مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

اثرات ترکیبی کلرید کلسیم و کیتوسان بر کیفیت پس از برداشت بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) در طی انبارمانی

مجید دوستی میرقائد[۱]، محمدرضا زارع بوانی [۲*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران،

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/٦/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۷/۲۷

کلمات کلیدی:

اسید آسکوربیک،

جذابیت ظاهری،

کاهش وزن فیزیولوژیکی،

مواد جامد محلول،

فنل کل.

DOI: 10.22034/FSCT.20.145. 149

* مسئول مکاتبات:

mzarebavani@asnrukh.ac.ir

چکیده

بامیه یک محصول سبزی باارزش غذایی بالا است که پس از برداشت به‌سرعت کیفیت خود را ازدست‌داده و دچار فساد می‌شود. این پژوهش باهدف بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم همراه با پوشش کیتوسان بر خصوصیات کیفی غلاف‌های بامیه در طول پس از برداشت انجام شد. غلاف‌های بامیه در غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (۰٪، ۱٪، ۲٪، ٤٪) غوطه‌ور و سپس با کیتوسان (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ ٪) پوشانده شد. آنالیز فیزیکوشیمیایی شامل: کاهش وزن، سفتی، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول کل، محتوای اسید آسکوربیک، محتوای فنل کل، و جذابیت ظاهری و میزان پوسیدگی در فواصل زمانی ٤ روزه به مدت ١٦ روز انجام شد. نتایج نشان داد که در طی انبارمانی کاهش وزن، مواد جامد محلول، میزان پوسیدگی بامیه افزایش و میزان سفتی بافت، اسید آسکوربیک، محتوای فنل کل، اسیدیته قابل تیتر و جذابیت ظاهری افت شدیدی نشان داد. پوشش کیتوسان حاوی کلرید کلسیم به‌طور معنی‌دار در حفظ خصوصیات کیفی بامیه مؤثر بود. در بین تیمارهای موردبررسی، ترکیبی از کلرید کلسیم ۲ درصد و کیتوسان ۱٪ مؤثرترین روش برای حفظ بالاترین امتیاز شاخص کلی کیفیت غلاف‌های بامیه ذخیره‌شده در دمای ٤ درجه سلسیوس تا ١٦ روز بود. این تیمار همچنین کاهش وزن را به میزان قابل‌توجهی کاهش داد و اسید آسکوربیک، محتوای فنل کل، اسیدیته قابل تیتر و جذابیت ظاهری را حفظ کرد و افزایش مواد جامد محلول و پوسیدگی را به تأخیر انداخت.

۱- مقدمه

خوراکی و می‌توان از آن‌ها برای ساخت پوشش‌های نگه‌دارنده ایمن بیولوژیکی برای انواع مختلف غذا استفاده کرد [۷ و ۸].

محققین گزارش کردند که استفاده از کیتوسان به‌عنوان پوشش خوراکی می‌تواند به‌طور مؤثر نرم شدن را به تأخیر بیندازد و خصوصیات بافت میوه بامیه (میزان سختی، فنریت، چسبندگی، خواص صمغی، جویدنی و ارتجاعی) را حفظ کند [۹]. همچنین پوشش خوراکی کیتوسان به‌طور مؤثری موجب حفظ خصوصیات فیزیکی و میزان مواد جامد محلول بامیه شده است [۱۰]. پیشنهاد شده است که کلسیم موجود در دیواره سلولی به‌عنوان عامل چسبنده در پکتات کلسیم عمل می‌کند و با حفظ سفتی دیواره سلولی و کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی عمر ماندگاری را افزایش می‌دهد [۱۱ و ۱۲]. علاوه بر این، کلسیم نقش مهمی در دفاع در برابر پاتوژن‌های گیاهی ایفا می کند. این می تواند به دلیل توانایی کلسیم در مهار فعالیت آنزیم پکتولیتیک پاتوژن باشد [۱۳]. کاربرد کلرید کلسیم موجب افزایش میزان سفتی بافت و فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانی و جلوگیری از کاهش وزن میوه و کاهش میزان خسارت سرمازدگی در میوه خرمالو در شرایط پس از برداشت شد [۱٤]. استفاده از کلسیم تیمار موثری در کاهش اختلال فیزیولوژیکی، افزایش سفتی میوه، به تاخیر انداختن فرآیند رسیدن و تولید اتیلن در گوجه فرنگی [۱۵]، بهبود اسیدیته، مواد جامد محلول، pH، کاهش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده دیواره سلولی و افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در فلفل [۱٦] است. کلسیم با کاهش تولید اتیلن و تنفس، مانده گاری میوه های گوجه فرنگی را افزایش داد [۱۲]. تیمار غوطه وری در کلرید کلسیم موجب افزایش محتوی کلسیم، حفظ سفتی بافت میوه و کنترل پوسیدگی های پس از برداشت میوه توت فرنگی گردید [۱۷].

اگرچه اظهار شده است که تیمارهای کلسیم پس از برداشت اثرات مثبتی بر کیفیت میوه دارند، اما غلظت بیش از حد کلسیم می‌تواند منجر به عوارض جانبی روی سطح میوه مانند تغییر رنگ و طعم حسی نامطلوب شود [۱۳]. تعدادی از مطالعات قبلی گزارش کردند که ترکیب بین کلسیم و سایر روش‌های پس از برداشت می‌تواند پیشرفت‌های قابل‌توجهی را نسبت به تیمار

بامیه (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) به دلیل غلاف‌های سبز خوراکی خوشمزه و مغذی، یکی از سبزی‌های محبوب در سراسر جهان است [۱]. این سبزی گرمسیری در بسیاری از کشورهای دارای آب‌وهوای گرم مانند هند، پاکستان، ترکیه، ایران، نیجریه، غنا، یونان و جنوب ایالات متحده آمریکا کشت و کار می‌شود و جزو سبزی‌های مهم است [۲]. بامیه در رژیم غذایی بخش بزرگی از جمعیت انسانی ساکن در کشورهای درحال‌توسعه به‌عنوان یک ماده مهم در خورش‌ها، سوپ‌ها و یا به‌عنوان سبزی‌های بخارپز مصرف می‌شود [۱]. غلاف‌های بامیه دارای پتانسیل دارویی در برابر التهاب، تحریک معده، سرطان روده بزرگ و همچنین دارای ویتامین ث، پلی‌فنل‌ها، چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، روی، آهن و منگنز می‌باشد [۲، ۳ و ٤]، غلاف‌های نارس بامیه به دلیل محتوای بالای آب و سرعت تنفس عمر نسبتاً کوتاهی دارند [۱ و ۲] به‌طوری‌که تلفات پس از برداشت غلاف‌های بامیه گاهی تا بیش از ۷۰ درصد هم می‌رسد [٤]. عوارض پس از برداشت بامیه شامل افت وزن، کاهش سفتی بافت و تورژسانس، تغییر رنگ، از دست دادن کیفیت غذایی، سیاه و قهوه‌ای شدن غلاف‌ها، پوسیدگی‌ها و ایجاد بوی بد است [۳ و ۵].

یکی از روش‌های مناسب و کاربردی برای افزایش عمر تازه محصولات استفاده از پوشش‌های خوراکی است. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از برخی مواد است که به‌عنوان مانعی در مقابل انتقال گازها و بخار آب عملکرده و اثراتی مشابه با اتمسفر تغییریافته ایجاد می‌کنند و می‌توانند به‌عنوان جایگزین مواد شیمیایی برای افزایش عمر میوه‌ها و سبزی‌های تازه مورداستفاده قرار گرفته و همراه با محصول برای مصرف‌کننده قابل‌خوردن می‌باشند [٦].

کیتوسان (پلی N,β-(1 (4-استیل-د-گلوکوزامین) یک پلیمر طبیعی با وزن مولکولی بالا که از استیل زدایی کیتین تشکیل می‌شود و ازنظر زیستی ایمن با طیف وسیعی از کاربردها است. پوشش‌های مبتنی بر کیتوسان زیست‌سازگار، زیست تخریب‌پذیر، تشکیل‌دهنده فیلم، ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و غیرسمی و

کلسیم به تنهایی ایجاد کند [۱۳، ۱۸ و ۱۹]. گزارش شده است که پوشش توت فرنگی با کلرید کلسیم همراه با کیتوسان به طور موثری کیفیت پس از برداشت میوه را حفظ کرد و باعث افزایش ماندگاری توت فرنگی در طی انبارمانی شد [۱۳ و ۲۰ و ۲۱].

بررسی منابع نشان می‌دهد که برای نگهداری بامیه بیشتر از یخچال‌ها، بسته‌بندی‌های با اتمسفر اصلاح شده همراه با مواد نگه‌دارنده استفاده می‌شود، و اخیراً پژوهشگران به دنبال روشهای فنی و بهداشتی برای افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت پس از برداشت بامیه می‌باشند [۹]. اطلاعاتی در رابطه با کاربرد کلرید کلسیم همراه با کیتوسان در جهت حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری پس از برداشت بامیه وجود ندارد بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثرات کلریدکلسیم و کیتوسان بر خصوصیات کمی و کیفی پس از برداشت میوه بامیه در زمان انبارمانی بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد آزمایشی:

بذر بامیه محلی در مزرعه تجاری در شهر شوشتر (32°2′37″N; 48°51′25″E) کشت شد. کاشت و داشت (کود دهی، آبیاری، وجین، کنترل آفات و بیماری‌ها و ....) و برداشت محصول برابر توصیه‌های فنی سازمان جهاد کشاورزی انجام شد. میوه‌ها ٤ تا ۷ روز پس از باز شدن گل آماده برداشت شدند. برداشت میوه بامیه ۱۵ هفته پس از کاشت زمانی که تولید محصول به مقدار مطلوب تجاری رسید انجام شد. غلاف‌های بامیه با اندازه ۵۰ تا ۷۰ میلی‌متر طول و ۱۲ تا ۱۵ میلی‌متر قطر برداشت شدند. غلافهای بامیه پس از برداشت بلافاصله به آزمایشگاه فیزیولوژی گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان منتقل شدند و سپس از نظر یکنواختی در اندازه، شکل و روشنایی رنگ از نظر بصری درجه بندی و میوه هایی با مشخصات یکسان برای آزمایش انتخاب گردیدند. میوه‌ها برای تمیز شدن قبل از تیمار ۲ بار با آب مقطر شستشو شدند و سپس برای گرفتن رطوبت سطحی در دمای آزمایشگاه خشک و خنک گردیدند.

۲-۲- آماده‌سازی محلول‌های کیتوسان

محلول‌های کیتوسان (۰/۵، ۱ و ۱/۵ ٪)، به ترتیب با حل کردن مقادیر ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم کیتوسان خالص (Low molecular weight chitosan, CAS No.;48869, Sigma-Aldrich Co.) در یک لیتر محلول اسید استیک گلاسیال (۰/۵ درصد v/v) تهیه شد، مخلوط‌ها تحت هم زدن مداوم قرار گرفت تا کیتوسان کاملا حل شد سپس pH با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم (1N) به ۵/۲ تنظیم شد. محلول‌های تهیه شده در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه استریل شد. برای تیمار صفر درصد کیتوسان (به عنوان شاهد) از محلول اسیدی بدون کیتوسان (۵/۲ =pH) استفاده شد [۲۲].

۲-۳- آماده‌سازی محلول‌های کلرید کلسیم

کلرید کلسیم (Merck, Germany, CAS No.; 10043-52-4) در غلظت‌های ۰، ۱، ۲ و ٤ درصد در آب مقطر استریل حل شد. ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر توئین ۲۰ به‌عنوان سورفکتانت به محلول‌ها اضافه گردید و محلول‌ها به حجم نهایی رسانده شدند. محلول‌ها به‌صورت تازه و در روز انجام تیمارها تهیه گردیدند.

٤-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام تیمارها

غلاف‌های بامیه به مدت ۵ دقیقه با استفاده از روش غوطه‌وری در محلول‌ها قرار داده و پس از خروج از محلول به مدت ۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند تا سطح میوه خشک شود. میوه‌های تیمار شده به انبار با دمای ۱۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۲±۹۵ درصد برای ۱٦ روز منتقل شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار به‌صورت فاکتوریل شامل: کلرید کلسیم (۰، ۱، ۲ و ٤ درصد) و کیتوسان (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) بود که در پنج زمان انبارمانی (۰، ٤، ۸، ۱۲ و ۱٦ روز)، مورد ارزیابی قرار گرفت.

۵-۲- شاخص‌ها و صفات مورد ارزیابی

۵-۲-۱- کاهش وزن فیزیولوژیکی

اندازه‌گیری میزان کاهش وزن غلافهای بامیه در طول مدت انبارمانی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم به‌صورت درصدی از وزن اولیه و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

۱۰۰×(وزن اولیه / وزن ثانویه - وزن اولیه) = درصد کاهش وزن فیزیولوژیکی

۵-۲-۲- سفتی بافت

سفتی بافت غلافهای بامیه با استفاده از آزمون نفوذسنجی و دستگاه بافت سنج (مدل FT 011، ساخت رومانی) دارای سوزن به قطر ۵ میلی‌متر انجام شد. میزان سفتی بافت در یک نقطه از وسط بامیه اندازه گیری و برحسب کیلوگرم در سانتی‌متر مربع ارائه گردید و برای هر تکرار ٤ نمونه ارزیابی شد. [۲۳].

۵-۲-۳- مواد جامد محلول

مقداری از غلافهای بامیه توسط رنده دستی آبگیری و عصاره حاصل برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول استفاده شد. با کمک رفرکتومتر دیجیتالی (مدل MA 871 Milwaukee ساخت کشور رومانی) مقادیر مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس (تصحیح برای دمای ۲۰ درجه سلسیوس) اندازه گیری شد. [۱۰].

۵-۲-٤- اسیدیته قابل تیتراسیون

برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون،۱۰ گرم بافت غلاف بامیه کاملاً هموژنیزه و با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شد. مخلوط حاصل توسط کاغذ صافی فیلتر شد. عصاره حاصل با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۲ تیتر شد. میزان اسیدیته قابل تیتر برحسب گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره محاسبه گردید [۲۳].

۵-۲-۵- اسید آسکوربیک

برای استخراج اسید آسکوربیک غلافهای بامیه (۵ گرم) با اسید متافسفریک (۵۰ میلی‌لیتر، ۱ وزن به حجم٪) عصاره گیری شد. سپس عصاره حاصل ۳۰۰۰ g به مدت ۱۵ دقیقه در۳ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. بلافاصله، رو شناور (یک میلی‌لیتر) با محلول دیکلروفنل ایندوفنل (۹ میلی‌لیتر ، ۰/۰۵ میلی‌مولار) مخلوط شد و جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. از غلظت‌های مختلف محلول L- اسید آسکوربیک (صفر تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر) به عنوان استاندارد استفاده شد. میزان اسید آسکوربیک برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر گزارش شد [۲٤].

۵-۲-٦- محتوای فنل کل

محتوای فنلی کل بر اساس روش‌های استفاده از معرف فولین سیکالتو تعیین شد. ۱ گرم از نمونه با ۹ میلی لیتر آب مقطر هموژنیزه شد. پس از سانتریفیوژ به مدت ۳۰ دقیقه در ۹۵۲۰ g ، مقدار ۰/۵ میلی لیتر از مایع رویی به لوله های آزمایش منتقل شد و ۲/۵ میلی لیتر از معرف ۱۰ درصد فولین سیکالتو به آن اضافه شد. پس از هم زدن، ۵ دقیقه صبر کرده و سپس ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ٤ درصد (v:v) به آن اضافه شد. پس از دو ساعت نگهداری نمونها در تاریکی و در دمای اتاق، میزان جذب نمونه ها در طول موج ۷۲۵ نانومتر ثبت شد. محتوای فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد با اسید گالیک محاسبه شد [۲۵].

۵-۲-۷- جذابیت ظاهری

جذابیت ظاهری غلافهای بامیه بر اساس تغییر رنگ میوه‌ها از سبز به زرد و تیره شدن رنگ (قهوه ای و سیاه شدن) توسط ۱۵ ارزیاب آموزش دیده بررسی شد. ارزیابی تغییر رنگ با استفاده از مقیاس هدونیک از:۷ عالی (سبز روشن)، ۵: خوب (سبز مات)، ۳: قابل‌قبول (زرد شدن) و ۱: غیرقابل‌قبول (تیره) انجام شد [۲٦].

۸-۵-۲- میزان پوسیدگی

درصد پوسیدگی طبق فرمول زیر محاسبه شد:

۱۰۰ × (تعداد کل غلاف ها) /(تعداد غلاف های پوسیده) =درصد پوسیدگی

۶-۲- پردازش اطلاعات

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل آماری (SAS، نسخه ۹,۱ ، SAS Institute Inc.، آمریکا) تحت تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) قرار گرفتند. برای ارزیابی معنی‌داری تفاوت بین مقادیر میانگین، از آزمون LSD در در سطح معنی‌داری p≤۰/۰۵ استفاده شد. گرافیک نتایج تجزیه و تحلیل شده با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 طراحی شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده پوشش خوراکی کیتوسان، کلرید کلسیم و زمان انبارمانی برای تمامی صفات مورد مطالعه ($p \leq 0.01$) معنی‌دار شد. اثرات دوگانه کلرید کلسیم × پوشش خوراکی کیتوسان تنها بر درصد پوسیدگی ($p \leq 0.01$) معنی‌دار شد. اثرات دوگانه کلریدکلسیم × زمان انبارمانی بر درصد افت وزن، اسید آسکوربیک، مواد جامد محلول، میزان قندهای محلول، میزان پوسیدگی، جذابیت ظاهری ($p \leq 0.01$)، میزان کلروفیل کل، بتا کاروتن، pH و میزان فنل کل ($p \leq 0.05$) معنی‌دار شد. اثرات دوگانه پوشش خوراکی کیتوسان × زمان انبارمانی بر درصد افت وزن، میزان کلروفیل کل، بتا کاروتن، اسید آسکوربیک، اسیدیته قابل تیتراسیون، میزان قندهای محلول، میزان پوسیدگی، جذابیت ظاهری، میزان فنل کل ($p \leq 0.01$) و سفتی بافت میوه ($p \leq 0.05$) معنی‌دار بود ولی اثرات سه‌گانه کلرید کلسیم × پوشش خوراکی کیتوسان × زمان انبارمانی در هیچ‌کدام از صفات ازنظر آماری معنی‌دار نشد.

۱-۳- کاهش وزن فیزیولوژیکی (PWL)

نتایج مقایسات میانگین برای درصد PWL غلافهای بامیه در شکل ۱ ارائه شده است. کاهش وزن به طور معنی داری (p≤۰/۰۱) در طول دوره نگهداری برای تمام تیمارها افزایش یافت و با افزایش زمان انبارمانی تفاوت بین تیمارها بیشتر نمایان شد. در بین تیمارها، ترکیب کلرید کلسیم و پوشش کیتوسان نسبت به شاهد و پوشش کیتوسان به تنهایی اثرات بهتری در به تاخیر انداختن PWL غلاف‌های بامیه داشتند (شکل ۱-الف). طی نگهداری کمترین PWL در تیمار ۲٪ کلرید کلسیم مشاهده شد و بین تیمار ٤ و ۱ ٪ تفاوت معنی داری ثبت نشد (نمودار ۱-ب). تمامی تیمارهای پوشش خوراکی کیتوسان به طور معنی داری موجب کند شدن روند PWL شد و کمترین PWL در تیمار ۱٪ کیتوسان ثبت شد (نمودار ۱-ج). در پایان زمان نگهداری، کلرید کلسیم ۲ درصد + کیتوسان ۱٪ بهترین تیمار برای جلوگیری از PWL بامیه بود. به اثبات رسیده است که PWL در میوه عمدتاً به دلیل تبخیر آب ناشی از فرآیندهای تعرق و تنفس و واکنش‌های متابولیکی است [۲۷ و ۲۸]. اظهار شده است که تیمارهای کلسیم پس از برداشت ممکن است نرخ انتشار گاز در بافت را تغییر دهند و در نتیجه متابولیسم تنفسی را مهار کنند [۱۳]. از طرف دیگر نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که پوشش کیتوسان به عنوان یک مانع نیمه تراوا در برابر اکسیژن، دی اکسید کربن و رطوبت عمل می کند، بنابراین تنفس، واکنش اکسیداسیون و از دست دادن آب را کاهش می دهد [۲۹]. بنابراین، ترکیب پوشش کیتوسان و تیمار کلرید کلسیم در کاهش وزن مؤثرتر از پوشش شاهد یا کیتوسان به تنهایی بود، همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج این تحقیق مطابق با یافته های دیگر محققین در مورد توت فرنگی [۱۳ و ۲۰] و کیوی [۳۰] است.

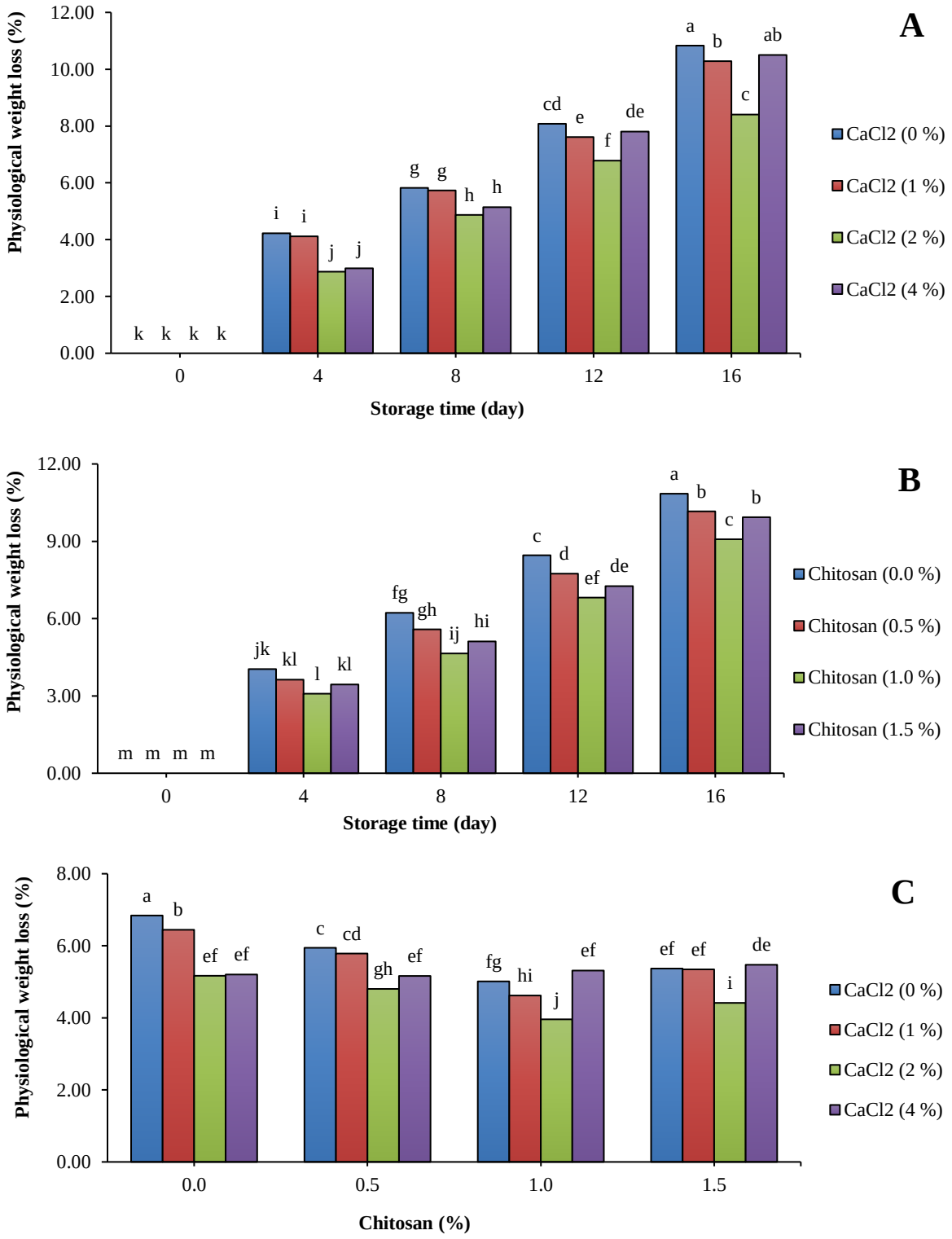
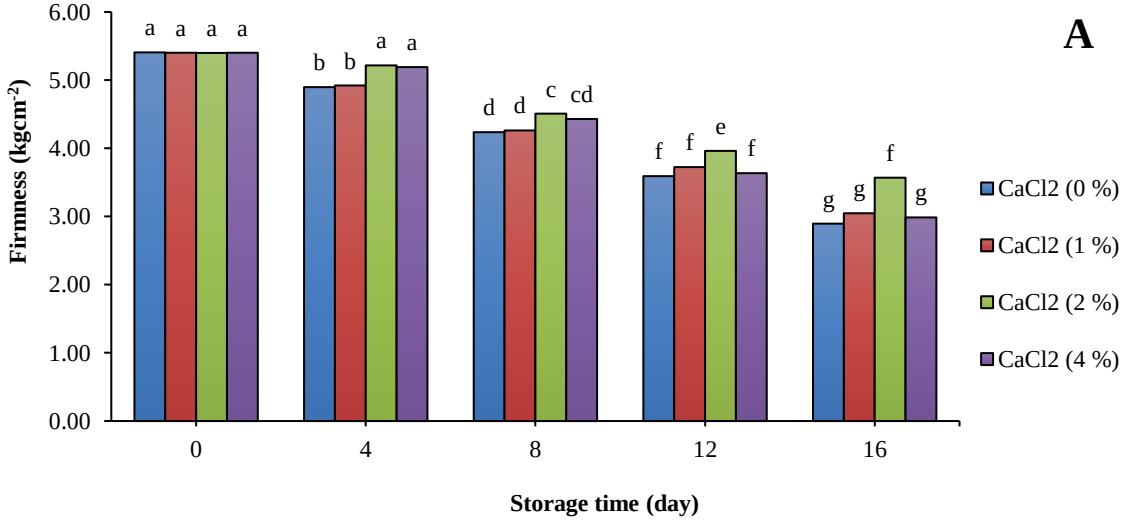


Figure 1- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A), chitosan × storage times (B) and calcium chlorides × chitosan (C) on physiological weight loss of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with different letters are significantly different ($p \geq 0.05$).

۲-۳- سفتی بافت

تغییرات در سفتی بافت غلاف‌های بامیه شاهد و تیمار شده در تیمارهای مختلف ترکیبی از کلرید کلسیم و کیتوسان و کلرید کلسیم در زمان شکل ۲ نشان داده شده است. برهمکنش تیمار کلسیم و کیتوسان نشان داد که بیشترین میزان سفتی بافت غلافهای بامیه در تیمار ترکیبی ٪۱ کیتوسان با ٪۲ کلسیم بدست آمد (شکل ۲-الف). سفتی اولیه میوه ۵/۴۱ $kgcm^{-2}$ بود و در طول ذخیره سازی کاهش یافت به طوری که در پایان انبارمانی به ۲/۹۰ $kgcm^{-2}$ رسید اما این کاهش به طور موثر با تیمار کلسیم به تعویق افتاد. پس از ٤ روز اول انبارمانی، سفتی تمام نمونه ها کاهش یافت اما نمونه های تیمار شده با غلظتهای ۲ یا ٤٪ کلسیم با روز شروع انبارمانی اختلاف معنی داری نشان ندادند (شکل ۲-ب).در پایان انبارمانی بیشترین سفتی بافت مربوط به تیمار ٪۲ کلسیم (به طور متوسط ۳/۵۷ $kgcm^{-2}$) بود که اختلاف معنی داری با دیگر تیمارها داشت. از دست دادن سفتی یکی از عوامل مخربی است که عمر پس از برداشت و کیفیت بامیه را محدود می کند. استفاده از تیمار کلسیم باعث حفظ دیواره سلولی و ساختار لایه میانی می‌شود که هر دو به سفتی میوه کمک می کنند [۱۳]. تحت اثر آنزیم پکتین متیل استراز در مرحله رسیدن، گروه‌های کربوکسیل پکتین بیشتری تولید می‌شوند که منجر به تحریک اتصال یون کلسیم به پکتین می‌شود [۳۱ و ۳۲] نتایج تحقیق حاضر نشان داد یون های کلسیم تامین شده از تیمار ٪۲ کلرید کلسیم ممکن است برای ایجاد یک پیوند متقابل با گروه های کربوکسیل در پکتین کافی باشد. از طرفی، از دست دادن آب مسئول کاهش تورژسانس سلولی و تغییر در ساختار سلولی و ترکیب دیواره سلولی است که منجر به از بین رفتن سفتی میوه می شود [۳۰]. پوشش کیتوسان باعث حفظ بهتر آب میوه می گردد [۹] که این می‌تواند منجر به افزایش نیروی مورد نیاز برای شکستن گوشت میوه شود [۳۳]. همانطورکه مشاهده شد ترکیب پوشش کیتوسان ٪۱ و تیمار کلرید کلسیم ٪۲ در حفظ سفتی بافت غلافهای بامیه مؤثرتر از پوشش کیتوسان به تنهایی بود (شکل ۲-الف). نتایج این تحقیق مطابق با یافته های دیگر محققین در مورد توت فرنگی [۱۳ و ۲۰] و کیوی [۳۰] است.



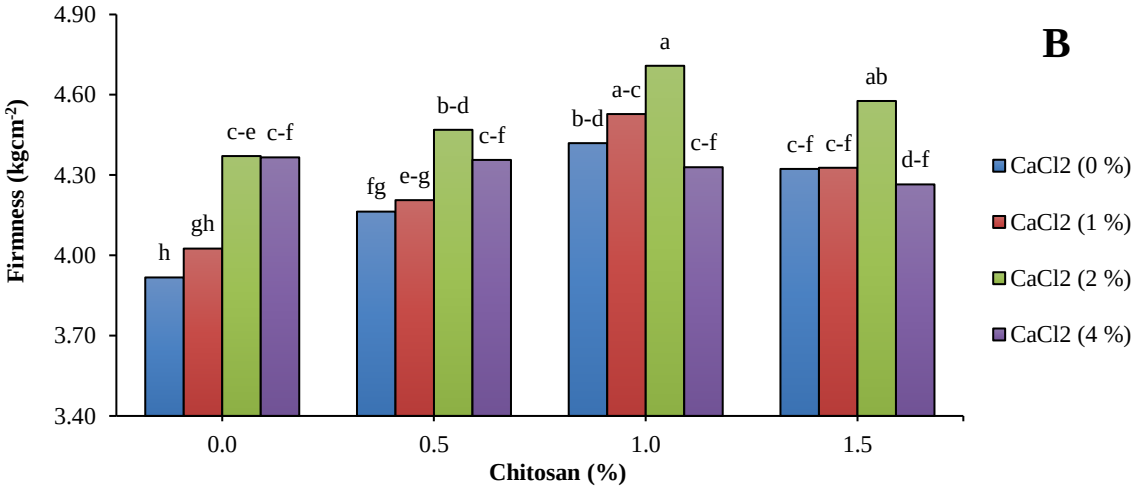


Figure 2- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A) and calcium chlorides × chitosan (B) on firmness (kgcm^{-2}) of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with different letters are significantly different ($p \geq 0.05$).

۳-۳- مواد جامد محلول (TSS)

TSS نمونه‌های تیمار شده با غلظتهای مختلف کلسیم و کیتوسان در شکل ۳ ارائه شده است. کمترین میزان TSS در تیمار کلرید کلسیم ۲٪ در ترکیب با کیتوسان ۱٪ مشاهده شد که از نظر آماری با همین تیمارهای کلرید کلسیم ۲٪ در ترکیب با کیتوسان ۱/۵ یا ۰/۵ ٪ اختلاف آماری معنی داری نداشت (شکل ۳-الف). سطح TSS در ابتدای انبارمانی در تمامی تیمارهای با یا بدون کلرید کلسیم ۰/۵۰ ± ۶/۵۰ درجه بریکس بود که در پایان انبارمانی در تیمار بدون کلرید کلسیم به ۱۱/۸۲ درجه بریکس رسید اما این روند افزایشی در تیمارهای با کلرید کلسیم کمتر بود به طوری که در طی انبارمانی کمترین افزایش در تیمار ۲٪ کلرید کلسیم مشاهده شد (شکل ۲-ب). در طی نگهداری TSS میوه‌ها افزایش می‌یابد که این پدیده احتمالاً به علت حل شدن پلی‌اورونیدها و همی‌سلولزها در دیواره سلولی و همچنین، از دست دادن آب به دلیل تعرق است [۱۳]. گزارش شده است که تیمار کلسیم ممکن است فرآیند تخریب دیواره سلولی را با اتصال به مواد پکتیک موجود در دیواره سلولی و لایه میانی به تاخیر بیندازد [۳٤]. در نتیجه، از افزایش TSS نسبت به تیمارهای بدون کلسیم تا حدودی جلوگیری کند. علاوه بر این وجود پوشش خوراکی کیتوسان با ایجاد سدی در مقابل تبادلات گازی و جلوگیری از کاهش رطوبت می‌تواند با کند کردن فعالیت‌های متابولیکی و فرایند پیری از افزایش TSS جلوگیری کند [۲۰]. تحقیقات دیگر محققین نیز نشان داده است که تیمار کلرید کلسیم در ترکیب با کیتوسان به‌طور مؤثری موجب تأخیر در افزایش مواد جامد محلول میوه‌ها می‌شود [۱۳، ۲۰ و ۳۰ و ۳۵] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

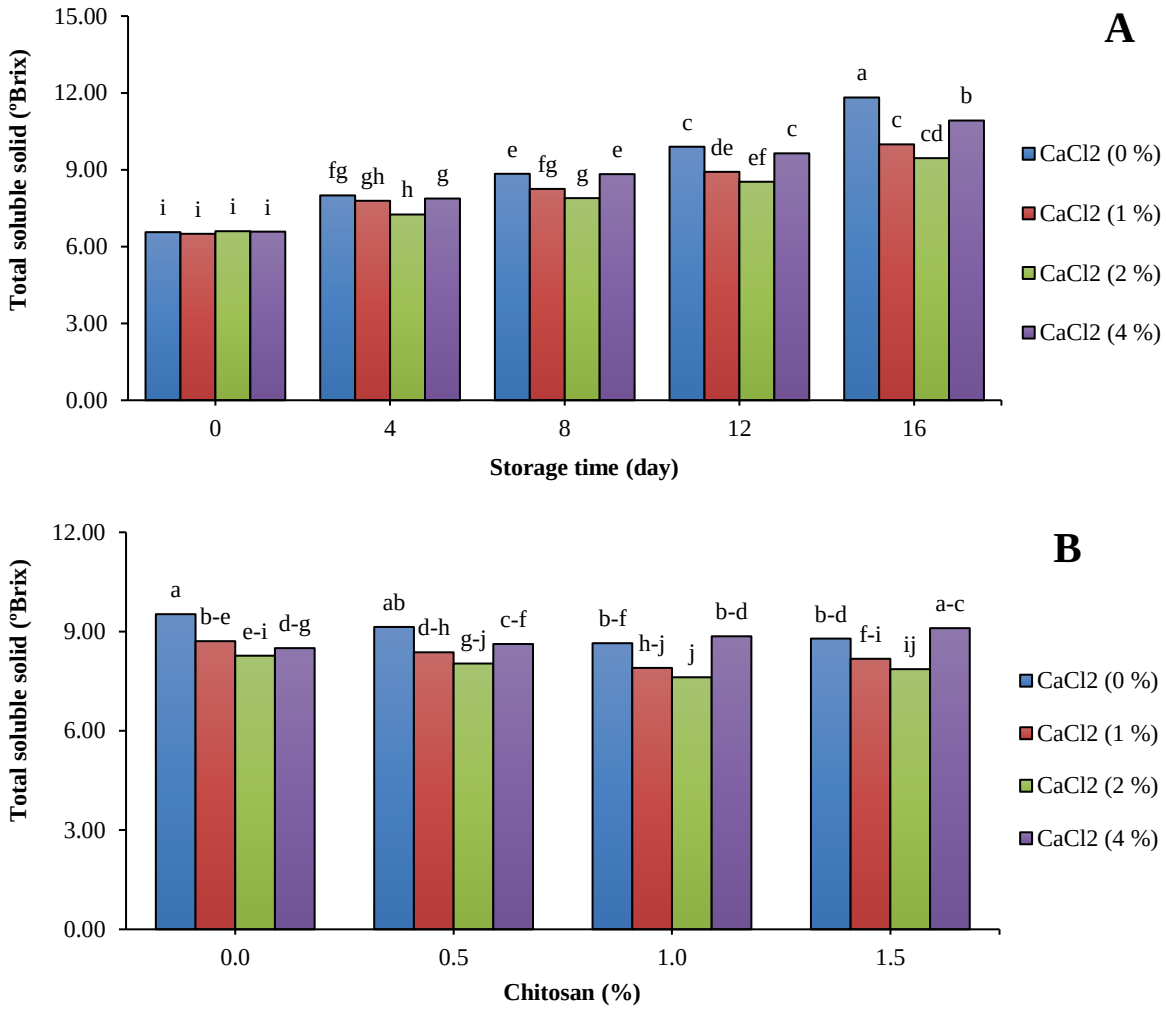


Figure 3- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A) and calcium chlorides × chitosan (B) on total soluble solid (ºBrix) of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with different letters are significantly different (p ≥0.05).

٤-٣- اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

تغییرات TA غلاف‌های بامیه در تیمارهای ترکیبی کلسیم و کیتوسان و کلسیم در زمان در شکل ٤ نشان داده شده است. بیشترین میزان TA در نمونه‌های تیمارشده با کلسیم کلرید ۲٪ در ترکیب با کیتوسان ۱٪ مشاهده شد که ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ترکیبی کلرید کلسیم ۰/۵ با کیتوسان ۱٪ و تیمار ۲٪ کلرید کلسیم در ترکیب با کیتوسان ۱/۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (شکل ٤-الف). کاهش معنی‌داری در میزان TA در تمامی تیمارهای کلسیم در طی انبارمانی مشاهده شد اما این کاهش در تیمار کلرید کلسیم ۲٪ کمتر از دیگر تیمارها بود و با افزایش زمان انبارمانی این اختلاف بیشتر شد (شکل ٤-ب). نتایج محققین نشان داده است که اسیدهای آلی میوه بامیه در طی انبارمانی به دلیل تغییرات متابولیکی در میوه ناشی از استفاده از اسیدهای آلی در فرآیند تنفسی مصرف می‌شود و درنتیجه کاهش می‌یابد [۱۰]. استفاده از تیمار ترکیبی کلرید کلسیم با کیتوسان ممکن است یک لایه نازک روی سطح میوه ایجاد کند و تشکیل چنین لایه‌ای به کاهش

اکسیژن، افزایش دی‌اکسید کربن، کاهش تنفس و سرکوب تولید اتیلن و فعالیت‌های متابولیکی کمک می‌کند که درنهایت منجر به حفظ بهتر TA می‌شود [۳۰]. نتایج ما با سایر مطالعاتی که اثرات کاربرد ترکیبی کلسیم و کیتوسان را بر روی میوه انبه [۳۵] ، توت‌فرنگی [۱۳ و ۲۰]، کیوی [۳۰] و هلو [۳٦] بر جلوگیری از کاهش میزان TAرا نشان می‌دهد مطابقت دارد.

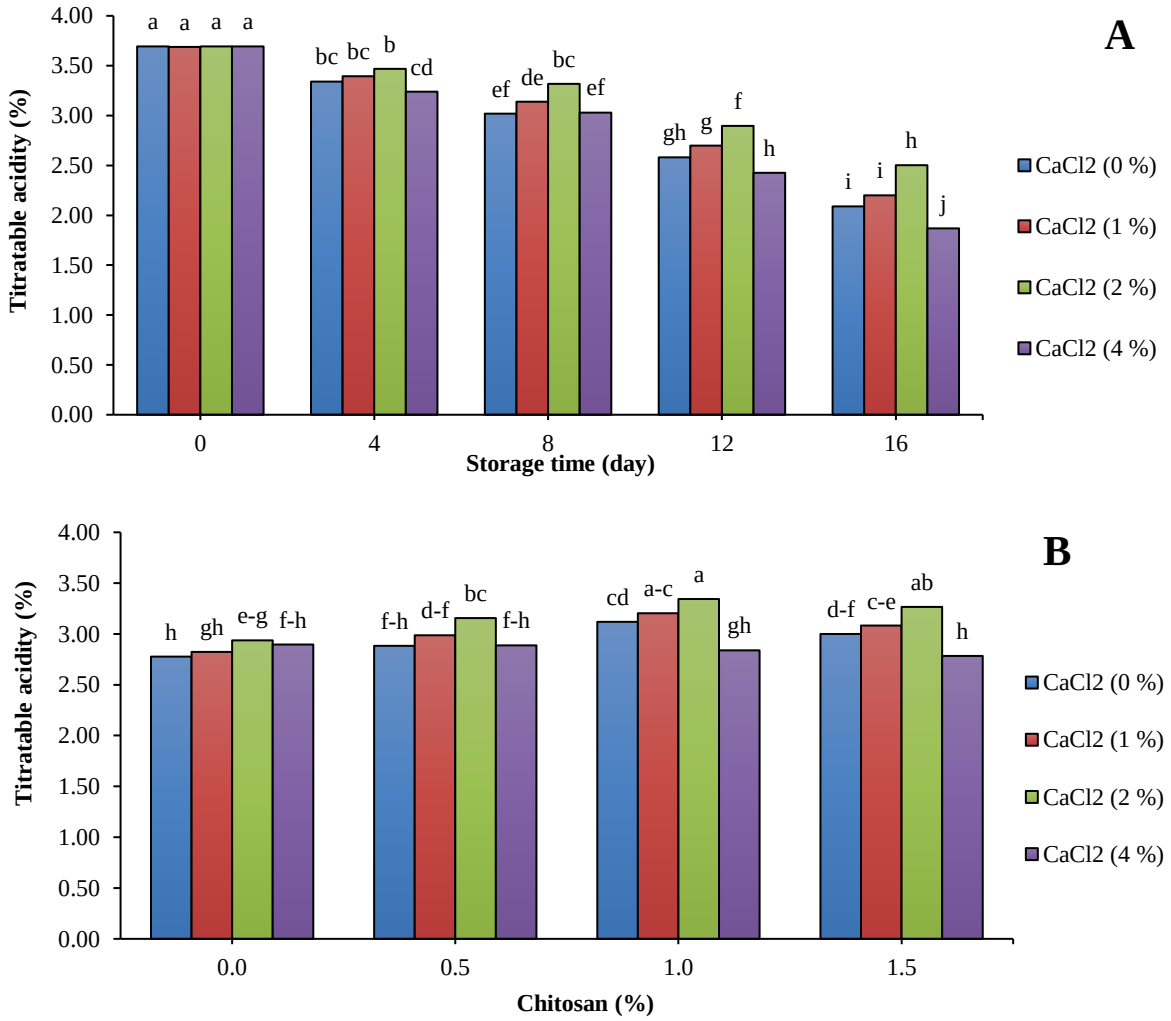


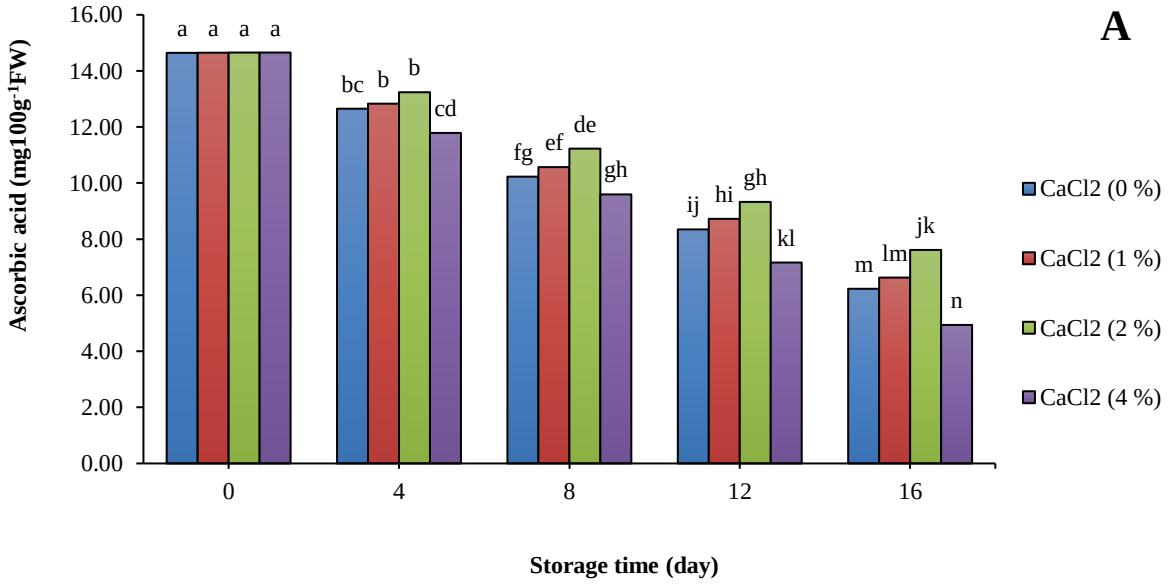
Figure 4- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A) and calcium chlorides × chitosan (BA) on titratable acidity (%) of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with different letters are significantly different (p ≥0.05).

۵-۳- اسید آسکوربیک (AsA)

تغییر در محتوای AsAتحت تأثیر تیمارهای مختلف کلرید کلسیم و کیتوسان در زمان انبارمانی و تیمارهای ترکیبی کلرید کلسیم با کیتوسان در شکل ۵ نشان داده شده است. روند کاهشی AsA در طی انبارمانی برای تمامی تیمارهای کلرید کلسیم مشاهده شد. AsA اولیه میوه ۱٤/٦٥ $mg100g^{-1}FW$ بود و در طول ذخیره‌سازی کاهش

یافت به‌طوری‌که در پایان انبارمانی به ۶/۲۳ $mg100g^{-1}FW$ رسید اما این کاهش به‌طور مؤثر با تیمار کلسیم به تعویق افتاد. در طی انبارمانی کمترین و بیشترین میزان کاهش در AsA به ترتیب مربوط به تیمار ۲و ٤٪ کلرید کلسیم بود. در پایان انبارمانی بیشترین AsA مربوط به تیمار ۲٪ کلسیم (به‌طور متوسط ۷/۶۱ $mg100g^{-1}FW$) بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت (شکل ۵-الف). همچنین روند کاهشی AsA در طی انبارمانی برای تمامی تیمارهای کیتوسان نیز مشاهده شد. کمترین میزان کاهش AsA در طی انبارمانی مربوط به تیمار ۱٪ کیتوسان بود (شکل ۵-ب). برهمکنش تیمارهای ترکیبی کلرید کلسیم و کیتوسان نشان داد که تیمار ۲٪ کلرید کلسیم همراه با ۱٪ کیتوسان بیشترین تأثیر را در حفظ AsA غلاف‌های بامیه در طی انبارمانی داشتند (شکل ۵-ج).

اسید آسکوربیک به علت اکسید شدن در طی فرآیند فرآوری و نگهداری در انبار حساس است و با افزایش مدت انبارمانی و پیری میوه‌ها کاهش پیدا می‌کند [۳۷]. کاهش روند از دست دادن ویتامین ث در تیمارهای کلرید کلسیم و کیتوسان را می‌توان به علت تبادل پایین اکسیژن و کند تر شدن روند پیری میوه‌ها نسبت داد. زیرا جلوگیری از پیری و دور نگه‌داشتن اکسیژن از محصول واکنش اکسیداسیون اسید آسکوربیک را به تأخیر می‌اندازد [۳۸]. نقش مثبت تیمار ترکیبی کلرید کلسیم و کیتوسان در حفظ اسید آسکوربیک میوه توت‌فرنگی [۱۳ و ۲۰]، هلو [۳۶] و انبه [۳۵] نیز گزارش شده است که با نتایج پژوهش ما هم‌خوانی دارد.



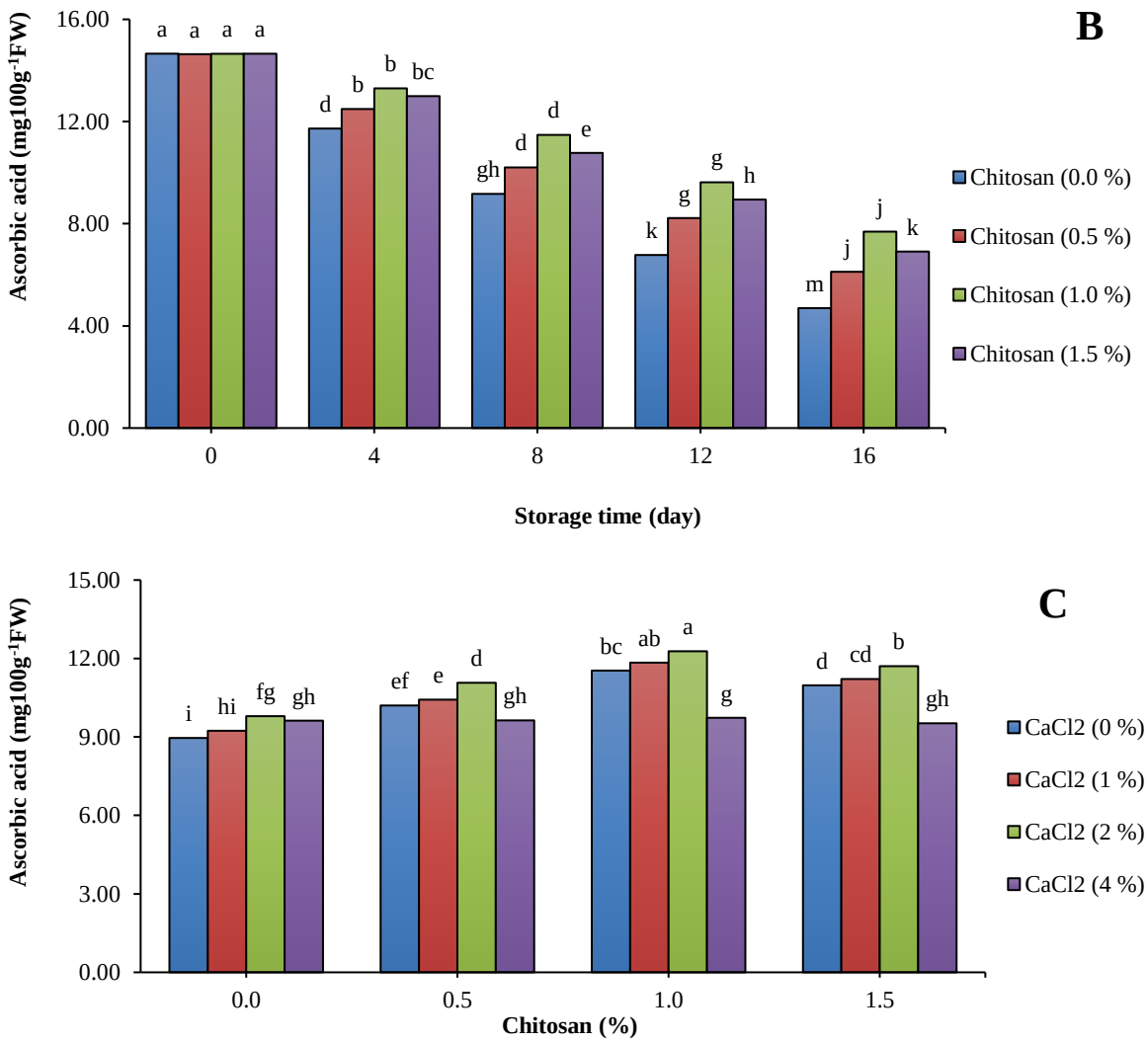
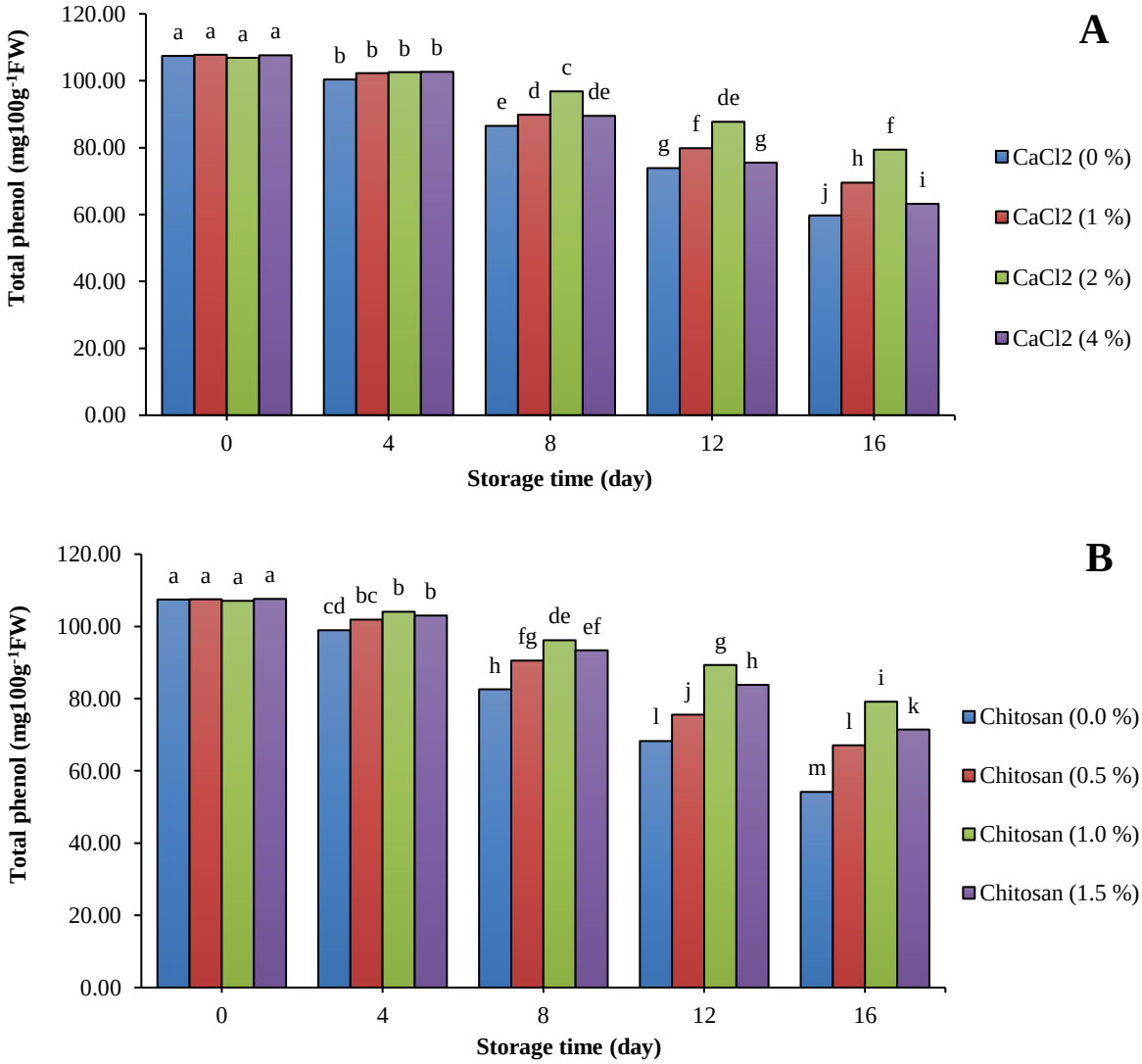


Figure 5- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A), chitosan × storage times (B) and calcium chlorides × chitosan (C) on ascorbic acid (mg100g^{-1}FW) of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with different letters are significantly different (p ≥0.05).

٦-٣- محتوای فنل کل (TPC)

کاهش TPC در کل دوره انبارمانی وجود داشت (شکل ٦). تیمارهای کلسیم در حفظ TPC در غلاف‌های بامیه مؤثر بودند و کمترین کاهش در TPC در طی انبارمانی در تیمار ٪۲ کلرید کلسیم مشاهده شد. در روز ١٦ انبارمانی کمترین و بیشترین میزان کاهش در TPC به ترتیب در غلاف‌های بامیه تیمار شده با کلرید کلسیم ٪۲ (٪۲۵/٦) و بدون کلرید کلسیم (٪٤٤/٦) ثبت شد (شکل ٦-الف). تیمارهای کیتوسان نیز به‌طور مؤثری در حفظ TPC غلاف‌های بامیه نقش داشتند و کمترین کاهش در محتوای TPC در طی انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با کیتوسان ٪۱ مشاهده شد (شکل٦-ب). تیمارهای کلرید کلسیم و کیتوسان نشان داد که ترکیب ٪۲ کلرید کلسیم با ٪۱ کیتوسان بیشترین تأثیر را در حفظ TPC غلاف‌های بامیه داشت (شکل ٦-ج). نگوین و نگوین (۲۰۲۱) گزارش کردند که کاهش TPC می‌تواند به

دلیل فرآیند رسیدن و افزایش فعالیت آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز (PPO) باشد که باعث تخریب ترکیبات فنلیک در میوه می‌شوند [۲۱]. همچنین، کاهش TPC می‌تواند به دلیل تخریب ساختار سلولی در مرحله پیری میوه باشد [۲۹]. علاوه بر این، استفاده از پوشش ترکیبی کلرید کلسیم و کیتوسان ممکن است یک مانع انتخابی برای کاهش عرضه اکسیژن برای اکسیداسیون آنزیمی ترکیبات فنلی تشکیل دهد [۱۳] و همچنین موجب تأخیر در فرایند پیری و کاهش فعالیت آنزیم PPO شود [۲۰]. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با گزارش‌های قبلی در میوه توت‌فرنگی [۱۳، ۲۰ و ۲۱] مطابقت دارد.



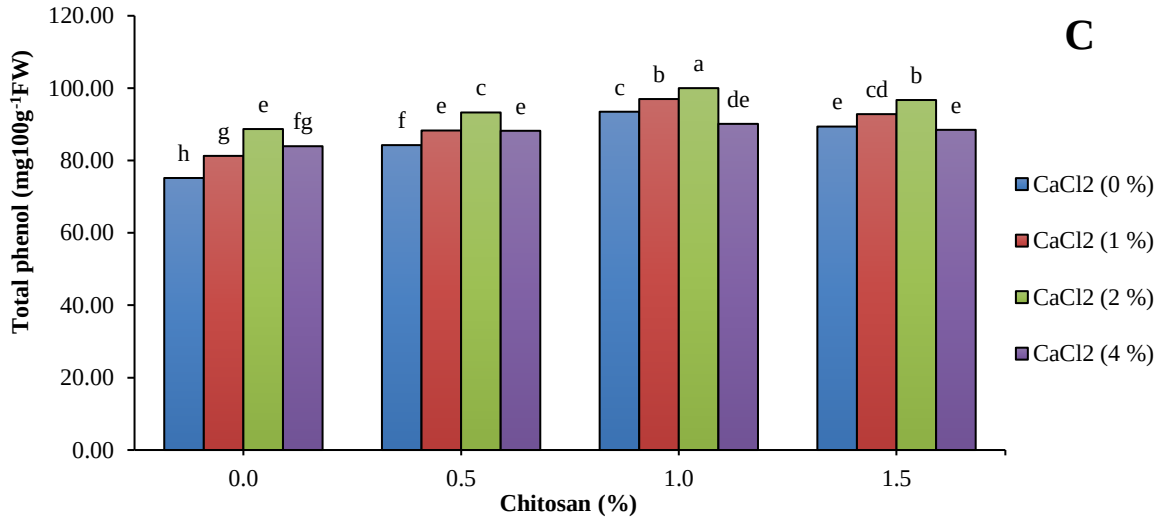


Figure 6- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A), chitosan × storage times (B) and calcium chlorides × chitosan (C) on total phenol (mg100g^{-1}FW) of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with different letters are significantly different (p ≥0.05).

۷-۳- جذابیت ظاهری (VA)

نتایج آزمون توصیفی VA در شکل ۵ نشان داده شده است. به‌طور خلاصه، امتیاز VA غلاف‌های بامیه پس از ۱۶ روز نگهداری کاهش یافت (p≤۰/۰۵). کمترین میزان کاهش در VA در طی انبارمانی با تیمار کلرید کلسیم ۲٪ به دست آمد (شکل ۷-الف). تیمارهای کیتوسان نیز موجب حفظ بهتر VA غلاف‌های بامیه در طی انبارمانی شد و کمترین کاهش با تیمار پوششی کیتوسان ۱٪ به دست آمد (شکل ۷-ب). بیشترین میزان VA در تیمار ترکیبی کلرید کلسیم ۲٪ با کیتوسان ۱٪ مشاهده شد (شکل ۷-ج). نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های ارائه‌شده در بخش‌های قبلی پشتیبانی می‌کند و دلایل آن می‌تواند از دست دادن آب در طول ذخیره‌سازی و فعالیت آنزیم‌های درون‌زا باشد [۱۳]. علاوه بر این، محققین دریافتند که آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز رنگ‌دانه‌های قهوه‌ای یا سیاه نامطلوبی را ایجاد می‌کنند که بر رنگ سطح میوه تأثیر منفی می‌گذارد [۳۹]. تیمار کلرید کلسیم ۲٪ با پوشش کیتوسان۱٪ در حفظ جذابیت ظاهری به‌طور قابل‌توجهی مؤثر بودند. نتایج تحقیقات دیگر محققین نیز نشان داده است که تیمار ترکیبی کلرید کلسیم و کیتوسان در حفظ ماندگاری، ترکیبات غذایی و کیفیت ظاهری محصولاتی مانند توت‌فرنگی [۱۳، ۲۰ و ۲۱]، کیوی [۳۰] و انبه [۳۵] مؤثر بوده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

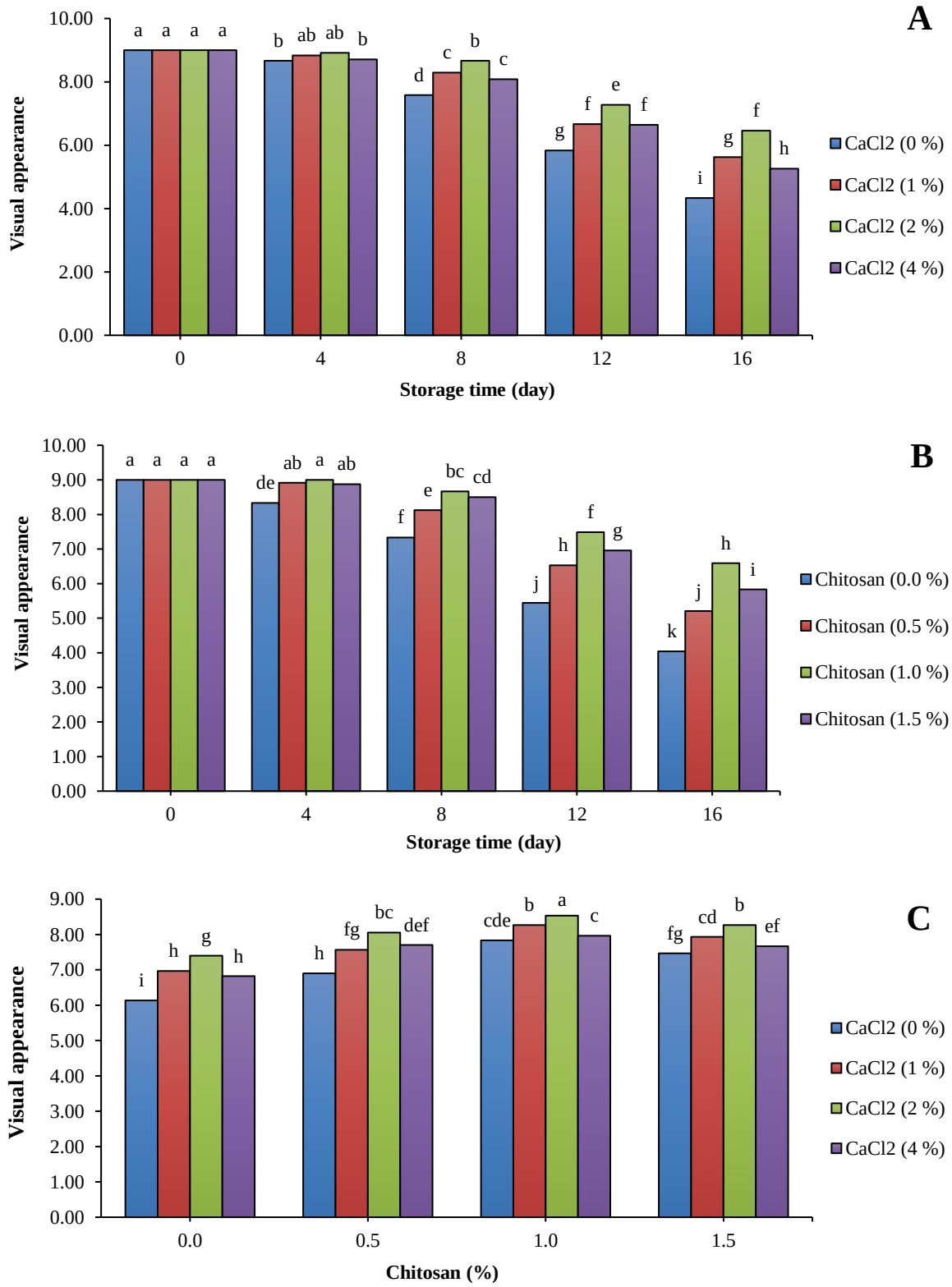
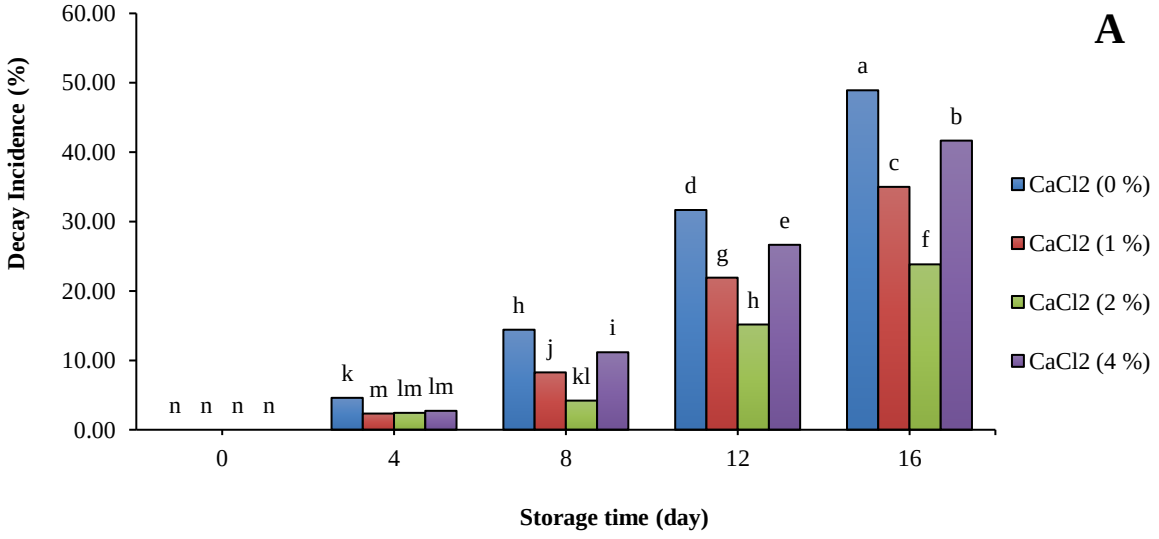


Figure 7- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A), chitosan × storage times (B) and calcium chlorides × chitosan (C) on physiological weight loss of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with

different letters are significantly different ($p \geq 0.05$).

۸-۳- میزان پوسیدگی (DI)

داده‌های ارائه‌شده در شکل ۳ نشان می‌دهد که درصد DI غلاف‌های بامیه با طولانی شدن مدت نگهداری در تمامی تیمارها به‌تدریج و به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است. همچنین داده‌ها نشان داد که تمامی تیمارهای کلرید کلسیم به‌طور معنی‌داری DI میوه‌ها در زمان انبارمانی را نسبت به میوه‌های تیمار نشده در این مطالعه کاهش دادند و کمترین میزان DI در تیمار ۲٪ کلسیم در طی انبارمانی مشاهده شد (شکل۷-الف). تیمارهای پوششی کیتوسان نیز به‌طور مؤثری موجب کاهش میزان DI غلاف‌های بامیه شدند و کمترین میزان DI با تیمار کیتوسان ۱٪ به دست آمد (شکل۷-ب). همچنین تیمارهای ترکیبی پس از برداشت بیشترین تأثیر را در این زمینه داشتند. تیمار با کلرید کلسیم ۲٪ همراه با پوشش کیتوسان ۱٪ بیشترین تأثیر را در کاهش میزان DI غلاف‌های بامیه نشان دادند (شکل ۷-ج). کاهش DI در غلاف‌های بامیه در طول نگهداری به دلیل پوشش‌های کیتوسان و کلرید کلسیم به‌ویژه در تیمارهای ترکیبی ممکن است به دلیل نرخ تنفس کم و تأخیر در پیری باشد که می‌تواند مقاومت در برابر عفونت و ایجاد ضایعه را افزایش دهد [۳۵]. کیتوسان رشد پوسیدگی را مهار می‌کند و پاسخ دفاعی را در بافت میزبان القا می‌کند [۴۰ و ۴۱]. تیمار کیتوسان اثرات مثبتی در حفظ یکپارچگی غشاء و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی نشان داده است [۴۱، ۴۲، ۴۳ و ۴۴]. علاوه بر این، گروه NH_3^+ کیتوسان همچنین ممکن است از انتشار میکروب‌های مضر جلوگیری کند و بنابراین پوسیدگی میوه را به‌طور مؤثر کنترل می‌کند [۴۵]. همچنین کلسیم جزء مهمی از بافت‌های گیاهی است و با افزایش پایداری غشاء، استحکام دیواره سلولی و حفظ تماس سلول با سلول با کاهش تخریب لایه میانی و افزایش مقاومت بافت نقش مهمی در برابر پوسیدگی دارد [۴۶]. این نتایج با نتایج دیگر محققین در مورد انبه [۳۵]، توت‌فرنگی [۱۳] مطابقت دارد.



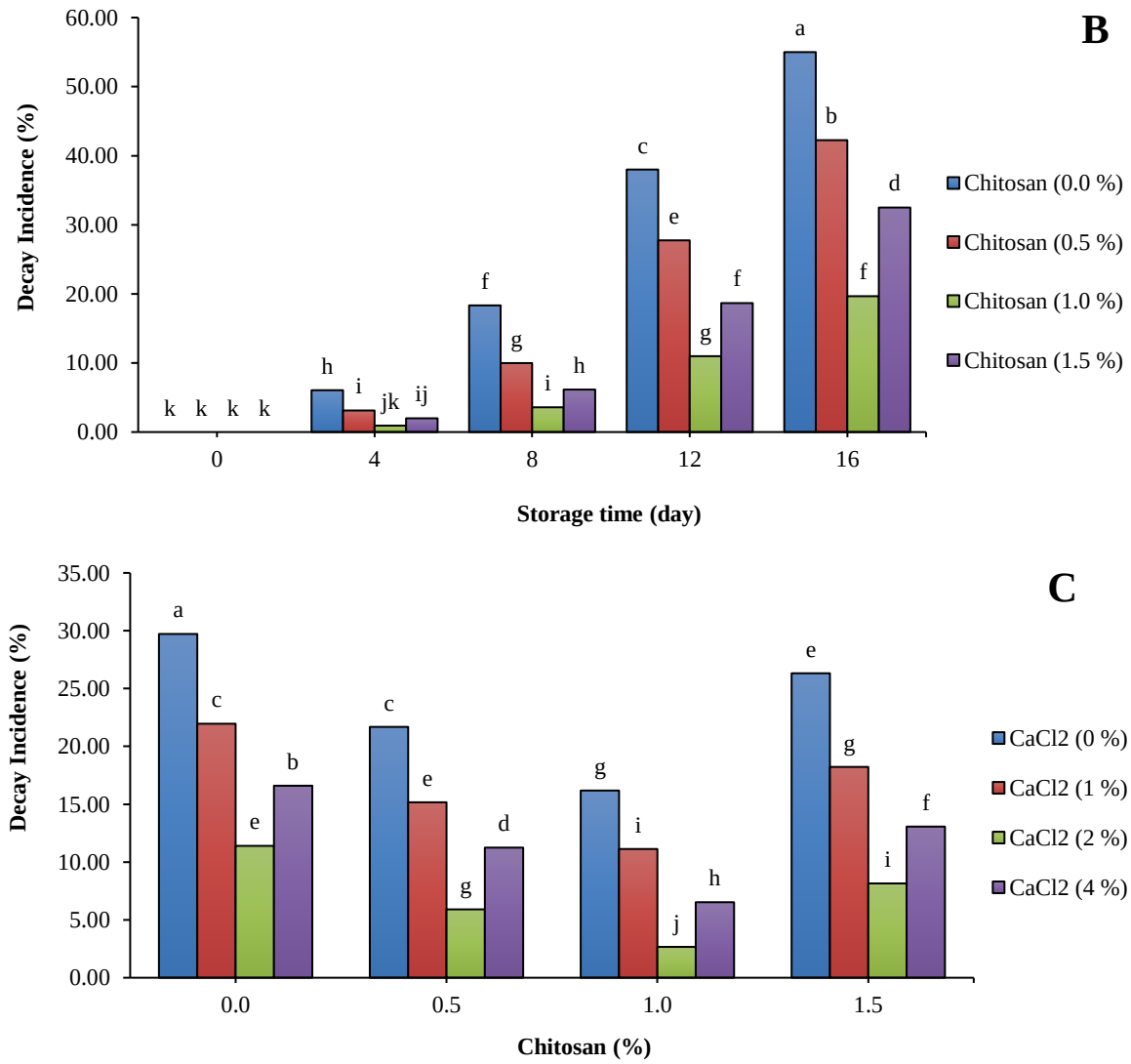


Figure 8- Interaction effects of calcium chlorides × storage time (A), chitosan × storage times (B) and calcium chlorides × chitosan (C) on physiological weight loss of okra pods stored at 9±1 °C for 16 days. Values with different letters are significantly different ($p \geq 0.05$).

٤- نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر نشان داد که پوشش کیتوسان و کلرید کلسیم به‌ویژه تیمارهای ترکیبی به‌عنوان، استراتژی امیدوارکننده‌ای برای مدیریت کیفیت میوه پس از برداشت غلاف‌های بامیه است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ترکیب ۲ درصد کلرید کلسیم و پوشش کیتوسان ۱٪ شاخص کیفیت کلی بالاتر و تأثیر مثبت بهتری را نسبت به سایر تیمارها بر روی خواص فیزیکی ازجمله کاهش وزن، سفتی میوه و خواص شیمیایی در مورد اسید آسکوربیک، محتوای فنل کل، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتر داشته است. در همین حال، پوشش‌دهی با ۲ درصد کلرید کلسیم و ۱٪ کیتوسان به‌طور قابل‌توجهی کیفیت ظاهری غلاف‌های بامیه را حفظ کرد و میزان پوسیدگی را به‌شدت کاهش داد.

۵- تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که حمایت مالی و اجرایی این تحقیق را به عهده داشته است سپاسگزاری می‌نمایند.

٦- منابع

[1] Finger, F. L., Della-Justina, M. E., Casali, V. W. D., & Puiatti, M. (2008). Temperature and modified atmosphere affect the quality of okra. Scientia Agricola, 65, 360-364.

[2] Saleh, M. A., El-Gizawy, A. M., El-Bassiouny, R. E. L., & Ali, H. M. (2013). Effects of anti-coloring agents on blackening inhibition and maintaining physical and chemical quality of fresh-cut okra during storage. Annals of Agricultural Sciences, 58(2), 239-245.

[3] Cheng, Z., Gong, X., Jing, W., Peng, Z., & Li, J. (2018). Quality change of postharvest okra at different storage temperatures. Journal of Food Engineering and Technology, 7(1), 43-43.

[4] Kanwal, R., Ashraf, H., Sultan, M., Babu, I., Yasmin, Z., Nadeem, M., Asghar, M., Shamshiri, R.R., Ibrahim, S.M., Ahmad, N., Imran, M.A., Zhou, Y., & Ahmad, R. (2020). Effect of 1-methyl cyclopropane and modified atmosphere packaging on the storage of okra (*Abelmoschus esculentus* L.): theory and experiments. Sustainability, 12(18), 7547.

[5] Rai, D. R., & Balasubramanian, S. (2009). Qualitative and textural changes in fresh okra pods (*Hibiscus esculentus* L.) under modified atmosphere packaging in perforated film packages. Food Science and Technology International, 15(2), 131-138.

[6] Raghav, P. K., Agarwal, N., & Saini, M. (2016). Edible coating of fruits and vegetables: A review. Education, 1(2), 188- 204.

[7] Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. Materials Science and Engineering: C, 33(4), 1819-1841.

[8] Kumarihami, H. P. C., Kim, Y. H., Kwack, Y. B., Kim, J., & Kim, J. G. (2022). Application of chitosan as edible coating to enhance storability and fruit quality of Kiwifruit: A Review. Scientia Horticulturae, 292, 110647.

[9] Wang, J.Y., Shi, D.H., Bai, Y., Ouyang, B.C., Liu, Y. (2020). Effects of chitosan treatment on the texture parameters of okra fruit (*Abelmoschus esculentus* L. (Moench)). Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 12 (3): 66–75.

[10] Heydarian, A., Ahmadi, E., Dashti, F., & Normohammadi, A. (2022). Evaluation of Mechanical and Chemical Parameters of Okra with Chitosan Coating in Nano Packaging Films and Atmospheric Modified Conditions. Journal of Agricultural Machinery, 12(4): 600-612.

[11] Licodiedoff, S., Koslowski, L. A. D., Scartazzini, L., Monteiro, A. R., Ninow, J. L., & Borges, C. D. (2016). Conservation of physalis by edible coating of gelatin and calcium chloride. International Food Research Journal, 23(4), 1629.

[12] Senevirathna, P. A. W. A. N. K., & Daundasekera, W. A. M. (2010). Effect of postharvest calcium chloride vacuum infiltration on the shelf life and quality of tomato (cv.'Thilina'). Ceylon Journal of Science (Biological Sciences), 39(1) 39, 35–44.

[13] Nguyen, V. T., Nguyen, D. H., & Nguyen, H. V. (2020). Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Postharvest Biology and Technology, 162, 111103.

[14] García, J. M., Herrera, S., & Morilla, A. (1996). Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(1), 30-33.

[15] Abbasi, N., Zafar, L., Khan, H. A., & Qureshi, A. A. (2013). Effects of naphthalene acetic acid and calcium chloride application on nutrient uptake, growth, yield and post-harvest performance of tomato fruit. Pakistan Journal of Botany, 45(5), 1581-1587.

[16] Rao, T. R., Gol, N. B., & Shah, K. K. (2011). Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Scientia Horticulturae, 132, 18-26.

[17] Bagheri, M., Esna-Ashari, M., & Ershadi, A. (2015). Effect of postharvest calcium chloride treatment on the storage life and quality of persimmon fruits (*Diospyros kaki* Thunb.)

cv.‘Karaj’. International Journal of Horticultural Science and Technology, 2(1), 15-26.

[18] Aguayo, E., Escalona, V. H., & Artés, F. (2008). Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut ‘Amarillo’melon. Postharvest Biology and Technology, 47(3), 397-406.

[19] Hussain, P. R., Meena, R. S., Dar, M. A., & Wani, A. M. (2012). Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. Journal of Food Science and Technology, 49, 415-426.

[20] Meighani, H., Boroomand, N., Moghbeli, E. (2018). Effect of chitosan coating and CaCl2 on maintaining postharvest quality and antioxidant compound of strawberry fruit. Journal of Food Science and Technology, 76(15), 307- 317. (In Persian).

[21] Nguyen, V. T., & Nguyen, H. V. (2021). Postharvest quality of strawberry (*Fragaria× ananassa* duch.) coated with calcium and nano-chitosan as affected by different storage temperatures. Journal of Horticulture and Postharvest Research, 4(4), 413-426.

[22] Ghasemnezhad, M., Shiri, M. A., & Sanavi, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. Caspian Journal of Environmental Sciences, 8(1), 25-33.

[23] Hajivand-Ghasemabadi, S., Zare Bavani, M., & Noshad, M. (2022). The influence of gelatin, aloe gel and chitosan coatings on physicochemical characteristics of fresh-cut persian shallot during storage. Journal of Food Science and Technology, 18 (119), 169- 182. (In Persian)

[24] Klein, B. P., & Perry, A. K. (1982). Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. Journal of Food Science, 47(3), 941- 945.

[25] Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299, 152- 178.

[26] Ngure, J. W., Aguyoh, J. N., & Gaoquiong, L. (2008). Effect of storage temperatures and hot water dipping on post-harvest characteristics of Okra. Journal of Applied Biosciences, 6(2), 173-179.

[27] Sogvar, O. B., Saba, M. K., & Emamifar, A. (2016). Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. Postharvest biology and Technology, 114, 29-35.

[28] Hosseini, H, Akhavan, H, Balvardi, M, Bagheri, P, & Pakzad-Moghadam, M. (2019). Effect of Aloe vera gel coating containing green tea extract and salicylic acid on the shelf life of Mazafati date. Journal of Food Science and Technology, 16 (88), 47- 60. (In Persian)

[29] Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology, 85, 185-195.

[30] Prathibhani, H. M., Kumarihami, H. P. C., Cha, G. H., Kim, J. G., Kim, H. L., Lee, M., Kwack, Y. B., Cho, J.G., & Kim, J. (2020). Effect of preharvest Ca-Chitosan application on postharvest quality of ‘Garmrok’ kiwifruit during cold storage. Horticultural Science and Technology, 38(2), 239-248.

[31] Stanley, D. W., Bourne, M. C., Stone, A. P., & Wismer, W. V. (1995). Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots. Journal of Food Science, 60(2), 327-333.

[32] Conway, W. S., & Sams, C. E. (1983). Calcium infiltration of golden Delicious apples and its effect on decay. Phytopathology, 73(7), 1068-1071.

[33] Chen, F., Liu, H., Yang, H., Lai, S., Cheng, X., Xin, Y., & Deng, Y. (2011). Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. Food Chemistry, 126(2), 450-459.

[34] Lara, I., Garcıa, P., & Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) fruit. Postharvest Biology and Technology, 34(3), 331-339.

[35] Mohamed, M. A. A., El-Khalek, A. F. A., & Elmehrat, H. G. (2017). Preharvest applications of potassium silicate, chitosan and calcium chloride to improve mango cv.‘Zibda’ fruit quality and storability. Egyptian Journal of Horticulture, 44, 17-32.

[36] El-Badawy, H. E. M. (2012). Effect of chitosan and calcium chloride spraying on fruits quality of Florida Prince Peach under cold storage. Research

Journal of Agriculture and Biological Sciences, 8(2), 272-281.

[37] El-Abbasy, U. K., El-Khalek, A. F. A., & Mohamed, M. I., (2018). Postharvest applications of 1-methylcyclopropene and salicylic acid for maintaining quality and enhancing antioxidant enzyme activity of apricot fruits cv. “caninoa” during cold storage. Acta Horticulture, 880: 525-532.

[38] Ayranci, E., and Tunc, S. (2004). The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 87 (3): 339- 342.

[39] Chisari, M., Barbagallo, R. N., & Spagna, G. (2007). Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(9), 3469-3476.

[40] Shibuya, N., & Minami, E. (2001). Oligosaccharide signalling for defence responses in plant. Physiological and Molecular Plant Pathology, 59(5), 223-233.

[41] Zeng, K., Deng, Y., Ming, J., & Deng, L. (2010). Induction of disease resistance and ROS metabolism in navel oranges by chitosan. Scientia Horticulturae, 126(2), 223-228.

[42] Jiang, Y., & Li, Y. (2001). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry, 73(2), 139-143.

[43] Kumari, P., Barman, K., Patel, V. B., Siddiqui, M. W., & Kole, B. (2015). Reducing postharvest pericarp browning and preserving health promoting compounds of litchi fruit by combination treatment of salicylic acid and chitosan. Scientia Horticulturae, 197, 555-563.

[44] Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. Scientia Horticulturae, 144, 172-178.

[45] Devlieghere, F., Vermeulen, A., & Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. Food Microbiology, 21(6), 703-714.

[46] Dodd, A. N., Kudla, J., & Sanders, D. (2010). The language of calcium signaling. Annual Review of Plant Biology, 61, 593-620.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Combination effects of calcium chloride and chitosan on the postharvest quality of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) during storage

Majid Dosti mirghaed[1], Mohammad Reza Zare-Bavani[2*]

1- Master's graduate. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2- Assistant professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ABSTRACT

Okra is a vegetable crop with high nutritional value that quickly loses its quality and decay after harvesting. This research aimed to investigate influences of calcium chloride concentrations combined with chitosan coating on the quality characteristics of okra pods during post-harvest. Okra pods were immersed in different concentrations of calcium chloride (0%, 1%, 2%, 4%) and then covered with chitosan (0, 0.5, 1 and 1.5%). Physicochemical analysis including: physiological weight loss, firmness, titratable acidity, total soluble solids, ascorbic acid content, total phenol content, and visual appearance and decay rate were performed at 4-day intervals for 16 days. The results showed that during storage, weight loss, soluble solids, and decay rate increased and firmness, ascorbic acid, total phenol content, titratable acidity and visual appearance showed a sharp decrease. Chitosan coating containing calcium chloride was significantly effective in maintaining the quality characteristics of okra. Among the investigated treatments, a combination of 2% calcium chloride and 1% chitosan was the most effective method to maintain the highest overall quality index score of okra pods stored at 4°C for up to 16 days. This treatment also significantly reduced weight loss and maintained ascorbic acid, total phenolic content, titratable acidity and visual appearance, and delayed increase in soluble solids and decay.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2023/9/12
Accepted:2023/10/19

Keywords:

Ascorbic acid,
Physiological weight loss,
Total phenol,
Total soluble solids,
Visual appearance.

DOI: 10.22034/FSCT.20.145.149

*Corresponding Author E-Mail:
mzarebavani@asnrukh.ac.ir