشت، شاخص‌های کیفیت، کلرورکلسیم، لیموی 'لیسبون'.

۱- تاریخ دریافت: ۸٤/۱۲/۱٦ تاریخ پذیرش: ۸۵/۸/۱۷

۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، جمهوری اسلامی ایران.

۳- Normal dip (ND) ۴- Hot dip (HD) ۵- Normal vacuum infiltration (NVI)

۶- Hot vacuum infiltration (HVI)

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بسیاری از رقم‌های مرکبات به ویژه لیمو به آسیب سرما زدگی (CI)[1] حساس بوده و ممکن است سرما با آسیب به پوست، بازاریابی میوه را به شدت کاهش دهد (۶، ۱۳). بیش از صد سال است که سرمازدگی مورد بررسی قرار گرفته و در ارتباط با شرایط سرمازدگی، روش‌های تعدیل اثرهای نامطلوب و همچنین، جنبه‌های فیزیولوژیکی و مولکولی آن منابع وسیعی وجود دارد. در تمام مدل‌های سرمازدگی، تغییر حالت فیزیکی غشاهای یاخته ای منجر به بروز فرآیندهای فیزیولوژیکی می‌گردد (۲۶). عقیده بر این است که آسیب به غشاء یاخته گیاهی علت اولیه سرمازدگی می‌باشد (۳۰) و در شرایط تنش مثل دمای پایین انبار، کلسیم در نگهداری ثبات یاخته به ویژه غشاءها نقش دارد (۲۴). بسیاری از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی و کاهش عمر پس از برداشت محصول ها از جمله خربزه درختی (۲۲) و انبه (۱۴) را به مقادیر کم کلسیم ربط می‌دهند. در آناناس نشانه های سرمازدگی، در مغز و در گوشت مجاور به مغز، یعنی محل کمبود کلسیم مشاهده شد (۱۲). برای به تاخیر انداختن پیری، کاهش پوسیدگی پس از برداشت و همچنین، کنترل بسیاری از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی میوه‌ها و سبزی‌ها، تیمارهای پیش و پس از برداشت کلسیم به طور وسیع کاربرد دارند (۲۰). غوطه‌وری پس از برداشت در محلول‌های غلیظ کلرورکلسیم تا ۰/۳۶ مولار (۴/۹۳٪) به مدت ۲۵ دقیقه برای بهبود کیفیت لیمو به کار گرفته شده‌اند (۲۹). نشانه های سرمازدگی گوجه‌فرنگی با غوطه‌وری و یا نفوذ در خلاء با کلرورکلسیم ۱٪ تعدیل نشده، اما در غلظت‌های بالا، میزان جذب روی رسیدگی تاثیر گذاشته و سرمازدگی را کاهش داده است (۱۵). چاپلین و اسکات[2] نیز با نفوذ در خلاء محلول‌های کلرورکلسیم در دامنه ۱ تا ۷/۵٪ به طور معنی‌دار قهوه‌ای شدن دسته‌های آوندی ناشی از سرمازدگی آووکادو را کاهش داده‌اند (۵). در ارتباط با کاهش ایجاد نابسامانی‌های پوست در دمای سرمازدگی، نارنگی 'فورچون'[3] نسبت به کاربرد پیش از برداشت کلسیم واکنش مثبتی نشان داده است (۱). در آزمایشی دیگر، پاشیدن پیش از برداشت نیترات کلسیم و پتاسیم باعث بهتر شدن مقدار عناصر معدنی پوست نارنگی در هنگام برداشت شده و به طور معنی‌دار نابسامانی‌های پوست را پس از نگهداری در دماهای ۴ و ۸ درجه سانتی گراد کاهش داده است (۹). غوطه‌وری در آب داغ ۴۵ تا ۵۳ درجه سانتی گراد برای مدت ۳ تا ۱۰ دقیقه نیز از ایجاد سرمازدگی مرکبات (۲۳) و لیمو (۱۷) جلوگیری نموده است.

موثر بودن کاربرد پس از برداشت کلسیم برای تعدیل سرمازدگی لیمو هنوز گزارش نشده است. همچنین، کاربرد کلسیم و آب داغ با هم ممکن است باعث تعدیل بیشتر سرمازدگی شود. با در نظر گرفتن این جنبه‌ها، آزمایش به گونه ای طراحی شد تا واکنش فیزیولوژیکی میوه‌های لیمو نسبت به غلظت‌های مختلف کلرورکلسیم که به روش‌های معمولی و یا همراه با گرما به کار رفتند، پس از انبار سرد مورد ارزیابی قرار گیرند. بنابراین، اهداف این پژوهش شامل بررسی اثر غلظت و روش‌های کاربرد کلسیم در تعدیل سرمازدگی میوه لیمو، تعیین مقدار کلسیم لایه‌های بافت لیمو که در معرض تیمارهای مختلف قرار گرفته‌اند و ارزیابی اثرهای این تیمارها بر تغییرهای فیزیولوژیکی و شیمیایی میوه‌ها پس از انبار سرد می‌باشد.

۱- Chilling injury ۲- Chaplin and Scott ۳- 'Fortune'

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

تیمارها و شرایط انبار

میوه‌های لیمو[1] رقم 'لیسبون' در مرحله متداول برداشت تجارتی (سبزبه زرد) از درختان ۲۰ ساله باغ مرکز تحقیقات حاجی‌آباد بندرعباس در ۱۵ آذر ماه ۸۳ برداشت و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز منتقل و در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. در طول مدت سه روز پس از برداشت میوه‌های شسته شده با اندازه و ظاهر یکنواخت، به طور تصادفی به چهار گروه ۸٤۰ عددی میوه تقسیم شده و هر گروه به یکی از روش‌های کاربرد غوطه‌وری معمولی (ND)، غوطه‌وری داغ (HD)، نفوذ در خلاء معمولی (NVI) و نفوذ در خلاء داغ (HVI) اختصاص یافت. هر گروه روش کاربرد نیز به هفت زیر گروه ۱۲۰ عددی میوه تقسیم شد و یکی از تیمارهای زیر بر روی هر زیر گروه به کار رفت: بدون تیمار، صفر، ۱/۵، ۳، ٤/۵، ٦ و ۷/۵٪ (W/V) محلول کلرورکلسیم ($CaCl_2, 2H_2O$) در آب مقطر همراه با ۰/۰۲۵٪ ماده تر کننده (سیتووت[2]، ماده موثره Alkylaryl polyglycol ether 100%).

برای انجام روش ND، میوه‌ها در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد برای مدت ۲۵ دقیقه در محلول‌های کلرورکلسیم غوطه‌ور شدند. برای انجام روش HD، از حمام آب گردشی (Model YCM-04M, KGIC, Germany) استفاده شد. میوه‌ها در دمای ۰/۱ ± ۵۳ درجه سانتی گراد برای مدت ۳ دقیقه در محلول‌های $CaCl_2$ غوطه‌ور شدند. برای انجام روش NVI، میوه‌ها در آون خلاء (Model B-1834, Gallenkamp, England) تحت فشار ثابت ۳۳- کیلوپاسکال برای مدت ۱۰ دقیقه در محلول‌های کلرورکلسیم در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد فرو برده شدند (۱۴). برای انجام روش HVI، تمام شرایط روش NVI اجرا گردید؛ به جز این که دمای محلول‌های کلرورکلسیم در حد ۱ ± ۴۵ درجه سانتی گراد نگهداشته شد.

پس از کاربرد تیمارها، میوه‌ها پیش از این که با هوا خشک شوند، با آب مقطر ۱۵ درجه سانتی گراد آبکشی شدند. هر زیر گروه (۱۲۰ میوه) به دسته‌های ۲۰ تایی میوه تقسیم شده و هر دسته در یک کیسه تور پلاستیکی قرار گرفت. برای هر تیمار و زمان انبار ۳ کیسه میوه (تکرار) اختصاص داده شد. پنج عدد از این میوه‌ها برای تعیین مقدار کلسیم و ۱۵ عدد میوه باقی مانده برای تخمین سرمازدگی و تجزیه فیزیکی و شیمیایی در نظر گرفته شدند. کیسه‌های میوه به انبار سرد منتقل شدند و برای مدت ٦ و ۱۲ هفته در دمای ۰/۲ ± ۱/۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۵٪ نگهداری شدند. در پایان دوره انبارداری، میوه‌ها برای مدت یک هفته در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی حدود ۸۰٪ قرار گرفتند تا شبیه سازی از دوره عرضه به بازار (SMP)[3] باشد. تمام ارزیابی‌ها پس از دوره انبار و SMP انجام گرفتند.

اندازه‌گیری کاهش وزن و سرمازدگی

ارزیابی کاهش وزن با وزن کردن میوه پیش و پس از انبار صورت گرفت. فرورفتگی پوست[4] و قهوه‌ای شدن سطحی به عنوان علائم سرمازدگی در نظرگرفته شدولی نمره کل داده شده به سرمازدگی ترکیبی از هر دو نوع نشانه ها بود. نمره سرمازدگی به صورت صفر (بدون آسیب)، ۱ (ملایم)، ۲ (متوسط) و ۳ (شدید) گروه‌بندی گردید و شاخص سرمازدگی[5] به شرح زیر محاسبه شد (۹):

۱- *Citrus limon* (L.) Burm.
۲- Cittowett, BASF, Germany
۳- Simulate a marketing period
٤- Peel pitting
۵- Chilling injury index

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{شاخص سرمازدگی} = \frac{\sum (\text{نمره سرمازدگی هر گروه} \times \text{تعداد میوه در هر گروه})}{\text{تمام میوه‌های بررسی شده}}$$

اندازه‌گیری نشت الکترولیت و یون پتاسیم

برای این اندازه‌گیری پنج میوه از هر تکرار مورد استفاده قرار گرفتند. ٦ حلقه به قطر ١٠ میلی متر شامل بافت آلبیدو و فلاویدو با پوست بر فرابر جدا شدند، وزن شده و در دو مرحله با آب دو بار تقطیر شده شسته شدند. سپس در یک ظرف شیشه‌ای ٥٠ میلی‌لیتری حاوی ٢٥ میلی‌لیتر محلول ٠/٢ مولار مانیتول در دمای ٠/٥±٢٠ درجه سانتی گراد غوطه‌ور گردیدند. قابلیت هدایت الکتریکی اولیه پس از چهار ساعت که روی دستگاه شیکر قرار گرفتند، با دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (Model 644, Metrohm, Swiss) اندازه‌گیری گردید. سپس ظروف در دمای ١٢٠ درجه سانتی گراد به مدت ٩٠ دقیقه اتوکلاو شدند. پس از سرد شدن، در دمای ٢٠ درجه سانتی گراد قابلیت هدایت الکتریکی کل اندازه گیری شد. مقدار نشت الکترولیت به عنوان درصدی از کل بیان گردید. برای اندازه‌گیری درصد نشت یون پتاسیم از همین روش استفاده شد، ولی مقدار یون پتاسیم توسط دستگاه شعله سنج[1] (Model PFP7, Jenway, England) اندازه‌گیری گردید (٢٧).

تعیین مقدار کلسیم

مقدار کلسیم بافت پوست (آلبیدو + فلاویدو) و گوشت به طور جدا گانه تعیین شد. به تقریب ١٠ گرم وزن تر پوست و یا گوشت پنج میوه تا ثابت ماندن وزن در دمای ٦٠ درجه سانتی گراد در آون، خشک و سپس آسیاب گردید. ٠/٠٠٥± ١ گرم از هر نمونه در دمای ٥٥٠ درجه سانتی گراد کوره خاکستر شده و پودر به دست آمده در ٥ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ٢ نرمال حل گردید. پس از رقیق کردن، مقدار کلسیم توسط طیف‌سنج جذب اتمی (Shimadzu AA670) اندازه‌گیری گردید. تمام مقادیر کلسیم بر اساس وزن خشک گزارش شد (١٤).

اندازه‌گیری ویژگی‌های آب میوه

آب پنج میوه از هر تکرار با آب میوه‌گیری برقی گرفته شد. مواد جامد محلول کل از قسمت شفاف آب میوه و پس از ته‌نشین شدن توسط قند-سنج[2] (Model ATC-1E, Atago, Japan) اندازه‌گیری شد. میزان اسید میوه بر اساس روش Indicator method تعیین گردید. پنج میلی‌لیتر از آب میوه که چند قطره فنل‌فتالین به آن افزوده شده بود، به طور مستقیم با NaOH ٠/٣ نرمال تیتر گردید. سپس مقدار اسید کل بر حسب درصد سیتریک اسید بیان گردید. میزان ویتامین C (آسکوربیک اسید) در ٥ میلی‌لیتر از آب میوه توسط روش Indophenol Titration Method تخمین زده شد (٣).

طرح آماری

این آزمایش به صورت اسپلیت-اسپلیت‌پلات که شامل عامل زمان انبار به عنوان تیمار اصلی در دو سطح ٦ و ١٢ هفته، عامل روش کاربرد کلرورکلسیم به عنوان تیمار فرعی در چهار سطح و عامل غلظت کلرورکلسیم به عنوان تیمار فرعی فرعی در هفت سطح در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن در سطح ٥٪ = P انجام شد. برخی از داده‌ها نیز توسط تحلیل رگرسیون خطی ساده مورد ارزیابی قرار گرفتند.

١- Flame photometer

٢- Refractometer

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

اثر تیمارهای مختلف و روش‌های کاربرد کلرورکلسیم بر مقدار کلسیم پوست و گوشت

افزایش غلظت محلول کلرورکلسیم تا میزان ۷/۵٪ به مقدار جزیی کلسیم پوست لیمو را افزایش داد. در تمام روش‌های کاربرد، یک رابطه خطی مثبت بین غلظت کلرورکلسیم و مقدار کلسیم پوست دیده شد. به گونه ای که ضرایب همبستگی در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری بین روش‌های مختلف کاربرد، در مقدار کلسیم جذب شده دیده نشد ولی، مقدار ضریب همبستگی هر روش متفاوت از روش دیگر بود. کمترین مقدار ضریب همبستگی (r=۰/۵۸) با روش ND به دست آمد. روشHD نسبت به روشND دارای ضریب همبستگی بیشتری بود (r=۰/۶۸). افزایش دمای محلول کلرورکلسیم نیز باعث شد ضریب همبستگی روش NVI که برابر با r=۰/۵۹ می‌باشد، با روش HVI به r=۰/۷۲ افزایش یابد.

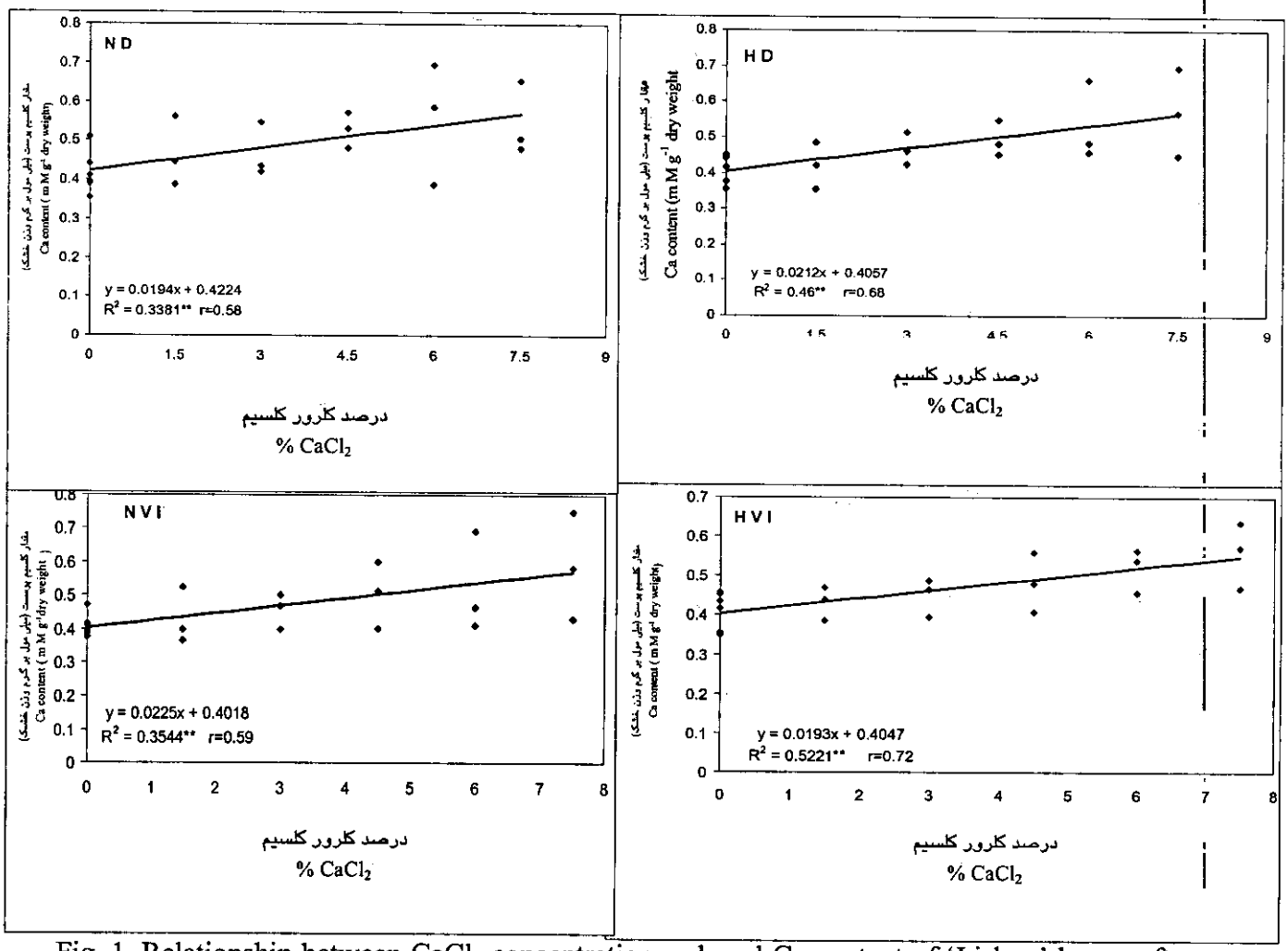

Fig. 1. Relationship between $CaCl_2$ concentration and peel Ca content of 'Lisbon' lemon after 6 weeks storage at 1.5°C with 85% RH and 1 additional week at 20°C, as influenced by different application methods of $CaCl_2$. Significant at P=%1 level.

شکل ۱- رابطه بین غلظت کلرورکلسیم و مقدار کلسیم پوست لیموی 'لیسبون' پس از نگهداری برای ٦ هفته در ۱/۵ درجه سانتی گراد با ۸۵٪ رطوبت نسبی و یک هفته دیگر در ۲۰ درجه سانتی گراد، به گونه ای که تحت تاثیر انواع روش‌های کاربرد کلرورکلسیم قرار گرفته است. معنی دار در سطح احتمال ۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر کلسیم در نمونه‌های گوشت به مراتب کمتر از مقدار کلسیم نمونه‌های پوست بود. مقادیر کلسیم نمونه‌های گوشت بین ۰/۰۸۹ تا ۰/۱۹۶ میکرومول بر گرم ماده خشک متغیر بود. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف هر روش و همچنین، روش‌های کاربرد کلرورکلسیم بر مقدار کلسیم گوشت مشاهده نشد.

اثر تیمارهای مختلف و روش‌های کاربرد کلرورکلسیم بر سرمازدگی

در انتهای دوره SMP، میوه‌هایی که به مدت ٦ هفته نگهداری شده بودند، سرمازدگی به نسبت کمی نشان دادند و در تمام روش‌های کاربرد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کلرورکلسیم روی شاخص سرمازدگی دیده نشد. از بین روش‌های کاربرد، تنها در روش HD و با ۴/۵٪ یا بیشتر کلرورکلسیم آسیب به پوست به شکل لکه‌های تغییر رنگ دیده شد. نشانه های سرمازدگی و آسیب به پوست به طور کامل جدای از هم بروز نمودند و بروز آسیب به پوست مانعی برای پیدایش نشانه های علایم سرمازدگی نشد.

در انتهای دوره SMP میوه‌هایی که به مدت ۱۲ هفته نگهداری شده بودند، سرمازدگی زیادی را نشان دادند و تفاوت بین تیمارها معنی‌دار گردید (شکل ۲). در روش ND، تمام تیمارهای کلرورکلسیم شدت سرمازدگی را نسبت به تیمار آب مقطر و بدون تیمار کاهش دادند. غلظت‌های کمتر یا بیشتر از ۳٪ کلرورکلسیم در تعدیل سرمازدگی کمتر موثر بودند و این تیمار موثرترین تیمار بود. در روش HD، آب داغ تنها به طور قابل ملاحظه سرمازدگی را در مقایسه با بدون تیمار کاهش داد. کاربرد آب داغ با کلرورکلسیم اثری در تعدیل سرمازدگی نداشت و در غلظت‌های بالا سرمازدگی را تشدید نمود. در روش NVI، تمام تیمارهای کلرورکلسیم شدت سرمازدگی را نسبت به تیمار آب مقطر و بدون تیمار کاهش دادند. تیمار ۱/۵٪ کلرورکلسیم در بین تیمارها کمترین سرمازدگی را نشان داد. وقتی که غلظت کلرورکلسیم افزایش یافت، تعدیل سرمازدگی منفی‌تر شد. در روش HVI، آب داغ تنها به مقدار جزیی، اما به طور معنی‌داری شدت سرمازدگی را نسبت به بدون تیمار تعدیل نمود. افزون کلرورکلسیم در آب داغ تاثیری در تعدیل سرمازدگی نداشت و حتی در غلظت‌های بالا سرمازدگی را نسبت به بدون تیمار تشدید نمود.

شاخص سرمازدگی نیز به طور معنی‌دار تحت تاثیر روش کاربرد کلرورکلسیم قرار گرفت (جدول ۱). روش‌های HD و HVI نسبت به روش معمولی این تیمارها (NVI و ND) سرمازدگی بیشتری نشان دادند. بیشترین شاخص سرمازدگی در روش HVI به دست آمد.

اثر تیمارهای مختلف و روش‌های کاربرد کلرورکلسیم بر کاهش وزن، نشت الکترولیت و یون پتاسیم

میوه‌هایی که به مدت ٦ یا ۱۲ هفته در دمای سرد و پس از آن در SMP نگهداری شده بودند، در تمام روش‌های کاربرد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کلرورکلسیم بر درصد نشت الکترولیت و یون پتاسیم آن ها مشاهده نشد؛ به جز این که در روش HD در غلظت ۷/۵٪ کلرورکلسیم و پس از ۱۲ هفته نگهداری میزان درصد نشت الکترولیت آن ها نسبت به آب داغ تنها و بدون تیمار افزایش یافت (داده‌ها آورده نشده‌اند).

www.SID.ir

Archive of SID

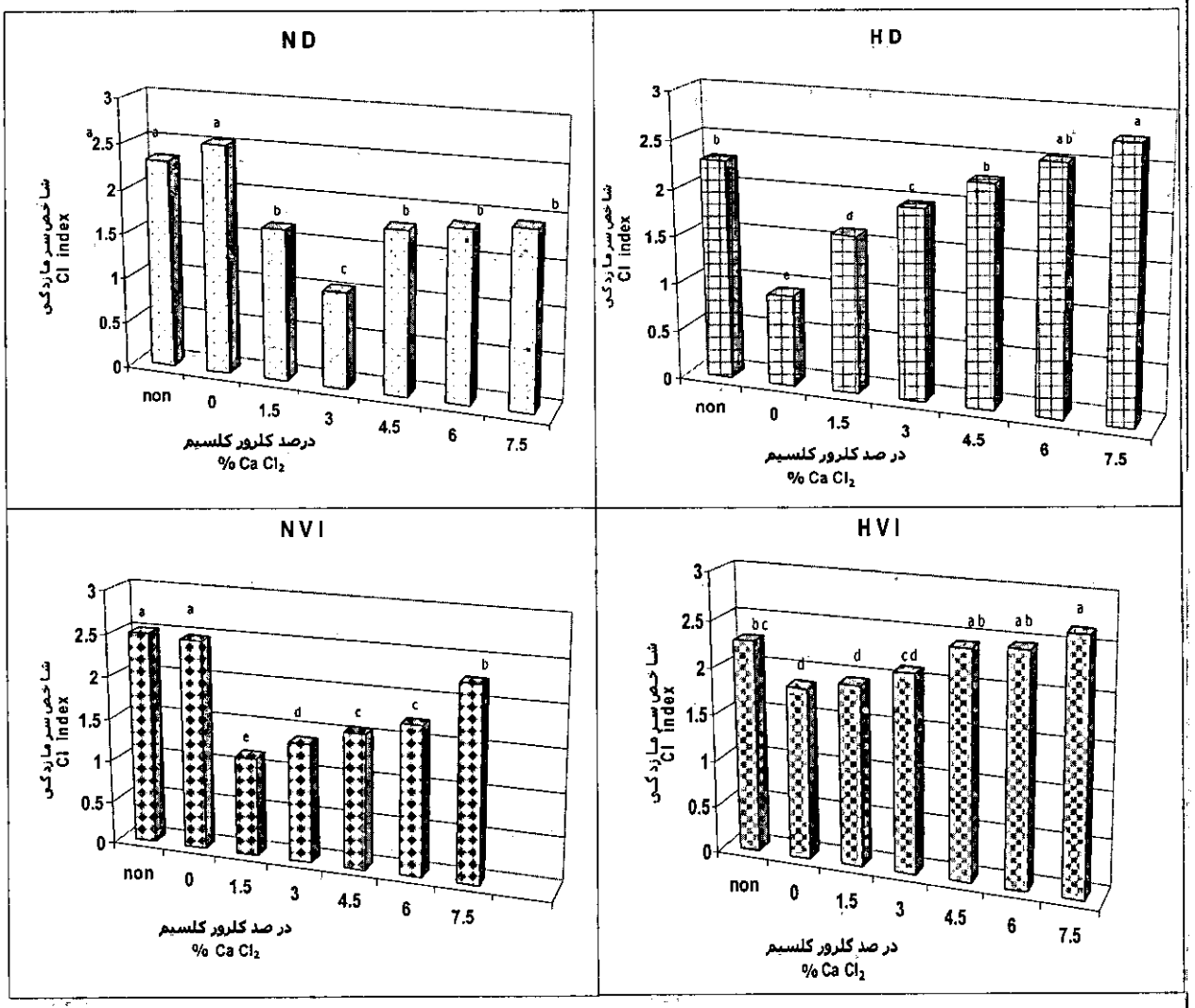

Fig. 2. Effect of $CaCl_2$ concentrations on chilling injury (CI) of 'Lisbon' lemon, as influenced by different application methods of $CaCl_2$. Fruits stored for 12 weeks at 1.5 °C with 85% RH and 1 additional week at 20 °C. Columns with the same letter are not significantly different by DMRT, at P=5% level.

شکل ۲- اثر غلظت‌های کلرورکلسیم بر آسیب سرمازدگی (CI) لیموی 'لیسبون'، به گونه ای که تحت تاثیر انواع روش‌های کاربرد کلرورکلسیم قرار گرفته است. میوه‌ها برای ۱۲ هفته در ۱/۵ درجه سانتی گراد با رطوبت نسبی ۸۵٪ و یک هفته دیگر در ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. ستون‌هایی که دارای حرف مشابه می‌باشند، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

طول مدت نگهداری در انبار سرد به طور معنی‌داری میزان درصد نشت الکترولیت و یون پتاسیم میوه‌های تیمار شده را تحت تاثیر قرار داد. در تمام روش‌های کاربرد، افزایش مدت زمان نگهداری از ٦ به ١٢ هفته باعث شد درصد نشت الکترولیت و یون پتاسیم میوه‌ها افزایش یابد (جدول۲). روش‌های کاربرد نیز روی درصد نشت الکترولیت و یون پتاسیم میوه‌های تیمار شده تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). میوه‌هایی که با روش ND تیمار شده بودند، نسبت به سایر روش‌ها میزان درصد نشت الکترولیت و یون پتاسیم کمتری داشتند. کاربرد همزمان دما با تیمارهای کلرورکلسیم در روش‌های HD و HVI شبیه به اثر سرمازدگی باعث افزایش درصد نشت الکترولیت و یون پتاسیم میوه‌ها شد.

www.SID.ir

Archive of SID

در تمام روش‌های کاربرد، تیمارهای کلرورکلسیم بر مقدار کاهش وزن میوه‌هایی که به مدت ٦ هفته و پس از آن در SMP نگهداری شده بودند، اثری نداشتند ولی، نگهداری طولانی‌تر میوه‌ها در دمای سرد (١٢ هفته) باعث شد اثر تیمارهای کلرورکلسیم بر درصد کاهش وزن میوه‌ها معنی‌دار گردد (جدول ٣)، به گونه ای که در روش‌های HD، NVI و HVI تیمارهای ٦ و ٧/٥٪ کلرورکلسیم باعث تشدید کاهش وزن میوه‌ها شدند. اثر روش‌های کاربرد بر کاهش وزن میوه‌ها نیز خیلی بارز بود (جدول ١). درصد کاهش وزن میوه‌هایی که با روش ND تیمار شده بودند، به مراتب کمتر از کاهش وزن میوه سایر روش‌ها بود و با روش NVI تفاوت معنی‌دار نشان داد.

به طور کلی، تحلیل رگراسیون خطی ساده نشان داد که بین شاخص سرمازدگی و عامل های کاهش وزن، نشت یون پتاسیم و نشت الکترولیت که تحت تاثیر تیمارهای کلرورکلسیم، روش‌های کاربرد و همچنین، مدت نگهداری در انبار قرار گرفتند، یک رابطه مثبت معنی‌دار وجود دارد. ضریب های این همبستگی به ترتیب ٠/٨٩٢، ٠/٨٢٦ و ٠/٦٤٤ برآورد گردید.

جدول ١- اثر روش‌های کاربرد کلرورکلسیم بر کیفیت بیرونی و درونی لیموی 'لیسبون'.

Table 1. Effects of $CaCl_2$ application methods on the external and internal quality of 'Lisbon' lemon.

روش کاربرد Application method	کیفیت بیرونی External quality				کیفیت درونی Internal quality		
	شاخص آسیب سرمازدگی CI index	کاهش وزن Weight loss (%)	نشت الکترولیت (درصد) Electrolyte leakage (%)	نشت K^+ (درصد) K^+ Leakage (%)	ویتامین C (میلی گرم در ١٠٠ میلی لیتر) Vitamin C (mg 100^{-1} ml)	اسیدیته کل (درصد) Total acidity (%)	مواد جامد محلول کل (درصد) TSS (%)
ND	1.31c†	11.05b	58.15b	61.34c	63.23a	6.61ab	8.64b
HD	1.39b	11.96ab	64.18a	67.7ab	61.49ab	6.78a	8.99a
NVI	1.32bc	12.25a	62.24ab	64.16bc	61.55ab	6.81a	8.95a
HVI	1.54a	11.86ab	64.98a	68.73a	59.03b	6.46b	8.63b

† Values within columns with the same letters are not significantly different by DMRT, at P=5% level.

† مقادیری که در ستون‌ها دارای حروف مشابه می‌باشند، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ٥٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

اثرات تیمارهای مختلف و روش‌های کاربرد کلرورکلسیم بر میزان ویتامین C، اسیدیته کل و TSS[1]

در تمام روش‌های کاربرد، تیمارهای مختلف کلرورکلسیم بر معیارهای کیفیتی آب میوه‌ها که به مدت ٦ یا ١٢ هفته در دمای سرد و پس از آن در SMP نگهداری شده بودند، اثر نگذاشتند ولی، طولانی شدن مدت نگهداری در دمای سرد از ٦ به ١٢ هفته باعث شد در تمام روش‌های کاربرد، میزان ویتامین C و اسیدیته کل میوه‌های تیمار شده کاهش محسوسی پیدا کند. میزان TSS میوه‌ها به جز در روش ND که پس از ١٢ هفته نسبت به ٦ هفته نگهداری کاهش یافت، در سایر روش‌های کاربرد با طولانی شدن انبار داری سرد تغییری نداشت (جدول ٢).

١- Total soluble solid

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- اثر زمان انبار بر کیفیت بیرونی و درونی لیموی 'لیسبون' به نحوی که تحت تاثیر انواع روش‌های کاربرد کلرورکلسیم قرار گرفته است.

Table 2. Effect of storage period on the external and internal quality of 'Lisbon' lemon, as influenced by various application methods of $CaCl_2$.

روش کاربرد Application method	زمان انبار (هفته) Storage period (week)†	کیفیت بیرونی External quality				کیفیت درونی Internal quality		
		شاخص آسیب سرمازدگی CI index	کاهش وزن (درصد) Weight loss (%)	نشت الکترولیت (درصد) Electrolyte leakage (%)	نشت K^+ (درصد) K^+ Leakage (%)	ویتامین C (میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) Vitamin C (mg 100^{-1} ml)	اسیدیته کل (درصد) Total acidity (%)	مواد جامد کل (درصد) TSS (%)
ND	6	0.74a††	7.25a	55.5a	51.0a	68.59a	7.17a	8.87a
	12	1.88b	14.85b	60.81b	71.68b	56.42b	6.06b	8.41b
HD	6	0.73a	8.05a	59.34a	59.24a	71.08a	7.30a	9.06a
	12	2.05b	15.4b	69.01b	76.16b	51.9b	6.27b	8.93a
NVI	6	0.78a	8.48a	56.8a	53.28a	67.77a	7.31a	8.94a
	12	1.87b	16.02b	67.68b	75.03b	55.34b	6.31b	8.95a
HVI	6	0.85a	7.38a	59.85a	56.54a	66.6a	6.90a	8.59a
	12	2.24b	16.35b	70.12b	80.91b	51.44b	6.02b	8.68a

† Fruits stored for 6 and 12 weeks at 1.5°C with 85% RH and 1 additional week at 20°C level.

†† Values within each column grouping followed by the same letters are not significantly different by DMRT, at P=5% level.

† میوه‌ها برای مدت ٦ و ١٢ هفته در ١/٥ درجه سانتی گراد با رطوبت نسبی ٨٥٪ و یک هفته اضافه در ٢٠ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

†† مقادیری که در هر گروه‌بندی ستونی دارای حروف مشابه می‌باشند، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ٥٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

ترکیب های شیمیایی آب میوه‌ها نیز همانند عامل های دیگر تحت تاثیر روش‌های کاربرد کلرورکلسیم قرار گرفتند (جدول ۱). میوه‌هایی که به روش ND تیمار شده بودند، دارای بیشترین میزان ویتامین C بودند؛ از سوی دیگر، تیمار با روش HVI میزان ویتامین C میوه‌ها را نسبت به روش ND به طور معنی‌داری کاهش داد. میزان ویتامین C میوه‌هایی که با روش HD و NVI تیمار شده بودند، در یک حد متوسط از مقدار کم روش ND و مقدار زیاد روش HVI قرار داشتند. میزان اسیدیته کل میوه‌هایی که با روش HVI تیمار شده بودند نیز کمتر از سایر روش‌ها بود و با روش‌های HD وHVI تفاوت معنی‌دار نشان داد. میزان TSS میوه‌ها که تحت تاثیر روش‌های کاربرد کلرورکلسیم قرار گرفته بود از الگوی معینی برخوردار نبود.

جدول ۳- اثر غلظت‌های کلرورکلسیم بر درصد کاهش وزن لیموی 'لیسبون' پس از نگهداری برای ۱۲ هفته در ۱/۵ درجه سانتی گراد با رطوبت نسبی ۸۵٪ و یک هفته دیگر در ۲۰ درجه سانتی گراد، به گونه ای که تحت تاثیر انواع روش‌های کاربرد کلرورکلسیم قرار گرفته است.

Table 3. Effect of $CaCl_2$ concentration on weight loss (%) of 'Lisbon' lemon after storage for 12 weeks at 1.5°C with 85% RH and 1 additional week at 20°C, as influenced by different $CaCl_2$ application methods.

$CaCl_2$ (%)	روش‌های کاربرد کلرورکلسیم $CaCl_2$ application methods			
	ND	HD	NVI	HVI
Non	14.56ab†	14.68bc	14.58c	15.51b
0	14.67ab	12.85b	14.68c	14.87b
1.5	13.60ab	14.67bc	15.22bc	15.33b
3	13.17b	15.59abc	15.70abc	15.53b
4.5	15.49ab	16.43ab	16.07abc	16.07ab
6	15.80ab	18.02a	17.7ab	18.24a
7.5	16.70a	18.92a	18.25a	18.91a

† Values within columns followed by the same letters are not significantly different by DMRT, at P=5% level.

† مقادیری که در ستون‌ها دارای حروف مشابه می‌باشند، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

بحث

با به کارگیری روش‌های مختلف کاربرد و غلظت‌های زیاد محلول کلرورکلسیم تا میزان ۷/۵٪، مقدار کلسیم پوست لیمو به مقدار جزیی افزایش یافت. بر خلاف سیب که نفوذ کلرورکلسیم در غلظت ۳/۶۹٪ یا بیشتر در بعضی حالت‌ها باعث آسیب سطحی به پوست شده است (۲۵)، در این آزمایش به جز غلظت ۴/۵٪ یا بیشتر کلرورکلسیم در دمای ۵۳ درجه سانتی گراد (روش HD) که باعث ایجاد لکه‌های تغییر رنگ یافته در سطح پوست لیمو گردید و بیشتر به برهمکنش دما مربوط می‌شود، در سایر روش‌های کاربرد، تیمارهای مختلف کلرورکلسیم اثر سوء بر سطح پوست میوه نداشتند. جویس و همکاران[۱] (۱۴) بیان داشته‌اند که برداشت میوه‌های انبه در مراحل مختلف بلوغ و نفوذ در خلاء آن ها با ٤٪ کلرورکلسیم در مدت ۱۰ دقیقه باعث نشده است که کلسیم به

۱- Joyce *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

درون گوشت میوه نفوذ کند. بر اساس این گزارش ها، می‌توان نتیجه گرفت که روپوست پوست لیمو نسبت به کاربرد پس از برداشت کلسیم تا حدودی نفوذ پذیر می‌باشد ولی، میزان نفوذپذیری در مقایسه با میوه سیب کمتر و در مقایسه با میوه‌هایی مانند انبه بیشتر است. در سیب کلسیم به دست آمده از تیمارهای پس از برداشت با کلرورکلسیم از راه عدسک‌ها و شکاف‌های کوتیکول وارد میوه می‌گردد (٤). معلوم شده است که در رشد و رسیدگی میوه مرکبات، لایه واکس اپی‌کوتیکول از حالت کریستال به فرم غیر متبلور در می‌آید، به گونه ای که همزمان با بلوغ و پیری، ساختار ظاهری میوه ناهموار و زبر شده و شبکه‌ای از شکاف‌های عمیق در آن ایجاد می‌گردد (١٠). حدس زده می‌شود که شکاف‌های موجود در لایه واکس اپی‌کوتیکول مسیرهایی برای جذب و ورود کلسیم به داخل پوست لیمو باشند. واکنش‌های فیزیولوژیکی میوه لیمو نسبت به کاربرد پس از برداشت کلسیم در این آزمایش و سایر پژوهش‌ها (٢٨) تایید کننده این نظریه می‌باشد.

افزایش ضریب همبستگی بین غلظت کلرورکلسیم به کار رفته و مقدار کلسیم پوست لیموهایی که با محلول گرم کلرورکلسیم تیمار شده‌اند، این حدس را قوت بخشید که ساختارهایی که در سطح میوه وجود دارند و از راه آن ها محلول کلرورکلسیم عبور می‌کند، تحت تاثیر دما قرار گرفته‌اند و افزایش دما باعث شده که کلسیم بهتر جذب پوست گردد. افزایش بازده کلسیم وقتی که همراه با آب داغ به کار می‌رود، در سایر میوه‌ها نیز اثبات شده است (١١).

پس از ٦ هفته نگهداری در دمای سرد، میزان سرمازدگی لیموهای تیمار شده به نسبت کم و اثر تیمارها معنی‌دار نبود ولی طولانی شدن مدت (١٢ هفته) نگهداری در دمای سرد باعث شد تیمارهای کلسیم و آب داغ میزان سرمازدگی و کاهش وزن میوه‌ها را نسبت به شاهد کاهش یا افزایش بدهند. عقیده بر این است که پدیده سرمازدگی به نسبت کم منجر به این نتیجه شده است، نه این که تیمارها موثر نبوده‌اند. لیمویی که در زمان برداشت بالغ‌تر باشد، کمتر مستعد پوست فرورفتگی ناشی از سرمازدگی در دمای پایین می‌باشد (١٣) و هر چه طول مدت انبارداری سرد بیشتر باشد، وقوع سرمازدگی نیز بیشتر است (٩). نتایج ما نیز با این یافته‌ها هماهنگی دارد. زیرا زمان برداشت لیموها در آذر ماه، یعنی بین برداشت زود در آبان ماه و برداشت دیر در دی ماه می‌باشد و همچنین، نگهداری کوتاه مدت (٩ هفته) باعث شده که سرمازدگی کمتر گسترش یابد.

کاربرد کلسیم برای کنترل سرمازدگی مرکبات به طور عمده روی نارنگی 'فورچون' به روش پیش از برداشت مورد بررسی قرار گرفته است. آیت-اوباهو و همکاران[1] (١) با کاربرد پیش از برداشت فرمول‌های مختلفی از ١ یا ٢٪ نیترات‌کلسیم، سرمازدگی نارنگی 'فورچون' را به میزان ٦٠-٤٠٪ کاهش دادند ولی، میزان کاهش وزن نسبت به شاهد افزایش یافت. ال‌هیلالی و همکاران[2] (٩) نیز با کاربرد پیش از برداشت فرمول‌های مختلفی از ١ و ٢ ٪ نیترات‌کلسیم، سرمازدگی نارنگی 'فورچون' را به ترتیب به میزان ١٦ و ١٣٪ نسبت به شاهد کاهش دادند. پیش از شروع آزمایش از اثرهای پس از برداشت کلسیم بر سرمازدگی مرکبات گزارشی پیدا نشد، اما گزارش اخیر دی‌آکینو و همکاران[3] (٧) همسو با نتایج پژوهش حاضر بود. آن ها گزارش کردند که کاربرد پیش و پس از برداشت کلسیم به طور معنی‌داری سرمازدگی نارنگی 'فورچون' را کنترل نموده، اما کاهش وزن نسبت به شاهد افزایش یافته است. این پژوهش افزون بر این که نقش کلسیم در کاهش سرمازدگی مرکبات و سایر میوه‌ها را نمود، نشان داد که کاربرد پس از برداشت کلسیم به روش غوطه‌وری (ND) در ٢٪ کلرورکلسیم

١- Ait-Oubahou *et al.* ٢- El-Hilali *et al.* ٣- D'Aquino *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

و روش نفوذ در خلاء (NVI) با ۱/۵٪ کلرورکلسیم بدون اثر بر کاهش وزن می‌توانند سرمازدگی میوه لیمو را حداکثر به ترتیب به میزان ۵۸/۸۹، و ۵۳/۲۵٪ نسبت به شاهد کاهش دهد.

در این بررسی دیده شد که تیمارهای گرمایی شامل غوطه‌وری در آب داغ ۵۳ درجه سانتی گراد برای مدت ۳ دقیقه و نیز نفوذ در خلاء آب داغ ٤٥ درجه سانتی گراد برای مدت ۱۰ دقیقه می‌توانند سرمازدگی لیموی 'لیسبون' را پس از ۱۲ هفته نگهداری در دمای سرد به ترتیب به میزان ۶۷/۵ و ۱۹/۲۹٪ نسبت به شاهد کاهش دهند. سودمندی اثر آب داغ بر کاهش حساسیت به سرمازدگی مرکبات و از جمله لیمو در سایر بررسی ها نشان داده شده است (۱۷، ۲۳). برخلاف انتظار افزودن کلرورکلسیم در آب داغ ۵۳ درجه سانتی گراد (روش HD) و آب داغ ٤٥ درجه سانتی گراد (روش NVI) باعث نشد سرمازدگی در مقایسه با آب داغ به تنهایی بیشتر کاهش یابد. از سوی دیگر، غلظت های زیاد کلرورکلسیم در آب داغ باعث تشدید سرمازدگی و همچنین، افزایش درصد کاهش وزن میوه‌ها گردیدند. اثر نامطلوب افزودن کلرورکلسیم درآب داغ نیز باعث شد میزان سرمازدگی، نشت الکترولیت و یون پتاسیم میوه‌های روش‌های HD و HVI در مقایسه با روش‌های ND و NVI به طور معنی‌داری افزایش یابد. حدس زده می‌شود که برهمکنش دما و کلسیم باعث برداشته شدن واکس‌های اپی‌کوتیکول که در تبادل آب از پوست نقش مهمی دارند، از دست رفتن پیوستگی غشاء (با نشت الکترولیت و یون پتاسیم اندازه‌گیری شده) و فروریختگی یاخته ای شده باشد. کاهش آب (وزن) در طی نگهداری در دمای سرد نیز به عنوان یک عامل موجب گسترش سرمازدگی در گریپ‌فروت گردیده است (۲۱). نظر به این که با کاربرد روش‌های معمولی، سرمازدگی میوه‌ها در دامنه غلظت ۱/۵ تا ۷/۵٪ کلرورکلسیم کاهش یافت، می‌توان نتیجه گرفت که در این بررسی دامنه غلظت کلرورکلسیم در دماهای آب داغ بهینه نمی‌باشد. شاید با به کارگیری غلظت‌های کمتر کلرورکلسیم در دماهای آب داغ بتوان اثر هم‌افزایی آن ها را در تعدیل سرمازدگی مشاهده نمود.

سرمازدگی در دما و غلظت‌های ویژه‌ای از کلرورکلسیم به طور موثر کاهش، کمتر کاهش و یا افزایش می یابد. بر اساس این نتایج حدس زده می‌شود که در لیمو فرآیند فیزیولوژیکی مقاومت به سرمازدگی در یک دامنه باریک از میزان کلسیم پوست ایجاد می‌گردد. به گونه ای که کمتر از این مقدار بحرانی موثر نیست و بیشتر از آن سرمازدگی را افزایش می دهد. با این آزمایش، مکانیزم عمل کلسیم در فرآیند سرمازدگی را نمی‌توان حدس زد ولی، پژوهش های انجام شده روی کلسیم یاخته ای ممکن است مکانیزم اثر دو گانه کلسیم بر سرمازدگی لیمو را تفسیر نماید. غلظت Ca^{2+} سیتوپلاسم در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان از جمله مقاومت به سرما نقش مهمی ایفا می‌کند. انواع تنش‌های محیطی از جمله شوک دمای سرد (بالاتر از صفر درجه سانتی گراد) باعث انتقال مقدار زیادی Ca^{2+} از فضای بیرون یاخته ای به درون سیتوپلاسم می گردد که برای ایجاد مقاومت و خوگیری به دماهای سردتر ضرورت دارد (۱۹)، اما باقی ماندن طولانی مقدار زیاد Ca^{2+} در سیتو پلاسم مضر است و اغلب در گیاهان حساس که در برابر تنش سرما قرار می‌گیرند، باعث انحراف فعالیت‌های متابولیکی و آسیب می‌گردد (۱۸).

انواع تیمارهای کلرورکلسیم و آب داغ به طور معنی‌داری سرمازدگی میوه‌های لیمو را کاهش یا افزایش دادند ولی بر سایر معیارهای کیفیت میوه شامل میزان ویتامین C، اسید وTSS تاثیری نداشتند. چنین نتایجی نیز از اثر آب داغ بر پرتقال در دمای سرد به دست آمده است (۲۸)، اما هماهنگ با افزایش زمان نگهداری و شدید شدن سرمازدگی میزان ویتامین C و اسید میوه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت. میوه‌های روش HVI که بیشترین سرمازدگی را نشان دادند نیز کمترین میزان ویتامین C و اسید را داشتند. کاهش میزان اسید و TSS در لیمو (۲) و ویتامین C در محصول های حساس گرمسیری و نیمه گرمسیری (۱۶) از اثرهای سرمازدگی می‌باشد

www.SID.ir

Archive of SID

که خیلی خوب شناخته شده‌اند. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که معیارهای کیفیت گوشت میوه لیمو زمانی تحت تاثیر قرار گرفته‌اند که سرمازدگی شدید شده است. آکس[1] نیز نشان داد که میزان تنفس و اتیلن لیمو با شدید شدن سرمازدگی بیشتر افزایش می‌یابد (۸). حدس زده می شود که شدت سرمازدگی اتمسفر داخلی میوه اثر گذارند و از این راه، متابولیسم ترکیبات گوشت میوه تحت تاثیر قرار گرفته اند. تغییر نشان ندادن مقدار TSS میوه های سرمازده ممکن است به کاهش آب (وزن) و غلیظ شدن مواد مربوط باشد به نحوی که این افزایش با TSS کاهش یا فته در اثرتنفس متعادل گردیده و موجب عدم بروز اختلاف در TSS شده است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مرکز تحقیقات حاجی‌آباد بندرعباس برای همکاری در تهیه میوه و همچنین، مرکز تحقیقات سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس برای در اختیار قرار دادن دستگاه اندازه‌گیری کلسیم قدردانی می شود.

REFERENCES منابع

1. Ait-Oubahou, A., E. El-Otmani, R. Taraf, M. Goumari, M. Talhi, E.B. Nadori, D. Ezzoubir and M. Hanich. 2003. Effect of preharvest foliar spray of K and Ca on the incidence of 'Fortune' mandarin fruit peel pitting in low temperature storage. Proc. Int. Soc. Citric. 414-416.
2. Artes, F., A.J. Escrich and J.G. Marin. 1993. Treating Primofior lemons in cold storage with intermittent warming and carbon dioxide. HortScience 28:819-821.
3. Association of Official Analytical Chemist. 2000. Official Methods of Analysis. 5th ed. Assn. Offic. Anal. Chemist. Washington D.C., U.S.A.
4. Betts, H.A. and W.J. Bramalage. 1977. Uptake of calcium by apples from postharvest dips in calcium chloride solutions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102:785-788.
5. Chaplin, G.R. and K.J. Scott. 1980. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored avocadoes. HortScience 15:514-515.
6. Cohen, E. and M. Schiffman-Nadel. 1978. Storage capability at different temperatures of lemons grown in Israel. Sci. Hort. 9:251-257.
7. D'Aquino, S., A. Palma, F. Fronteddu and M. Tedde. 2005. Effect of preharvest and postharvest calcium treatments on chilling injury and decay of cold stored 'Fortune' mandarins. Acta Hort. 682:631-637.
8. Eaks, I.L. 1980. Effect of chilling on respiration and volatiles of California lemon fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:865-869.
9. El-hilali, F., A. Ait-Oubahou, A. Remah and O. Akhaya. 2003. Chilling injury and peroxidase activity changes in Fortune mandarin fruit during low temperature storage. Bulg. J. Plant Physiol. 29:44-54.
10. Freeman, B., L.G. Albrigo and R.H. Biggs. 1979. Ultrastructure and chemistry of epicuticular waxes of developing *Citrus* leaves and fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:801-808.
11. Garcia, J.M., S. Herreva and A. Morilla. 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. J. Agr. Food Chem. 44:30-33.
12. Hewajulige, I., R. Wilson Wijeratnam, R. Wijesundera, and Abeysekera. 2003. Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple. J. Sci. Food Agr. 14:1451-1454.
13. Houk, L.G., J.F. Jenner and B.E. Mackey. 1990. Seasonal variability of the response of desert lemons to rind injury and decay caused by quarantine cold treatments. J. Hort. Sci. 65:611-617.

۱- Eaks

www.SID.ir

Archive of SID

14. Joyce, D.C., A.J. Shorter and P.D. Hockings. 2001. Mango fruit calcium levels and the effect of postharvest calcium infiltration at different maturities. Sci. Hort. 91:81-85.
15. Kader, A.A., and L.L. Morris. 1975. Amelioration of chilling injury symptoms on tomato fruits. HortScience. 10:324-326.
16. Lee, S.K. and A.A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol. Technol. 20:207-220.
17. McLauchlan, R.L., S.J. Underhill, J.M. Dahler and J.E. Giles. 1997. Hot water dipping and low temperature storage of Eureka lemons. Aust. J. Exp. Agr. 37:249-252.
18. Minorsky, P.V. 1985. A heuristic hypothesis of chilling injury in plants: A role for Ca^{2+} as the primary physiological transducer in injury. Plant Cell Environ. 8:75-94.
19. Monroy, A.F. and R.S. Dhindsa. 1993. Cold-induced changes in freezing tolerance, protein phosphorylation, and gene expression: Evidence for a role of calcium. Plant Physiol. 102:1227-1235.
20. Poovaiah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technol. 40:86-89.
21. Purvis, A.C. 1984. Importance of water loss in the chilling injury of grapefruit stored at low temperature. Sci. Hort. 23:261-267.
22. Qiu, Y., M.S. Nishina and R.E. Paull. 1995. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99:540-542.
23. Rodov, V., S. Ben-Yehoshua, R. Albagli and D.Q. Fang. 1995. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. Postharvest Biol. Technol. 5:119-127.
24. Roux, S.J. and R.D. Slocum. 1982. The role of calcium in mediating cellular functions important for growth and development in higher plants. In: Cheung, W.Y. (ed.), Calcium and Cell Function. Vol. 3. Academic Press, New York.
25. Saftner, R.A., W.S. Conway and C.E. Sams. 1998. Effects of postharvest calcium and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit-surface injury in Golden Delicious apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:294-298.
26. Saltveit, M.E. 2000. Discovery of chilling injury. In: Kung, S.D., Yang, S.F. (eds.), Discoveries in Plant Biology. Vol. 3. World Sci. Pub. Singapor. 423-448.
27. 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.
28. Schirra, M., M. Mulas, A. Fadda and E. Cauli. 2004. Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatments. Postharvest Biol. Technol. 31:191-200.
29. Tsantil, E., K. Konstantinidis, P.E. Athanasopoulos and C. Pontikis. 2002. Effect of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage. J. Hort. Sci. Biotech. 77:479-484.
30. Wang, C.E. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience 17:173-186.

www.SID.ir