

## نقش گرمادهی، کلرید کلسیم و پرمنگنات پتاسیم بر عمر انباری و سفتی گوشت میوه سیب گلدن دلیشنس

محمد سیاری و مجید راحمی<sup>۱</sup>

### چکیده

سیب گلدن دلیشنس با غلظت‌های کلرید کلسیم صفر، ۴ و ۶ درصد به مدت نیم دقیقه به روش نفوذ در خلا (۲۰۰ میلی‌متر جیوه) و گرمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد در سه سطح صفر، ۴۱ و ۷۲ ساعت تیمار شد. سپس میوه‌های تیمار شده به مدت ۲/۵ و ۵ ماه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۱۵ درصد، و پس از خروج از سردخانه به مدت یک هفته در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. نتایج نشان داد که کلرید کلسیم ۴ و ۶ درصد به طور معنی‌داری باعث افزایش غلظت کلسیم گوشت میوه پس از ۲/۵ و ۵ ماه در دمای صفر درجه شد. با افزایش میزان کلسیم گوشت میوه، سفتی بافت میوه نیز افزایش پیدا کرد، به طوری که بین غلظت کلسیم و سفتی گوشت میوه پس از ۲/۵ و ۵ ماه به ترتیب ضریب رگرسیون  $= 0.83$  و  $= 0.77$  به دست آمد. گرمادهی به مدت ۴۱ و ۷۲ ساعت باعث افزایش سفتی میوه نسبت به شاهد گردید. کلرید کلسیم ۴ و ۶ درصد همراه با گرمادهی به مدت ۴۱ ساعت پس از ۲/۵ و ۵ ماه نگهداری در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و در طول یک هفته نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد پس از خروج از سردخانه، سفتی گوشت میوه را به طور معنی‌داری افزایش داد. با افزایش غلظت کلرید کلسیم میزان از هم پاشیدگی میوه سیب کاهش یافت.

در آزمایش دوم میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم صفر، ۴ و ۶ درصد به روش نفوذ در خلا و پرمنگنات پتاسیم صفر، ۱۰ و ۲۰ گرم در هر کیسه به مدت ۲ و ۴ ماه همچون آزمایش قبل در سردخانه نگهداری شد. پرمنگنات پتاسیم به تنها بیان سفتی بافت میوه را به طور معنی‌داری افزایش داد، ولی در تیمارهایی که همراه با کلرید کلسیم به کار رفته بود تأثیر معنی‌داری بر سفتی گوشت میوه نداشت.

**واژه‌های کلیدی:** کلرید کلسیم، نفوذ در خلا، سفتی گوشت میوه، گرمادهی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار باطنی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

## مقدمه

کلی فعالیت‌های متابولیک در حین داشت و برداشت، و نیز نقش تنظیم‌کنندگی در فعالیت‌های آنزیمی و حیاتی سلول دارد، که باعث تنظیم ترشح آنزیم فسفاتاز و پروتئین کیناز در موقع رسیدگی میوه می‌شود (۲). از گزارش‌ها این گونه می‌توان نتیجه گرفت که کلسیم به دیواره سلولی استحکام بخشیده و عامل متصل کننده کمپلکس پکتین به پروتئین دیواره بین سلولی می‌باشد، که رسیدگی سبب را به تأخیر می‌اندازد، و چنانچه میوه دچار کمبود کلسیم نباشد، ساختمان دیواره سلولی کمتر تحت تأثیر فرایندهای منجر به رسیدگی و تخریب این دیواره قرار می‌گیرد (۴).

اتیلن مسئول برانگیختن واکنش‌های رسیدن در میوه است، و چنانچه اتیلن تولید شده در میوه کنترل شود فرایندهای رسیدگی کنترل صورت می‌گیرد. پرمنگنات پتاسیم و ازن می‌توانند اتیلن را با اکسید کردن از بین ببرند. پرمنگنات پتاسیم یک جاذب مؤثر اتیلن در انبار است، که به مقدار دو گرم به ازای هر کیلوگرم میوه به کار می‌رود (۷).

گرمادهی از تکنیک‌های غیر شیمیایی برای حفظ کیفیت میوه در انبار است، که اخیراً مورد توجه پژوهندگان قرار گرفته است. گرمادهی با کاهش اگزوپلی‌گالاکتوروناز و نیز مختلط کردن پاسخ فیزیولوژیک و معمول میوه به اتیلن، باعث می‌شود که سفتی بافت میوه در طول دوره انبارداری حفظ شود (۵)، ضمن این که گزارش شده باعث حفظ میوه در برابر نابسامانی‌های فیزیولوژیک و عوامل بیماری‌زا شده، رسیدن پس از برداشت آنها را تنظیم نموده و کاهش وزن میوه‌ها را به حداقل می‌رساند (۶).

در این پژوهش برای حفظ کیفیت میوه در طول دوره نگهداری در سردخانه و نیز برای جلوگیری از کاهش سریع کیفیت و سفتی بافت میوه در یک هفته پس از خروج از سردخانه (هنگامی که میوه باید به دست مصرف کننده برسد)، میوه‌ها با استفاده از آزمون نشاسته در مرحله بلوغ فیزیولوژیک برداشت شده، و پیش از انبار شدن توسط گرما، کلرید کلسیم و پرمنگنات پتاسیم تیمار گردیدند.

سبب از قدیمی‌ترین میوه‌هایی است که بشر آن را شناخته و برای تغذیه خود به پرورش و اهلی کردن آن اقدام نموده است. این میوه یکی از محصولات مهم باطنی محسوب شده و بالاترین میزان تولید آن به کشورهای چین، آمریکا و فرانسه تعلق دارد. در میان ده کشور عمده تولید کننده سبب، ایران مقام ششم را داشته و در سطح کشور پس از مرکبات مقام دوم را از نظر میزان تولید به خود اختصاص داده است (۱).

ورود ارقام معروف رد دلیشس (Red delicious) و گلدن دلیشس (Golden delicious) در دهه ۱۳۴۰-۱۳۵۰ به کشور و گسترش کشت این دو رقم، به ویژه گلدن دلیشس در بسیاری از نقاط ایران، باعث شد که میزان تولید به طور چشم‌گیری بالا رود. طبق آمار وزارت کشاورزی، تولید سبب در سال ۱۳۷۵ با سطح زیر کشت ۱۵۰ هزار هکتار، ۱/۹ میلیون تن بوده است (۱). افزایش تولید و عرضه بیش از حد میوه در فصل برداشت، و نیز پایین بودن قیمت‌ها، می‌طلبد که افزون بر فراوری محصول، مقداری از آن هم روانه سردخانه شود. نگهداری میوه در سردخانه هرچند تا حدودی موفق بوده و با کاهش دمای صفر درجه سانتی گراد تنفس میوه کم شده، از افت وزن، نرمی و ابتلا به بیماری‌های فیزیولوژیک تا حدودی جلوگیری می‌شود، ولی با این همه سبب در دوره انبارداری دچار ضایعاتی می‌گردد. برای کاستن از این ضایعات و حفظ بهینه کیفیت، اعمال مدیریت‌هایی همچون بسته‌بندی، حمل و نقل به روش استاندارد، مصرف واکس، برداشت در هنگام بلوغ، تیمار حرارتی و شیمیایی ضروری می‌باشد (۲).

بسیاری از منابع موجود گویای آن است که چنانچه سبب را پس از برداشت در محلول‌های با غلظت کم کلرور کلسیم غوطه‌ور کنیم و تحت شرایط حرارتی، فشار یا خلا کنترل شده‌ای قرار دهیم نسبت به سبب‌های تیمار نشده کیفیت و ماندگاری بهتری خواهد داشت (۸ و ۱۱). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند که کلسیم نقش مهمی در واکنش‌های منجر به رسیدگی، پیری، تنفس، بروز بیماری، تولید اتیلن و به طور

مواد جامد محلول میوه اندازه‌گیری شد و میوه‌ها به سردخانه منتقل و در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد نگهداری شدند. در فواصل ۲/۵ و ۵ ماه پس از انبار کردن، میوه‌ها از انبار خارج شده و بلافاصله و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در زمان تکرار به اجرا درآمد، که کرت اصلی شامل دو فاکتور کلرید کلسیم و گرما، و کرت فرعی شامل دو زمان (بلافاصله پس از خروج از انبار و یک هفته پس از خروج) بود. فاکتورهای آزمایش شامل کلرید کلسیم در سه سطح صفر، ۴ و ۶ درصد، گرما با سه سطح صفر، ۴۸ و ۷۲ ساعت و زمان در دو سطح بود. پس از تجزیه و تحلیل آماری نتایج میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's multiple range test) مقایسه شدند و ضریب همبستگی میزان کلسیم و سفتی بافت میوه محاسبه گردید. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و رسم منحنی‌ها و نمودارها به کمک نرم‌افزارهای Excel و Harvard Graph انجام شد.

چون میوه‌های انبار شده اتیلن تولید کرده و انباشته شدن اتیلن باعث پیری زودرس میوه‌ها و از دست رفتن کیفیت میوه می‌شود، در آزمایش جنبی دیگر کلرید کلسیم همراه با پرمنگنات پتاسیم در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ گرم در هر کيسه به کار برده شد. مراحل انجام این آزمایش همانند آزمون گذشته بود، با این تفاوت که به جای سطوح مختلف گرما، سه سطح پرمنگنات پتاسیم استفاده گردید، و میوه‌ها بر خلاف آزمایش اول پس از دو و چهار ماه انبارداری از سردخانه خارج شدند.

### نحوه اعمال تیمارها

پس از انتخاب میوه‌های یک اندازه در آزمایشگاه، میوه‌ها در محلول کلرید کلسیم ۴ و ۶ درصد (نمک کلرید کلسیم ۷/۷٪/۸ ساخت شرکت کیمیا مواد) تحت شرایط خلاً در آون خلاً (Vacuum Oven) به مدت ۳۰ ثانیه (۱۱) تیمار شدند. در هر

### مواد و روش‌ها

سیب‌های رقم گلدن دلیشنس تولید شده در شرایط آب و هوایی منطقه سپیدان استان فارس، در مرحله بلوغ فیزیولوژیک (که تأثیر بسزایی در عمر انباری میوه داشته و مرحله‌ای است که میوه مطلوب مصرف کننده نبوده ولی مناسب ارسال به انبار می‌باشد و هم‌چنین، در این مرحله افزایش تنفس فرازگرا در سیب و دیگر میوه‌های فرازگرا رخ می‌دهد) در سال ۱۳۷۸ از یک باع تجاری برداشت شده، پیش از انبار شدن با کلرید کلسیم و گرما تیمار گردیدند. بلوغ فیزیولوژیک به وسیله برداشت ۲۰ سیب از دو هفته پیش از موقع برداشت با استفاده از محلول ید در یدور پتاسیم تعیین گردید. پس از حدود یک دقیقه که سطح مقطع سیب در محلول فوق قرار داده شده بود شسته شد، و از میزان رنگ تیره آبی، میزان نشاسته تخمین زده شد. این عمل تا هنگام بلوغ فیزیولوژیک که میزان نشاسته به ۵۰٪ کاهش می‌یابد، هر دو روز یک بار انجام گردید. تیمار کلرید کلسیم در غلظت‌های صفر، ۴ و ۶ درصد به روش نفوذ در خلاً و گرمادهی در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد به مدت صفر، ۴۸ و ۷۲ ساعت انتخاب شد. این تیمارها به تنها یک توأم با یکدیگر اعمال شدند، که با در نظر گرفتن تیمار شاهد، تیمار به ترتیب زیر روی میوه‌ها صورت گرفت:

۱. کلرید کلسیم ۴ درصد
۲. کلرید کلسیم ۶ درصد
۳. گرمادهی به مدت ۴۸ ساعت
۴. گرمادهی به مدت ۷۲ ساعت
۵. کلرید کلسیم ۴ درصد و گرمادهی ۴۸ ساعت
۶. کلرید کلسیم ۴ درصد و گرمادهی ۷۲ ساعت
۷. کلرید کلسیم ۶ درصد و گرمادهی ۴۸ ساعت
۸. کلرید کلسیم ۶ درصد و گرمادهی ۷۲ ساعت
۹. تیمار شاهد بدون کلرید کلسیم و گرمادهی هر تیمار روی ۱۰ سیب در ۴ تکرار انجام گرفت و در کيسه‌های پلاستیکی ۲۴ سوراخه قرار داده شد. پس از انجام تیمارها، پارامترهای وزن، سفتی بافت میوه، میزان کلسیم و کل

میلی متر به داخل گوشت میوه فرو بردہ می شد، و میزان سفتی بافت میوه بر حسب کیلوگرم خوانده می شد.

برای اندازه گیری کلسیم گوشت میوه، خاکستر ۰/۵ گرم پودر میوه همراه با پنج میلی لیتر اسید کلریدریک دو نرمال مخلوط شده، به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده می شد، و میزان کلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Shimatzu AA670 اندازه گیری می گردید. مواد جامد محلول به وسیله دستگاه قندرستنی بر حسب درصد اندازه گیری شد. برای محاسبه میزان کاهش وزن، میوه ها پس از خروج از انبار بلا فاصله وزن شده، از وزن اولیه آنها کاسته می شد و کاهش وزن بر حسب درصد به دست می آمد. برای میوه هایی که پس از انبار یک هفته در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شده بودند، کاهش وزن در طول یک هفته به علاوه کاهش وزن در انبار، کل کاهش وزن را تشکیل می داد.

## نتایج و بحث

در بررسی میزان کلسیم گوشت میوه و اثر کلرید کلسیم و گرما، و برهمکنش آنها بر تغییرات این عنصر، مشاهده شد که با افزایش غلظت نمک کلسیم، کلسیم گوشت میوه افزایش یافته است. غلظت های ۴ و ۶ درصد کلرید کلسیم به طور معنی داری در سطح پنج درصد باعث افزایش کلسیم میوه شده است. ولی برهمکنش کلرید کلسیم و گرما، کلسیم را افزایش نداده است (جدول ۱).

بر پایه گزارش های پژوهندگان (۹ و ۱۰)، برای نگهداری موفق میوه در سرخانه میزان کلسیم میوه باید از یک سطح بحرانی بالاتر باشد، که این میزان با تغذیه خاکی و برگی گیاه حاصل نمی شود، زیرا حرکت کلسیم در گیاه با جریان تعرق همراه بوده و به نقاطی می رود که تعرق بیشتر است. از آن جا که در میوه تعرق کمتری صورت می گیرد، جریان شیره خام حاوی کلسیم نیز به طرف میوه کاهش پیدا می کند. از سویی، حرکت کلسیم در آوند آبکش به کندی صورت می گیرد، و کلسیم برگ نمی تواند به میوه انتقال یابد. علت دیگری که

تیمار تعدادی میوه داخل محلول کلرید کلسیم قرار گرفته، سپس ظرف محتوی میوه و محلول به آون خلاً منتقل شد. به منظور غوطه ور شدن یکنواخت میوه ها، ظرفی حاوی وزنه روی آنها قرار داده شد. فشار داخل آون به وسیله پمپی به ۲۵۰ میلی متر جیوه رسانده شد، و در ضمن برای جذب بیشتر کلسیم به داخل میوه، مقدار یک درصد ناشسته به محلول افزوده گردید (۲). هر تکرار شامل ۱۰ سیب بود، که در کیسه های پلاستیک به ابعاد ۳۵×۵۴ سانتی متر با ۲۴ سوراخ قرار گرفته، پس از کدگذاری به سرخانه منتقل می گردیدند.

اعمال تیمار گرمایی به این ترتیب بود که میوه ها پس از یکدست شدن در داخل کیسه قرار گرفته، به دمای ۳۸ درجه سانتی گراد انتقال می بافتند. در ضمن، تیمارهایی که لازم بود هم در کلرید کلسیم غوطه ور شوند و هم گرما ببیند، نخست در کلرید کلسیم قرار گرفته، پس از بسته بندی گرمادهی می شدند. به منظور جلوگیری از کاهش وزن و اتلاف آب میوه ها در مدت گرمادهی، ظروف محتوی آب در آون قرار می گرفت تا با افزایش رطوبت نسبی از کاهش وزن میوه ها جلوگیری شود. در آزمایش دوم که کلرید کلسیم همراه با پرمنگنات پتاسیم به کار بردہ شد، در تیمارهای دارای پرمنگنات پتاسیم، پس از بسته بندی میوه ها، کیسه های کوچک حاوی پرمنگنات پتاسیم در داخل بسته های میوه قرار می گرفت. برای بسته بندی پرمنگنات از نوعی کاغذ پلاستیک مخصوص شبیه آنچه که برای نگهداری مواد جاذب الرطوبه به کار می رود، استفاده شد، تا با نفوذ گاز اتیلن از درون آن محتوی کیسه با پرمنگنات اکسیده شود.

## روش اندازه گیری صفات مورد نظر

در هر دو آزمایش، مهم ترین کمیت های مورد اندازه گیری به ترتیب شامل سفتی بافت میوه، میزان کلسیم گوشت میوه، کاهش وزن میوه و مواد جامد محلول بود. برای اندازه گیری سفتی بافت میوه از فشارسنج دستی مدل Mc Cormic FT-327 استفاده شد. بدین منظور، لایه پوست روی میوه از دو طرف قرینه هم برداشته شده و نوک دستگاه فشارسنج با قطر ۱۱

جدول ۱. اثر برهمکنش تیمارهای کلرید کلسیم در خلا و گرمادهی (۳۸°C) بر غلظت کلسیم گوشت میوه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) پس از ۵ و ۲/۵ ماه نگهداری در سردخانه

میانگین	گرمادهی (ساعت)												درصد کلرید کلسیم	
	۷۲				۴۸				صفر					
	۵	ماه	۲/۵	ماه	۵	ماه	۲/۵	ماه	۵	ماه	۲/۵	ماه		
۴۳۶ <sup>C</sup>	۴۳۸ <sup>f</sup>		۴۵۳ <sup>f</sup>		۴۵۷ <sup>f</sup>		۴۳۴ <sup>f</sup>		۴۳۷ <sup>f</sup>		۳۹۶ <sup>f</sup>		صفرا	
۸۱۵ <sup>B</sup>	۹۲۰ <sup>bcd</sup>		۷۷۰ <sup>de</sup>		۸۰۴ <sup>cde</sup>		۷۷۰ <sup>de</sup>		۸۷۰ <sup>cde</sup>		۷۷۵ <sup>de</sup>		۴	
۱۰۹۷ <sup>A</sup>	۱۰۰۵ <sup>abc</sup>		۹۶۲ <sup>ab</sup>		۱۱۹۰ <sup>a</sup>		۱۰۱۹ <sup>ab</sup>		۱۱۹۸ <sup>a</sup>		۱۱۰۵ <sup>ab</sup>		۶	
	۸۰۵ <sup>A</sup>		۷۲۱ <sup>A</sup>		۸۱۷ <sup>A</sup>		۷۴۱ <sup>A</sup>		۸۳۵ <sup>A</sup>		۷۷۵ <sup>A</sup>		میانگین	

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

در بررسی اثر کلرید کلسیم و گرمادهی بر سفتی بافت میوه، مشاهده شد که با افزایش میزان غلظت محلول کلرید کلسیم، میزان سفتی به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده، و محلول‌های ۴ و ۶ درصد کلرید کلسیم، در سطح پنج درصد نسبت به شاهد و یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۲).

گرمادهی، هرچند به تنهایی توانست سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری بدهد، ولی روند کاهش سفتی میوه را نتوانست کاهش دهد. چنان که در جدول ۲ دیده می‌شود، سفتی بافت میوه‌های خارج شده پس از ۲/۵ ماه با میوه‌های خارج شده پس از پنج ماه اختلاف معنی‌دار دارند. ولی ۴۸ برهمکنش کلرید کلسیم ۶ درصد و گرمادهی به مدت ۴۸ ساعت توانسته سفتی بافت میوه را در فاصله زمانی ۲/۵ تا ۵ ماه انبارداری حفظ کرده و کاهش آن را به حداقل برساند. مشاهده می‌شود که اختلاف سفتی بافت میوه در دو زمان مذکور معنی‌دار نیست.

ولی مقایسه میانگین‌های سفتی بافت میوه در تیمارهای مختلف در هنگام خروج از انبار و یک هفته پس از آن، نشان می‌دهد که در مدت ۲/۵ ماه انبارداری، گرمادهی به مدت ۴۸ ساعت توانسته سفتی بافت میوه را تا یک هفته پس از خروج از سردخانه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حفظ کند. در میان تیمارها، تیمار کلرید کلسیم ۴ درصد و گرمادهی ۴۸ ساعت،

می‌توان برای کم اباشه شدن کلسیم در میوه بیان کرد، حرکت کلسیم به سمت نقاط در حال رشد فعال مانند نوک شاخه‌ها است، که محل ساخت اکسین هستند. حرکت رو به پایین اکسین موجب تقویت حرکت رو به بالای کلسیم می‌شود. فرضیه پذیرفته شده بر این اساس استوار است که وقتی رشد شاخه‌ها قوی است کلسیم از میوه خارج و به شاخه‌های در حال رشد انتقال می‌یابد (۴). این مسئله نیز موجب محدودیت بیشتر اباشه شدن کلسیم در میوه، پس از دوره سریع رشد شاخه می‌شود. ولی با پژوهش‌هایی که انجام شده، دریافت‌های که محلول‌پاشی درخت پیش از برداشت میوه نمی‌تواند کلسیم میوه را افزایش دهد (۴)، زیرا محلول‌پاشی بیشتر روی برگ‌ها صورت گرفته، کلسیم جذب شده در برگ نمی‌تواند به میوه انتقال یابد، و محلول‌پاشی مستقیم روی میوه نیز کاری بس دشوار است. بنابراین، بهترین روش برای افزایش کلسیم میوه نفوذ دادن کلسیم در شرایط خلا (Vacuum infiltration) و فشار (Pressure infiltration)، و نیز غوطه‌وری ساده است. در غوطه‌وری ساده، کلسیم کمتری وارد میوه می‌شود، و در شرایط فشار نیز ممکن است کلسیم میوه به حدی بالا برود که خسارت‌زا باشد. به همین دلیل، در این آزمون نفوذ کلسیم در شرایط خلا صورت گرفت، و باعث شد که میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد از کلسیم بیشتری برخوردار باشند (جدول ۱).

جدول ۲. اثر برهمکنش تیمارهای کلرید کلسیم در خلا و گرمادهی (۳۸°C) بر سفتی گوشت میوه (کیلوگرم) پس از ۵/۲ و ۵ ماه نگهداری در سردخانه

میانگین	گرمادهی (ساعت)												درصد کلرید کلسیم	
	۷۲				۴۸				صفر					
	ماه	۵	ماه	۲/۵	ماه	۵	ماه	۲/۵	ماه	۵	ماه	۲/۵		
۳/۹۶ <sup>C</sup>	۳/۸۵ <sup>i</sup>		۴/۸ <sup>de</sup>		۴/۰۷ <sup>h</sup>		۴/۳۵ <sup>g</sup>		۲/۹۷ <sup>j</sup>		۳/۷۵ <sup>i</sup>		صفر	
۴/۷۳ <sup>B</sup>		۴/۶ <sup>ef</sup>		۴/۸ <sup>de</sup>		۴/۴۵ <sup>fg</sup>		۴/۷۲ <sup>de</sup>		۴/۶ <sup>ef</sup>		۵/۱۵ <sup>b</sup>	۴	
۵/۰۵ <sup>A</sup>	۴/۹ <sup>cd</sup>		۵/۴ <sup>a</sup>		۴/۶۵ <sup>ef</sup>		۴/۷۷ <sup>de</sup>		۵/۱ <sup>bc</sup>		۵/۵۲ <sup>a</sup>	۶	میانگین	
۴/۴۵ <sup>D</sup>		۵ <sup>A</sup>		۴/۳۹ <sup>D</sup>		۴/۶۱ <sup>C</sup>		۴/۲۳ <sup>E</sup>		۴/۸ <sup>B</sup>				

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

محلول کلرید کلسیم نیز باعث افزایش کلسیم گوشت میوه شد. هنگامی که دیواره سلول‌های سطحی از کلسیم اشباع شد، احتمالاً کلسیم در فضای بین سلولی سلول‌های سطحی به صورت محلول در می‌آید، و به تدریج به فضای دیواره‌های سلولی با کلسیم کمتر حرکت می‌کند، و سرانجام اتصال بیشتر کلسیم با دیواره‌های سلولی، باعث سفتی بافت میوه خواهد شد. ولی سطوح بالای کلسیم محلول ممکن است اثر منفی بر غشای سلولی داشته، با ورود به سیتوسول (Sytosol) باعث آسیب بافت شود (۱۰).

بر اساس جدول ۵، کلرید کلسیم ۶٪ مواد جامد محلول را در مقایسه با شاهد افزایش داده است. مقایسه آنها در هنگام خروج میوه از سردخانه و یک هفته پس از آن نشان داد که تیمارهای گرما و برهمکنش آنها با کلسیم نتوانستند تأثیر معنی داری بگذارند (جدول ۵). اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم بر کاهش وزن نیز معنی دار نبود، ولی گرمادهی کاهش وزن میوه‌ها را، چه در طول دوره انبارداری و چه در طول یک هفته نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، به طور معنی داری کاهش داد (جدول ۶).

به نظر می‌رسد کم شدن کاهش وزن میوه‌ها در اثر گرما به این دلیل باشد که مقداری از واکس روی میوه در اثر گرما ذوب شده، نقاط تعریق در سطح میوه را که عدسکها و شکافها می‌باشند مسدود کرده، و مانع از دست رفتن بیش از حد آب می‌گردد.

بهترین تیمار در حفظ سفتی بافت میوه در طول یک هفته نگهداری در دمای ۲۰°C تشخیص داده شد (جدول ۳).

پس از پنج ماه انبارداری، گرمادهی به تنها یک به طور معنی داری سبب افزایش سفتی بافت میوه گردید. هرچند که بین تیمارهای ۴۸ و ۷۲ ساعت گرمادهی اختلاف معنی داری مشاهده نشد. از تیمارهای دیگری که سفتی بافت میوه را در طول یک هفته بهتر از گرمادهی حفظ کرد، برهمکنش کلرید کلسیم ۶ درصد و گرمادهی ۴۸ ساعت است، که کمترین اختلاف در میزان سفتی آنها دیده شد، و بالاترین میزان سفتی را نسبت به گرمادهی نشان دادند (جدول ۴).

سفتی زیاد بافت میوه، به اعتقاد بیشتر پژوهندگان، در انر غلظت زیاد کلسیم گوشت میوه است (۲، ۴، ۶ و ۱۰). پس از ۲/۵ و ۵ ماه انبارداری، ضریب رگرسیون (<sup>۲</sup>) بین میزان کلسیم میوه و سفتی آن به ترتیب ۰/۷۷ و ۰/۸۳ و کاملاً معنی دار بود (شکل‌های ۱ و ۲).

تاکنون دو مکانیزم کلی برای تأثیر کلسیم بر تغییرات سفتی بافت میوه و کیفیت آن پس از برداشت ارائه شده است. یکی اتصال کلسیم به دیواره سلولی است که به آن استحکام می‌بخشد، و دیگری برهمکنش کلسیم با وظایف و ساختار غشای سلولی است (۹).

در آزمایش حاضر، میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم در شرایط خلا نسبت به شاهد سفت‌تر باقی ماندند. افزایش غلظت

جدول ۳. اثر برهمکنش تیمار دمایی (۳۸°C) و نفوذ کلرید کلسیم در خلاً بر میزان سفتی گوشت میوه (کیلوگرم) سبب گلدن دلیشنس پس از ۲/۵ ماه نگهداری در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی گراد و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه

میانگین	مدت نگهداری						گرمادهی (ساعت)	
	۲/۵ ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			۲/۵ ماه در سردخانه (۰°C)				
	۷۲	۴۸	صفر	۷۲	۴۸	صفر		
۴/۱ <sup>C</sup>	۴/۳۲ <sup>hi</sup>	۴/۱۲ <sup>ij</sup>	۳/۲۷ <sup>k</sup>	۴/۸ <sup>def</sup>	۴/۳۵ <sup>ghi</sup>	۳/۷۵ <sup>j</sup>	صفر	
۴/۷۳ <sup>B</sup>	۴/۴۷ <sup>fgh</sup>	۴/۶۷ <sup>efg</sup>	۴/۵ <sup>fgh</sup>	۴/۸۲ <sup>def</sup>	۴/۷۲ <sup>efg</sup>	۵/۲ <sup>c</sup>	۴	
۵/۲۱ <sup>A</sup>	۵/۳۵ <sup>bc</sup>	۴/۵۷ <sup>fgh</sup>	۵/۰۷ <sup>cde</sup>	۵/۸۲ <sup>a</sup>	۴/۷۷ <sup>efg</sup>	۵/۶۷ <sup>ab</sup>	۶	
۴/۷۱ <sup>BC</sup>	۴/۴۵ <sup>DE</sup>	۴/۲۸ <sup>E</sup>	۵/۱۵ <sup>A</sup>	۴/۶۱ <sup>CD</sup>	۴/۸۷ <sup>B</sup>	میانگین	میانگین	

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

جدول ۴. اثر برهمکنش تیمار دمایی (۳۸°C) و نفوذ کلرید کلسیم در خلاً بر میزان سفتی گوشت میوه (کیلوگرم) سبب گلدن دلیشنس پس از پنج ماه نگهداری در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی گراد و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه

میانگین	مدت نگهداری						گرمادهی (ساعت)	
	پنج ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			پنج ماه در سردخانه (۰°C)				
	۷۲	۴۸	صفر	۷۲	۴۸	صفر		
۳/۴۴ <sup>C</sup>	۳/۵ <sup>g</sup>	۳/۵۷ <sup>fg</sup>	۳ <sup>i</sup>	۳/۵۷ <sup>fg</sup>	۳/۷۵ <sup>ef</sup>	۳/۲۵ <sup>h</sup>	صفر	
۳/۹۳ <sup>B</sup>	۳/۹۷۵ <sup>d</sup>	۳/۷۲ <sup>ef</sup>	۳/۶۵ <sup>fg</sup>	۴/۲۷ <sup>c</sup>	۴/۰۷ <sup>d</sup>	۳/۹ <sup>de</sup>	۴	
۴/۵۱ <sup>A</sup>	۴/۴۷ <sup>ab</sup>	۴/۵۰ <sup>a</sup>	۴/۳۵ <sup>bc</sup>	۴/۵۷ <sup>a</sup>	۴/۶۵ <sup>a</sup>	۴/۴۷ <sup>ab</sup>	۶	
۳/۹۸ <sup>B</sup>	۳/۹ <sup>BC</sup>	۳/۶۷ <sup>D</sup>	۴/۱۴ <sup>A</sup>	۴/۱۵ <sup>A</sup>	۳/۸۷ <sup>C</sup>	میانگین	میانگین	

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

جدول ۵. اثر برهمکنش تیمار دمایی (۳۸°C) و نفوذ کلرید کلسیم در خلاً بر میزان مواد جامد محلول گوشت میوه (درصد) سبب گلدن دلیشنس پس از پنج ماه نگهداری در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی گراد و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه

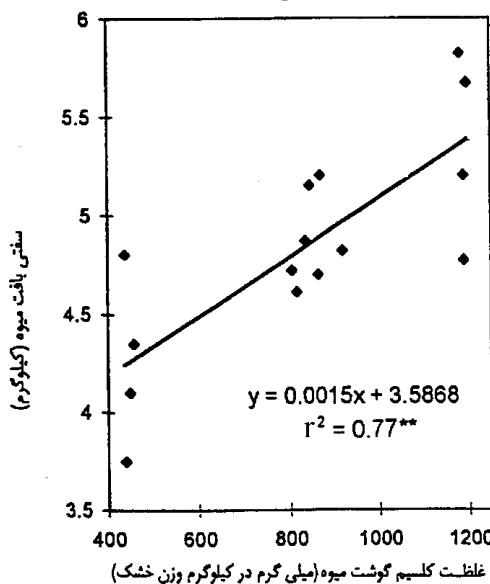
میانگین	مدت نگهداری						گرمادهی (ساعت)	
	پنج ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			پنج ماه در سردخانه (۰°C)				
	۷۲	۴۸	صفر	۷۲	۴۸	صفر		
۱۱/۳ <sup>B</sup>	۱۱/۱ <sup>bcd</sup>	۱۱/۳ <sup>bcd</sup>	۱۱/۸ <sup>abc</sup>	۱۰/۵ <sup>d</sup>	۱۱/۹ <sup>abc</sup>	۱۱/۳ <sup>bcd</sup>	صفر	
۱۱/۵ <sup>AB</sup>	۱۰/۹ <sup>cd</sup>	۱۱/۸ <sup>abc</sup>	۱۲/۳ <sup>ab</sup>	۱۱/۵ <sup>abc</sup>	۱۱/۵ <sup>abc</sup>	۱۱ <sup>cd</sup>	۴	
۱۱/۸ <sup>A</sup>	۱۲/۴ <sup>ab</sup>	۱۱/۶ <sup>abc</sup>	۱۲ <sup>abc</sup>	۱۲/۶ <sup>a</sup>	۱۱/۵ <sup>abc</sup>	۱۰/۹ <sup>cd</sup>	۶	
۱۱/۵ <sup>AB</sup>	۱۱/۶ <sup>AB</sup>	۱۱/۶ <sup>AB</sup>	۱۲ <sup>A</sup>	۱۱/۵ <sup>AB</sup>	۱۱/۶ <sup>AB</sup>	۱۱/۱ <sup>B</sup>	میانگین	

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

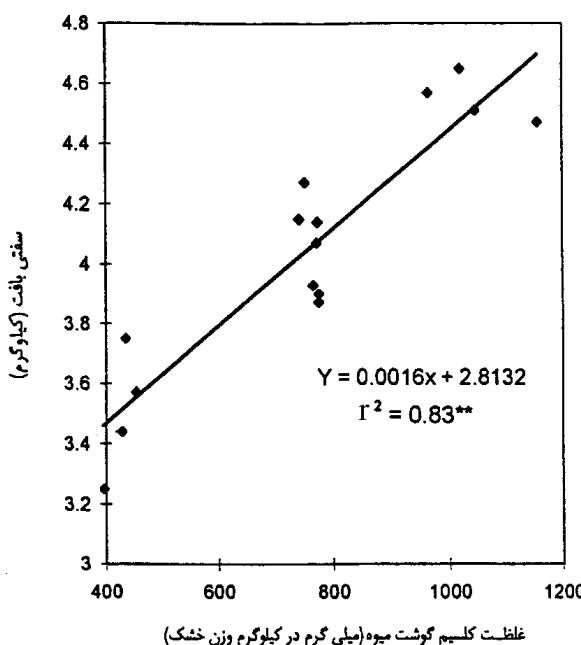
جدول ۶. اثر برهمکنش تیمار دمایی ( $38^{\circ}\text{C}$ ) و نفوذ کلرید کلسیم در خلاً بر میزان کاهش وزن (درصد) سب گلدن دلیشنس پس از پنج ماه نگهداری در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی گراد و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه

میانگین	مدت نگهداری						گر ماده‌ی (ساعت)	
	پنج ماه در سردخانه و یک هفته در $20^{\circ}\text{C}$			پنج ماه در سردخانه ( $0^{\circ}\text{C}$ )				
	۷۲	۴۸	صفر	۷۲	۴۸	صفر		
۷/۴۹ <sup>A</sup>	۷/۹ <sup>c</sup>	۸/۴ <sup>d</sup>	۹/۲۷ <sup>b</sup>	۷/۱ <sup>ig</sup>	۶/۴۵ <sup>h</sup>	۶/۸۵ <sup>g</sup>	صفر	
۷/۴۷ <sup>A</sup>	۸/۰ <sup>d</sup>	۸/۰۵ <sup>d</sup>	۹/۰۲ <sup>bc</sup>	۵/۸ <sup>jk</sup>	۶/۲۲ <sup>hi</sup>	۶/۷۲ <sup>g</sup>	۴	
۷/۷۴ <sup>A</sup>	۸/۱۲ <sup>e</sup>	۸/۸۷ <sup>c</sup>	۹/۹۷ <sup>a</sup>	۵/۷۵ <sup>k</sup>	۶/۳۷ <sup>h</sup>	۶/۳۷ <sup>f</sup>	۶	
۸/۱۷ <sup>C</sup>	۸/۶ <sup>B</sup>	۹/۴۲ <sup>A</sup>	۵/۸۹ <sup>F</sup>	۶/۳۵ <sup>E</sup>	۶/۹۸ <sup>D</sup>	۶/۹۸ <sup>D</sup>	میانگین	

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی‌دار نیستند.



شکل ۱. ارتباط غلظت کلسیم گوشت میوه و سفتی بافت میوه پس از ۲/۵ ماه نگهداری در سردخانه  
(\*): معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪



شکل ۲. ارتباط غلظت کلسیم گوشت میوه و سفتی بافت میوه پس از پنج ماه نگهداری در سردخانه (\*):  
معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪

جدول ۷. اثر بر همکنش تیمارهای کلرید کلسیم در خلا و پرمنگنات پتاسیم بر سفتی گوشت میوه (کیلوگرم) پس از ۲ و ۴ ماه نگهداری در سردخانه

میانگین	پرمنگنات پتاسیم (گرم)								درصد کلرید کلسیم
	۲۰		۱۰		صفر				
	۴ ماه	۲ ماه	۴ ماه	۲ ماه	۴ ماه	۲ ماه	۴ ماه	۲ ماه	
۴/۱۵ <sup>C</sup>	۴/۲ <sup>gh</sup>	۴/۶ <sup>fg</sup>	۴/۴ <sup>gh</sup>	۴/۱ <sup>hi</sup>	۳/۴ <sup>j</sup>	۳/۸ <sup>i</sup>	صفر	صفر	۴/۱۵ <sup>C</sup>
۵/۰۶ <sup>B</sup>	۵/۱ <sup>d</sup>	۵/۱ <sup>d</sup>	۵/۰۵ <sup>de</sup>	۵/۱ <sup>de</sup>	۴/۷ <sup>ef</sup>	۵/۱ <sup>d</sup>	۴	۴	۵/۰۶ <sup>B</sup>
۵/۸۰ <sup>A</sup>	۵/۹ <sup>ab</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۵/۷ <sup>abc</sup>	۵/۹ <sup>b</sup>	۵/۴ <sup>cd</sup>	۵/۶ <sup>bc</sup>	۶	۶	۵/۸۰ <sup>A</sup>
	۵/۱۱ <sup>AB</sup>	۵/۳ <sup>A</sup>	۵/۰۸ <sup>AB</sup>	۵/۰۵ <sup>BC</sup>	۴/۶۰ <sup>D</sup>	۴/۸۶ <sup>C</sup>	میانگین	میانگین	

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

و نتوانست اثر خود را آشکار سازد، ضمن این که اختلاف معنی داری بین سطوح ۱۰ و ۲۰ گرم آن دیده نشد (جدول ۷). حفظ سفتی بافت میوه پس از خروج از انبار به کمک پرمنگنات پتاسیم فقط در میوه‌هایی دیده شد که دوره نگهداری آنها در سردخانه دو ماه بود. در میوه‌هایی که دوره انبارداری آنها چهار ماه بود، پرمنگنات نتوانست در طول یک هفته پس از خروج میوه از انبار کاهش سفتی بافت میوه را حفظ کند. چنان که در جدول ۸ مشاهده می‌شود پس از دو ماه انبارداری در تیمارهایی که پرمنگنات پتاسیم وجود داشت، تفاوت سفتی بافت میوه بلا فاصله پس از انبار و یک هفته پس از آن معنی دار نیست؛ بدین معنی که کاهش سفتی بافت میوه کم بوده و قابل گذشت است. ولی در مجموع، پرمنگنات پتاسیم به همراه کلرید کلسیم اثر زیادی بر سفتی بافت میوه نگذاشت، ولی اثر کلرید کلسیم کاملاً آشکار بود، و سفتی بافت میوه تحت تأثیر آن بود. پرمنگنات پتاسیم به کار رفته در این آزمایش نتوانست سفتی بافت میوه را حفظ کند، که به احتمال زیاد در اثر جذب یا تحریب مقداری از اتیلن تولید شده توسط خود میوه می‌باشد (۷). هنگامی که اتیلن از محیط میوه حذف گردد، تحریک فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی با اتیلن صورت نگرفته، سفتی دیواره تا حدودی نگهداری می‌شود. ولی وقتی پرمنگنات همراه با کلرید کلسیم به کار برد شد اثر چشم‌گیری بر سفتی گوشت میوه نداشت. اثر کلسیم در استحکام

کلسیم با استقرار در دیواره سلولی به عنوان اتصال دهنده بین مولکولی، که به ترکیبات تیغه میانی ثبات می‌بخشد، ساختمان دیواره سلولی را حفظ می‌کند. از سویی، کلسیم ساختار و وظایف غشای سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، و با متصل کردن پروتئین‌های دارای نقش آنزیمی و غیر آنزیمی به فسفولیپیدهای غشای سلولی ایفای نقش کرده، بدین ترتیب از فعالیت آنزیم‌های تولید کننده اتیلن، که ساختاری پروتئینی داشته و به غشای سلولی متصل هستند، می‌کاهد. سرانجام، با تولید کمتر اتیلن، که تحریک کننده فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره یاخته‌ای است، دیواره یاخته‌ای کمتر تحریب شده و میوه‌های حاوی کلسیم سفت باقی می‌مانند. بنابراین، کلسیم با قرار گرفتن در دیواره سلولی و استحکام بخشیدن به آن، و نیز کاهش تولید اتیلن، در حفظ سفتی بافت میوه نقش خود را ایفا می‌کند (۳ و ۱۲).

در آزمایش دوم، که هدف بررسی اثر پرمنگنات پتاسیم و بر همکنش آن با کلرید کلسیم بود، دیده شد که اثر کلرید کلسیم همانند آزمون قبلی در حفظ سفتی بافت میوه کاملاً آشکار است، و تأییدی بر درستی نتایج آزمون قبلی می‌باشد (جدول ۷). ولی پرمنگنات پتاسیم، هر چند به تنها بی توانست تا حدودی سفتی بافت میوه را حفظ کند، ولی هنگامی که در تیماری همراه با کلرید کلسیم به کار رفت، اثر آن با نمک کلسیم پوشیده شد،

جدول ۸ اثر برهمکنش تیمار کلرید کلسیم و پرمنگات پتاسیم بر میزان سفتی گوشت میوه (کیلوگرم) سیب گلدن دلیشنس پس از دو ماه نگهداری در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی گراد و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه

میانگین	مدت نگهداری						گرمادهی (ساعت)
	دو ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			دو ماه در سردخانه (۰°C)			
	۲۰	۱۰	صفر	۲۰	۱۰	صفر	ز
۴/۱۹ <sup>C</sup>	۴/۵ <sup>ghi</sup>	۴/۱۵ <sup>hi</sup>	۳/۳۲ <sup>k</sup>	۴/۸ <sup>fg</sup>	۴/۳۵ <sup>hi</sup>	۴/۳ <sup>z</sup>	درصد کلرید کلسیم صفر
۵/۰۴ <sup>B</sup>	۵/۰۲ <sup>ef</sup>	۴/۸ <sup>fg</sup>	۵/۰۵ <sup>ef</sup>	۵/۱۷ <sup>e</sup>	۵/۰۷ <sup>c</sup>	۵/۱۲ <sup>c</sup>	۴
۶/۰۱ <sup>A</sup>	۶/۳۷ <sup>b</sup>	۵/۶۷ <sup>cd</sup>	۵/۴۵ <sup>d</sup>	۷/۷۵ <sup>c</sup>	۵/۹۲ <sup>c</sup>	۵/۹ <sup>c</sup>	۶
۵/۳۱ <sup>B</sup>	۴/۸۷ <sup>D</sup>	۴/۶۰ <sup>E</sup>	۵/۵۶ <sup>A</sup>	۵/۱۱ <sup>C</sup>	۵ <sup>CD</sup>	میانگین	

میانگین‌هایی که به ترتیب در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک هستند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی دار نیستند.

به طور کلی، هر عاملی که از تولید اتیلن جلوگیری کرده و یا آن را از بین ببرد، پیری را به تأخیر خواهد انداخت، زیرا اتیلن در رسیدن و پیری میوه‌ها مؤثر بوده، باعث تسریع رسیدن میوه‌ها می‌شود.

بعخشی به دیواره سلولی احتمالاً در نتیجه کاهش اثر هیدرولیز کنندگی اتیلن می‌باشد، و نیز با حضور کلسیم در دیواره سلولی، آنزیم‌هایی که با اتیلن فعال می‌شوند نمی‌توانند تأثیری بر دیواره سلولی بگذارند.

### منابع مورد استفاده

- اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی. ۱۳۷۶. آمارنامه کشاورزی.
- پورآذرنگ، ه. ۱۳۷۳. اثر کلرید کلسیم بر حفظ خصوصیات کیفی ارقام مهم سیب در سردخانه. پژوهش در علم و صنعت ۲۶: ۱۳-۲۳.
- Burg, S. P. and E. A. Burg. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. Plant Physiol. 37: 179-189.
- Clender, R. E. and J. Virk. 1990. Calcium, cell wall and growth. J. Am. Soc. Hort. Sci. 4: 9-15.
- Klein, J. D. and S. Lurie. 1992. Heat treatment for improving postharvest quality of horticultural crops. Hort. Technol. 2: 316-320.
- Klein, J. D., S. Lurie and R. B. Arie. 1990. Quality and cell wall components of Anna and Grong Smith apples treated with heat, calcium and ethylene. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115: 954-958.
- Krishnamoorthy, H. N. 1981. Plant growth substance including applications in agriculture. Chapter 5: Ethylene.
- Lidster, P. D. and S. W. Porritt. 1978. The effect of prestorage heating on ripening and senescence of apple during cold storage. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103: 584-587.
- Saftner, R. A., W. S. Conway and C. E. Sams. 1998. Effect of postharvest calcium and fruit coating treatment on postharvest life, quality maintenance, and fruit surface injury in Golden Delicious apples. J. Am. Soc. Hort. Sci. 123: 294-298.
- Saftner, R. A., W. S. Conway and C. E. Sams. 1998. Effect of postharvest calcium chloride treatment on tissue water retentions, cell wall calcium levels and postharvest life of Golden Delicious apples. J. Am. Soc. Hort. Sci. 123: 893-897.
- Scott, K. J. and R. B. H. Wills. 1977. Vacuum infiltration of calcium chloride: a method for reducing bitter pit and senescence of apple during storage at ambient temperature. Hort. Sci. 12: 71-72.
- Vaz, R. L. and D. G. Richardson. 1984. Effect of calcium on respiration rate, ethylene production and occurrence of cork spot in Anjou pears (*Pyrus communis* L.). Acta Horticulturae 157: 227-236.