

تأثیر روش بسته‌بندی نانویی بر پایه کیتوزان و پوشش واکس نانوکیتوزان بر خصوصیات فیزیکی زردآلو رقم ۵۲۶ (۵۸-شاهرود)

بهجت تاج‌الدین*، مریم هاشمی و سیدمجتبی خیام‌نکویی**

* نگارنده مسئول: کرج، بلوار شهید فهمیده، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: (۰۲۶)۳۲۷۰۵۲۲۰.

پیام‌نگار: behjat.tajeddin@yahoo.com

** به‌ترتیب: عضو هیأت علمی بخش تحقیقات صنایع غذایی و مسائل پس از برداشت موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ عضو هیأت علمی بخش تحقیقات بیوتکنولوژی میکروبی و ایمنی زیستی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران؛ و دانشیار دانشکده علوم زیستی دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۲۴

چکیده:

زردآلو میوه‌ای نرم با عمر ماندگاری کوتاه است که پس از برداشت ضایعات قابل توجهی دارد. بسته‌بندی مناسب می‌تواند ضایعات این محصول باغی را در مراحل پس از برداشت و در مرحله بازاریابی تا حد زیادی کاهش دهد. بدین منظور، میوه زردآلو (رقم ۵۸-شاهرود) به‌صورت شاهد (بدون تیمار)، پوشش با یک نوع واکس نانویی بر پایه کیتوزان، و داخل ظروف حاوی کیتوزان بسته‌بندی و در دمای صفر درجه سلسیوس قرار داده شد. نتایج آزمون‌ها در دوره نگهداری نشان داد که از نظر میزان افت وزن و رطوبت، تیمار پوشش و تیمار شانه نسبت به شاهد، و تیمار پوشش نیز نسبت به تیمار شانه نتیجه بهتری به‌دست می‌دهد. صرف‌نظر از انتهای دوره نگهداری که نتایج حاصل از تیمار ظروف نانویی به شاهد و به تیمار پوشش نزدیک می‌شود، تیمار شانه بافت بهتری را برای زردآلو فراهم می‌کند. میانگین میزان تغییرات رنگ برای تمامی تیمارها با یک روند افزایشی تغییر می‌کند اما اختلاف معنی‌داری در تغییرات رنگ زردآلوهای شاهد با زردآلوهای تحت دو تیمار دیگر وجود ندارد. از نظر تنفس، بین عامل پوشش و مدت زمان نگهداری تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد اما در مورد تولید اتیلن، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. میکروسکوپ الکترونی روشی نمونه‌ها مشخص کرد که نمونه‌های شاهد سطح تخریب شده دارند و فرسایش بافت به‌خوبی روی زردآلو مشهود است اما تصاویر نمونه‌های تیمار پوشش نشان می‌دهد که نانومولسیون روی زردآلو به‌خوبی قرار گرفته است و در سطح نمونه هیچ فرسایش و ترک‌خوردگی مشاهده نمی‌شود که ناشی از عملکرد خوب نانو پوشش روی آن می‌باشد. به‌طور کلی، وجود اختلاف معنی‌دار بین برخی از صفات کیفی زردآلو، نشان‌دهنده تأثیر نوع بسته‌بندی در بروز این تفاوت‌ها است.

واژه‌های کلیدی

پوشش‌دهی، خواص فیزیکی، زردآلو، ظرف نانویی کیتوزان (شانه)، محلول نانومولسیون کیتوزان

مقدمه

سطح زیرکشت درختان بارور و غیربارور آبی و دیم کشور ۶۳۹۵۷/۹ هکتار است. استان خراسان شمالی با تولید آبی ۹۵۲۸۴ تن و استان گلستان با تولید آبی و دیم ۴۴/۴ تن به‌ترتیب بالاترین و کمترین تولید زردآلو را در سطح کشور دارند. از ارقام مهم تجاری زردآلوی ایرانی می‌توان به شکرپاره، شمس، نخجوان، قرمز شاهرودی، نصیری، اردوباد

زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) از زیر خانواده پرونیدا^۱، خانواده روزاسه^۲، و راسته روزالس^۳ طبقه‌بندی می‌شود (Janick & Paull, 2008; Ahmadi et al., 2009). مطابق دفتر آمار و فناوری اطلاعات (Anon, 2010)، درخت زردآلو در بخش‌های وسیعی از ایران پراکندگی دارد.

می‌شوند (Andrade *et al.*, 2012). کیتین و کیتوزان دو پلیمر طبیعی نیتروژن دار هستند. کیتوزان، مشتق دی‌استیل شده کیتین است که گروه‌های جانبی آمینی بسیار فعالی دارد و تغییرات شیمیایی را ممکن می‌سازد (Dutta *et al.*, 2004).

کیتین و کیتوزان تنها پلیمرهای طبیعی با خاصیت بازی هستند که به علت داشتن گروه‌های عاملی متفاوت، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد دارند. کیتوزان در محلول‌های رقیق اسیدی از جمله اسید استیک، اسید فرمیک و حلال‌های آلی انحلال‌پذیر است (Tolimate *et al.*, 2000). از کیتوزان به‌منظور فیلم یا پوشش خوراکی برای افزایش عمر ماندگاری مواد غذایی مثل میوه‌ها، گوشت، و ماهی و غذاهای دریایی استفاده می‌شود (Bautista-Banos *et al.*, 2006). قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad *et al.*, 2010)، پس از پوشش‌دهی میوه‌ها با ۰/۲۵، ۰/۵، و ۰/۷۵ درصد کیتوزان و آب مقطر (به‌عنوان شاهد)، آن‌ها را در دمای صفر درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 80 ± 2 درصد به مدت ۲۵ روز نگهداری کردند.

نتایج بررسی‌های این محققان نشان داد که افت وزن در همه میوه‌های پوشش داده شده و شاهد، در دوره نگهداری افزایش یافته و افت وزن میوه‌های پوشش داده شده با کیتوزان، در مقایسه با نمونه‌های شاهد، بیشتر است. در میزان مواد جامد محلول، اسیدیت قابل تیترا، نسبت TSS/TA، pH، و ویتامین C در میوه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش در دوره نگهداری تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. در بررسی اثر کیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی انگور رقم شاهرودی، مستوفی و همکاران (Mostofi *et al.*, 2011) میوه‌ها را با محلول کیتوزان ۰/۵ و ۱ درصد تیمار و در انبار با دمای ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مدت ۹۰ روز نگهداری کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد

و جهانگیری اشاره کرد؛ شکرپاره به‌ویژه در بیشتر نقاط ایران کشت می‌شود. علاوه بر این، تعداد زیادی از ژنوتیپ‌های دیگر زردآلو نیز در ایران به‌صورت محلی کشت می‌شوند.

زردآلو میوه‌ای خوشمزه، بسیار مغذی و غنی از مواد معدنی مثل پتاسیم و نیز بتاکاروتن است که هماده‌ای پایه برای ویتامین A و ضروری برای بدن است (Hacisferogullari *et al.*, 2005). این میوه، نقشی مهم در تغذیه انسان دارد و به‌صورت تازه، خشک و یا فرآوری شده (منجمد، مربا، ژله، مارمالاد، پالپ، آب میوه و غیره) استفاده می‌شود. علاوه بر این، هسته زردآلو در تولید روغن، مواد آرایشی، کربن فعال و عطرهاي معطر کاربرد دارد (Yildiz, 1994).

با ماندن میوه بر درخت، ذرات گرد و غبار روی میوه می‌نشیند و از این‌رو شستشوی میوه پیش از مصرف را ضروری می‌سازد. اما فرآیند شستشو، پوشش طبیعی میوه را از بین می‌برد و در نتیجه میوه به‌سرعت آب خود را از دست می‌دهد. به‌طور کلی، قابلیت نگهداری بسیار پایین زردآلو، مانع از عرضه طولانی‌مدت یا صادرات میوه می‌شود. یکی از روش‌های مناسب برای افزایش ماندگاری زردآلو و جلوگیری از گسترش صدمه‌دیدگی حاصل از ضربه در بافت آن، استفاده از واکس‌ها و پوشش‌های با پایه پلیمرهای طبیعی است.

پوشش دادن مواد غذایی برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری آن‌ها، قرن‌هاست که کاربرد دارد. این روش برای میوه‌ها و سبزی‌ها موجب کاهش سرعت از دست‌رفتن آب و پژمردگی و پیری محصول می‌شود (Franssen *et al.*, 2004; Flores *et al.*, 2007; Andrade *et al.*, 2012). پلی‌ساکاریدها از مواد اولیه پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی هستند. پوشش‌های پلی‌ساکاریدی از منابع مختلفی مانند جلبک‌های دریایی و مواد استخراج شده از بافت‌های پیوندی سخت‌پوستان تهیه

محلول نانوامولسیونی بر پایه کیتوزان و قرار داده شده در ظروف یا شانه‌های حاوی نانوذرات کیتوزان. این نمونه‌ها در سبدها چیده شدند و در سردخانه با دمای صفر درجه سلسیوس (± 0.5) و رطوبت نسبی (± 5) ۹۰ درصد قرار گرفتند. روز صفر و نیز در دوره نگهداری نمونه‌ها در انبار، هر هفته وضعیت آن‌ها از نظر افت وزن، میزان رطوبت، سفتی بافت میوه، رنگ، شدت تنفس و اتیلین تولید شده بررسی شد.

نمونه‌های زردآلو قبل و بعد از نگهداری توزین شدند تا درصد کاهش احتمالی وزن آن‌ها طی مدت نگهداری با استفاده از تفاوت وزن اولیه و ثانویه محاسبه شود. با استفاده از آون برقی با دمای ۱۰۵-۱۰۰ درجه سلسیوس و توزین متوالی نمونه‌ها تا به دست آمدن وزن ثابت (رسیدن به تفاوت صفر بین دو توزین متوالی)، رطوبت محاسبه شد. برای سنجش سفتی بافت میوه از آزمون نفوذسنجی^۱ با دستگاه بافت‌سنج مدل H5KS با لودسل ۵۰۰ نیوتن استفاده گردید. در این آزمون، میله ته‌گرد با قطر ۳/۲ میلی‌متر با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه به درون بافت میوه نفوذ داده شد و میزان نیروی وارد شده بر بافت میوه (برحسب نیوتن) در دو نقطه از سطح آن اندازه‌گیری و سفتی بافت میوه بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع محاسبه گردید.

رنگ میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج کونیکا مینولتا^۲ مدل CR-۴۰۰ ساخت کشور ژاپن و میزان تنفس میوه با دستگاه تنفس‌سنج تستو مدل ۲-۴۳۵^۳ (تستو، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. این دستگاه مجهز به سنسور حساس به CO₂ است. میزان CO₂ تولید شده از وزن مشخصی از میوه در مدت زمان مشخص (یک ساعت) را سنسور به کارت حافظه دستگاه منتقل می‌کند که پس از آن میزان تنفس (میلی‌گرم دی‌اکسید کربن بر کیلوگرم ساعت) با استفاده از خارج قسمت شیب منحنی CO₂ تولید شده در برابر زمان محاسبه می‌شود. میزان تولید

که کیتوزان میزان افت وزن، قهوه‌ای شدن، ترک‌خوردگی و ریزش حبه‌ها را کاهش و کیفیت آن‌ها را افزایش می‌دهد. واکس نانوکیتوزان را هوانگ و همکاران (Huang et al., 2009) تهیه و خواص آن را بررسی کردند. برای تهیه واکس، امولسیون روغن (اسید استئاریک) در آب را تا دمایی نزدیک به دمای نقطه ذوب ترکیب چربی، گرم و سپس سایر ترکیبات یعنی محلول ۰/۵ درصد کیتوزان در اسید استیک و محلول ۰/۵ درصد سدیم پلی فسفات (۰/۷۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) را به آن اضافه نمودند.

هدف از این مطالعه، بررسی استفاده از بسته‌بندی‌های مناسب برای کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات باغی از جمله زردآلو و به‌طور مشخص تاثیر یک نوع پوشش نانویی و ظرف حاوی نانوذرات کیتوزان (شانه) بر کیفیت ماندگاری زردآلو است.

مواد و روش‌ها

مواد

زردآلوی رقم ۵۸-شاهرود از کلکسیون باغ زردآلو در ایستگاه تحقیقات باغبانی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کمال‌شهر کرج تهیه شد. این زردآلو در ایستگاه فوق به شماره ۵۲۶ ثبت شده است (عموم مردم شماره‌های مختلف این رقم را با نام شاهرودی می‌شناسند). واکس نانویی کیتوزان (کیتین سیل ۹۰۶) شیری رنگ، بدون بو و با دانسیته حدود 0.95 ± 0.1 گرم بر سانتی‌متر مکعب، و ظروف یکبار مصرف نانوکیتوزانی از شرکت نانو واحد صنعت اصفهان تهیه گردید.

روش‌ها

میوه‌های زردآلو پس از برداشت بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌های سالم از نمونه‌های آلوده و آسیب‌دیده جدا شدند. نمونه‌های آزمایشی به سه گروه تقسیم و کدگذاری شدند: شاهد (بدون تیمار)، پوشش داده شده با

1- Penetration
3- Testo 435-2

2- Konica Minolta

می‌دهد. میزان آب در محصولات باغی بین ۷۵ تا ۹۶ درصد است. در هنگام برداشت میوه معمولاً بیشترین ترکیب آن آب است اما بعد از برداشت و در اثر تعرق، مقدار آب به تدریج کاهش می‌یابد و محصول شادابی و طراوت خود را از دست می‌دهد و ارزش اقتصادی آن تقلیل می‌یابد (Meidani & Hashemi Dezfuli, 1977; Jalili Marandi, 2004).

برابر جدول تجزیه واریانس صفت افت وزن، هر دو عامل پوشش و مدت زمان نگهداری در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار شده‌اند. بدین معنا که کاهش وزن که ممکن است به‌علت از دست دادن آب (رطوبت) و سایر واکنش‌های میوه باشد، تحت تاثیر عوامل فوق قرار می‌گیرد. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه با نتایج تحقیقات قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad *et al.*, 2010) همخوانی ندارد. این محققان در بررسی اثر پوشش کیتوزان بر کنترل افت وزن و حفظ کیفیت میوه زردآلو، به این نتیجه رسیدند که افت وزن در همه میوه‌های پوشش داده شده و شاهد در دوره نگهداری افزایش یافته است و افت وزن نمونه‌های پوشش‌دار حتی بیش از افت وزن نمونه‌های شاهد بوده است. اما نتایج این تحقیق، عکس این موضوع را نشان می‌دهد که دلیل آن احتمالاً به‌واسطه استفاده از پوشش نانوامولسیون کیتوزان است. به‌هرحال، نتایج این تحقیق با نتایج مستوفی و همکاران (Mostofi *et al.*, 2011) که از محلول کیتوزان برای حفظ ویژگی‌های کیفی انگور رقم شاهرودی استفاده کرده بودند، همخوانی دارد. این محققان نشان دادند که کیتوزان میزان افت وزن میوه را نسبت به نمونه شاهد کمتر می‌کند.

گاز اتیلن میوه در نمونه‌های آزمایشی با دستگاه دیجیتالی سنجش اتیلن^۱ مدل Bioconservacion (ساخت اسپانیا) با دقت ۰-۹۹/۹۰ قسمت در هزار اندازه‌گیری شد؛ میزان تولید گاز اتیلن بر حسب قسمت در هزار برای هر نمونه در واحد وزن میوه و در واحد زمان محاسبه گردید. همچنین، برای بررسی وضعیت پوشش نانوامولسیون کیتوزان روی زردآلو، از میکروسکوپ الکترونی روبشی^۲، مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس^۳ از کشور هلند استفاده شد.

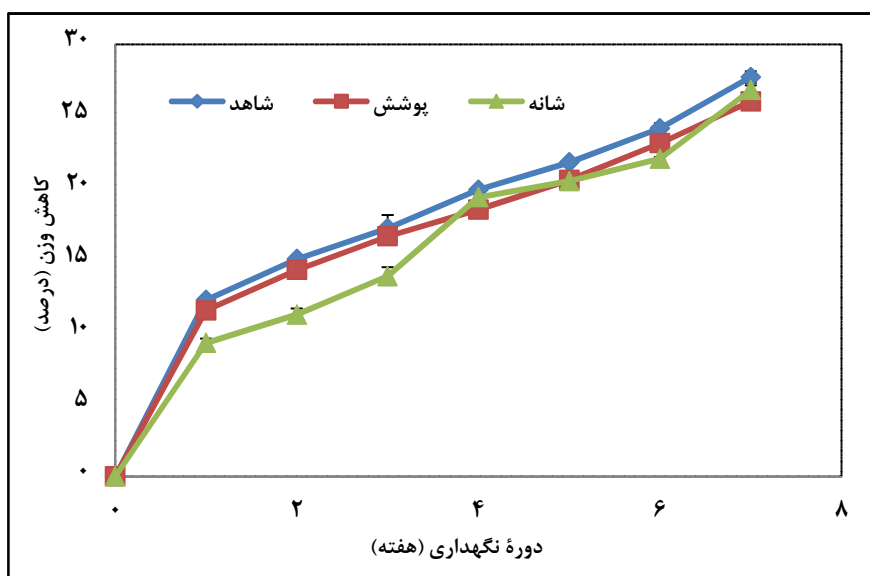
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر مبنای استفاده از فناوری نانو در سه سطح (محلول نانوامولسیون کیتوزان، ظروف بسته‌بندی آغشته به نانوکیتوزان و شاهد)، و مدت زمان نگهداری در هشت سطح (روز صفر، پایان هفته‌های اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم) اجرا شد. صفات مورد اندازه‌گیری به‌عنوان متغیرهای مستقل در سه تکرار با تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار مطلب بررسی و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

نتایج و بحث

- درصد کاهش وزن: شکل ۱، داده‌های مربوط به میانگین افت وزن نمونه‌ها را در دوره نگهداری نشان می‌دهد. میانگین افت وزن در نمونه شاهد از صفر شروع می‌شود و به ۲۷/۷۳ درصد در پایان دوره می‌رسد. افت وزن برای نمونه‌های پوشش‌دار و شانه به‌ترتیب به ۲۶/۰۴ و ۲۶/۸۳ درصد است. افت وزن در نمونه‌های پوشش و شانه نسبت به شاهد و نمونه پوشش نیز نسبت به شانه کمتر می‌باشد. به‌طور کلی، قسمت اعظم میوه‌ها و سبزی‌ها را آب تشکیل

1-1- Ethan (Ethylene Analyser)
3- Philips

2- Scanning Electron Microscope (SEM)



شکل ۱-۱- افت وزن (درصد) تیمارهای مختلف در دوره نگهداری نمونه‌ها در انبار سرد

بر بافت نمونه‌ها از ۲/۸۵ نیوتن شروع و به ۰/۶۱ نیوتن در پایان دوره برای شاهد می‌رسد. این صفت در پایان دوره نگهداری برای نمونه‌های پوشش‌دار و شانه به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۷۴ نیوتن است. به نظر می‌رسد در اوایل دوره نگهداری، تیمارهای پوشش و شانه نسبت به شاهد در حفظ بافت بهتر عمل کرده‌اند اما از اواسط دوره به بعد، تیمار پوشش تفاوت زیادی با شاهد ندارد. بنابراین، صرف نظر از انتهای دوره که نیروی وارد شده بر بافت نمونه‌های ظروف نانویی نیز به شاهد و نمونه‌های پوشش نزدیک می‌شود، شانه بافت بهتری را برای زردآلو فراهم کرده است.

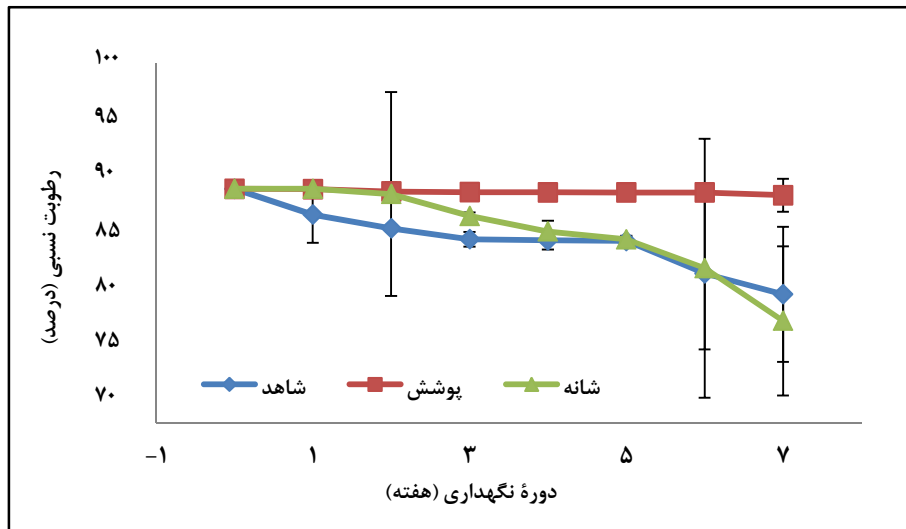
تجزیه واریانس نمونه‌ها از نظر تاثیر مدت زمان نگهداری و نوع پوشش بر بافت زردآلو نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین آنها وجود دارد. بافت گوشت میوه اهمیت زیادی در قابلیت پذیرش آن دارد. بافت سفت و ترد همواره انبارمانی بالایی دارد. معمولاً بین سفتی بافت و تولید اتیلن همبستگی منفی وجود دارد. با رسیدن میوه، در اثر حل شدن تیغه میانی دیواره‌های سلولی، بافت میوه‌ها نرم می‌شود

میزان رطوبت: شکل ۲، میانگین داده‌های اندازه‌گیری رطوبت نسبی نمونه‌ها را در دوره نگهداری نشان می‌دهد. میزان رطوبت در زردآلو خام حدود ۸۵/۳ درصد گزارش شده است (Terserkisian et al., 1979). برابر شکل ۲، میانگین میزان رطوبت در شاهد از ۸۷/۷۹ درصد شروع و به ۷۷/۵۱ درصد در پایان دوره می‌رسد. میزان رطوبت برای نمونه‌های پوشش‌دار و شانه در پایان دوره نگهداری به ترتیب ۸۷/۱۵ و ۷۴/۹۱ درصد است.

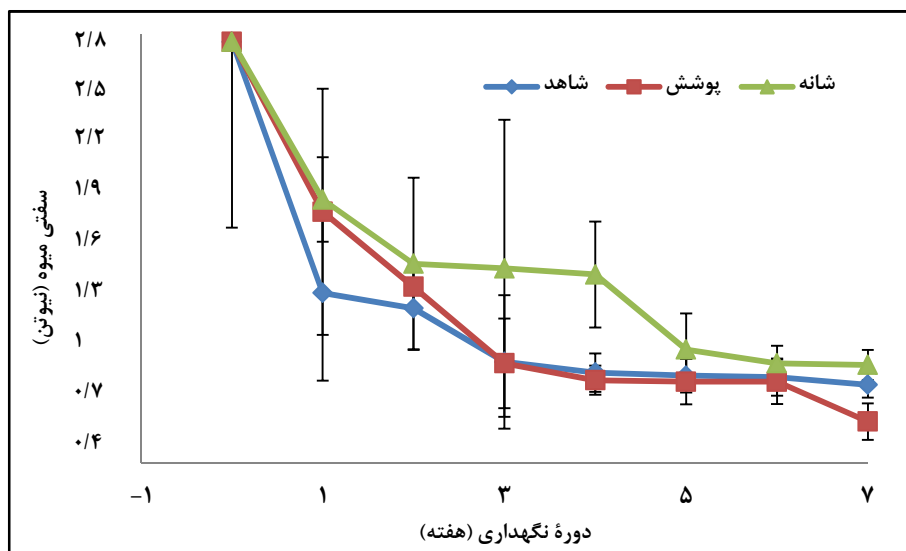
نمونه‌های پوشش نسبت به نمونه شاهد و نمونه شانه در حفظ رطوبت کمی موفق‌تر عمل کرده است. از آنجایی که در میوه‌ها و سبزی‌ها، میزان رطوبت بالاست و آب عمده ترکیب آنها را تشکیل می‌دهد، کاهش یا افزایش میزان رطوبت ارتباط معکوسی با افزایش یا کاهش افت وزن دارد (Meidani & Hashemi Dezfuli, 1977; Jalili Marandi, 2004)، نتایج به دست آمده از این مطالعه نیز با این واقعیت همسو است.

- بافت: شکل ۳، داده‌های مربوط به اندازه‌گیری نیروی وارد شده بر بافت نمونه‌ها را در دوره نگهداری در انبار نشان می‌دهد. برابر این شکل، میانگین نیروی وارد شده

(Viels et al., 2008). نتایج مطالعات گروسی و همکاران (Grosi et al., 2011) نشان می‌دهد که پوشش‌دهی زردآلو با پوشش خوراکی پروتئین آب پنیر حاوی گلیسرول و صمغ ژلان، باعث رسیدن طبیعی میوه می‌شود و میوه‌های پوشش‌دار نسبت به میوه‌های بدون پوشش نرم‌تر و آبدارتر هستند. مطالعه حاضر نیز چنین نتایجی را بیان می‌کند.



شکل ۲- میزان رطوبت نسبی (درصد) تیمارهای مختلف در دوره نگهداری نمونه‌ها در انبار سرد

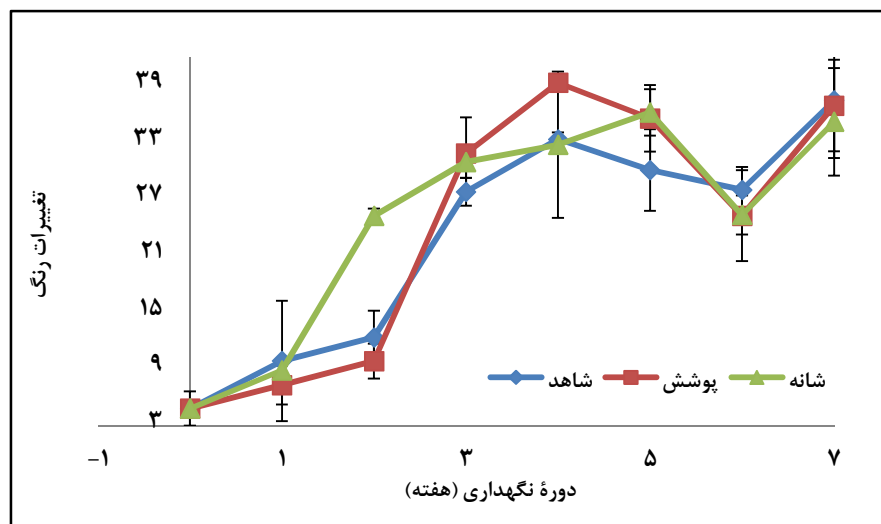


شکل ۳- اثر نوع پوشش بر تغییرات سفتی بافت میوه در دوره نگهداری در انبار سرد

رنگ: شکل ۴، داده‌های مربوط به خواص رنگ‌سنجی نمونه‌ها را در دوره نگهداری نشان می‌دهد. با یک روند افزایشی، میانگین میزان شاخص رنگ برای تیمار شاهد از ۴/۸۳ به ۳۷/۴۶ و برای نمونه‌های پوشش‌دار و شانه از ۴/۸۳ به ترتیب به ۳۹/۳۳ و ۳۶/۱۸ در پایان دوره نگهداری تغییر می‌کند. انتظار می‌رفت که

پوست میوه زردآلوی پوشش‌دار، نسبت به زردآلوی بدون پوشش، کمتر است و معنی‌دار نمی‌باشد. با این همه، نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین زمان‌های نگهداری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد.

پوشش سبب به‌تعویق افتادن تغییرات رسیدگی از جمله رنگ شود اما مطابق نتایج تجزیه واریانس، پوشش تاثیری بر تغییر رنگ ندارد. این نتیجه با نتایج بررسی‌های گروسی و همکاران (Grosi *et al.*, 2011) همخوانی دارد. این محققان نشان دادند که تغییرات رنگ

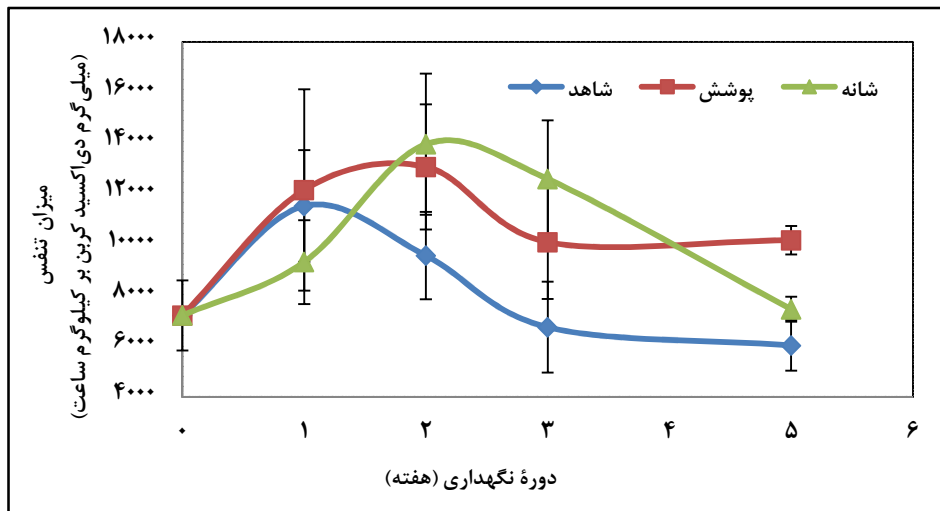


شکل ۴- میزان تغییرات رنگ تیمارهای مختلف در دوره نگهداری در انبار سرد

معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. تنفس، فرآیندی متابولیکی است که پس از برداشت میوه نیز ادامه دارد. در واقع، تنفس عمل اکسیداسیونی است که موجب شکسته شدن مواد پیچیده یعنی ترکیبات نشاسته، قندها و اسیدهای آلی به مولکول‌های ساده‌تر مانند دی‌اکسید کربن، آب، انرژی و غیره می‌شود. میزان تنفس هر میوه شاخص بسیار خوبی از فعالیت‌های متابولیکی بافت‌ها و در نتیجه شاخص مناسبی برای تعیین قدرت انبارمانی آن است. گروهی از میوه‌ها، از جمله زردآلو، تغییر جزئی در الگوی تنفسی خود نشان می‌دهند به طوری که همزمان با رسیدن، نوعی افزایش در تنفس آنها صورت می‌گیرد. این گروه از میوه‌ها را که این نوع افزایش تنفس از خود نشان می‌دهند، به‌عنوان میوه‌های فرازگرا^۱ شناخته می‌شوند (Viels *et al.*, 2008).

سرعت تنفس: شکل ۵، داده‌های مربوط به سرعت تنفس نمونه‌ها را در دوره نگهداری در انبار نشان می‌دهد. برابر این شکل، میانگین میزان تنفس (برحسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن به ازای هر کیلوگرم وزن میوه در ساعت) طی پنج دوره اندازه‌گیری برای تیمار شاهد از ۷۲۱۴/۶۸ به ۶۰۳۱/۰۱ و برای نمونه‌های پوشش‌دار و شانه از ۷۲۱۴/۶۸ به ترتیب به ۱۰۱۸۲/۳۵ و ۷۴۵۸/۰۹ در پایان دوره نگهداری تغییر می‌کند.

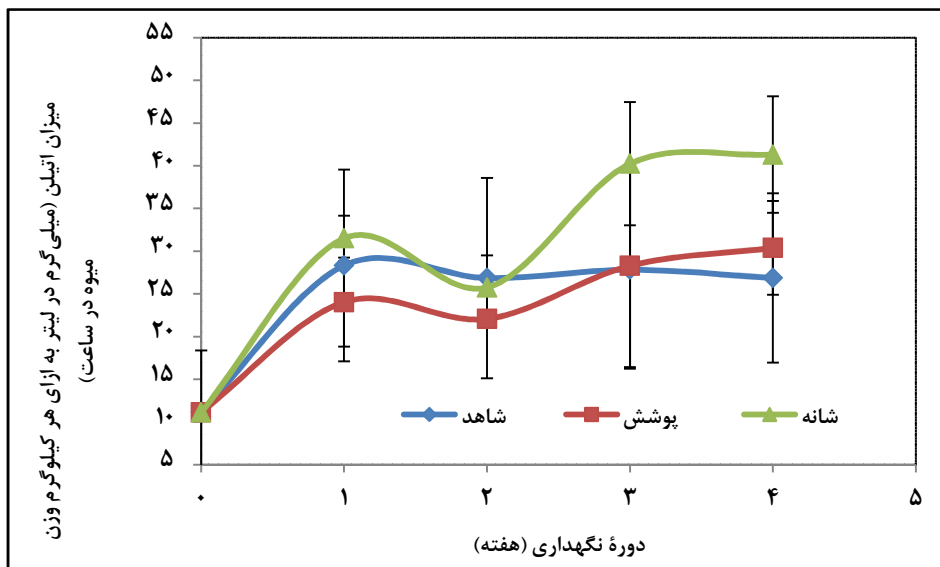
هر سه تیمار یک اوج تنفسی دارند که پس از چندی مجدداً به‌حدود تنفس اولیه برمی‌گردد. از آنجایی که انتظار می‌رود پوشش سبب کاهش تنفس شود، برآمدگی یا پیک منحنی در میوه‌های پوشش‌دار نسبت به شاهد دیرتر اتفاق می‌افتد. برابر نتایج تجزیه واریانس، بین عامل پوشش و مدت زمان نگهداری، از نظر تنفس تفاوت



شکل ۵- میزان تنفس تیمارهای مختلف در دوره نگهداری در انبار سرد

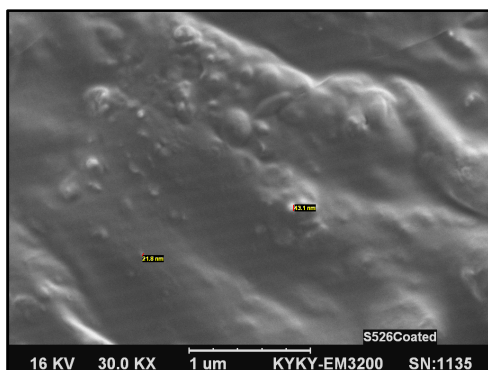
می‌دهد که بین عامل پوشش و مدت زمان نگهداری از نظر میزان اتیلن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اتیلن در مراحل گوناگون رشد و نمو گیاهان از جوانه‌زنی تا پیری و مرگ دخالت دارد. این گاز بی‌رنگ و بی‌بو عامل تنظیم فرآیند رسیدن میوه‌های فرازگرا از جمله زردآلو است. مقدار تولید این ماده نیز مانند سایر هورمون‌های گیاهی ناچیز می‌باشد (Abeles et al., 1992).

میزان اتیلن تولیدی: شکل ۶، داده‌های مربوط به میزان اتیلن تولیدی نمونه‌ها را در دوره نگهداری نشان می‌دهد. میانگین میزان تولید اتیلن (برحسب میلی‌گرم در لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن میوه در ساعت) برای تیمار شاهد از ۱۱/۱۲ به ۲۳/۰۲ و برای نمونه‌های پوشش‌دار و شانه از ۱۱/۱۲ به ترتیب به ۲۹/۴۴ و ۳۳/۳۹ طی دوره نگهداری می‌رسد. نتایج جدول تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان



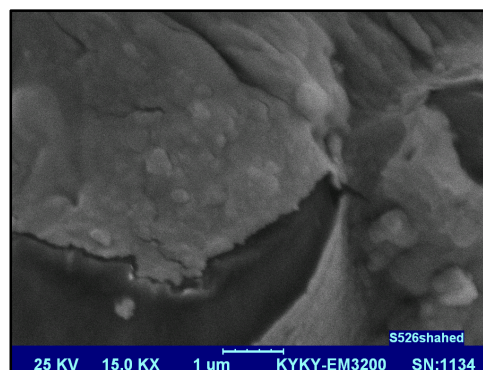
شکل ۶- میزان اتیلن تولیدی تیمارهای مختلف در دوره نگهداری در انبار سرد

نانوامولسیون با اندازه ۲۱/۸ و ۴۳/۱ نانومتر روی زردآلو به‌خوبی قرار گرفته‌اند و در سطح نمونه، فرسایش و ترک خوردگی مشاهده نمی‌شود که عملکرد خوب نانو پوشش را روی میوه نشان می‌دهد.



شکل ۸- نمونه پوشش‌دار با ذرات ۴۳/۱ و ۲۱/۸ نانومتری

بررسی ریخت‌شناسی نمونه‌ها با میکروسکوپ الکترونی: در شکل ۷، به‌دلیل اینکه پوششی روی سطح میوه را فرا نگرفته است، بافت آن تخریب شده و فرسایش بافت به‌خوبی روی آن مشهود است. مطابق شکل ۸، ذرات



شکل ۷- نمونه شاهد

اواسط دوره به بعد، تفاوت زیادی بین آنها دیده نمی‌شود. بنابراین، صرف‌نظر از انتهای دوره نگهداری که تیمار شانه نیز به تیمارهای شاهد و پوشش نزدیک می‌شود، تیمار شانه بافت بهتری را برای زردآلو فراهم کرده است.

میانگین میزان تغییرات رنگ برای تمامی تیمارها با یک روند افزایشی تغییر می‌کند اما اختلاف معنی‌داری در میزان تغییرات رنگ زردآلوهای شاهد و تحت دو تیمار دیگر وجود ندارد. بنابراین، با توجه به تاثیر مثبت استفاده از پوشش‌ها و ظروف نانویی کیتوزان بر صفات کیفی دیگر زردآلو، از آنجا که ثبات رنگ و شکل ظاهری از صفات کیفی مهم زردآلو هستند و اختلافی بین تیمارها وجود ندارد، استفاده از پوشش‌ها و ظروف نانویی کیتوزان ممکن است یکی از روش‌های تثبیت رنگ در زردآلو باشد.

تنفس، فرآیندی متابولیکی است که پس از برداشت میوه در آن ادامه می‌یابد. میانگین میزان تنفس دارای یک اوج است که پس از چندی بار دیگر به حدود تنفس اولیه برمی‌گردد. بین عامل پوشش و

نتیجه‌گیری

افت وزن در تیمارهای شاهد، پوشش‌دار و شانه طی انبارمانی افزایش پیدا می‌کند. تیمار پوشش و تیمار شانه نسبت به شاهد و تیمار پوشش نیز نسبت به تیمار شانه نتایج بهتری به‌دست می‌دهد. هر دو عامل پوشش و مدت زمان نگهداری در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار شده‌اند و کاهش وزن تحت تاثیر عوامل فوق قرار می‌گیرد. میزان رطوبت برای تیمارهای مختلف طی مدت نگهداری کاهش می‌یابد. تیمار پوشش در حفظ رطوبت موفق‌تر از شاهد عمل کرده‌اند.

بافت گوشت میوه اهمیت زیادی در قابلیت پذیرش آن دارد. انبارمانی بافت‌های سفت و ترد همواره بالاست. میانگین نیروی وارد شده بر بافت نمونه‌ها برای هر سه تیمار شاهد، پوشش و شانه طی دوره نگهداری کاهش می‌یابد و تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد از نظر تاثیر پوشش و مدت زمان نگهداری بر بافت میوه وجود دارد. به‌نظر می‌رسد در اوایل دوره، تیمارهای پوشش و شانه نسبت به شاهد در حفظ بافت بهتر عمل کرده‌اند اما از

مدت زمان نگهداری از نظر تنفس تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. افزایش تنفس تاکیدی بر فرازگرا بودن میوه زردآلو است. اتیلن از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی و به شکل گاز است. بین عامل پوشش و مدت زمان نگهداری از نظر تولید اتیلن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. میکروسکوپ الکترونی روشی نشان می‌دهد که نمونه‌های شاهد دارای سطح تخریب شده هستند و فرسایش بافت به‌خوبی روی زردآلو مشهود است.

اما در تصاویر نمونه‌های پوشش‌دار، در سطح نمونه فرسایش و ترک خوردگی مشاهده نمی‌شود که ناشی از عملکرد خوب نانو پوشش روی آن می‌باشد. همچنین اندازه ذرات بیانگر آن است که امولسیون تهیه شده در اندازه نانویی است. به‌طور کلی، اختلاف معنی‌دار بین صفات اندازه‌گیری شده زردآلو نشان‌دهنده تاثیر نوع بسته‌بندی در بروز این تفاوت‌ها است، بنابراین، استفاده از کیتوزان برای افزایش عمر ماندگاری آن امکان‌پذیر است.

مراجع

- Abeles, F. B., Morgan, P. W. and Saltveir, M. E. 1992. Ethylene in Plant Biology. 2nd Edition. Academic Press, Inc. San Diego, CA.
- Ahmadi, H., Fathollahzadeh, H. and Mobli, H. 2009. Post harvest physical and mechanical properties of apricot fruits, pits and kernels (C.V. Sonnati Salmas) cultivated in Iran. Pakistan J. Nutr. 8(3): 264-268.
- Andrade, R. D., Skurtys, O. and Osorio, F. A. 2012. Atomizing spray systems for application of edible coatings. Compr. Rev. Food Sci. F. 11(3): 323-337.
- Anon. 2010. The Results of Census Sample of Horticultural Products, 2008 Year. Bureau for Statistics & Information Technology. Planning & Economical Division. Ministry of Jihad-e-Agriculture. (in Farsi)
- Bautista-Banos, S., Hernandez-Lauzardo, A. N., Velazquez-del Valle, M. G., Hernandez-Lo pez, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E. and Wilson, C. L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Prot. 25, 108-118.
- Dutta, P. K., Dutta, J. and Tripathi, V. S. 2004. Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications. J. Sci. Ind. Res. 63, 20-31.
- Flores, S., Haedo, S. and Campos, C. 2007. Antimicrobial performance of potassium sorbate supported in tapioca starch edible films. Food Res. Technol. 225, 375-384.
- Franssen, L. R., Rumsey, T. R. and Krochta, J. M. 2004. Whey protein film composition effects on potassium sorbate and natamycin diffusion. J. Food Sci. 69(5): 347-353.
- Ghasemnezhad, M., Shiri, M. A. and Sanavi, M. 2010. Effect of chitosan coating on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. Caspian J. Env. Sci. 8(1): 25-33.
- Grosi, F., Javanmard, M. and Hasani, F. 2011. Application of edible coating based on whey protein-gellan gum for apricot (*Prunus armeniaca* L.). J. Food Sci. Technol. 8(29): 39-48.

- Haciseferogullari, H., Ozcan, M., Sonmete, M. H. and Ozbek, O. 2005. Some physical and chemical parameters of wild medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit grown in Turkey. *J. Food Eng.* 69, 1-7.
- Huang, K. S., Sheu, Y. R. and Chao, I. C. 2009. Preparation and properties of nanochitosan. *Polym-Plast Technol.* 48, 1239-1243.
- Jalili Marandi, R. 2004. *Post-Harvest Physiology*. Jihad-Daneshgahi Pub. Urmia. (in Farsi)
- Janick, J. and Paull, E. R. 2008. *The Encyclopedia Fruits and Nuts*. CABI Pub.
- Meidani, J. and Hashemi Dezfuli, A. 1997. *Post-Harvest Physiology*. Agricultural Research, Education and Extension Organization Pub. (in Farsi)
- Mostofi, Y., Dehestani Ardakani, M. and Razavi, S. H. 2011. The effect of chitosan on postharvest life extension and qualitative characteristics of table grape "Shahroodi". *J. Food Sci. Technol.* 8(30): 93-102.
- Terserkisian, N., Rahmanian, M., Azar, M., Miorian, H. and Khalili, S. 1979. *Food Compounds Table (Vol.1: Raw Materials)*. National Nutrition & Food Technology Research Institute. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Tolimate, A., Desbrieres, J., Rhazi, M., Alagui, A., Vincendon, M. andn Vottero, P. 2000. On the influence of deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan from squid chitin. *Polymer.* 41, 2463-2469.
- Viels, R., McGelason, B., Graham, D. and Juice, D. 2008. *Post-Harvest Physiology*. Translated by Rahemi, M. Shiraz University Pub. (in Farsi)
- Yildiz, F. 1994. New technologies in apricot processing. *J. Standard, Apricot Special Issue*, Ankara. 8, 67-69.



Effect of Chitosan-Based Nano-Packaging on Physical Properties of Apricot Variety 526 (58-Shahrood)

B. Tajeddin^{*}, M. Hashemi and S. M. Khayam-Nekouei

^{*}Corresponding author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, P. O. Box: 31585-845, Karaj, Iran.
Email: behjat.tajeddin@yahoo.com

Received: 8 February 2014, Accepted: June 14, 2014

The apricot is a soft, vulnerable fruit. Appropriate packaging decreases waste of this product. The present study examined the effect of packaging on the Iranian apricot cultivar Shahrood 58. The apricots were coated with a chitosan-based nano-emulsion coating, placed in a chitosan nano-based container or were left untreated apricots (control). All treatments were then kept in cold storage at 0°C for 8 wk. The results showed that the coating and container were more successful in retaining moisture than the control and that the coating performed better than the container. It appears that, in the early stage of storage, the coating and container better preserved texture than did the control; however, subsequent texture values did not differ markedly. The nano-containers performed similarly to the control and coating (excluding the end stage), but maintained a better texture for the apricots. The average ΔE increased for all treatments, although there was no significant difference between treated apricots and the control. A significant difference was observed between coating and storage time for respiration rate. There was no significant difference for ethylene production. SEM confirmed the presence of the nano-based coating on the skin of the fruit. The physical properties of the apricot showed that the use of chitosan as a coating or container was suitable as packaging to increase the storage life of apricots.

Keywords: Apricot, Chitosan-Based Nano-Container, Chitosan-Based Nano-Emulsion, Coating, Quality Tests