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

محمد سیاری و مجید راحمی[۱]

چکیده

سیب گلدن دلیشس با غلظت‌های کلرید کلسیم صفر، ٤ و ٦ درصد به مدت نیم دقیقه به روش نفوذ در خلأ (۲۵۰ میلی‌متر جیوه) و گرمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد در سه سطح صفر، ٤٨ و ۷۲ ساعت تیمار شد. سپس میوه‌های تیمار شده به مدت ۲/۵ و ۵ ماه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد، و پس از خروج از سردخانه به مدت یک هفته در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

نتایج نشان داد که کلرید کلسیم ٤ و ٦ 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 r^2=۰/۷۷ و r^2=۰/۸۳ به دست آمد. گرمادهی به مدت ٤٨ و ۷۲ ساعت باعث افزایش سفتی میوه نسبت به شاهد گردید. کلرید کلسیم ٤ و ٦ درصد همراه با گرمادهی به مدت ٤٨ 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، ٤ و ٦ درصد به روش نفوذ در خلأ و پرمنگنات پتاسیم صفر، ۱۰ و ۲۰ گرم در هر کیسه به مدت ۲ و ٤ ماه همچون آزمایش قبل در سردخانه نگهداری شد. پرمنگنات پتاسیم به تنهایی 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 خلأ، سفتی گوشت میوه، گرمادهی*

---

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

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

مقدمه

سیب 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 باغبانی محسوب شده و بالاترین میزان تولید آن به کشورهای چین، آمریکا و فرانسه تعلق دارد. در میان ده کشور عمده تولید کننده سیب، 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 ۱۳۵۰-۱۳٤۰ 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 سیب 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 دما تا صفر درجه سانتی‌گراد تنفس میوه کم شده، از افت وزن، نرمی و ابتلا به بیماری‌های فیزیولوژیک تا حدودی جلوگیری می‌شود، ولی با این همه سیب 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 سیب را پس از برداشت در محلول‌های با غلظت کم کلرور کلسیم غوطه‌ور کنیم و تحت شرایط حرارتی، فشار یا خلأ کنترل شده‌ای قرار دهیم نسبت به سیب‌های 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 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 سیب 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 (٤).

اتیلن مسئول برانگیختن واکنش‌های رسیدن در میوه است، و چنانچه اتیلن تولید شده در میوه کنترل شود فرایندهای رسیدگی کندتر 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 اگزوپلی‌گالاکتورونناز و نیز مختل 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 (٦).

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.

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

مواد و روش‌ها

سیب‌های رقم گلدن دلیشس 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 باغ تجارتی 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، ٤ و ٦ درصد به روش نفوذ در خلأ و گرمادهی در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد به مدت صفر، ٤٨ و ۷۲ ساعت انتخاب شد. این تیمارها به تنهایی و توأم با یکدیگر اعمال شدند، که با در نظر گرفتن تیمار شاهد، ۹ تیمار به ترتیب زیر روی میوه‌ها صورت گرفت:

۱. کلرید کلسیم ٤ درصد
۲. کلرید کلسیم ٦ درصد
۳. گرمادهی به مدت ٤٨ ساعت
٤. گرمادهی به مدت ۷۲ ساعت
۵. کلرید کلسیم ٤ درصد و گرمادهی ٤٨ ساعت
٦. کلرید کلسیم ٤ درصد و گرمادهی ۷۲ ساعت
۷. کلرید کلسیم ٦ درصد و گرمادهی ٤٨ ساعت
۸. کلرید کلسیم ٦ درصد و گرمادهی ۷۲ ساعت
۹. تیمار شاهد بدون کلرید کلسیم و گرمادهی

هر تیمار روی ۱۰ سیب در ٤ تکرار انجام گرفت و در کیسه‌های پلاستیکی ۲٤ سوراخه قرار داده شد. پس از انجام تیمارها، پارامترهای وزن، سفتی بافت میوه، میزان کلسیم و کل 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 (Split plot in time)، در چارچوب طرح کاملاً تصادفی با چهار 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، ٤ و ٦ درصد، گرما با سه سطح صفر، ٤٨ 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 کیسه 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 ٤ و ٦ درصد (نمک کلرید کلسیم ۷۷/۸٪ ساخت شرکت کیمیا مواد) تحت شرایط خلأ در آون خلأ (Vacuum Oven) به مدت ۳۰ ثانیه (۱۱) تیمار شدند. در هر

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

تیمار تعدادی میوه داخل محلول کلرید کلسیم قرار گرفته، سپس ظرف محتوی میوه و محلول به آون خلأ منتقل شد. به منظور غوطه‌ور شدن یک‌نواخت میوه‌ها، ظرفی حاوی وزنه روی آنها قرار داده شد. فشار داخل آون به وسیلهٔ پمپی به ۲۵۰ میلی‌متر جیوه رسانده شد، و در ضمن برای جذب بیشتر کلسیم به داخل میوه، مقدار یک درصد نشاسته به محلول افزوده گردید (۲). هر تکرار شامل ۱۰ سیب بود، که در کیسه‌های پلاستیک به ابعاد ۳۵×۵٤ سانتی‌متر با ۲٤ سوراخ قرار گرفته، پس از کدگذاری به سردخانه منتقل می‌گردیدند.

اعمال تیمار گرمایی به این ترتیب بود که میوه‌ها پس از یکدست شدن در داخل کیسه قرار گرفته، به دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد انتقال می‌یافتند. در ضمن، تیمارهایی که لازم بود هم در کلرید کلسیم غوطه‌ور شوند و هم گرما ببینند، نخست در کلرید کلسیم قرار گرفته، پس از بسته‌بندی گرمادهی می‌شدند. به منظور جلوگیری از کاهش وزن و اتلاف آب میوه‌ها در مدت گرمادهی، ظروف محتوی آب در آون قرار می‌گرفت تا با افزایش رطوبت نسبی از کاهش وزن میوه‌ها جلوگیری شود.

در آزمایش دوم که کلرید کلسیم همراه با پرمنگنات پتاسیم به کار برده شد، در تیمارهای دارای پرمنگنات پتاسیم، پس از بسته‌بندی میوه‌ها، کیسه‌های کوچک حاوی پرمنگنات پتاسیم در داخل بسته‌های میوه قرار می‌گرفت. برای بسته‌بندی پرمنگنات از نوعی کاغذ پلاستیک مخصوص شبیه آنچه که برای نگهداری مواد جاذب‌الرطوبه به کار می‌رود، استفاده شد، تا با نفوذ گاز اتیلن از درون آن محتوی کیسه با پرمنگنات اکسیده شود.

روش اندازه‌گیری صفات مورد نظر

در هر دو آزمایش، مهم‌ترین کمیت‌های مورد اندازه‌گیری به ترتیب شامل سفتی بافت میوه، میزان کلسیم گوشت میوه، کاهش وزن میوه و مواد جامد محلول بود. برای اندازه‌گیری 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 میلی‌متر به داخل گوشت میوه فرو برده می‌شد، و میزان سفتی بافت میوه بر حسب کیلوگرم خوانده می‌شد.

برای اندازه‌گیری کلسیم گوشت میوه، خاکستر ۰/۵ گرم پودر میوه همراه با پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال مخلوط شده، به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شد، و میزان کلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Shimatzu-AA670 اندازه‌گیری می‌گردید. مواد جامد محلول به وسیلهٔ دستگاه قندسنج دستی بر حسب درصد اندازه‌گیری شد. برای محاسبه میزان کاهش وزن، میوه‌ها پس از خروج از انبار بلافاصله وزن شده، از وزن اولیه آنها کاسته می‌شد و کاهش وزن برحسب درصد به دست می‌آمد. برای میوه‌هایی که پس از انبار یک هفته در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بودند، کاهش وزن در طول یک هفته به علاوه کاهش وزن در انبار، کل کاهش وزن را تشکیل می‌داد.

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. غلظت‌های ٤ و ٦ درصد کلرید کلسیم به طور معنی‌داری در سطح پنج درصد باعث افزایش کلسیم میوه شده است. ولی برهمکنش کلرید کلسیم و گرما، کلسیم را افزایش نداده است (جدول ۱).

بر پایهٔ گزارش‌های پژوهندگان (۹ و ۱۰)، برای نگهداری موفق میوه در سردخانه میزان کلسیم میوه باید از یک سطح بحرانی بالاتر باشد، که این میزان با تغذیه خاکی و برگی گیاه حاصل نمی‌شود، زیرا حرکت کلسیم در گیاه با جریان تعرق همراه بوده و به نقاطی می‌رود که تعرق بیشتر است. از آن جا که در میوه تعرق کمتری صورت می‌گیرد، جریان شیره خام حاوی کلسیم نیز به طرف میوه کاهش پیدا می‌کند. از سویی، حرکت کلسیم در آوند آبکش به کندی صورت می‌گیرد، و کلسیم برگ نمی‌تواند به میوه انتقال یابد. علت دیگری که

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

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

	گرمادهی (ساعت)						
	صفر		٤٨		٧٢		
درصد کلرید کلسیم	۲/۵ ماه	۵ ماه	۲/۵ ماه	۵ ماه	۲/۵ ماه	۵ ماه	میانگین
صفر	٣٩٦^{f}	٤٣٧^{f}	٤٣٤^{f}	٤٥٧^{f}	٤٥٣^{f}	٤٣٨^{f}	٤٣٦^{C}
٤	٧٧٥^{de}	٨٧٠^{cde}	٧٧٠^{de}	٨٠٤^{cde}	٧٧٠^{de}	٩٢٠^{bcd}	٨١٥^{B}
٦	١١٥٥^{ab}	١١٩٨^{a}	١٠١٩^{ab}	١١٩٠^{a}	٩٦٢^{ab}	١٠٥٧^{abc}	١٠٩٧^{A}
میانگین	٧٧٥^{A}	٨٣٥^{A}	٧٤١^{A}	٨١٧^{A}	٧٢١^{A}	٨٠٥^{A}	

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.

می‌توان برای کم انباشته 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 (٤). این مسئله نیز موجب محدودیت بیشتر انباشته شدن کلسیم در میوه، پس از دوره سریع رشد شاخه می‌شود. ولی با پژوهش‌هایی که انجام شده، دریافته‌اند که محلول‌پاشی درخت پیش از برداشت میوه نمی‌تواند کلسیم میوه را افزایش دهد (٤)، 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 خلأ (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 خلأ صورت گرفت، و باعث شد که میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد از کلسیم بیشتری برخوردار باشند (جدول ۱).

در بررسی اثر کلرید کلسیم و گرما بر سفتی بافت میوه، مشاهده شد که با افزایش میزان غلظت محلول کلرید کلسیم، میزان سفتی به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده، و محلول‌های ٤ و ٦ 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 برهمکنش کلرید کلسیم ٦ درصد و گرمادهی به مدت ٤٨ 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 ٤٨ 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 ٤ درصد و گرمادهی ٤٨ ساعت،

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

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

	گرمادهی (ساعت)						
	صفر		٤٨		٧٢		
درصد کلرید کلسیم	۲/۵ ماه	۵ ماه	۲/۵ ماه	۵ ماه	۲/۵ ماه	۵ ماه	میانگین
صفر	۳/۷۵^{i}	۲/۹۷^{j}	٤/۳۵^{g}	٤/۰۷^{h}	٤/۸^{de}	۳/۸۵ ^{i}	۳/۹٦^{C}
٤	۵/۱۵^{b}	٤/٦^{ef}	٤/۷۲^{de}	٤/٤۵ ^{fg}	٤/۸^{de}	٤/٦^{ef}	٤/۷۳^{B}
٦	۵/۵۲^{a}	۵/۱ ^{bc}	٤/۷۷^{de}	٤/٦۵^{ef}	۵/٤^{a}	٤/۹^{cd}	۵/۰۵^{A}
میانگین	٤/۸^{B}	٤/۲۳^{E}	٤/٦۱^{C}	٤/۳۹^{D}	۵^{A}	٤/٤۵^{D}	

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.

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 تنهایی به طور معنی‌داری سبب افزایش سفتی بافت میوه گردید. هرچند که بین تیمارهای ٤٨ و ٧٢ ساعت گرمادهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

از تیمارهای دیگری که سفتی بافت میوه را در طول یک هفته بهتر از گرمادرمانی حفظ کرد، برهمکنش کلرید کلسیم ٦ درصد و گرمادهی ٤٨ ساعت است، که کمترین اختلاف در میزان سفتی آنها دیده شد، و بالاترین میزان سفتی را نسبت به گرمادهی نشان دادند (جدول ٤).

سفتی زیاد بافت میوه، به اعتقاد بیشتر پژوهندگان، در اثر غلظت زیاد کلسیم گوشت میوه است (۲، ٤، ٦ و ۱۰). پس از ۲/۵ و ۵ ماه انبارداری، ضریب رگرسیون (r^2) بین میزان کلسیم میوه و سفتی آن به ترتیب ۰/۷۷ و ۰/۸۳ و کاملاً معنی‌دار 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 خلأ نسبت به شاهد سفت‌تر باقی ماندند. افزایش غلظت 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 سیتوسل (Sytosol) باعث آسیب بافت شود (۱۰).

بر اساس جدول ۵، کلرید کلسیم ٦٪، 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 معنی‌داری بگذارند (جدول ۵). اثر سطوح مختلف کلرید کلسیم بر کاهش وزن نیز معنی‌دار نبود، ولی گرمادهی کاهش وزن میوه‌ها را، چه در طول دوره انبارداری و چه در طول یک هفته نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ٦).

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.

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

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

گرمادهی (ساعت)	مدت نگهداری						
	۲/۵ ماه در سردخانه (۰°C)			۲/۵ ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			
درصد کلرید کلسیم	صفر	٤٨	٧٢	صفر	٤٨	٧٢	میانگین
صفر	٣/٧٥^{j}	٤/٣٥^{ghi}	٤/٨^{def}	٣/٢٧٥^{k}	٤/١٢^{ij}	٤/٣٢^{hi}	٤/١^{C}
٤	٥/٢^{c}	٤/٧٢^{efg}	٤/٨٢^{def}	٤/٥^{fgh}	٤/٦٧^{efg}	٤/٤٧^{fgh}	٤/٧٣^{B}
٦	٥/٦٧^{ab}	٤/٧٧^{efg}	٥/٨٢^{a}	٥/٠٧^{cde}	٤/٥٧^{fgh}	٥/٣٥^{bc}	٥/٢١^{A}
میانگین	٤/٨٧^{B}	٤/٦١^{CD}	٥/١٥^{A}	٤/٢٨^{E}	٤/٤٥^{DE}	٤/٧١^{BC}	

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.

جدول ٤. اثر برهمکنش تیمار دمایی (۳۸°C) و نفوذ کلرید کلسیم در خلأ بر میزان سفتی گوشت میوه (کیلوگرم) سیب گلدن دلیشس پس از پنج ماه نگهداری در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی‌گراد و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه

گرمادهی (ساعت)	مدت نگهداری						
	پنج ماه در سردخانه (۰°C)			پنج ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			
درصد کلرید کلسیم	صفر	٤٨	٧٢	صفر	٤٨	٧٢	میانگین
صفر	٣/٢٥^{h}	٣/٧٥^{ef}	٣/٥٧^{fg}	٣^{i}	٣/٥٧^{fg}	٣/٥^{g}	٣/٤٤^{C}
٤	٣/٩^{de}	٤/٠٧^{d}	٤/٢٧^{c}	٣/٦٥^{fg}	٣/٧٢^{ef}	٣/٩٧٥^{d}	٣/٩٣^{B}
٦	٤/٤٧^{ab}	٤/٦٥^{a}	٤/٥٧^{a}	٤/٣٥^{bc}	٤/٥٥^{a}	٤/٤٧^{ab}	٤/٥١^{A}
میانگین	٣/٨٧^{C}	٤/١٥^{A}	٤/١٤^{A}	٣/٦٦^{D}	٣/٩^{BC}	٣/٩٨^{B}	

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.

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

گرمادهی (ساعت)	مدت نگهداری						
	پنج ماه در سردخانه (۰°C)			پنج ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			
درصد کلرید کلسیم	صفر	٤٨	٧٢	صفر	٤٨	٧٢	میانگین
صفر	١١/٣^{bc}	١١/٩^{abc}	١٠/٥^{d}	١١/٨ ^{abc}	١١/٣^{bcd}	١١/٣^{bcd}	١١/٣^{B}
٤	١١^{cd}	١١/٥ ^{abc}	١١/٥ ^{abc}	١٢/٣ ^{ab}	١١/٨ ^{abc}	١٠/٩ ^{cd}	١١/٥^{AB}
٦	١٠/٩ ^{cd}	١١/٥ ^{abc}	١٢/٦ ^{a}	١٢ ^{abc}	١١/٦ ^{abc}	١٢/٤ ^{ab}	١١/٨^{A}
میانگین	١١/١^{B}	١١/٦^{AB}	١١/٥^{AB}	١٢^{A}	١١/٦^{AB}	١١/٥^{AB}	

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.

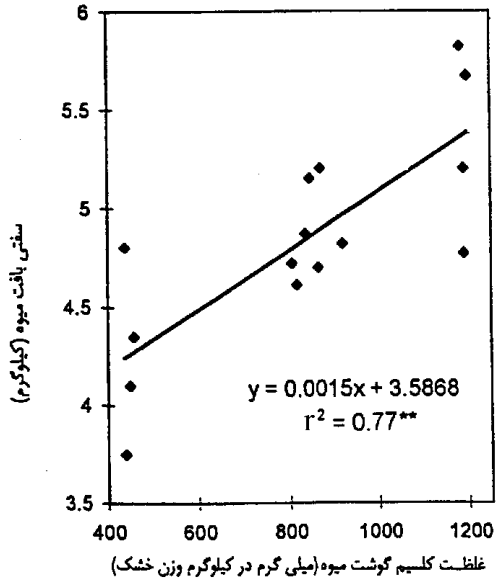
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

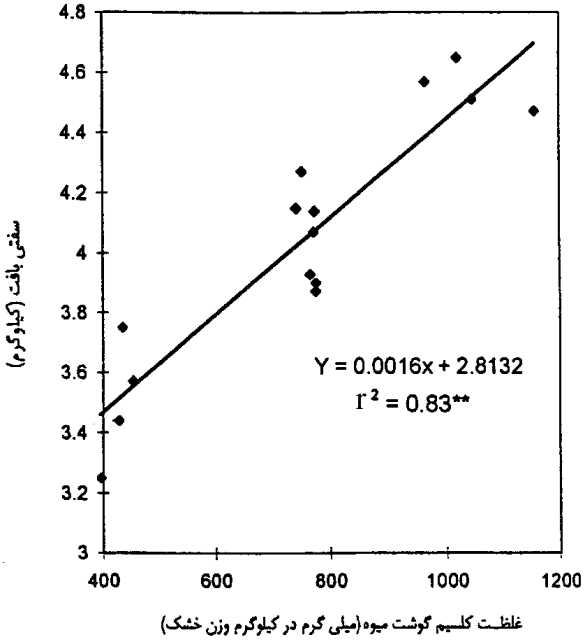
جدول ٦. اثر برهمکنش تیمار دمایی (۳۸°C) و نفوذ کلرید کلسیم در خلأ بر میزان کاهش وزن (درصد) سیب گلدن دلیشس پس از پنج ماه نگهداری در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی‌گراد و یک هفته پس از خروج میوه‌ها از سردخانه

گرمادهی (ساعت) / درصد کلرید کلسیم	مدت نگهداری						میانگین
	پنج ماه در سردخانه (۰°C)			پنج ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			
	صفر	٤٨	٧٢	صفر	٤٨	٧٢	
صفر	٦/٨٥^{g}	٦/٤٥^{h}	٦/١ ^{ig}	٩/٢٧^{b}	٨/٤^{d}	٧/٩^{e}	٧/٤٩ ^{A}
٤	٦/٧٢ ^{g}	٦/٢٢ ^{hi}	٥/٨^{jk}	٩/٠٢ ^{bc}	٨/٥٥ ^{d}	٨/٥ ^{d}	٧/٤٧ ^{A}
٦	٧/٣٧^{f}	٦/٣٧ ^{h}	٥/٧٥^{k}	٩/٩٧^{a}	٨/٨٧^{c}	٨/١٢ ^{e}	٧/٧٤ ^{A}
میانگین	٦/٩٨^{D}	٦/٣٥^{E}	٥/٨٩^{F}	٩/٤٢^{A}	٨/٦^{B}	٨/١٧^{C}	

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 ۱٪)**



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

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

جدول ۷. اثر برهمکنش تیمارهای کلرید کلسیم در خلأ و پرمنگنات پتاسیم بر سفتی گوشت میوه (کیلوگرم) پس از ۲ و ٤ ماه نگهداری در سردخانه

درصد کلرید کلسیم	پرمنگنات پتاسیم (گرم)						میانگین
	صفر		۱۰		۲۰		
	۲ ماه	٤ ماه	۲ ماه	٤ ماه	۲ ماه	٤ ماه	
صفر	۳/۸^{i}	۳/٤^{j}	٤/۱ ^{hi}	٤/٤^{fgh}	٤/٦^{fg}	٤/۲^{gh}	٤/۱۵ ^{C}
٤	۵/۱^{d}	٤/۷^{ef}	۵/۱ ^{de}	۵/۰۵ ^{de}	۵/۱ ^{d}	۵/۱ ^{d}	۵/۰٦ ^{B}
٦	۵/٦^{bc}	۵/٤ ^{cd}	۵/۹ ^{b}	۵/۷ ^{abc}	٦/۱^{a}	۵/۹^{ab}	۵/۸۰ ^{A}
میانگین	٤/۸٦^{C}	٤/٦۰^{D}	۵/۰۵ ^{BC}	۵/۰۸^{AB}	۵/۳ ^{A}	۵/۱۱ ^{AB}	

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.

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 تخریب 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 برهمکنش 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، هرچند به تنهایی 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، و نتوانست اثر خود را آشکار سازد، ضمن این که اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۰ و ۲۰ گرم آن دیده نشده (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 بلافاصله پس از انبار و یک هفته پس از آن معنی‌دار 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 توانست سفتی بافت میوه را حفظ کند، که به احتمال زیاد در اثر جذب یا تخریب 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 برده شد اثر چشم‌گیری بر سفتی گوشت میوه نداشت. اثر کلسیم در استحکام

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]

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

گرمادهی (ساعت) / درصد کلرید کلسیم	مدت نگهداری						میانگین
	دو ماه در سردخانه (۰°C)			دو ماه در سردخانه و یک هفته در ۲۰°C			
	صفر	۱۰	۲۰	صفر	۱۰	۲۰	
صفر	٤^{j}	٤/۳۵^{hi}	٤/۸^{fg}	۳/۳۲^{k}	٤/۱۵ ^{hi}	٤/۵ ^{ghi}	٤/۱۹^{C}
٤	۵/۱۲^{e}	۵/۰۷ ^{e}	۵/۱۷ ^{e}	۵/۰۵ ^{ef}	٤/۸^{fg}	۵/۰۲ ^{ef}	۵/۰٤^{B}
٦	۵/۹^{c}	۵/۹۲ ^{c}	٦/۷۵ ^{c}	۵/٤۵^{d}	۵/٦۷ ^{cd}	٦/۳۷^{b}	٦/۰۱ ^{A}
میانگین	۵^{CD}	۵/۱۱ ^{C}	۵/۵٦^{A}	٤/٦۰^{E}	٤/۸۷ ^{D}	۵/۳۱ ^{B}	

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.

بخشی 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.

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.

منابع مورد استفاده

۱. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی. ۱۳۷٦. آمارنامه کشاورزی.

۲. پورآذرنگ، ه. ۱۳۷۳. اثر کلرید کلسیم بر حفظ خصوصیات کیفی ارقام مهم سیب در سردخانه. پژوهش در علم و صنعت ۲٦: ۱۳-۲۳.

3. Burg, S. P. and E. A. Burg. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. Plant Physiol. 37: 179-189.
4. Clender, R. E. and J. Virk. 1990. Calcium, cell wall and growth. J. Am. Soc. Hort. Sci. 4: 9-15.
5. Klein, J. D. and S. Lurie. 1992. Heat treatment for improving postharvest quality of horticultural crops. Hort. Technol. 2: 316-320.
6. Klein. J. D., S. Lurie and R. B. Arie. 1990. Quality and cell wall components of Anna and Groung Smith apples treated with heat, calcium and ethylene. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115: 954-958.
7. Krishnamoorthy, H. N. 1981. Plant growth substance including applications in agriculture. Chapter 5: Ethylene.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.4.6.4]