اثر پوشش‌دهی با کیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت میوه سیب رقم سلطانی

بهناز رستم‌زاده[۱]، علی اکبر رامین[۲*]،
فریبا امینی[۳] و محسن پیرمرادیان[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷)

چکیده

مزیت پوشش‌دهی فرآورده‌ها به‌طور معمول کاهش تعرق و تنفس میوه است که به‌منظور حفظ کیفیت و افزایش انبارمانی میوه‌ها به‌کار گرفته می‌شود. یکی از مهم‌ترین پوشش‌هایی که در دورهٔ پس از برداشت به‌کار می‌رود، کیتوزان است. در این تحقیق تأثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) بر عمر انبارمانی میوه سیب رقم سلطانی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۴ تیمار انجام شد. میوه‌ها به‌مدت ۲۱۰ روز در سردخانه با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰٪ نگهداری شدند و در فواصل زمانی ۳۰ روز یک‌بار خارج شده و از نظر شاخص‌هایی نظیر سفتی بافت، درصد کاهش وزن، اسید آلی، مواد جامد محلول، ویتامین ث، pH عصاره، ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد میوه‌های تیمار شده با کیتوزان به‌طور معنی‌داری بیشترین سفتی، اسید آلی، ویتامین ث، مواد جامد محلول، ترکیبات فنلی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کمترین کاهش وزن و pH عصاره را در مقایسه با شاهد داشتند. هرچند بین دو غلظت ۱ و ۲ درصد کیتوزان در اکثر موارد تفاوت معنی‌داری دیده نشد، اما در برخی موارد غلظت ۲ درصد بهتر از ۱ درصد کیتوزان توانست ضمن افزایش زمان ماندگاری پس از برداشت سیب، کیفیت میوه‌ها را حفظ نماید.

واژه‌های کلیدی: سیب سلطانی، عمر انبارمانی، کیتوزان

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اراک
۴. استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: AA-Ramin@iut.ac.ir

مقدمه

سیب با نام علمی *Malus domestica* Borkh. مهم‌ترین میوه مناطق معتدله و متعلق به خانواده *Rosaceae* است (۲۳). میوه سیب دارای کالری پایین و حاوی مقادیر قابل توجهی ترکیبات مفید مانند ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبرها، اسیدهای آلی، قندها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۳۳). سیب‌های تولیدی در ایران بنا به دلایلی مانند عدم تغذیه صحیح درخت، برداشت محصول در مرحلهٔ نامناسب، حمل و نقل، انبارداری و بسته‌بندی غیر صحیح دچار ضایعاتی می‌شوند (۲۸). یکی از روش‌های جلوگیری از بروز برخی از این مشکلات استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌باشد. پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی از مواد هستند که سدی در مقابل انتقال رطوبت و اکسیژن بین میوه و محیط اطراف آن ایجاد می‌کنند و با کاهش دادن تنفس میوه‌ها زمان ماندگاری آنها را افزایش می‌دهند و مصرف آنها نیز برای انسان بی‌خطر می‌باشد (۱۳). کیتوزان یک پوشش جدید خوراکی و یک پلیمر خطی است که نام آن از کیتین داستیل شده گرفته شده و یک ترکیب طبیعی زیست تخریب‌پذیر و زیست سازگار می‌باشد که از پوسته سخت پوستانی مانند خرچنگ و میگو به‌دست می‌آید (۱). کیتوزان به‌عنوان یک پوشش نیمه نفوذپذیر با تغییردادن اتمسفر درونی مانند آب، اکسیژن و دی‌اکسید کربن و نیز کم کردن سرعت تنفس پیری را به تأخیر انداخته و کیفیت میوه‌های برداشت شده را حفظ می‌کند (۳۷). پوشش خوراکی کیتوزان با کنترل حرکت رطوبت بین میوه و فضای اطراف آن باعث کاهش میزان سوخت و ساز، تنفس و نفوذپذیری موادی مانند چربی و روغن و درجه حرارت شده که این امر باعث تأخیر در رسیدن میوه‌ها می‌شود (۲۹). مطالعات قبلی نشان می‌دهد که پوشش کیتوزان به‌دلیل کاهش سرعت تنفس باعث افزایش طول عمر انبارمانی در میوه‌های توت فرنگی، گلابی ژاپنی، هلو و کیوی شده است و با مهار رشد قارچ *Botrytis cinerea* باعث به تأخیر انداختن پوسیدگی می‌شود (۱۱ و ۱۴). جیانگ و همکاران گزارش کردند که استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان مانع از کاهش مقدار کل مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون و باعث افزایش عمر قفسه‌ای میوه لیچی می‌شود (۲۰). غلامی‌پورفرد و همکاران اثر کیتوزان را بر روی کاهش وزن و عمر انبارمانی فلفل بررسی کردند. آنها گزارش کردند که فلفل‌های تیمار شده با کیتوزان به‌دلیل تنفس و تعرق کمتر از کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد برخوردار بودند. هم‌چنین آنها گزارش کردند فلفل‌های تیمار شده با غلظت ۲ درصد کیتوزان نسبت به غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد از محتوای ویتامین ث، کلروفیل و ترکیبات فنلی بیشتری برخوردار بودند (۱۷). شیری و همکاران تأثیر پوشش کیتوزان بر حفظ کیفیت و عمر انباری میوه‌های پرتقال تامسون و خونی را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد کیتوزان باعث افزایش زمان انباری پرتقال‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد گردید و میوه‌های تیمار شده با کیتوزان ۰/۲ درصد در مقایسه با غلظت‌های دیگر از بیشترین میزان ویتامین ث و ترکیبات فنلی برخوردار بودند (۳۰). باتوجه به ارزش غذایی و اهمیت میوه سیب، بررسی عوامل مؤثر بر حفظ کیفیت و کاهش ضایعات پس از برداشت آن ضروری می‌باشد. در پژوهش حاضر، اثر تیمار کیتوزان روی میوه سیب رقم سلطانی در دوره پس از برداشت مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری میوه سیب سلطانی از یکی از باغ‌های تحقیقاتی سیب وابسته به سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی واقع در شهرستان سمیرم انجام شد. میوه‌ها در زمان بلوغ فیزیولوژیک (قبل از کلیماکتریک) برداشت شده، سپس میوه‌ها از نظر اندازه و یکنواختی تفکیک شدند و پس از حذف میوه‌های صدمه دیده و زخمی، میوه‌های سالم و هم‌اندازه به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند. برای ساخت محلول کیتوزان از روش جیانگ و همکاران استفاده شد (۲۱). بدین منظور، ۵ ، ۱۰، و ۲۰ گرم از پودر کیتوزان (خریداری شده از شرکت سیگما) در اسید استیک گلایسیال

۱٪ به‌طور کامل حل و به حجم یک لیتر رسانده شد. بدین طریق یک لیتر از غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲٪ کیتوزان ساخته شد. سپس pH محلول توسط سود ۰/۱ نرمال به ۵/۲ رسانده شد. محلول شاهد فاقد کیتوزان با pH = ۵/۲ بود. در آخر به همه محلول‌ها ۲ میلی‌لیتر توئین ۸۰٪ به‌عنوان مادهٔ فعال سطحی اضافه شد. میوه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در محلول غوطه‌ور شده و سپس در مقابل جریان هوای اتاق قرار داده شدند تا خشک شوند. پس از خشک شدن، میوه‌ها به منظور تأمین رطوبت کافی در داخل پلاستیک‌های سوراخ‌دار قرار داده شدند و در آنها زیپ شد و در انبار با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. هر ۳۰ روز یک‌بار میوه‌ها از انبار خارج و مورد بررسی قرار گرفتند. این آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۴ تیمار (۰، ۰/۵، ۱ و۲ درصد) کیتوزان اجرا گردید. تجزیه واریانس داده‌ها به کمک نرم افزار سیستم پردازش آماری SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها و آثار متقابل عوامل آزمایشی براساس آزمون LSD با سطح احتمال پنج درصد به کمک نرم افزار MSTATC صورت گرفت.

ارزیابی صفات

کاهش وزن: کاهش وزن میوه‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. میوه‌ها قبل از ورود به انبار و پس از بیرون آوردن از آن در روزهای آزمایش وزن شدند. درصد کاهش وزن بر طبق فرمول زیر محاسبه شد.

(۱):

100 × وزن اولیه / وزن ثانویه- وزن اولیه = درصد کاهش وزن

ویتامین ث (اسید آسکوربیک): غلظت اسید آسکوربیک میوه براساس تیتراسیون توسط ترکیب ۲-۶- دیکلروفنل ایندوفنل (DCIP) اندازه‌گیری شد (۱۶).

مواد جامد محلول ((Soluble solid content (SSC)): برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه قند سنج دستی (مدل k-۰۰۳۲ ساخت ژاپن) استفاده شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون ((Titratable acidity (TA)): اندازه‌گیری اسیدهای آلی با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH حدود ۸/۲ انجام گرفت.

سفتی بافت: سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (مدل OSK-I-10576) اندازه‌گیری شد.

pH عصاره: برای اندازه گیری pH ، از دستگاه pH متر Elmteron مدل CP-501 استفاده گردید.

فنل کل: به‌منظور استخراج ترکیبات فنلی نمونه‌ها، پس از انتقال به آزمایشگاه پوست آنها جدا گردید و مقدار ۲ گرم از گوشت با استفاده از نیتروژن مایع در هاون چینی آسیاب گردید. سپس به آن مقدار ۲ میلی‌لیتر حلال استخراج متشکل از متانول (۸۵ درصد) و استیک اسید (۱۵درصد) اضافه شد. پس از مخلوط کردن، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و سپس با دور ۱۰۰۰۰ rpm به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند (۳). میزان فنل کل در عصاره‌های گوشت با روشFolin-Ciocalteu اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری مقدار فنل کل به ۱۲۵ میکرولیتر از عصاره‌ها، ۳۷۵ میکرولیتر آب، ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد اضافه شد و بعد از ۶ دقیقه ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آنها اضافه گردید سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱/۵ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شدند و بعد از آن میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (SHIMADZU/UV-160A) در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان فنل کل بر حسب میکروگرم اسیدگالیک در یک گرم بافت تر بیان شد (۹).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها، از طریق بررسی اثر خنثی کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲

جدول ۱. تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیب سلطانی تیمار شده با غلظت‌های مختلف کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار سرد (دمای ۱°C)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		سفتی	اسید آلی	مواد جامد محلول	pH عصاره	کاهش وزن	ویتامین ث
تیمار	۳	۰/۱۸**	۰/۰۰۵**	۰/۶۵**	۱/۰۰**	۱۰/۲**	۱۴۳**
خطا	۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۱۲/۰
زمان	۷	۰/۲۹**	۰/۰۰۹**	۰/۴۶**	۱/۱۰**	۱۵/۰**	۲۸۹**
تیمار× زمان	۲۱	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۳*	۰/۰۳**	۰/۵۴**	۷/۷۷^{ns}
خطا	۵۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۶/۲۳
CV		۲/۵۱	۱۵/۶	۱/۰۴	۲/۶۲	۸/۲۸	۸/۴۳

*، **و ns به‌ترتیب نشانه معنی‌دار بودن اثر منابع تغییرات در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار بودن آن می‌باشد.

دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) تعیین گردید. برای این منظور به ۱ میلی‌لیتر ازعصاره‌های گوشت ۲ میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH ۰/۱۵ میلی‌مولار اضافه گردید. نمونهٔ شاهد شامل ۲ میلی‌لیتر DPPH به اضافه ۱ میلی‌لیتر متانول بود. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شدند سپس میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (SHIMADZU/UV-160A) قرائت گردید (۱۹). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$DPPHsc\% = (Acont - Asamp)/Acont \times 100 \qquad (۲)$$

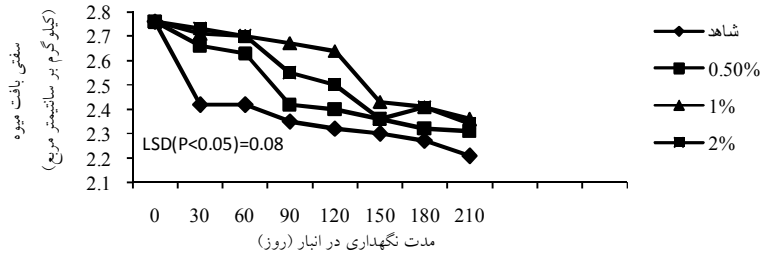
نتایج و بحث

کاهش وزن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمار کیتوزان تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر کاهش وزن میوه‌ها داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین کاهش وزن میوه مربوط به تیمار دو درصد کیتوزان بود و بیشترین کاهش وزن در شاهد مشاهده گردید (جدول ۲). کاهش وزن میوه‌ها در انبار، به‌دلیل از دست دادن آب ناشی از فرآیندهای تنفس و تعرق در میوه‌ها است. به‌طورکلی، اثر مثبت پوشش‌های خوراکی به‌دلیل این است که به‌عنوان سدی بین میوه و محیط اطراف آن قرار گرفته، بنابراین تبادلات خارجی را کاهش می‌دهند. کیتوزان، به‌عنوان یک پوشش خوراکی توانسته جلوی از دست دادن رطوبت را بگیرد و بر تبادلات گازی اثر بگذارد (۳۶). چین و همکاران گزارش کردند که کیتوزان ۲ درصد توانسته از کاهش وزن قطعات انبه در انبار بیشتر از سایر تیمارها جلوگیری کرده و کیفیت و عمر قفسه‌ای آنها را بالا نگهدارد (۷). منگ و همکاران گزارش کردند اسپری کیتوزان قبل و پس از برداشت و یا فقط در پس از برداشت اثر سودمندی در جلوگیری ازکاهش وزن میوه انگور داشت (۲۶).

سفتی بافت

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر تیمار کیتوزان در حفظ سفتی بافت میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. طبق شکل ۱ سفتی بافت طی مدت انبارمانی کاهش معنی‌داری پیدا کرده است شیب نمودار سفتی در مورد شاهد نسبت به تیمار کیتوزان بیشتر است و این بیان کنندهٔ این است که تیمار کیتوزان توانسته در مقایسه با شاهد این روند کاهشی را به تعویق بیندازد. بیشترین سفتی مربوط به تیمار کیتوزان ۱ درصد و سپس کیتوزان ۲ درصد و کمترین مربوط به شاهد بود. تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۱ و ۲٪ کیتوزان وجود داشت. میزان نرم شدن میوه، رابطه مستقیمی با میزان فروپاشی ترکیبات



شکل ۱. تغییرات سفتی بافت میوه سیب رقم سلطانی تیمار شده با غلظت‌های مختلف کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار سرد (دمای ۱°C)

پکتیکی دارد. شکسته شدن ترکیبات پکتینی با شکسته شدن تیغه میانی همراه است که به احتمال زیاد ناشی از فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز می‌باشد (۱۵). ون‌تائوزیو و همکاران گزارش کردند کیتوزان در انگور با کاهش فعالیت آنزیم‌های بتا گالاکتوزیداز، پلی‌گالاکتوروناز و پکتین متیل‌استراز که مهم‌ترین آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی هستند و باعث نرمی میوه می‌شوند، سفتی بافت را در مقایسه با شاهد حفظ می‌کند. آنها هم‌چنین گزارش کردند کیتوزان پوسیدگی قارچی پس از برداشت را در انگورهای تیمار شده نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد (۳۶). نتایج این آزمایش با پژوهش‌های انجام شده روی انبه، گوجه و زغال‌اخته مطابقت دارد به‌طوری‌که تیمار کیتوزان توانسته از کاهش سفتی بافت میوه طی مدت انبارمانی جلوگیری کند (۷، ۱۲ و ۲۲).

ویتامین ث (اسید آسکوربیک)

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر تیمار کیتوزان در حفظ ویتامین ث میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. شکل ۲ تغییرات ویتامین ث را طی مدت انبارمانی نشان می‌دهد به‌طوری‌که طی مدت انبارمانی محتوای ویتامین ث در تیمار کیتوزان ابتدا کمی افزایش و سپس روند کاهشی پیدا کرده اما در شاهد روند کاهشی در ابتدا دیده شد. تفاوت معنی‌داری میان غلظت‌های مختلف کیتوزان با شاهد دیده شد. به‌طوری‌که کمترین ویتامین ث در شاهد و بیشترین در غلظت ۱٪ کیتوزان وجود داشت. کاهش میزان ویتامین ث طی مدت انبارمانی ممکن است ناشی از افزایش اکسیداسیون حاصل از کاهش آب باشد (۳۱). با توجه به اینکه کاهش ویتامین ث از نظر ارزش غذائی نامطلوب است، بنابراین جلوگیری از کاهش آن که احتمالاً با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با اکسیداسیون آن صورت می‌گیرد، در ماندگاری ارزش تغذیه‌ای میوه سیب بسیار مفید است (۲۴). نتایج این پژوهش مطابق با نتایج روی میوه‌های انبه و لیچی است و بیانگر این است که پوشش کیتوزان توانسته است در طول مدت انبارمانی، از دست رفتن ویتامین ث را کم کرده و اکسیداسیون آنرا کاهش دهد (۷ و ۱۰).

اسید آلی

جدول (۱) تجزیه واریانس میوه سیب رقم سلطانی تیمار شده با غلظت‌های مختلف کیتوزان نشان داد که کیتوزان تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان اسید آلی موجود در میوه دارد. میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد از میزان اسید آلی بیشتری برخوردار بودند. تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف کیتوزان وجود نداشت، اما تفاوت بین شاهد و میوه‌های تیمار شده معنی‌دار بود. تیمار ۲٪ و ۱٪ کیتوزان بیشترین تأثیر را در حفظ اسیدهای آلی داشتند (جدول ۲). پوشش‌ها با کند کردن تغییرات pH، به‌طور مؤثری رسیدن و زوال میوه‌ها را به تعویق می‌اندازند (۸). به‌نظر می‌رسد تیمار میوه با کیتوزان با کند کردن فرآیندهای مرتبط با رسیدن میوه، باعث کاهش مناسب سرعت کم شدن اسیدهای آلی شده

است. بنابراین میزان اسیدهای آلی، به‌دلیل عدم مصرف و یا عدم تبدیل به قندهای ساده در میوه حفظ شده و سیر نزولی آن نسبت به شاهد کمتر است. گزارشات مشابهی در ارتباط با جلوگیری از کاهش اسیدهای آلی با استفاده از تیمار کیتوزان در مورد انبه، لانگن فروت و لیچی وجود دارد (۷، ۲۰ و ۲۱).

چن و همکاران گزارش کردند که تیمار کیتوزان توانست محتوای اسیدهای آلی را در طول انبارداری در میوه انبه نسبت به شاهد بالا نگهدارد (۷).

چین و همکاران گزارش کردند، بین کیتوزان با وزن مولکولی کم (LMWC, Mw = 15kDA) و وزن مولکولی زیاد (HMWC, Mw = 357 kDA) ، کیتوزان با وزن مولکولی کم تأثیر بیشتری روی اسیدآلی مرکبات نشان داد و توانست بیشتر آن را حفظ کند (۶).

مواد جامد محلول

مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف کیتوزان در سیب سلطانی (جدول ۲) نشان داد که افزایش مواد جامد محلول در همه تیمارها نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است. تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۱ و ۲ درصد وجود نداشت. در این بین بیشترین مقدار مواد جامد محلول مربوط به تیمار ۲٪ کیتوزان و کمترین متعلق به شاهد بود. از آنجایی‌که اسید آلی و نشاسته در طی فرایند تنفس مصرف شده و منبع تأمین مواد جامد محلول می‌باشند، می‌توان بالا بودن مواد جامد محلول در تیمار کیتوزان ۲٪ و ۱٪ را با مصرف شدن این دو ترکیب در آنها مرتبط دانست. تأثیر کیتوزان بر میزان مواد جامد محلول در میوه‌های مختلف متفاوت است مثلاً در پاپایا تأثیر معنی‌داری نداشت و در انبه باعث افزایش آن گردید (۲ و ۳۲).

pH عصاره

بررسی داده‌ها در جدول مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کیتوزان (جدول ۲) نشان داد که حداکثر مقدار pH عصاره پس از ۲۱۰ روز نگهداری در انبار سرد، در شاهد و حداقل آن در تیمار کیتوزان ۱ درصد وجود داشت. براساس نتایج به‌دست آمده تیمارهای مختلف کیتوزان تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند. تفاوت بین غلظت ۱ درصد کیتوزان با غلظت ۰/۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد افزایش pH عصاره، به‌دلیل تغییرات بیوشیمیایی میوه مانند تجزیه اسیدهای آلی به قندها و شرکت در چرخه تنفس می‌باشد که کیتوزان توانسته با کاهش دادن سرعت تنفس تجزیه اسیدهای آلی را کاهش دهد. کیتوزان در توت‌فرنگی باعث پایین نگهداشتن pH در طول مدت نگهداری شد (۱۸). در انگور میوه‌های تیمار شده با کیتوزان ۱ درصد به‌طور معنی‌داری pH عصاره بیشتری نسبت به غلظت ۰/۵ درصد و شاهد داشتند (۲۷).

فنل کل

همان‌گونه که در جدول مقایسه میانگین اثر تیمار کیتوزان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیب رقم سلطانی (جدول ۲) مشاهده می‌شود، کمترین ترکیبات فنلی میوه مربوط به شاهد است و بیشترین آن در تیمار ۲ درصد کیتوزان مشاهده گردید. افزایش غلظت کیتوزان تأثیر معنی‌داری بر فنل کل میوه داشت. تفاوت بین غلظت ۱ و ۲٪ کیتوزان معنی‌دار نبود. کیتوزان علاوه بر خاصیت ضد قارچی، دارای پتانسیل القای دفاع آنزیمی و ترکیبات فنلی در گیاهان نیز می‌باشد (۱ و ۴). بن هامو و لیو گزارش کردند که در گوجه‌فرنگی‌ها و میوه‌های تیمار شده با کیتوزان تولید ترکیبات فنلی القاء شد (۵ و ۲۲). غلامی‌پورفرد گزارش کرد فلفل‌های تیمار شده با غلظت ۲ درصد کیتوزان درمقایسه با شاهد و غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان در پایان انبارداری از ترکیبات فنلی بیشتری برخوردار بودند (۱۷). قاسم نژاد و همکاران گزارش کردند که زردآلوهای تیمار شده با کیتوزان در مقایسه با شاهد از ترکیبات فنلی بیشتری برخوردار بودند (۱۶). کاهش ترکیبات فنلی در پایان زمان انبارمانی ممکن است به‌دلیل شکستن ساختار سلولی در اثر پیری میوه‌ها باشد (۲۵).

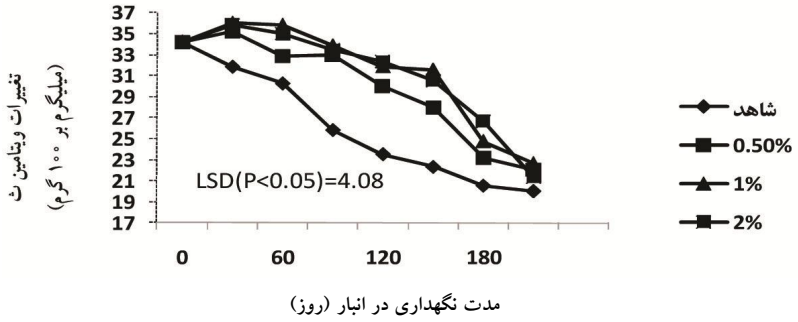
ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی

بررسی نتایج به‌دست آمده از تأثیر کیتوزان بر میزان فعالیت

جدول ۲. مقایسات میانگین اثر غلظت‌های مختلف کیتوزان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیب سلطانی طی مدت انبارمانی در انبار سرد (دمای ۱°C)

تیمار کیتوزان (٪)	اسید آلی (g/100ml)	مواد جامد محلول (٪)	pH عصاره	کاهش وزن (٪)	فنل کل (میکروگرم بر کیلوگرم وزن تر)	ظرفیت آنتی اکسیدانی (٪)
شاهد	۰/۰۸^{b}	۱۲/۲^{c}	۵/۰۱^{a}	۲/۴۶^{a}	۳۲۱^{c}	۱۷/۷^{c}
۰/۵	۰/۱۰^{a}	۱۲/۳^{b}	۴/۶۸^{b}	۱/۷۴^{b}	۴۳۷^{b}	۲۰/۵^{b}
۱	۰/۱۰^{a}	۱۲/۶^{a}	۴/۵۷^{c}	۱/۳۲^{c}	۶۱۹^{a}	۲۶/۲^{a}
۲	۰/۱۱^{a}	۱۲/۶^{a}	۴/۵۹^{cb}	۰/۹۴^{d}	۶۳۰^{a}	۲۶/۷^{a}

در هر ستون، اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.



شکل ۲. تغییرات ویتامین ث میوه سیب رقم سلطانی تیمار شده با غلظت‌های مختلف کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار سرد (دمای ۱°C)

آنتی‌اکسیدانی میوه سیب رقم سلطانی نشان داد تفاوت معنی‌داری میان غلظت‌های مختلف تیمار کیتوزان با شاهد دیده می‌شود. به‌طوری‌که کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در شاهد و بیشترین آن به‌ترتیب در تیمارهای ۲ درصد و ۱ درصد وجود دارد. تفاوت بین تیمار ۲ درصد و ۱ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۲). پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد ارتباط مثبتی بین ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد (۳۴ و ۳۵). بنابراین بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند با بیشترین ترکیبات فنلی همراه باشد. میوه‌های زردآلوی تیمار شده با کیتوزان دارای ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به شاهد بودند (۱۶).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر پوشش خوراکی کیتوزان بر حفظ کیفیت و عمر انبارمانی سیب رقم سلطانی بررسی شد. کیتوزان توانست طی مدت انبارداری سفتی بافت میوه را حفظ کند و هم‌چنین از اکسید شدن ویتامین ث جلوگیری کند. کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با کیتوزان ۲ درصد نسبت به دیگر تیمارها کمتر بود. نتایج نشان داد که در مورد اکثر صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های کیتوزان ۲٪ و ۱٪ وجود نداشت. در مجموع پوشش خوراکی کیتوزان در مقایسه با شاهد اثر مؤثری بر افزایش عمر انبامانی و حفظ کیفیت میوه‌ها داشت.

منابع مورد استفاده

1. Bautista-Banos, S., A. N. Hernandez-Lauzardo, M. G. Velazquez-del Valle, M. Hernandez-Lo pezAit, E. Barka, E. Bosquez-Molina and C. L. Wilson. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection* 25: 108-118.
2. Bautista-Banos, S., M. Hernandez-Lopez, E. Bosquez-Molina and C. L. Wilson. 2003. Effects of chitosan and plant extractes on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection* 22: 1087-1092.
3. Bakhshi, D. and O. Arakawa. 2006. Effect of UV-B irradiation on phenolic compounds accumulation and their antioxidant activity in 'Jonathan' apple. *Food, Agriculture and Enviroment* 4: 75-79.
4. Benhamou, N. 1996. Elicitor-induced plant defence pathways. *Trends in Plant Science* 1: 233–240.
5. Benhamou, N. and G. Thériault. 1992. Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to the crown and root pathogen Fusarium oxysporum f. sp. radicislycopersici. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 41: 33–52.
6. Chien, P. J., F. Sheu and H. R. Lin. 2007. Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry* 100: 1160-1164.
7. Chien, P. J., F. Sheu and F. H. Yang. 2007. Effect of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Food Engineering* 78: 225-229.
8. Cong, F., Y. Zhang and W. Dong. 2007. Use of surface coatings with natamycin to improve the storability of Hami melon at ambient temperature. *Postharvest Biology and Technology* 46: 71–75.
9. D' Angelo, S., C. Amelia, M. Raimo, A. Salvatore, V. Zappia and P. Galletti. 2007. Effect of Reddening–Ripening on the Antioxidant Activity of Polyphenol Extracts from Cv. 'Annurca' Apple Fruits. *Agricultural and Food Chemistry* 55: 9977-9985.
10. Dong, H., L. Cheng, J. Tan, K. Zheng and Y. Jiang. 2004. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Food Engineering* 64: 355-358.
11. Du, J. M., H. Gemma and S. Iwahori. 1997. Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear and kiwifruit. *Horticultural Science* 66: 15-22.
12. Duan, J., R. Wu, B. C. Strik and Y. Zhao. 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 59: 71–79.
13. Baldwin, E, A. 2002. New Coating Formulations for the Convertion of Tropical Fruit. Departement des productions fruitieres horticoles Flhor. Winter Haven, FL, USA.
14. El Ghaouth, A., J. Arul, R. Ponnamapalam and M. Boulet. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Food Science* 56: 1618-1620.
15. Ferree, D. C. and I. J. Warrington. 2003. Apples Botany, Production and Uses. CABI publishing,USA.
16. Ghasemnezhad, M., M. A. Shiri and M. Sanavi. 2010. Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot *(Prunus armeniaca L.*) during cold storage. *Journal of Enviromental Sciences* 8: 25-33.
17. Gholammipour Fard, K., S. Kamari, M. Ghasemnezhad and R. F. Ghazvini. 2010. Effect of Chitosan Coating on Weight Loss and postharvest Quality of Green Pepper. *Acta Horticulturae* 877: 521-826.
18. Hernandez-Munoz, P., E. Almenar, V. Del Valle, D. Velez and D. Gavara. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* 110: 428–435.
19. Ismail, H. K., A. Mehmet and C. Hacer. 2009. Antioxidant capacity, total phenolics and some chemical properties of semi-matured apricot cultivars grown in Malatya, turkey. *World Applied Science*s 6: 519-523.
20. Jiang, Y. M., J. R. Li and W. B. Jiang. 2005. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *Food Science and Technology* 38: 757-761.
21. Jiang, Y. and Y. Li. 2001. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry* 73: 139-143.
22. Liu, J., S. Tian, X. Menga and Y. Xua. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 44: 300–306.
23. Manie, A. 1992. Apple and Training. Publication of Technical Companies. Iran. (In Farsi).
24. Mac Lean, D. D., D. P. Murr and J. R. A. DeELL. 2000. Modified total oxyradical scavenging capacity assay for antioxidants in plant tissues. *Postharvest Biology and Technology* 29: 183-194.
25. Macheix, J. J., A. Fleuriet and J. Billot. 1990. Fruit Phenolics. CRC Press, Florida.
26. Meng, X., B. Li, J. Liu and S. Tian. 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry* 106: 501–508.
27. Mostofi, Y., M. Ardakani, S. H. Razavi. 2011. The effect of chitosan on postharvest life extension andqualitative characteristics of table grape "Shahroodi" . *Food Science and Technology 8: 93-102*. (In Farsi).

28. Shahabi, A. A. and M. G. Malakuti. 2000. Foliar Ca fundamental necessity to improve the quality characteristics of fruit stored in calcareous soils. Soil and Water Research Institute. Iran. (In Farsi).
29. Shahidi, F., J. Arachchi and Y. Jeon. 1999. Food applications of chitin and chitosan. *Food Science and Technology* 10: 37-51.
30. Shiri, M., M. Ghasemnejad, M. Ashornejad and M. Sherafati. 2009. Effect of chitosan coating on fruit quality and storage life of Thompson and blood orange. *In:* Proceeding of 6th Horticultural Science Congress. Gillan, Iran. pp. 972. (In Farsi).
31. Shin, Y., R. H. Liu, J. Nock, D. Holliday and C. B. Watkins. 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biology and Technology* 45: 349–357.
32. Srinivasa, P. C., R. Baskaran, M. N. Armes, K. V. Harish Prashanth and R. N Tharanathan. 2002. Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan . *Food Research and Technology* 215: 504–508.
33. Tahir, I. 2006. Control of pre- and Postharvest Factors to Improve Apple Quality and Storability. Swedish University of Agricultural Science. Alnarp, Sweden.
34. Wang, H., G. Cao and R. L. Prior. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *Agricultural and Food Chemistry* 44: 701–705.
35. Wang, S. Y. and H. S. Lin. 2000. Antioxidant activity in fruit and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Agricultural and Food Chemistry* 48: 140–146.
36. Xu, W. T., K. L. Huang, F. Guo, W. Qu, J. J. Yang, Z. H. Liang and Y. B. Luo. 2007. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology* 46: 86-94.
37. Zivanovic, S., C. Shuang and A. F. Draughon. 2005. Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *Food Science* 70: 45-51.