نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال هشتم / شماره یکم / بهار ۱۳۹۷

تأثیر تیمار پس از برداشت استفاده از پوشش کیتوزان بر حفظ کیفیت موز رقم کاوندیش (*Musa acuminata cv. Cavendish*) در طی انبارمانی سرد

مهدیه کریمی[۱]، مرجان السادات حسینی[۲] و سید مرتضی زاهدی[۳*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۲)

چکیده

این پژوهش به‌منظور تأثیر غلظت‌های مختلف پوشش کیتوزان بر کیفیت و عمر پس از برداشت میوه موز رقم کاوندیش صورت گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در انباری با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰- ۸۵ درصد انجام گرفت. تیمارها شامل چهار سطح کیتوزان (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) و اندازه‌گیری صفات در زمان‌های صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ روز انجام گرفت و صفاتی از قبیل تغییرات وزن، سفتی، پوسیدگی، میزان فنل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، پ‌هاش، اسید قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، ویتامین ث، آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، میزان قهوه‌ای شدن و رنگ اندازه‌گیری شدند. نتایج پژوهش نشان داد که تیمار کیتوزان باعث بهبود برخی ویژگی‌های کیفی در میوه موز شد. کیتوزان از دست‌دهی آب و کاهش وزن، سفتی، محتوای اسید آسکوربیک و رنگ‌گیری را به تأخیر انداخت. بیشترین شاخص پوسیدگی (۸/۰۹ درصد) مربوط به تیمار شاهد و کمترین (۲/۴۵ درصد) آن مربوط به تیمار کیتوزان ۲ درصد بعد از بیست روز نگهداری بود. میزان مواد جامد محلول و اسیدهای آلی در طی دوره انبارمانی افزایش یافت و میوه‌های تیمار شده با کیتوزان یک و دو درصد کمترین مواد جامد محلول و اسید را داشتند. همچنین در پایان دوره انبارداری میوه‌های تیمار شده با یک و دو درصد کیتوزان بالاترین پ‌هاش، محتوای فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند. در نهایت می‌توان بیان داشت تیمارهای کیتوزان با غلظت‌های یک و دو درصد به‌صورت مؤثری سبب افزایش و حفظ کیفیت انبارمانی میوه موز شدند.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، اسید آسکوربیک، پلی‌فنل اکسیداز، شاخص پوسیدگی

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۲. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس
۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: S.M.Zahedi@maragheh.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

موز یکی از محبوب‌ترین و مهم‌ترین میوه‌های تجاری در سراسر جهان است. این میوه بومی جنوب آسیا به‌ویژه بنگلادش است که در سال ۲۰۱۴ تولید جهانی آن به ۷۵ میلیون تن رسید. موز ارزش غذایی بالایی داشته و علاوه‌بر داشتن ویتامین ث (۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و آنتی‌اکسیدان‌ها غنی از پتاسیم نیز است (۵۸). کشت و پرورش موز در ایران در استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان، بوشهر، کرمان صورت می‌گیرد. سطح کشت بارور آن ۴۰۴۷ هکتار و میزان تولید آن بیش از ۱۲۹ هزار تن است. استان سیستان و بلوچستان بالاترین سطح زیر کشت را در کل کشور دارا است (۱).

به‌دلیل نرمی بافت میوه موز کاملاً رسیده و حساسیت آن به صدمات فیزیکی در حین نگهداری و حمل و نقل، میوه‌ها در مرحله سبز رسیده و یا در مرحله ابتدایی تغییر رنگ از سبز به سایر رنگ‌ها (بسته به رقم) برداشت می‌شوند. میوه موز به علت فرازگرا بودن (Climactirce) و دارا بودن مواد غذایی بسیار برای میکروارگانیسم‌ها بسیار فسادپذیر است (۳۳). روش‌های جلوگیری از افزایش اتیلن در میوه می‌تواند عمر پس از برداشت میوه‌های فرازگرا را افزایش دهد (۳۶). روش‌های تجاری گوناگونی برای کاهش اتیلن برون‌زاد (Exogenous ethylene) از جمله اتمسفر کنترل‌شده (Controlled atmosphere) (۵۱) انجام شده است. اما جلوگیری از تولید اتیلن درون‌زاد میوه، نیاز به شناسایی و کاربرد ترکیبات و پوشش‌های طبیعی ویژه و بدون خطر برای سلامتی انسان دارد.

پوشش‌های خوراکی می‌توانند حاوی مواد مختلف از جمله مواد ضد میکروبی باشند (۴۹) و با داشتن ویژگی زیست‌تخریب‌پذیری، می‌توانند به‌طور کامل به‌وسیله میکروارگانیسم‌ها تجزیه شوند (۵۰). این پوشش‌ها کیفیت محصولات غذایی از جمله میوه‌ها را به‌وسیله ایجاد مانع و ساختار حفاظت‌کننده در برابر آسیب‌های مکانیکی، اکسیداسیون، رشد میکروبی و گازهایی مانند بخار آب، لیپیدها، مواد حل‌شونده و واکنش‌های شیمیایی افزایش می‌دهند (۲۱). کیتوزان با فرمول شیمیایی $C_6H_{11}NO_4$ فراوان‌ترین پلی‌ساکارید طبیعی بعد از سلولز است که در اسکلت خارجی سخت‌پوستان، دیواره‌های سلولی قارچی و سایر مواد بیولوژیکی یافت شده است (۸). این پوشش کیفیت، سلامت و ثبات ویژگی‌های فیزیکی محصولات را با ایجاد یک مانع نیمه‌تراوا به بخار آب، اکسیژن و دی‌اکسید کربن بین محصولات و اتمسفر اطراف آنها افزایش و مقدار مشخصی از گازها را عبور می‌دهد تا مانع تنفس بی‌هوازی محصول شود و از این طریق سبب افزایش ماندگاری محصول می‌شود (۳۱).

چین و همکاران (۱۰) و جیتاریرات و همکاران (۲۶) گزارش کردند کیتوزان تأخیر در کاهش وزن، کاهش تنفس و تولید اتیلن، افزایش میزان اسیدهای آلی و ویتامین ث را در انبه باعث شده است. همچنین کاربرد کیتوزان سبب بهبود ویژگی‌های انبارداری، کاهش فعالیت اتیلن و آلودگی قارچی، تأخیر در رسیدن و پیری، کاهش تغییرات کلروفیل و سفتی چندین میوه فرازاگرا و نافرازگرا مانند بلوبری (*Vaccinium myrtillus*) (۲۵)، جوجوبا (*Ziziphus jujube*) (۶۱)، گوآوا (*Psidium guajava* L.) (۲۳) و انبه (*Mangifera indica*) (۱۰) شد.

موز یک میوه مهم از لحاظ تجاری است که بهبود انبارداری آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف اصلی پژوهش حاضر مقایسه اثر غلظت‌های مختلف پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی‌هایی از جمله درصد کاهش وزن، سفتی میوه، رنگ و ترکیبات ویژه مانند مواد جامد محلول، محتوای فنل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، اسید آسکوربیک (ویتامین ث) و شاخص پوسیدگی در یک رقم محلی موز بود که این ویژگی‌ها و ترکیبات کیفیت آن را طی دوره بیست روزه انبارداری نشان می‌دهند.

مواد و روش‌ها

میوه‌های موز رقم کاوندیش (*Musa acuminata* cv. Cavendish) در زمان بلوغ تجاری (سبز رسیده) از یک باغ موز در میناب (استان هرمزگان، ایران) تهیه و بلافاصله به آزمایشگاه پارک علم

www.SID.ir

و فناوری همدان منتقل شد. میوه‌های سالم و یکنواخت از لحاظ اندازه، شکل، رنگ و درجه رسیدگی انتخاب و پس از شستشو با آب و خشک کردن آب شستشو، ویژگی‌های اولیه ظاهری و شیمیایی برای روز صفر اندازه‌گیری شدند. برای تهیه محلول کیتوزان مقادیر ۵، ۱۰ و ۲۰ گرم کیتوزان (سیگما- آلدریچ، آمریکا) در یک لیتر اسید استیک یک درصد حل شد و پ‌هاش محلول با سود یک نرمال، به ۵ رسانده و به‌ترتیب غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ درصد کیتوزان ساخته شد. پس از تهیه محلول کیتوزان نمونه ها به‌مدت یک دقیقه داخل محلول قرار گرفتند و سپس در شرایط دمای محیط خشک شدند. برای تیمار شاهد نیز از آب مقطر استفاده شد. مدت زمان انبارمانی ۲۰ روز، دمای انبار ۲±۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد درنظر گرفته شد. اندازه‌گیری‌ها در روزهای صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ انجام شد.

تغییرات وزن و سفتی میوه

میوه‌های موز در هر تیمار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم قبل از شروع آزمایش و نیز به فواصل معین در طول نگهداری در انبار وزن شدند و درصد کاهش وزن از طریق رابطه زیر به دست آمد:

(۱)

۱۰۰×(وزن اولیه/ وزن ثانویه – وزن اولیه) = درصد کاهش

وزن سفتی بافت میوه (پوست همراه با گوشت) با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (Penetrometer) مدل (OSK-I- 10576) اندازه‌گیری و میزان فشار دستگاه برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع محاسبه شد.

فنل کل

جهت تعیین محتوای فنل کل بافت میوه، از روش سینگلتون و روسی (۵۵) استفاده شد. از ترکیب مقدار نیم گرم از بافت میوه با ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد استفاده و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱۰ درصد) به آن اضافه شد. پس از پنج دقیقه ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن افزوده شد. با مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک در غلظت‌های صفر، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۴۸ میلی‌گرم در لیتر، محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک اکی‌والانت در گرم عصاره میوه گزارش شد. جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر(Cary, 100 Conc، آمریکا) خوانده شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی براساس درصد مهارکنندگی(DPPH) 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil، طبق روش برند و ویلیامز و همکاران (۹) انجام شد. ۷۵ میکرولیتر از عصاره میوه با ۱۴۲۵ میکرولیتر DPPH یک میلی‌مولار مخلوط و به‌هم زده شد. سپس جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Cary, 100 Conc ، آمریکا)، در طیف ۵۱۵ نانومتر و در دو زمان به فاصله ۳۰ دقیقه قرائت شد و نهایتاً درصد بازدارندگی از طریق فرمول زیر به‌دست آمد:

(۲) درصد بازدارندگی DPPH = $(A_{30} - A_0) / A_0 \times 100$

A_0 میزان جذب نمونه پس از افزودن DPPH و A_{30} جذب نمونه ۳۰ دقیقه پس از قرائت جذب اول است. نتایج به‌صورت میلی‌مولار در هر گرم وزن تر (Fresh weight) بیان شد.

محتوای اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

اسید آسکوربیک با استفاده از روش تیتراسیون با ید در یدور پتاسیم اندازه گرفته شد. پایان تیتراسیون زمانی بود که عصاره میوه‌ها به رنگ آبی تیره درآمد و این رنگ چند ثانیه پایدار ماند. حجم محلول ید در یدور پتاسیم خوانده شد و میزان اسید آسکوربیک با استفاده از فرمول زیر برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محاسبه شد (۴۳):

(۳) مقدار V_C = $((2\times V) / (Vc\ Control)) \times 100$

که در آن Vc حجم ویتامین ث، V حجم ید مصرفی و Vc شاهد نیز برابر با ۲/۱ است.

Archive of SID

www.SID.ir

آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز براساس روش کار و میشرا (۲۸) تعیین شد. مخلوط واکنش شامل ۰/۴ میلی‌لیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار، ۱/۵ میلی‌لیتر بافر تریس ۰/۲ مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. کاهش در جذب پیروگالل در ۴۲۰ نانومتر محاسبه و گزارش شد.

مواد جامد محلول کل (TSS)، پ‌هاش (pH)، اسیدیته کل عصاره میوه (TA) و شاخص طعم

برای تعیین مواد جامد محلول با استفاده از یک رفرکتومتر دیجیتالی (ATAGO مدل A.PAL-1 ساخت کشور ژاپن) میزان مواد جامد محلول عصاره میوه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برحسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد. پ‌هاش عصاره میوه با استفاده از دستگاه پ‌هاش متر (مدل AG، ساخت شرکت متروهم، سوئیس)، اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان اسید کل میوه از روش تیتراسیون استفاده شد. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه در ۱۰ میلی‌متر آب مقطر حل شد و با هیدروکسید سدیم ۰/۲ نرمال تیتر گردید. زمانی‌که پ‌هاش محلول به ۸/۴ رسید، تیتراسیون متوقف شد. سپس درصد اسیدیته قابل تیتر طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۵۳):

(۴)

$$TA = \frac{\text{ml NaOH} \times N(\text{NaOH}) \times \text{acidmeq.factor}}{\text{ml juice titrated}} \times ۱۰۰$$

شاخص طعم میوه نیز با استفاده از رابطه TSS/TA محاسبه و گزارش گردید.

رنگ

تغییرات رنگ در دو سمت مخالف میوه با رنگ‌سنج (CR400، ژاپن) اندازه‌گیری شد. مقادیر L^* به‌صورت (صفر- سیاه (تیرگی کامل)؛ ۱۰۰- سفید (روشنی کامل)) و a^* (سبز (-) تا قرمز (+)) ثبت و گزارش شد (۴ و ۳۴).

شاخص پوسیدگی (Decay incidence)

شاخص پوسیدگی پوست میوه مطابق روش مک‌دونالد و همکاران (۳۶) با اندازه‌گیری ناحیه پوسیده روی پوست میوه انجام شد و نتایج به‌صورت درصد بیان شد.

آنالیز آماری

این آزمایش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل سطوح مختلف تیمارها و فاکتور دوم روزهای انبارمانی بود. تجزیه آماری داده‌های تجربی به روش مدل خطی عمومی (GLM) و به کمک نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح $P< ۰/۰۵$ انجام شد.

نتایج و بحث

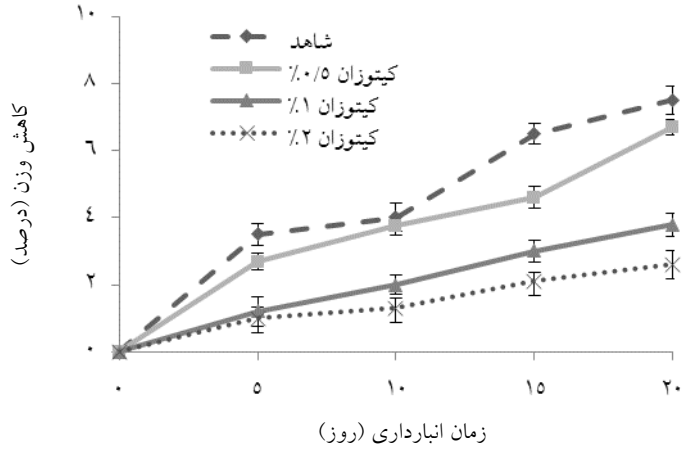
تغییرات وزن

اثر تیمار ۱ و ۲ درصد کیتوزان بر کاهش وزن معنی‌دار گردید ($P< ۰/۰۵$). در انتهای دوره انبارمانی (روز بیستم)، میوه‌های شاهد کاهش وزن بالاتری نسبت به میوه‌های تیمار شده داشتند (شکل ۱). کاربرد کیتوزان در کاهش ازدست‌دهی آب میوه از طریق پوست مؤثر بود، به‌طوری‌که با افزایش غلظت کیتوزان میزان هدررفت آب از پوست میوه و کاهش وزن کمتر شد و تیمار دو درصد کیتوزان بیشترین اثر را در کم کردن درصد کاهش وزن داشت. بیشتر میوه‌های فرازگرا، طی دوره رسیدن و پیری کاهش وزن نشان می‌دهند (۵۵). مکانیسم اولیه کاهش وزن میوه‌های تازه، انتشار بخار بین فاز داخل و خارج توسط یک شیب فشار بخار آب‌میوه است که در نهایت منجر به افزایش تعرق و کاهش وزن میوه می‌شود (۵۶). اثر مثبت کیتوزان بر جلوگیری از کاهش وزن توت‌فرنگی (۲۲)، گوآوا (۲۳) و انبه (۲۶) گزارش شده است.

سفتی

سفتی بافت موز به تدریج طی انبارمانی کاهش یافت و در دوره انبارمانی (روز بیستم) بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده شد. در روز بیستم تیمار یک و دو

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱. تغییرات درصد کاهش وزن میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

درصد بیشترین سفتی را نشان دادند (شکل ۲). به‌طوری‌که تا روز هشتم میزان کاهش سفتی میوه آهسته بود و با افزایش دوره انبارداری میزان سفتی میوه به‌سرعت کاهش یافت. سفتی بافت میوه می‌تواند در ارتباط با ساختار دیواره سلولی و ترکیبات بین دیواره سلول‌ها و همچنین تبدیل قندهای نامحلول (نشاسته) به قندهای محلول (مانند گلوکز و فروکتوز) باشد. تغییر در ساختار دیواره سلولی از جمله کاهش همی‌سلولز و گالاکتوز، کاهش درجه استری پکتین و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده سبب نرم شدن بافت میوه طی انبارداری می‌شوند (۵۹). در مطالعات گذشته جلوگیری از کاهش سفتی میوه با کیتوزان در پاپایا (۳)، گواوا (۲۳)، انگور (۲) و انبه (۲۷) و ترکیب کیتوزان و ژل آلوئه‌ورا در پاپایا و گیلاس (۴ و ۳۵) گزارش شده است.

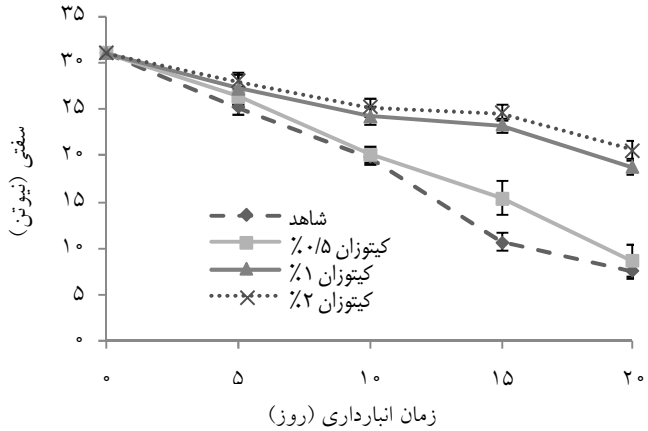
فنل کل

شکل ۳- الف نشان‌دهنده اثر میزان غلظت کیتوزان بر میزان فنل گوشت میوه موز است. نتایج نشان داد میزان فنل گوشت میوه موز تا روز پنجم در تمام تیمارها کاهش و از روز پنجم تا دهم افزایش و از روز دهم تا پایان انبارمانی (روز بیستم) روند کاهشی تدریجی داشته است. این گونه نوسانات میزان فنل میوه موز طی دوره انبارمانی را پریا درسینی و همکاران (۴۵) نیز گزارش کرده‌اند. بخش مهمی از ترکیبات فنلی میوه موز را تانن‌ها تشکیل می‌دهند که قبل از دوره رسیدن این میزان کاهش و در حین رسیدگی افزایش و در زمان رسیدن کامل مجدداً کاهش می‌یابند (۴۲). این میزان کاهش در تیمارهای مختلف در دوره انبارداری، در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری نشان دادند و با افزایش غلظت کیتوزان میزان فنل کل افزایش یافت. در تیمار ۲ درصد کیتوزان بیشترین و در تیمار شاهد کمترین مقدار فنل مشاهده شد. کاهش میزان فنل گوشت میوه، یکی در ارتباط با افزایش آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (۵۵) و دیگری پلیمریزه‌شدن تانن‌ها (۳۹) طی انبارمانی موز است.

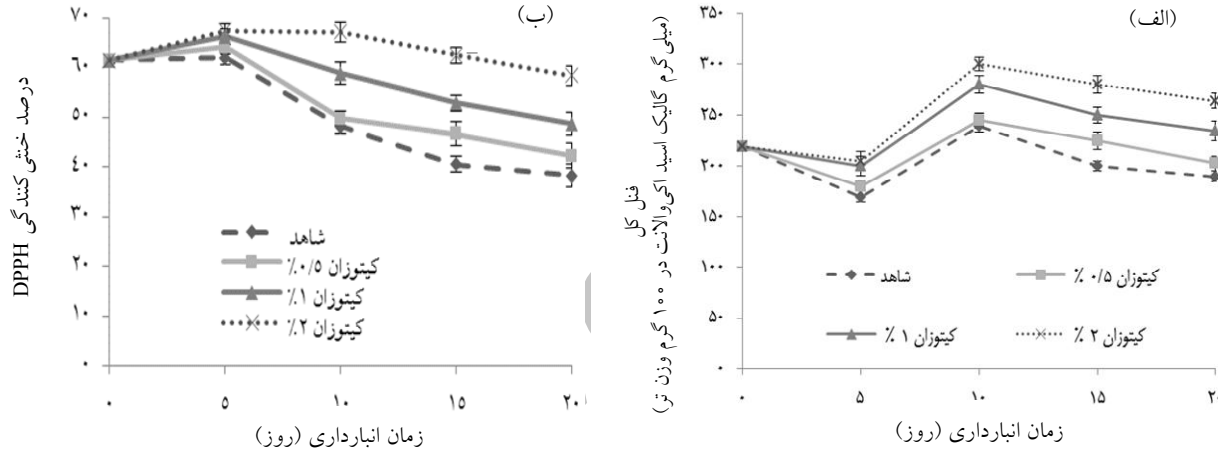
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف از نظر میزان درصد خنثی‌کنندگی DPPH در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۳- ب). در زمان رسیدن میوه، تولید گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive oxygen species) افزایش پیدا می‌کند درحالی‌که سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی کاهش پیدا می‌کند (۲۹). همان‌طورکه در شکل ۴ دیده می‌شود، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه موز تا روز پنجم افزایش و در پایان هفته و افزایش دوره انبارداری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کاهش یافت. در طی دوره انبارمانی و در انتهای دوره میوه‌های تیمار شده با محلول کیتوزان ۱ و ۲ درصد محتوای فنل و فعالیت

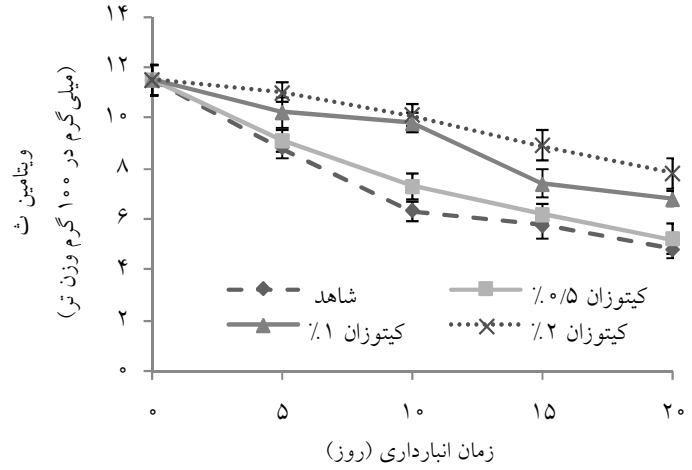
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. تغییرات سفتی میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار.
نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.



شکل ۳. تغییرات فنل کل (الف) و تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (ب) میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار.
نوارهای عمودی روی نمودارها در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.



شکل ۴. تغییرات ویتامین ث میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار.
نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

www.SID.ir

آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به شاهد داشتند. گزارش شده است که محلول کیتوزان باعث افزایش پتانسیل هضم‌کننده‌های گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که در بسیاری از میوه‌ها افزایش فنل‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها را به‌دنبال داشته است (۲۰، ۲۷ و ۳۸). همچنین تیمار غلظت‌های مختلف کیتوزان بر گوجه‌فرنگی (۳۲)، گیلاس (۱۳)، پرتقال (۶۴) و گوآوا (۲۳) سبب القای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز (Catalase) سوپراکسیددیسموتاز (Superoxide dismutase) و پروکسیداز (Peroxidase) شده است که این آنزیم‌ها بخش مهمی از پتانسیل آنتی‌اکسیدانی را طی انبارمانی برعهده دارند.

محتوای اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف در میزان اسید آسکوربیک میوه در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. به‌طوری‌که با افزایش روزهای انبارمانی، میزان اسید آسکوربیک میوه روند کاهشی داشت و در تیمار شاهد از بقیه تیمارها پایین‌تر بود. میوه‌های تیمار شده با کیتوزان دو درصد بالاترین محتوای اسید آسکوربیک را داشتند (شکل ۴). طی انبارداری و رسیدن میوه، محتوای ویتامین ث میوه با فعالیت آنزیم اکسیدکننده اسید آسکوربیک (آسکوربیناز) به‌سرعت کاهش می‌یابد. پوشش‌دار کردن میوه با پوشش‌هایی مانند کیتوزان با کاهش اکسیژن درونی میوه منجر به افزایش فعالیت سیتوکروم اکسیداز می‌شود و این آنزیم می‌تواند سرعتتجزیه اسید آسکوربیک را تا حد زیادی کاهش دهد (۴۶). همین نتایج در میوه انبه رقم ناداک‌مای و کنت (۱۱ و ۲۷)، میوه لوفا (*Luffa cylindrica*) (۲۱)، میوه کارامبولا (*Averrhoa carambola* L.) (۱۹) و گوآوا (*Psidium guajava* L.) (۲۳) با کاربرد کیتوزان یک یا دو درصد گزارش شده است.

آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

آنزیم پلی‌فنل اکسیداز عامل مهم قهوه‌ای شدن آنزیمی میوه طی انبارمانی و اکسید شدن و تبدیل فنل‌ها به اورتوکینون‌ها است (۵۵).

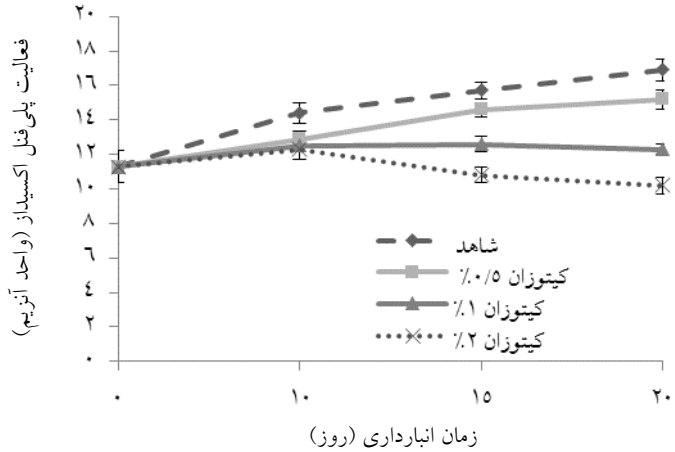
بررسی نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف از نظر میزان آنزیم پلی‌فنل اکسیداز میوه موز در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. با افزایش دوره انبارداری میزان فعالیت این آنزیم در تیمارهای شاهد و ۰/۵ درصد کیتوزان به‌تدریج بالا رفت. درصورتی‌که میزان همین آنزیم در تیمار دو درصد کیتوزان به وضوح کاهش پیدا کرد (شکل ۵). آنزیم پلی‌فنل اکسیداز میزان آنتی‌اکسیدان‌ها و پلی‌فنل‌ها را به خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمتر میوه، کاهش می‌دهد. کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز با تیمارهای کیتوزان در توت‌فرنگی (۱۷)، شاخه‌های بامبو (۶۳)، لوفا (*Luffa cylindrica*) (۲۱) نیز گزارش شده است. می‌توان نتیجه گرفت تیمار موز با کیتوزان دو درصد می‌تواند منجر به کاهش قهوه‌ای شدن آن شود.

مواد جامد محلول کل (TSS)

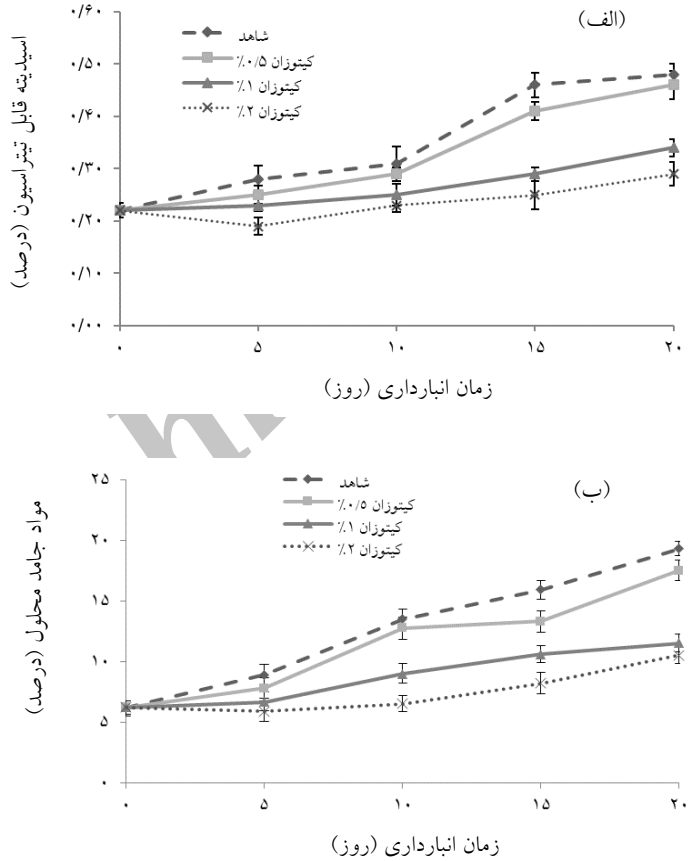
اثر غلظت‌های مختلف محلول کیتوزان بر میزان مواد جامد محلول کل در بافت میوه موز در طول دوره انبارداری در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. همان‌طورکه در شکل ۶-الف دیده می‌شود، از هفته اول دوره انبارداری درصد مواد جامد محلول کل در میوه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش افزایش و روند تغییرات مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده با یک و دو درصد کندتر گردید و تیمار ۰/۵ درصد کیتوزان و تیمار شاهد تغییرات قابل توجه و افزایش محسوسی در میزان مواد جامد محلول کل در بافت میوه نشان دادند. افزایش مواد جامد محلول (قند) میوه می‌تواند در ارتباط با شکستن نشاسته به قند (۵)، کاهش سرعت تنفس و تبدیل قند به دی‌اکسید کربن و آب (۱۷)، هیدرولیز پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی (۱۲) و افزایش درصد ماده خشک به‌دلیل از دست دادن آب (۱۶) باشد. کاهش مواد جامد محلول کل در میوه‌های پوشش‌دار شده به‌دلیل تغییر اتمسفر درونی میوه از جمله کاهش اکسیژن و اتیلن و افزایش دی‌اکسید کربن است (۱۵) که منجر به کاهش تنفس و تبدیل نشاسته به قند به‌عنوان یک منبع انرژی می‌شود (۵۱). این نتایج با کاربرد کیتوزان در انبه، موز، پاپایا، گوآوا و گیلاس نیز گزارش شده است (۴، ۲۳، ۳۰ و ۴۷).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. تغییرات پلی‌فنل اکسیداز میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

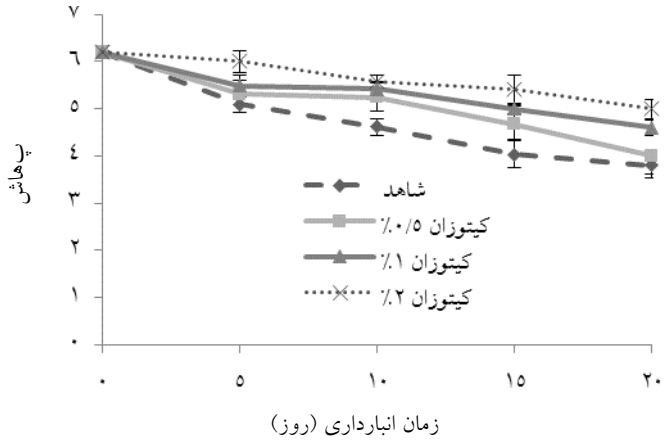


شکل ۶. تغییرات اسیدیته کل (الف) و تغییرات مواد جامد محلول کل (ب) میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار. نوارهای عمودی روی نمودارها در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

اسیدیته کل میوه (TA)

همان‌طور که در شکل ۶ ب دیده می‌شود اثر تیمارهای کیتوزان بر میزان اسید عصاره میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. تغییرات شدید در میزان اسید با تیمار کیتوزان در توت‌فرنگی

www.SID.ir



شکل ۷. تغییرات پ‌هاش عصاره میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

(۴۸)، گوآوا (۲۳) و لیچی (۱۵) گزارش شده است. نتایج نشان داد اسیدیته میوه‌های موز با افزایش دوره انبارمانی افزایش یافته است (شکل ۶- ب) و میوه‌ها در شرایط شاهد دارای اسیدیته بالاتری هستند که نتایج به‌دست آمده از پ‌هاش عصاره میوه (شکل ۷) را نیز توجیه می‌کند. افزایش اسید میوه موز طی رسیدن و انبارمانی توسط ویدودو و همکاران (۶۲) نیز گزارش شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد میوه موز با افزایش انبارداری اسیدهای آلی از جمله اسید اگزالواستیک و اسید مالیک را افزایش می‌دهد (۷). میوه‌های موز با پوشش یک و دو درصد کیتوزان تغییرات شدید در افزایش میزان اسید نداشتند و افزایش اسید با شیب ملایم‌تری نسبت به میوه‌های شاهد و ۰/۵ درصد کیتوزان صورت گرفته است (شکل ۶- ب).

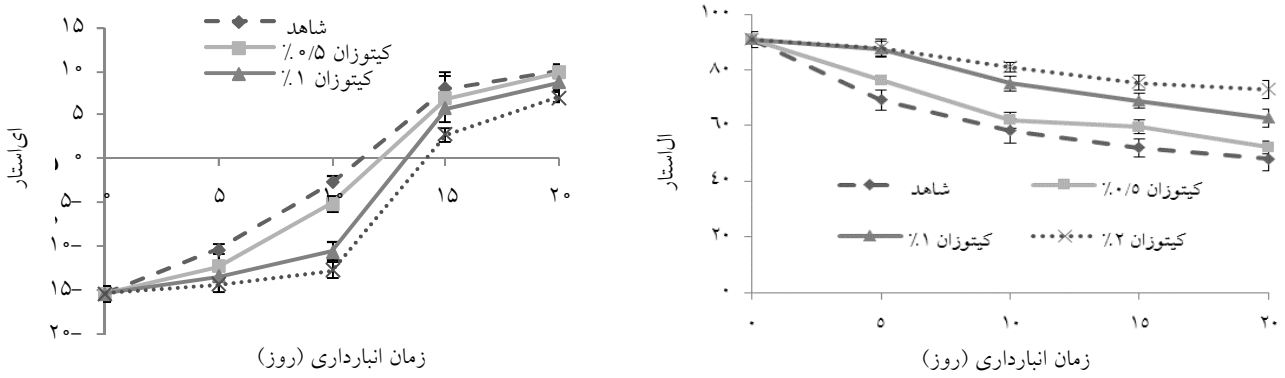
پ‌هاش

همان‌طورکه در شکل ۷ دیده می‌شود اثر تیمارهای کیتوزان بر میزان پ‌هاش عصاره میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و با افزایش روزهای انبارمانی پ‌هاش عصاره میوه کاهش یافت. همچنین با افزایش میزان غلظت کیتوزان پ‌هاش عصاره میوه بیشتر و به‌عبارتی تغییرات غلظت اسیدهای آلی کمتر شده است.

رنگ

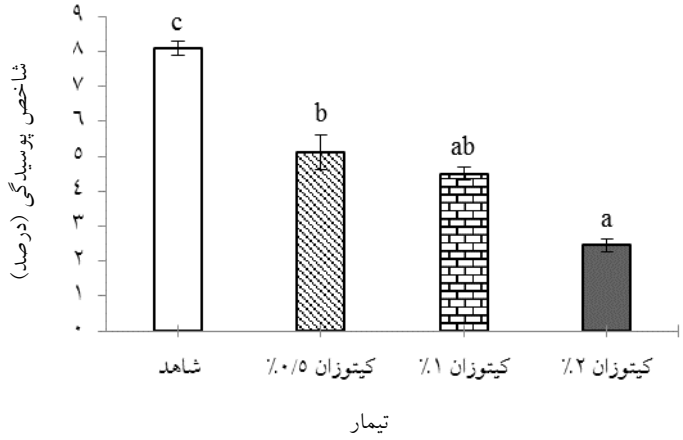
قهوه‌ای شدن موز یکی از مهم‌ترین آسیب‌های انبارداری موز است که سبب کاهش کیفیت، عمر ماندگاری (shelf life) و بازارپسندی آن می‌شود. عمده‌ترین دلیل واکنش‌های قهوه‌ای شدن، آنزیم پلی‌فنل اکسیداز است که با از بین بردن غشای دیواره سلولی باعث اکسید شدن فنل‌ها و ایجاد رنگ قهوه‌ای می‌گردد (۵۴). تیمارهای کیتوزان سبب ایجاد تغییرات روی رنگ میوه شدند. همان‌طور که در شکل ۸-الف دیده می‌شود، بین غلظت‌های مختلف کیتوزان در میزان الاستار (L^*) تفاوت معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) مشاهده شد. با افزایش دوره انبارمانی میزان الاستار یا همان روشنی میوه کاهش یافت. با افزایش غلظت کیتوزان به‌کار برده شده روی میوه موز، میزان روشنی و به‌عبارتی رنگ‌های متمایل به‌روشنی افزایش یافت. میزان ای‌استار (a^*) یا همان تبدیل سبزی به سرعت طی انبارمانی افزایش یافت. بیشترین میزان قرمزی و به‌عبارتی شکست رنگ سبز در تیمار شاهد دیده شد و با افزایش غلظت کیتوزان این میزان کاسته شد (شکل ۸- ب). شروع افزایش میزان a^*، زمان دقیق شروع تغییرات رسیدگی میوه را نشان می‌دهد (۴۰). تأخیر رنگ‌گیری با کاربرد کیتوزان در بسیاری محصولات از جمله در انبه توسط ژو و همکاران (۶۵)، گواوا

Archive of SID
www.SID.ir



(ب) (الف)

شکل ۸. تغییرات ال‌ستار (الف) و تغییرات ای‌استار (ب) میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار. نوارهای عمودی روی نمودارها در هر دوره نشان‌دهنده خطای استاندارد است.



شکل ۹. درصد شاخص پوسیدگی میوه‌های موز تیمار شده با کیتوزان طی مدت نگهداری در انبار. نوارهای عمودی روی هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد است. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد براساس آزمون دانکن نیستند.

(۲۳) و آلو (۳۲) گزارش شده است. علی و همکاران (۴) افزایش CO_2 درونی میوه و همچنین کاهش تولید اتیلن را با پوشش کیتوزان گزارش کردند که کاهش تنفس و به‌دنبال آن کاهش رنگ‌گیری میوه و تأخیر در رسیدگی میوه (۳۴) را به‌دنبال دارد.

شاخص پوسیدگی

طی انبارمانی میزان پوسیدگی میوه به سرعت افزایش پیدا کرد. نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۹). با بالا بردن غلظت کیتوزان کاربردی، میزان شاخص پوسیدگی میوه کاهش پیدا کرد. دولیقر و همکاران (۱۴) ویژگی‌های ضد پوسیدگی و ضد میکروبی کیتوزان را وابسته به نوع کیتوزان، دمای انبار و ترکیبات شیمیایی میوه دانسته‌اند. بسیاری از مطالعات گذشته اثر مثبت کیتوزان را بر کنترل پوسیدگی میوه‌هایی مانند توت‌فرنگی، هلو، انگور، سیب و انبه گزارش کرده‌اند (۱۰، ۱۷، ۳۴ و ۵۲).

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در این مطالعه استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان به‌ویژه در غلظت‌های یک و دو درصد منجر به افزایش عمر ماندگاری و افزایش کیفیت میوه از جمله وزن، سفتی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل‌ها و ویتامین ث شد. در میوه‌های بدون پوشش پس از مرحلهٔ اوج تنفسی میوه موز، میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز افزایش یافت که همراه با گسترش قهوه‌ای شدن بافت میوه بود. به‌طورکلی این پوشش فرآیند رسیدگی طبیعی میوه، قهوه‌ای شدن و رنگ‌گیری را کندتر کرد و میوه‌های پوشش‌دار از نظر ظاهری نیز شرایط بهتری داشتند.

منابع مورد استفاده

1. Agricultural Statistics. 2014. Horticultural products. Ministry of Agriculture, Planning and Economic Department, *Office of Statistics and Information Technology* 3: 91- 95. (In Farsi).
2. Al-Qurashi, A. D. and M. A. Awad. 2015. Postharvest chitosan treatment affects quality, antioxidant capacity, antioxidant compounds and enzymes activities of 'El-Bayadi' table grapes after storage. *Scientia Horticulturae* 197: 392- 398.
3. Ali, A., M. T. M. Muhammad, K. Sijam and A. R. Mohamad Zaki. 2005. Effect of chitosan coating on the retention of colour development and firmness of papaya fruit during storage. *In:* Proceedings of the First International Symposium on Papaya. Genting Highlands, Malaysia. pp. 22–24.
4. Ali, A., T. M. M. Mahmud, S. Kamaruzaman and S. Yasmeen. 2011. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry* 124: 620–626.
5. Arthey, D. and R. A. Philip. 2005. Fruit processing nutrition, product, and quality management. Brijbasi Art Press Ltd (2nd ed.). Noida. India.
6. Ayala-Zavala, J. F., S. Y. Wang, C. Y. Wang and G. A. Gonzalez-Aguilar. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology* 45(2) 166–173.
7. Barker, J. and T. Solomos. 1962. Mechanism of the climacteric rise in respiration in banana fruits. *Nature* 195: 189.
8. Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* 15(3): 112-120.
9. Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science Technology* 28: 25-30.
10. Chien, P. J., F. Sheu and F. H. Yang. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering* 78: 225–229.
11. Cissé, M., J. Polidori, D. Montet, G. Loiseau and M. N. Ducamp-Collin. 2016. Preservation of mango quality by using functional chitosan- lactoperoxidase systems coatings. *Postharvest Biology and Technology* 101: 10–14.
12. Comabella, E. and I. Lara. 2013. Cell wall disassembly and post-harvest deterioration of 'Sweetheart' sweet cherry fruit: involvement of enzymic and non-enzymic factors. *Pure and Applied Chemical Sciences* 1: 1–18.
13. Dang, Q. F., J. Q. Yan, Y. Li, X. J. Cheng, C. S. Liu and X. G. Chen. 2010. Chitosan acetate as an active coating material and its effects on the storing of *Prunus avium* L. *Journal of Food Science* 75: 125–131.
14. Devlieghere, F., A. Vermeulen and J. Debevere. 2004. Chitosan: Antimicrobial activity, interactions with Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology* 21(6): 703-714.
15. 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. *Journal of Food Engineering* 64: 355-358.
16. Dris, R. and R. Niskanen. 1999. Quality changes of 'Lobo' apples during cold storage. *Acta Horticulturae* 485: 125–133.
17. Eshghi, S., M. Hashemi, A. Mohammadi, F. Badii, Z. Mohammad hoseini and K. Ahmadi. 2014. Effect of nanochitosan-based coating with and without copper loaded on physicochemical and bioactive components of fresh strawberry fruit (*Fragaria. ananassa* Duchesne) during storage. *Food and Bioprocess Technology* 7(8): 2397-2409.
18. Ghasemnezhad, M., M. A. Nezhad and S. Gerailoo. 2011. Changes in postharvest quality of loquat (*Eriobotrya japonica*) fruits influenced by chitosan. *Horticultural Environmental Biotechnology* 52: 40–45.
19. Gol, N. B., M. L. Chaudhari and T. V. R. Rao. 2015. Effect of edible coatings on quality and shelf life of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit during storage. *Journal of Food Science and Technology* 52: 78-91.
20. Gonzalez-Aguilar, G. A., J. A. Villa-Rodriguez, J. F. Ayala-Zavala and E. M. Yahia. 2010. Improvement of the

Archive of SID

www.SID.ir

antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Food Science and Technology* 21: 475- 482.
21. Han, C., J. Zuo, Q. Wang, L. Xu, B. Zhai and Z. Wang. 2014. Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage. *Scientia Horticulturae* 166- 178.
22. Hernandez-Munoz, P., E. Almenar, V. D. Valle, D. Velez and R. Gavara. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ×ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* 110: 428–435.
23. Hong, K., J. Xie, L. Zhang, D. Sun and D. Gong. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae* 144: 172-178.
24. Jiang, Y. and D. C. Joyce. 2000. Effects of 1–methylcyclopropene alone and in combination with polyethylene bags on the postharvest life of mango fruit. *Annual Application Biology* 137: 321–327.
25. Jiang, H., Z. Sun, R. Jia, X. Wang and J. Huang. 2016. Effect of chitosan as an antifungal and preservative agent on postharvest blueberry. *Journal of Food Quality* 39: 516–52.
26. Jitareerat, P., S. Paumchai, S. Kanlayanarat and S. Sangchote. 2007. Effect of Chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica*) fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 211-218.
27. Jongsri, P., T. Wangsomboondee, P. Rojsitthisak and K. Seraypheap. 2016. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *Food Science and Technology* 73: 28-36.
28. Kar, M. and D. Mishra. 1976 Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology* 57: 315-319.
29. Kim, Y., J. K. Brecht and S. T. Talcott. 2007. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. *Food Chemistry* 105: 1327-1334.
30. Kittur, F. S., N. Saroja and H. R. N. Tharanathan. 2001. Poly saccharide based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. *European Food Research and Technology* 213: 306–311.
31. Lin, B., Y. Du, X. Liang, X. Wang and J. Yang. 2011. Effect of chitosan coating on respiratory behavior and quality of stored litchi under ambient temperature. *Journal of Food Engineering* 102: 94–99.
32. Liu, K., C. Yuan, Y. Chen, H. Li and J. Liu. 2014. Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. *Scientia Horticulture* 176: 45- 53.
33. Malmiri, H. J., A. Osman, C. P. Tan and R. A. Rahman. 2011. Development of an edible coating based on chitosan-glycerol to delay 'Berangan' banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) ripening process. *International Food Research Journal* 18(3): 989-997.
34. Maria, A. R. G., M. S. Tapiab and O. M. Bellosoa. 2008. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT-Food Science and Technology* 41(1): 139-147.
35. Martínez-Romero, D., N. Alburquerque, J. M. Valverde, F. Guillén, S. Castillo, D. Valero and M. Serrano. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39(1): 93–100.
36. McDonald, R. E., T. G. McCollum and E. A. Baldwin. 1998. Heat treatment of mature-green tomatoes: Differential effects of ethylene and partial ripening. *Journal American Society for Horticultural Science* 123(3): 457-462.
37. Mellenthin, W. M. and C. Y. Wang. 1977. The relationship of premature ripening of Bartlett pears to preharvest temperatures. *Acta Horticulturae* 69: 281–286.
38. Meng, X., B. Li, J. Liu and S. Tian. 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan pre harvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry* 106: 501-508.
39. Mirdehghan, S. H., M. Rahemi, M. Serrano, F. Guillen, D. Martínez-Romero and D. Valero. 2007. The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 55: 755–760.
40. Monsalve-González, A., G. V. Barbosa-Cánovas, R. P. Cavalieri, A. J. McEvily and R. Iyengar. 1993. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods, 4-hexylresorcinol as antibrowning agent. *Journal of Food Science* 58(4): 797-800.
41. Moore, J. P. 2003. Carotenoid synthesis and retention in mango (*Mangifera indica)* fruit and puree as influenced by postharvest and processing treatment. PhD. Thesis. University of Florida. U.S.A.
42. Newilah, N. G., P. Brat, K. Tomekpe, P. Alter, E. Fokou and F. X. Etoa. 2010. Effect of ripening on total polyphenol contents of *Musa* Hybrids and cultivars grown in Cameroon. *Acta Horticulturae* 879: 45.
43. O'Grady, L., G. Sigge, O. J. Caleb and U. L. Opara. 2014. Effects of storage temperature and duration on chemical properties, proximate composition and selected bioactive components of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *Food Science Technology* 57: 508–515.

Archive of SID
www.SID.ir

44. Özden, Ç. and L. Bayindirli. 2002. Effects of combinational use of controlled atmosphere: cold storage and edible coating applications on shelf life and quality attributes of green peppers. *Europe Food Research Technology* 214: 320–326.
45. Priya Darsini, D. T., V. Maheshu, M. Vishnupriya and J. M. Sasikumar. 2012. *In vitro* antioxidant activity of banana (*Musa* spp., ABB cv. Pisang Awak). *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics* 49: 124- 129.
46. Pek Z. and L. Helyes. 2010. Color changes and antioxidant content of vine and postharvest ripened tomato fruits. *Hortscience* 45(3): 466–468.
47. Petriccion, M., F. De Sanctis, M. S. Pasquariello, F. Mastrobuoni, P. Rega, M. Scortichini and F. Mencarelli. 2015. The Effect of Chitosan Coating on the Quality and Nutraceutical Traits of Sweet Cherry During Postharvest Life. *Food Bioprocess Technology* 8: 394–408.
48. Petriccione, M., F. Mastrobuoni, M. S. Pasquariello, L. Zampella, E. Nobis, G. Capriolo and M. Scortichini. 2015. Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold Storage. *Foods* 4(4): 501-523.
49. Razavi, G., Y. Maghsoudlou. M. Ghorbani and M. Alami. 2015. Anti-fungal effects of hydro-alcoholic extract of thyme (*Thymus vulgaris*) and methyl carboxy methyl cellulose edible coatings on shelf-life of fresh hazelnut. *Journal of Food Technology and Nutrition* 3: 39- 48.
50. Reddy, M. M., S. Vivekanandhan, M. Misra, S. K. Bhatia and A. K. Mohanty. 2013. Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science* 38:1653-1689.
51. Rohani, M. Y., M. Z. Zaipun and M. Norhayati. 1997. Effect of modified atmosphere on the storage life and quality of Eksotika papaya. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science* 25: 103–113.
52. Romanazzi, G., A. Lichter, F. Mlikota Gablerand, J. L. Smilanick. 2012. Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 63: 141–14.
53. Roussos, P. A., V. Sefferou, N. K. Denaxa, E. Tsantili and V. Stathis. 2011. Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. *Scientia Horticulturae* 129: 472-478.
54. Sahraie khosh gardan, A., F. Badiee and S. A. Yassini. 2014. Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on Golab apple Golab Kohanz cultivar during storage. *Iran Biosystems Engineering* 45: 2 113- 120. (In Farsi).
55. Sharma, R. R., C. N. Singh and A. M. Goswami. 2001. Polyphenol oxidase activity in mango (*Mangifera indica* L.) in relation to flowering behavior and the malformation incidence. *Fruits* 56: 219–224.
56. Shiekh, R. A., M. A. Malik, S. A. AL-Thabaiti and M. A. Shiekh. 2013. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. *LWT-Food Science and Technology Research* 19(2): 139-155.
57. Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology Viticulture* 16: 144-158.
58. Suseno, N., E. Savitri, L. Sapei and K. S. Padmawijaya. 2014. Improving shelf-life of cavendish banana using chitosan edible coating. *Procedia Chemistry* 9: 113 – 120.
59. Valero, D., D. Martinez-Romero, M. Serrano and F. Riquleme. 1998. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burm cv. 'Verna'). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 2102–2109.
60. Wang, C. Y. and L. Qi. 1997. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. *Postharvest Biology Technology* 10: 195-200.
61. Wang, L. T., H. Wu, G. Z. Qin and X. H. Meng. 2014. Chitosan disrupts *penicillium expansum* and controls food postharvest blue mold of jujube fruit. *Food Control* 41: 56–62.
62. Widodo, S. E., Y. C. Zulferiyenni Ginting, F. H. Fazri and D. Saputra. 2015. Effects of 1-methylcyclopropene and chitosan on the fruit shelf-life and qualities of two different ripening stages of 'Cavendish' banana. *Journal of Food and Nutrition Sciences* 3(12): 54-59.
63. Yang, H., J. Zheng, C. Huang, X. Zhao, H. Chen and Z. Sun. 2015. Effects of combined aqueous chlorine dioxide and chitosan coatings on microbial growth and quality maintenance of fresh-cut bamboo shoots (*Phyllostachys praecox, f. prevernalis*) during storage. *Food and Bioprocess Technology* 8:1011-1019.
64. Zeng, K., Y. Deng, J. Ming and L. Deng. 2010. Induction of disease resistance and ROS metabolism in navel oranges by chitosan. *Scientia Horticulturae* 126: 223-228.
65. Zhu, X., Q. Wang, J. Cao and W. Jiang. 2008. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. tainong) fruits. *Journal of Food Processing and Preservation* 32: 770-784.

www.SID.ir

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 8, No.1, Spring 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Postharvest Chitosan Treatment on the Quality Maintenance of Banana (*Musa acuminata* cv. Cavendish) during Cold Storage

M. Karimi[1], M. S. Hosseini[2] and S. M. Zahedi[3*]

(Received: March 3-2017; Accepted: June 12-2017)

Abstract

The aim of this research was to investigate the effect of different concentrations of chitosan coating on the quality and shelf life of a local cultivar of banana. The factorial experiments of this research were conducted based on a complete random design with three replications in a warehouse at 15˚C, with the relative humidity of 85-90%. The treatments consisted of four chitosan concentrations (0, 0.5, 1 and 2%) and characteristics such as weight, hardness, rottenness, phenol content, antioxidant content, pH, titratable acidity and soluble solid materials, vitamin C, polyphenol oxidase enzyme, level of browning and coloring were measured on the days 0, 5, 10, 15 and 20. The results showed that chitosan treatment improved some qualitative characteristics in the banana fruit. Chitosan delayed water loss and weight loss, hardness, ascorbic acid content and coloring. The highest incidence index (8.09%) was obtained from the control treatment and its lowest value (2.45%) was found by applying the 2% chitosan after 20 days. The contents of the soluble solid materials and organic acids were increased during storage and the banana fruits treated with 1 and 2% chitosan had the lowest soluble solid materials and acid contents. Also, at the end of the storage period, the fruits treated with 1 and 2% chitosan had the highest pH, phenol content, and total antioxidant content. Finally, it could be concluded that chitosan treatments with concentrations of 1 and 2% could significantly increase and maintain the quality of the banana fruit during storage.

Archive of SID

Keywords: Total antioxidant, Ascorbic acid, Poly phenol oxidase, Incidence index.

1. PhD. Student, Department of Horticultural Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. PhD. Student, Department of Horticultural Science, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
*. Corresponding Author, Email: S.M.Zahedi@maragheh.ac.ir

www.SID.ir