Archive of SID

مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هشتم، شماره 2، تابستان 1392، صفحات 19-9

تأثیر پوشش نانوامولسیون حاوی کیتوزان بر افزایش ماندگاری و ویژگی‌های کیفی میوه‌ی توت‌فرنگی پس از برداشت

سارا عشقی[1]، مریم هاشمی[2]، عبدالرضا محمدی[3]، فوژان بدیعی[4]، زهرا محمدحسینی[1]، کریم احمدی صومعه[5]، کیاندخت قناتی[6]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم وصنایع‌غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، واحد بین‌الملل، تهران، ایران
2- نویسنده مسئول: استادیار پژوهشی، بخش تحقیقاتی بیوتکنولوژی میکروبی و ایمنی زیستی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، ایران
پست الکترونیکی: hashemim@abrii.ac.ir
3- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
4- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران
5- استادیار پژوهشی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، ایران
6- استادیار پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، واحد بین‌الملل، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 91/9/12 تاریخ پذیرش: 91/12/21

چکیده

سابقه و هدف: توت‌فرنگی به دلیل حساسیت فراوان به عوامل قارچی عمرانباری بسیار کوتاهی دارد. کاربرد ترکیبات شیمیایی مصنوعی ضدقارچی به منظور افزایش ماندگاری این میوه نگرانی‌های فراوانی به دنبال داشته است. به همین دلیل استفاده از روش‌های ایمن برای کنترل فساد و حفظ کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی در زمان نگهداری در انبار ضروری است. کاربرد موفقیت‌آمیز کیتوزان در فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی از یک سو و اثبات افزایش خاصیت ضد قارچی در اثر کاهش اندازه‌ی ذرات کیتوزان از سوی دیگر سبب شد تا در پژوهش حاضر، کارایی نوعی پوشش خوراکی نانوامولسیونی حاوی کیتوزان با هدف تأخیر در فساد میوه، حفظ کیفیت و افزایش زمان نگه‌داری توت‌فرنگی بررسی شود.

مواد و روش‌ها: میوه‌ی توت‌فرنگی پس از برداشت، با نانوامولسیون با اندازه‌ی ذرات 10± 50 تا 100 نانومتر حاوی 0/25 درصد کیتوزان به عنوان ماده‌ی ضدمیکروبی، پوشش‌دهی و به همراه نمونه‌های شاهد در دمای 4±1 °C و رطوبت نسبی70 % نگهداری شد. هر چهار روز یک بار و با سه تکرار شاخص‌های کیفی با محدوده‌ی اطمینان 95% مورد بررسی و ارزیابی قرارگرفتند. این شاخص‌ها عبارتند از: اسیدیته، مواد جامد محلول، استحکام بافت، افت وزن، شدت تنفس، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان آنتوسیانین، میزان اسیدآسکوربیک، درصد خرابی و ارزیابی حسی.

یافته‌ها: پوشش میوه‌ی توت‌فرنگی با نانوامولسیون حاوی کیتوزان علاوه بر تأخیر در فساد قارچی میوه، بر بیشتر شاخص‌های کیفی تاثیر مثبت داشت. به طوری که در مقایسه با نمونه‌ی شاهد استحکام بافت افزایش و افت وزن، شدت تنفس و درصد خرابی کاهش یافت. تغییرات اسیدیته و مواد جامد محلول نامحسوس بود. هم‌چنین، حفظ فعالیت آنتی اکسیدانی، آنتوسیانین و اسید اسکوربیک در میوه‌ی پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌ی شاهد بیشتر بود. نمونه‌ی تیمار از نظر شاخص‌های حسی مورد بررسی بهتر از نمونه‌ی شاهد ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری: پوشش‌دهی میوه‌ی توت‌فرنگی با نانوامولسیون حاوی کیتوزان می‌تواند به عنوان روشی ایمن و کارا در افزایش نگه‌داری میوه‌ی توت‌فرنگی در انبار از 8 روز به 20 روز (2/5 برابر) و حفظ بهتر کیفیت این میوه سلامتی‌بخش معرفی شود.

واژگان کلیدی: نانوامولسیون حاوی کیتوزان، توت‌فرنگی، زمان انبارمانی

• مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria x ananassa Duchesne* یکی از اعضای خانواده‌ی Rosacea است. توت‌فرنگی میوه‌ای غیرفرازگرا (Non climacteric) است (مرحله‌ی بلوغ و تکامل را به آهستگی روی گیاه مادری طی

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کند) و شدت تنفس آن زیاد است (1). ایران رتبه هجدهم را در تولید توت‌فرنگی جهان دارد، به طوری که در سال1390 از 4 میلیون و80 هزار تن تولید جهانی حدود 42000 تن توت‌فرنگی در ایران تولید شد (2). کیفیت این میوه به وضعیت ظاهری، بافت، عطر، طعم و ارزش تغذیه‌ای آن بستگی دارد. قندها، اسیدهای آلی و ترکیبات معطر در طعم توت‌فرنگی نقش مهمی دارند (1).

این میوه به دلیل داشتن اسید آسکوربیک و آنتوسیانین دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی فراوان است و خواص درمانی زیادی دارد، مانند افزایش قدرت ایمنی بدن و کاهش ابتلا به انواع سرطان (3). توت‌فرنگی به دلیل میزان تنفس بالا، مقدار آب فراوان (حدود 91%)، فعالیت متابولیکی بالا و حساسیت به فساد قارچی زمان نگه‌داری کوتاهی دارد (4).

در دهه‌ی اخیر تلاش‌های فراوانی در راستای افزایش ماندگاری میوه‌ی توت‌فرنگی و حفظ ارزش تغذیه‌ای آن در زمان انبارمانی با روش‌هایی غیر از استفاده از قارچ کش‌ها صورت گرفته است (5). محققان افزایش نگه‌داری این میوه را با به کارگیری روش‌هایی مانند اتمسفر کنترل شده (6)، استفاده از ترکیبات حاوی کلسیم (7) و استفاده از امواج فراصوت (8) گزارش کرده‌اند. یکی از روش‌های مناسب و عملیاتی برای افزایش ماندگاری این میوه و جلوگیری از گسترش آسیب بافت آن، کاربرد پوشش‌های تهیه شده بر پایه‌ی پلیمرهای طبیعی است. امروزه، در بسته‌بندی برخی مواد غذایی، پوشش‌های خوراکی جایگزین پوشش‌های سنتزی شده‌اند. انواع مختلفی از پلی‌ساکاریدها در ساخت پوشش‌های خوراکی به کار رفته‌اند. مانند سلولز و مشتقات آن، نشاسته و کیتوزان (9). کیتوزان، پلیمر β (4و1) ان-استیل دی گلوکزآمین، از استیل‌زدایی کیتینِ استخراج شده از سخت‌پوستان، حشرات و قارچ‌ها تولید می‌شود (10) که خواص ضدمیکروبی و درمانی دارد، مانند: کاهش کلسترول و چربی و خاصیت ضدسرطانی (12، 11).

تولید کیتوزان در کشورهای کره و ژاپن در سال 2003 توسط کدکس مورد تأیید قرارگرفت (13). در حال حاضر، سالانه حدود3000 تن از این ماده در دنیا تولید می‌شود. کیتوزان به دلیل دارا بودن خواص نیمه تراوایی، در بسته‌بندی مواد غذایی که در آن‌ها به اصلاح اتمسفر درونی نیاز است، به کار می‌رود. فیلم‌های کیتوزان، نفوذپذیری نسبی به بخار آب دارند و مانع خوبی برای گاز اکسیژن به شمار می‌آیند (13). کیتوزان در واقع نوعی ماده‌ی ضدمیکروبی طبیعی است که می‌تواند میزان مصرف نگهدارنده‌های سنتزی را کاهش دهد و افزایش زمان انبارمانی و ایمنی محصولات غذایی منجر شود.

برخی محققان با استفاده از پوشش‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی و پروتئینی از جمله ترکیب نشاسته، کاراگینان و کیتوزان (9)، گلوتن (14) و آمیلوز (15) افزایش عمرانباری توت‌فرنگی را گزارش کرده‌اند. *Vargas* و همکاران (16) کیتوزان را در ترکیب با اسیداولئیک به عنوان پوشش خوراکی بر میوه‌ی توت‌فرنگی طی 14 روز نگه‌داری بررسی کرد. البته، افزودن اولئیک اسید باعث کاهش آرومای توت‌فرنگی شد. کیتوزان به همراه تویئن 80 توسط *Riberio* و همکاران (9) و ترکیب کیتوزان و کلسیم‌گلوکونات توسط *Hernández-Munoz* و همکاران (7) برای پوشش‌دهی میوه‌ی توت‌فرنگی به کار رفت. در پژوهش دیگری (17) کیتوزان را در ترکیب با عصاره‌ی پونه‌ی کوهی و آویشن و هم‌چنین عصاره‌ی لیمو و تویین 80 به کار بردند که با این پوشش‌ها ماندگاری توت‌فرنگی تا 14 روز افزایش یافت. *Perdones* و همکاران (18) از ترکیب کیتوزان و اسانس روغنی لیمو برای پوشش میوه‌ی توت‌فرنگی استفاده کردند و زمان نگهداری در انبار با دمای 5°C، را چهارده روز گزارش کردند. در این پژوهش، برای اولین بار کارایی نوعی پوشش خوراکی نانوامولسیونی حاوی 0/25% کیتوزان (اندازه ذرات 10± (100-50) نانومتر) با هدف افزایش خواص عملگرایی کیتوزان به منظور تأخیر در خرابی میوه و حفظ کیفیت توت‌فرنگی در طول زمان نگهداری در دمای 1±4 °C و رطوبت نسبی 70% بررسی شده است.

• مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نانوامولسیون حاوی کیتوزان: امولسیون روغن (اسیداستئاریک) در آب، در درجه حرارتی نزدیک به نقطه‌ی ذوب چربی گرما داده شد. هم‌زمان محلول 0/5% کیتوزان در اسیداستیک و 0/1% سدیم پلی فسفات (0/75میلی‌گرم در میلی لیتر) به آن اضافه شد (19). به منظور حذف سدیم پلی فسفات باقی‌مانده، سوسپانسیون حاصل از غشای اولترافیلتراسیون مجهز به نانو فیلتر سرامیکی عبور داده شد. به نحوی که ابعاد ذرات امولسیون حاصل 10±50 تا 100 نانومتر بود. غلظت نهایی کیتوزان در پوشش مورد استفاده 2500ppm بود.

www.SID.ir

Archive of SID

پوشش‌دهی میوه: میوه‌ی توت‌فرنگی واریته‌ی *سلوا* از گلخانه‌ای در کرج خریداری و بر اساس عدم وجود آسیب‌های فیزیکی، عفونت‌های قارچی و وجود یکنواختی از نظر اندازه غربال شد. توت‌فرنگی‌ها را در محلول نانوامولسیون تهیه شده به مدت 2 دقیقه غوطه‌ور و در حدود 1 ساعت در دمای 20°C نگهداری کردند تا پوشش روی سطح میوه به کمک جریان هوا، خشک شود. در نهایت، میوه‌ها در ظروف یک بار مصرف پلی‌پروپیلن در دمای 4±1°C با رطوبت نسبی 70% نگه‌داری شدند.

متغیرهای مورد اندازه‌گیری طی نگه‌داری توت‌فرنگی در انبار

تعیین اندازه‌ی ذرات نانوامولسیون: قبل از اندازه‌گیری متغیرها برای اطمینان از کیفیت پوشش تهیه شده اندازه‌ی ذرات تعیین شد، به منظور تعیین اندازه‌ی ذرات نانوامولسیون‌های مورد استفاده در این پژوهش از میکروسکپ الکترونی روبشی SEM (Scanning Electron Microscopy) (هیتاچی مدل S-4160 ، ساخت ژاپن) با قدرت تفکیک کمتر از 100 نانومتر استفاده شد (18).

اسیدیته: اسیدیته‌ی قابل تیتر توت‌فرنگی طبق روش AOAC 942/ 15 (1995) تعیین و برحسب گرم اسید سیتریک (شرکت Merck، آلمان) در 100 گرم میوه محاسبه شد (16).

مواد جامد محلول: کل مواد جامد محلول در عصاره‌ی میوه‌ی صاف شده، بعد از کالیبره کردن دستگاه رفراکتومتر دستی دیجیتالی (ساخت کره) با آب مقطر در دمای 25°C اندازه‌گیری و گزارش شد (16).

استحکام بافت: برای سنجش نفوذپذیری بافت میوه از آزمون نفوذ سنجی و دستگاه بافت‌سنج (مدل H5KS، ساخت انگلستان) با لودسل 300 نیوتن استفاده شد. در این آزمون، میله ته‌گرد (پروب) با قطر 4/8 میلی‌متر با سرعت 3 میلی‌متر در دقیقه درون بافت میوه نفوذ کرد و میزان نیروی وارد شده بر بافت میوه (بر حسب نیوتن) در دو نقطه از سطح آن اندازه‌گیری شد (7).

افت وزن: برای محاسبه درصد افت وزن 3 ظرف از هر دو نمونه‌ی تیمار و شاهد برداشته و پس از توزین و میانگین به دست آوردن، میزان افت وزن نسبت به وزن اولیه به صورت درصد بیان شد.

شدت تنفس: شدت تنفس با استفاده از دستگاه تنفس‌سنج Testo (ساخت آلمان) ارزیابی شد. این دستگاه از یک گیرنده‌ی حساس به CO_2 که مجهز به کارت حافظه است، در یک محفظه‌ی پلاستیکی (10×20×20سانتی‌متر)، کاملا غیرقابل نفوذ به هوا ساخته شده است. میزان CO_2 تولید شده توسط وزن مشخصی از میوه در مدت نیم ساعت ثبت و شدت تنفس برحسب mg CO_2/ kg.hr محاسبه شد (20).

پتانسیل آنتی‌اکسیدانی: برای ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی 2 گرم نمونه‌ی همگن توت‌فرنگی به 40 میلی لیتر محلول 1 به 1 آب و متانول (شرکت Merck، آلمان) اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت 15 دقیقه با سرعت 4000 دور بر دقیقه سانتریفوژ و 0/1 میلی لیتر از آن به 3/9 میلی‌لیتر DPPH (Di Phenyl -1Picryl Hydrazl) (شرکت سیگما، آمریکا) متانولی(0/03 $g.l^{-1}$) افزوده شد. طیف جذبی محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Visible (شرکت CECIL، ساخت انگلستان) در طول موج 515 nm ثبت شد (21).

%فعالیت آنتی‌اکسیدانی = (جذب DPPH- جذب نمونه/ جذب DPPH)×100

تعیین غلظت آنتوسیانین: به منظور اندازه‌گیری غلظت آنتوسیانین 1 گرم نمونه هموژن شده‌ی توت‌فرنگی را به 10 میلی‌لیتر متانول حاوی 1% (حجمی/حجمی) اسیدکلریدریک (شرکت سیگما، آلمان) افزوده و نمونه حاصل در مخلوط‌کن به مدت یک دقیقه مخلوط و سپس با سرعت 4000 دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ شد. فاز بالایی را جدا و جذب آن به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 515 nm ثبت شد. منحنی کالیبراسیون جذبی با استاندارد سیانیدین3-گلوکوزید (شرکت Extrasynthese، فرانسه) ترسیم شد. غلظت آنتوسیانین‌های موجود در نمونه بر حسب ppm به کمک معادله‌ی منحنی کالیبراسیون محاسبه شد (22).

تعیین غلظت اسید اسکوربیک: برای سنجش میزان اسید آسکوربیک 8 میلی‌لیتر حلال استخراجی (3%متافسفریک اسید حاوی محلول پایدارکننده‌ی TBHQ 0/1 مولار و 8% اسید استیک از هر کدام 4 میلی‌لیتر) (شرکت سیگما، آلمان)، به 2 گرم نمونه توت‌فرنگی هموژن شده افزوده و مخلوط حاصل به مدت 4 دقیقه هموژن شد. مخلوط حاصل تحت شرایط 4000 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ شده و پس از جداسازی فاز رویی به فاز پایینی مجدداً 8 میلی لیتر حلال استخراجی افزوده شد. مخلوط حاصل 4 دقیقه هموژن و سپس بار دیگر با سرعت 4000 دور بر دقیقه به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ شد. فاز رویی به

www.SID.ir

Archive of SID

دست آمده را با فاز رویی قبلی مخلوط، فیلتر و در نهایت فاز بدست آمده به دستگاه HPLC (شرکت CECIL، ساخت انگلستان) تزریق شد. شرایط دستگاه HPLC عبارت بود از: فازهای آب و متانول با سرعت جریان ml/min 5 /0 ، ستون فاز برگشتی ODS (C18)و طول موج جذب آشکارساز nm 245 بود، مدت استخراج 20 دقیقه در نظر گرفته شد (23).

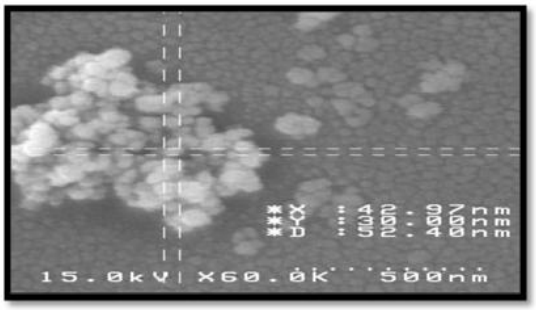
تعیین درصد خرابی: درصد خرابی به صورت مشاهده‌ای ارزیابی شد. با مشاهده‌ی گستردگی میسل‌های کپک روی توت‌فرنگی و ایجاد لکه‌های قهوه‌ای در سطح، میوه حذف شد. میزان خرابی نسبت به کل میوه‌های موجود به صورت درصد محاسبه شد (16).

ارزیابی ویژگی‌های حسی: ارزیابی به روش هدونیک 5 طبقه‌ای با دادن امتیاز به نمونه‌ها از نظر طعم، بو، رنگ، شکل ظاهر و بافت انجام شد. این آزمون را 8 نفر انجام دادند که به منظور آشنایی با این روش آموزش دیده بودند. نتایج براساس قابلیت پذیرش کلی بررسی شد.

تحلیل آماری: آزمون‌ها درقالب آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی برای هر دو نمونه‌ی شاهد و پوشش داده شده، با سه تکرار انجام و داده‌های آزمایشی به روش آنالیز واریانس و در حالت‌های مقایسه‌ی دوتایی به کمک آزمون t، با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 تجزیه وتحلیل شدند. در این پژوهش برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای scheffe با حداکثر خطای قابل قبول 5 درصد ($p<0/05$) استفاده شد.

• یافته‌ها

اندازه‌ی ذرات نانوامولسیون: تصاویر تهیه شده با دستگاه SEM نشان داد که ابعاد ذرات پوشش کوچک‌تر از 100 نانومتر بود (شکل 1).



شکل1. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی نانوامولسیون حاوی کیتوزان

اسیدیته‌ی قابل تیتر: در بررسی تاثیر پوشش نانوامولسیون حاوی کیتوزان بر تغییرات اسیدیته در میوه‌ی توت‌فرنگی تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های تیمار شده و شاهد ثبت شد ($p<0/05$). به طوری که کاهش اسیدیته در میوه‌ی پوشش داده شده نسبت به نمونه‌ی شاهد شدت کمتری داشت (جدول 1). البته، میوه‌های شاهد تنها 8 روز ماندگاری داشتند و از روز هشتم به بعد تنها داده‌های توت‌فرنگی پوشش داده با نانو-امولسیون حاوی کیتوزان ارائه شد.

مواد جامد محلول: نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که غلظت مواد جامد محلول طی زمان نگه‌داری در انبار روند نزولی داشت و شدت تغییرات برای همه‌ی نمونه‌ها از روز چهارم به بعد افزایش یافت (جدول 1).

استحکام بافت: تغییرات استحکام بافت میوه‌های تیمار و شاهد در طول نگه‌داری در جدول 1 نشان داده شده است. با توجه به نتایج، تفاوت معنی‌داری بین توت‌فرنگی تیمار و شاهد در روز هشتم مشاهده نشد. استحکام بافت توت‌فرنگی‌های تیمار و شاهد در روز چهارم نگهداری کاهش یافت و این روند در نمونه‌های شاهد از شدت بیشتری برخوردار بود. در مقابل، بافت میوه‌های تیمار در بین روزهای چهارم تا دوازدهم نگه‌داری تغییر قابل توجهی نداشت و پس از آن نیز تا پایان دوره نگه‌داری با وجود روند کاهشی هم‌چنان نسبت به استحکام بافت نمونه‌های شاهد در روز هشتم از وضعیت مناسب‌تری برخوردار بود.

افت وزن: تغییرات وزن توت‌فرنگی‌های تیمار و شاهد در طول زمان نگهداری در جدول 2 نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در 4 روز نخست نگهداری میزات افت وزن در هر دو نمونه‌ی تیمار و شاهد یکسان و در حدود 1% ثبت شد. اما این شاخص در نمونه‌ی شاهد پس از 8 روز به حدود 3/5% رسید، درحالی که توت‌فرنگی پوشش داده در همان مقطع زمانی تنها 1/5% افت وزن داشت که سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ی شاهد و تیمار در بررسی این شاخص شد ($p<0/05$). روند افت وزن در توت‌فرنگی پوشش داده شده با توجه به ماندگاری بیشتر تا روز شانزدهم نگه‌داری ادامه داشت. اگرچه افت وزن نهایی نمونه‌های تیمار پس از 20 روز نیز از افت وزن نمونه‌های شاهد در روز هشتم کمتر بود.

www.SID.ir

Archive of SID

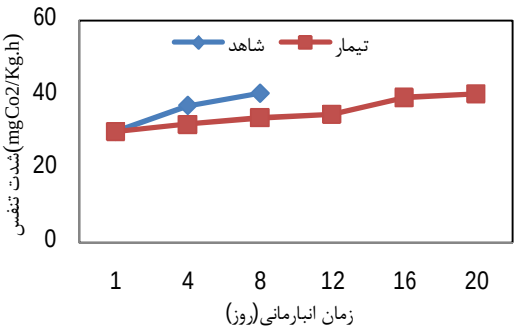
جدول1. تغییرات اسیدیته، موادجامدمحلول و سفتی بافت توت‌فرنگی پوشش داده شده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با میوه بدون پوشش در زمان انبارمانی

زمان انبارمانی(روز)		1	4	8	12	16	20
اسیدیته (g اسیدسیتریک در 100g میوه)	شاهد	9	8/4	8			
	تیمار	9	8/4	8/4	8/4	7/2	7/2
موادجامدمحلول(درجه بریکس)	شاهد	7	7	5			
	تیمار	7	7	6	6	6	6
سفتی بافت (نیوتن/مترمربع)	شاهد	1/8	1/23	1/1			
	تیمار	1/8	1/3	1/3	1/3	1/2	1/1

جدول2. تغییرات افت وزن و ارزیابی حسی توت‌فرنگی پوشش داده شده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با میوه‌ی بدون پوشش در زمان انبارمانی

زمان انبارمانی(روز)		1	4	8	12	16	20
افت وزن (درصد)	شاهد	0	1	3/5			
	تیمار	0	1	1	2/5	3	3
طعم	شاهد	4/5	-	1	-		
	تیمار	4/5	-	3/5	-	3	
عطر	شاهد	4	-	1	-		
	تیمار	4	-	3/5	-	3	
رنگ	شاهد	4	-	1	-		
	تیمار	4/5	-	4	-	3/5	
بافت	شاهد	4	-	1	-		
	تیمار	4	-	3/5	-	3	
وضعیت ظاهری	شاهد	3/5	-	1	-		
	تیمار	3/5	-	3/5	-	3	
قابلیت پذیرش کلی	شاهد	4	-	1	-		
	تیمار	4	-	3/5	-	3	

شدت تنفس: تغییرات شدت تنفس توت‌فرنگی تیمار و شاهد طی زمان نگه‌داری در شکل 2 نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، شدت تنفس نمونه‌های شاهد طی 8 روز ماندگاری به شکل معنی‌داری ($p<0/05$) بیشتر از نمونه‌های تیمار طی 20 روز ماندگاری بود. نکته‌ی قابل توجه، روند آهسته‌ی افزایش شدت تنفس در توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده بود. این موضوع نشانگر کاهش شدت تنفس در میوه‌های تیمار با نانوامولسیون کیتوزان بود که به دنبال آن سایر تغییرات متابولیکی نیز در میوه کاهش یافت.

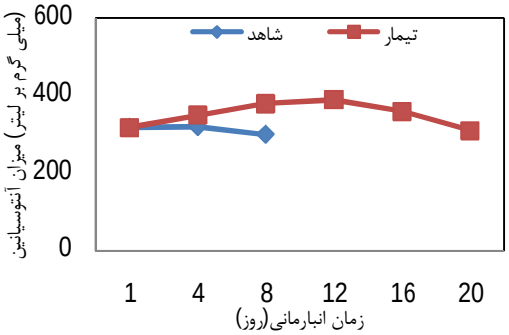


شکل2. تغییرات شدت تنفس توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با میوه‌ی بدون پوشش در زمان انبارمانی

www.SID.ir

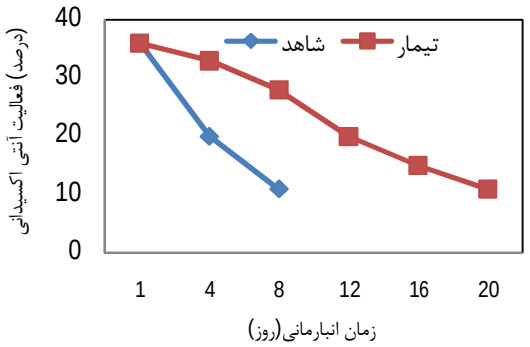
Archive of SID

غلظت آنتوسیانین: در این بررسی میزان سیانیدین 3-گلوکوزید به عنوان شاخص مقدار آنتوسیانین میوه‌ی توت‌فرنگی ارزیابی شد. تغییرات غلظت آنتوسیانین‌ها در نمونه‌های تیمار و شاهد طی نگهداری در شکل 3 نشان داده شده است. میزان آنتوسیانین میوه‌های تیمار با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($p<0/05$). غلظت آنتوسیانین در توت‌فرنگی شاهد طی 4 روز نخست نگه‌داری تغییری نشان نداد. این روند تقریبا تا پایان دوره نگه‌داری در انبار (روز هشتم) ادامه داشت، به طوری که در روز هشتم کاهش جزئی مشاهده شد. در مقابل غلظت آنتوسیانین در توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان تا روز دوازدهم روندی افزایشی نشان داد، اما پس از آن و تا پایان زمان نگه‌داری کاهش غلظت آنتوسیانین‌ها در نمونه تیمار ثبت شد. اگرچه با وجود کاهش در روز بیستم نگهداری، غلظت آنتوسیانین نمونه‌های تیمار برابر مقدار آنتوسیانین میوه در روز نخست پس از برداشت بود.



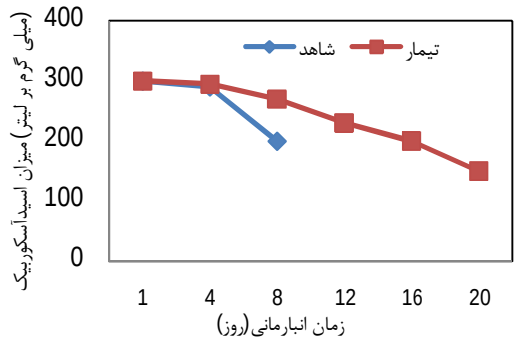
شکل3. تغییرات میزان آنتوسیانین توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با میوه‌ی بدون پوشش در زمان انبارمانی

پتانسیل آنتی‌اکسیدانی: روند تغییرات پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان و بدون پوشش در شکل 4 نشان داده شده است. بر اساس داده‌های ثبت شده پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در طول انبارمانی در هر دو نمونه‌ی تیمار و شاهد کاهش یافت، اما روند تغییرات در توت‌فرنگی شاهد به مراتب سریع‌تر بود، به طوری که پتانسیل آنتی‌اکسیدانی پس از 20 روز در میوه‌ی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان بیشتر از نمونه‌ی شاهد در روز هشتم بود. به عبارت دیگر، تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های تیمار و شاهد وجود داشت ($p<0/05$).



شکل4. تغییرات میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با میوه بدون پوشش در زمان انبارمانی

اسید آسکوربیک: تغییرات غلظت اسید اسکوربیک در توت‌فرنگی تیمار و شاهد طی زمان نگه‌داری در شکل 5 نشان داده شده است. اگرچه غلظت اسید آسکوربیک در هردو نمونه‌ی تیمار و شاهد روندی کاهشی داشت، اما شدت کاهش اسید اسکوربیک در توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان به مراتب کمتر از میوه بدون پوشش بود ($p<0/05$).

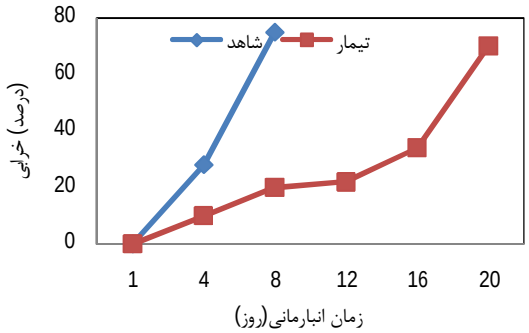


شکل5. تغییرات میزان اسیدآسکوربیک توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با میوه‌ی بدون پوشش در زمان انبارمانی

درصد خرابی: میزان خرابی میوه‌ی توت‌فرنگی تیمار و شاهد طی نگه‌داری در انبار به صورت درصد خرابی میوه شامل کپک‌زدگی، لهیدگی و ایجاد لکه‌های قهوه‌ای بود، در شکل 6 نشان داده شده است. تفاوت کاملاً معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده با نانوامولسیون کیتوزان مشاهده شد ($p<0/05$). در روز چهارم نمونه‌ی شاهد 28% ، نمونه‌ی تیمار 10% خراب شد. در روز هشتم که نمونه‌ی شاهد به طور تقریبی حذف شد، در نمونه‌ی تیمار 20% خرابی مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل6. تغییرات درصد خرابی میوه‌ی توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با میوه‌ی بدون پوشش در زمان انبارمانی

ارزیابی حسی: نمونه‌ی تیمار از نظر تمامی شاخص‌های حسی مورد بررسی بهتر از نمونه‌ی شاهد ارزیابی شد. براساس تجزیه و تحلیل آماری تفاوت معنی‌داری به خصوص از روز چهارم به بعد بین این دو نمونه مشاهده شد که در جدول 2 این تفاوت نشان داده شده است ($p<0/05$).

• بحث

امروزه، با توجه به زمان نگه‌داری بسیار کوتاه میوه‌ی توت‌فرنگی از یک سو و نگرانی‌های ناشی از کاربرد مواد شیمیایی برای کنترل بیماری‌ها و حفظ کیفیت این میوه‌ی فسادپذیر از سوی دیگر ارائه راهکارهای ایمن و کارا از اهمیت بسیاری برخوردار است. یکی از این روش‌ها استفاده از پوشش‌های خوراکی مانند کیتوزان است که می‌تواند به افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت توت‌فرنگی منجر شود (9). در این پژوهش، نوعی پوشش خوراکی (نانوامولسیون) حاوی کیتوزان به منظور افزایش ماندگاری توت‌فرنگی و حفظ بهتر کیفیت این میوه‌ی سلامتی‌بخش استفاده شد. در فرمولاسیون به‌کار رفته به دلیل کاهش اندازه‌ی ذرات پایداری بیشتر امولسیون مشاهده شد.

اندازه‌ی ذرات نانوامولسیون: کاهش اندازه‌ی ذرات سبب افزایش کارایی مواد تشکیل‌دهنده‌ی پوشش می‌شود. از سوی دیگر پوشش‌دهی میوه باعث کوچک‌تر شدن قطر منافذ تنفسی سطح میوه و کاهش نفوذپذیری آن نسبت به اکسیژن و آب می‌شود. در نتیجه، فعالیت آنزیمی میوه کمتر خواهد بود و فاسد شدن میوه به تعویق خواهد افتاد. مطالعات زیادی روی پوشش‌های نانوامولسیونی انجام شده است که نشان می‌دهد کاهش اندازه‌ی ذرات و امولسیون بودن آن می‌تواند سبب بهبود کیفیت پوشش در مقایسه با سایر پوشش‌ها شود (24).

تغییرات اسیدیته: میزان اسید در میوه‌ی توت‌فرنگی طی زمان نگه‌داری به ویژه انبارهای با دمای پایین کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل شکسته شدن اسید به قند در طول تنفس میوه باشد. البته در برخی مطالعات به فعالیت آنزیمی طی نگه‌داری توت‌فرنگی اشاره شده است که سبب کاهش اسیدیته میوه می‌شود (16). در نمونه‌ی پوشش داده شده روند کاهش اسیدیته به آرامی صورت گرفته است که دلیلش کاهش میزان تنفس میوه‌ی توت‌فرنگی نسبت به نمونه‌ی شاهد است. در نتایج به دست آمده از تحقیق *Vargas* و همکاران (16) هم روند کاهشی در تغییرات اسیدیته گزارش شده است.

تغییرات مواد جامد محلول: تغییرات مواد جامد محلول به عوامل متعددی مانند میزان قند میوه، اسیدیته و پکتین‌های محلول در میوه بستگی دارد. مواد جامد محلول در این مطالعه روندی کاهشی داشت، اما در نمونه‌ی تیمار شدت تغییرات کمتر بود. *Vargas* و همکاران (16) در بررسی اثر پوشش کیتوزان- اولئیک اسید بر میوه‌ی توت‌فرنگی طی 14 روز نگهداری نتایج مشابهی ارائه کردند. در پژوهش *Hernández-Munoz* و همکاران (25) که طی 4 روز بررسی اثر کیتوزان و کلسیم بر میوه‌ی توت‌فرنگی در دمای 20°C صورت گرفت، تغییرات مواد جامد محلول به دلیل تنفس سلولی و تبدیل دی‌ساکاریدها به مونوساکارید روندی افزایشی داشت و غلظت عصاره‌ی میوه افزایش نشان داد، ولی با گذشت زمان و مصرف مونوساکاریدها در اثر تنفس، روند افزایش نسبت به روزهای قبل ملایم‌تر شد.

تغییرات سفتی بافت: طی نگه‌داری میوه‌ها بافت آن‌ها نرم و دچار آسیب‌دیدگی می‌شود. دلیل کاهش استحکام بافت ممکن است فعالیت آنزیمی و تخریب دیواره‌ی سلول‌ها، خرابی پارانشیم و حل شدن پکتین در مایع داخل سلولی باشد (25، 16). در توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان میزان نرم‌شدگی به دلیل تنفسِ کمتر و در نتیجه فعالیت آنزیمی کمترِ میوه محسوس نبوده است. *Hernández-Munoz* و همکاران (25) هم در تحقیقات خود کاهش سفتی بافت میوه‌ی توت‌فرنگی را طی 4 روز نگه‌داری در دمای 20 °C گزارش کردند. اگرچه در نمونه‌ی پوشش داده شده با نانوامولسیونِ حاوی کیتوزان میزان سفتی و استحکام بافت توت‌فرنگی نسبت به نمونه‌ی شاهد بیشتر بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات وزن: افت وزن میوه‌ی توت‌فرنگی در زمان نگه‌داری در انبار به دلیل تبخیر رطوبت سلول‌ها در اثر تنفس افزایش می‌یابد که به دما و رطوبت انبار نیز بستگی دارد. در نمونه‌ی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان افت وزن کمتری مشاهده شد. این موضوع می‌تواند ناشی از کاهش قطر منافذ سطح میوه‌ی توسط پوشش باشد. کاهش تنفس و از دست دادن آب سبب کمتر شدن تغییرات وزنی میوه‌ی توت‌فرنگی شد. در بررسی اثر پوشش کیتوزان و کلسیم بر توت‌فرنگی طی 4 روز نگهداری توسط *Hernández-Munoz* و همکاران (25) هم افزایش افت وزن گزارش شد. اثر کیتوزان در مقایسه با سایر مشتقات سلولزی بر تأخیر افت وزن میوه‌ی توت‌فرنگی توسط *Riberio* و همکاران (9) نیز گزارش شد.

تغییرات شدت تنفس: سلول زنده برای بقا به تنفس نیاز دارد. طی زمان نگه‌داری میوه‌ها معمولا تنفس با شدت بیشتری ادامه می‌یابد که این تغییر می‌تواند به دلیل فعالیت‌های داخل سلولی و تأمین انرژی برای آن‌ها باشد. در توت‌فرنگی پوشش داده با نانوامولسیون کیتوزان در مقایسه با نمونه‌ی شاهد، روند افزایش تنفس کندتر بود که دلیلش کاهش قطر منافذ سلولی در اثر پوشش‌دهی میوه است. *Hernández-Munoz* و همکاران (25) با بررسی اثر کلسیم وکیتوزان بر میوه‌ی توت‌فرنگی نتیجه‌ی مشابهی ارائه کردند. هم‌چنین *Perdones* و همکاران (18) با بررسی اثر کیتوزان در ترکیب با اسانس روغنی لیمو بر توت‌فرنگی کاهش میزان تنفس برحسب دی اکسید کربن تولیدی را گزارش کردند.

تغییرات میزان آنتوسیانین: افزایش اولیه‌ی آنتوسیانین در این مطالعه احتمالاً به دلیل رسیدگی میوه، افزایش قند میوه و هم‌چنین فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیلاز طی نگه‌داری بوده است، ولی پس از آن، افت شدیدی در میزان این شاخص مشاهده شد که می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز باشد (16). هرچند تغییرات آنتوسیانین به رقم میوه مورد نظر و هم‌چنین ترکیب شاخص مورد بررسی نیز بستگی دارد (7)، در این پژوهش روند آهسته‌تر کاهش آنتوسیانین در نمونه‌های تیمار نسبت به نمونه‌ی شاهد می‌تواند به دلیل کمتر بودن فعالیت آنزیمی و حفظ اسیدآسکوربیک باشد. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های محققان دیگر (16، 7) مطابقت دارد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: طی زمان نگه‌داری فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها کاهش می‌یابد که این روند به دلیل محافظت سلول در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد است. کاهش اسیدآسکوربیک و آنتوسیانین هم یکی دیگر از دلایل کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی است. زیرا این دو ترکیب خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند و با کاهش میزان آن‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش خواهد یافت (21). در توت‌فرنگی پوشش‌دهی شده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر حفظ شده است که می‌تواند به دلیل حفظ بیشتر اسید آسکوربیک و آنتوسیانین نسبت به نمونه‌ی شاهد باشد. در تحقیق مشابهی *Wang* و *Gao* (26) کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در توت‌فرنگی با پوشش کیتوزان گزارش کردند.

تغییرات میزان اسیدآسکوربیک: طی زمان انبارمانی در انبار میزان اسیدآسکوربیک توت‌فرنگی کاهش می‌یابد. این کاهش می‌تواند به دلیل اکسیدشدن اسید آسکوربیک در محیط باشد. علاوه بر اکسیداسیون، افزایش pH در اثر فعالیت آنزیمی (16) می‌تواند سبب نابودی اسیدآسکوربیک - شود. ابتدا در اثر اکسیداسیون، اسیدآسکوربیک به دهیدرو L-آسکوربیک اسید و در صورت ادامه‌ی واکنش به دی کتوL-گلوکونیک تبدیل می‌شود که این مسیر غیر قابل برگشت است و در نتیجه افت شدیدی در میزان این ترکیب در زمان نگهداری توت‌فرنگی در انبار مشاهده می‌شود. در نمونه‌ی تیمار به دلیل کنترل میزان ورود اکسیژن به داخل سلول و فعالیت آنزیمی میزان کاهش این ویتامین کمتر بود. پژوهش *Wang* و *Gao* (26) نیز کاهش میزان اسیدآسکوربیک با گذشت زمان گزارش شد.

درصد خرابی: در طی نگه‌داری در اثر تداوم تنفس سلولی و فعالیت آنزیمی (25، 16) میوه‌ی توت‌فرنگی در ابتدا نرم شد و حالت لهیدگی پیدا کرد. با ادامه‌ی این روند به دلیل حل شدن پکتین در مایع درون سلولی کپک‌زدگی مشاهده می‌شود. در نمونه‌ی پوشش‌دهی شده به دلیل تنفس کمتر روند تخریب به تعویق افتاد و ماندگاری از 8 روز به 20 روز افزایش یافت کاهش درصد خرابی در اثر استفاده از پوشش نانوامولسیون کیتوزان با نتایج حاصل از تحقیق *Vu* و همکاران (17) مشابهت دارد.

ارزیابی حسی: کیفیت ظاهری و خوراکی میوه (عطر، طعم و رنگ) طی نگه‌داری در انبار به دلیل افزایش تنفس و فعالیت آنزیمی میوه کاهش محسوسی می‌یابد. در نمونه‌های تیمار به دلیل کاهش تنفس و حفظ بیشتر ترکیبات عامل عطر و طعم میوه، پذیرش کلی بهتر ارزیابی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: توت‌فرنگی به دلیل فساد سریع توسط میکروارگانیسم‌ها از جمله کپک‌ها و تغییرات پس از برداشت مانند نرم شدگی و تنفس، ماندگاری مناسبی ندارد. این موضوع دلیل ضایعات قابل توجه این میوه می‌شود. به همین علت، پژوهش‌های فراوانی در راستای افزایش مدت ماندگاری توت‌فرنگی در حال انجام است. هدف این مطالعه افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه‌ی توت‌فرنگی با استفاده از پوشش نانوامولسیون کیتوزان بود که نشان داده شد تغییرات مواد جامد محلول، سفتی بافت، افت وزن، شدت تنفس و میزان آنتوسیانین، هم‌چنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان اسیدآسکوربیک توت‌فرنگی تیمار در زمان نگه‌داری در انبار در مقایسه با نمونه‌ی شاهد بیشتر حفظ شده است. ضمن اینکه ماندگاری میوه از 8 روز به 20 روز (2/5 برابر) افزایش یافت.

سپاسگزاری: از پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران که حمایت مالی پروژه را به عهده داشتند و هم‌چنین انستیتو تحقیقات تغذیه‌ایی و صنایع غذایی کشور و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی بابت همکاری در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود

• References

1. Dris R, Niskanen R, Jain SM. Crop management and postharvest handling of horticultural products . Science Publishers, Enfield, NH 2001; 1:363.
2. Phalsaphy P. National Strawberry Festival in Sanandaj. Available from: URL http://www.kurdpress.com/Fa/NSite/FullStory/News. Accessed May 23, 2012[in Persian].
3. Erefe NS, Matihaies K, Simons L, Versteeg C. Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (Fragaria x ananassa). Innovat Food Scie Emerg Technol 2009; 10: 297-307.
4. Wright KP, Kader AA. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. Postharvest Biol Technol 1997; 10: 39-48.
5. Bautista-Banos S, Garcia-Dominguez E, Barrera-Necha LL, Reyes-Chilpa R, Wilson CL. Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil(pithecellobiom dulce): action against botrytis cinerea, penicillium digitatum and rhizopus stolonifer of strawberry fruit. Postharvest Biol Technol 2003; 29: 81-92.
6. Wszelaki ALM. Effect of combinations of hot water dips biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries. Postharvest Biol Technol 2003; 27: 255-64.
7. Hernández-Munoz P, Almenar E, Valle VD, Velez D, Gavara R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (Fragaria x ananassa) quality during refrigerated storage. Food Chem 2008; 110: 428-35.
8. Cao S, Hu Z, Pang B. Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. Postharvest Biol Technol 2010; 55: 150-3.
9. Riberio C, Vicente AA, Teixeira JA, Miranda C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. Postharvest Biol Technol 2007; 44: 63-70.
10. Tolimate A, Desbrieres J, Rhazi M, Alagui A, Vincendon M, Vottero P. On the influence of deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan from squid chitin. J Polymer 2000; 41: 2463-9.
11. Kofuji K, Qian CJ, Nishimura M, Sugiyama I, Murata Y, Kawashima S. Relationship between physicochemical characteristics and functional properties of chitosan. J Euro Polymer 2005; 41: 2784-91.
12. Liu J, Zhang J, Xia W. Hypocholesterolaemic effects of different chitosan samples in vitro and in vivo. Food Chem 2008; 107: 419-25.
13. Marguerite R. Chitin and chitosan: properties and applications. J Polymer Sci 2006; 31: 603-32.
14. Tanada-Palmu PS, Grosso CRF. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (Fragaria x ananassa) quality. Postharvest Biol Technol 2005; 36: 199-208.
15. Garcia MA, Martino MN, Zaritzky NE. Starch-based coatings: Effect on refrigerated strawberry (Fragaria x ananassa) quality. J Sci Food Agric 1998; 76: 411-20.
16. Vargas M, Albors A, Chiralt A, Gonzalez-Martinez C. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. Postharvest Biol Technol 2006; 41: 164-71
17. Vu KD, Hollingsworth RG, Leroux E, Salmieri S, Lacroix M. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing

www.SID.ir

Archive of SID

the shelf life of strawberries. Food Inter 2011; 44: 198-203.

18. Perdones A, Sánchez-González L, Chiralt A, Vargas M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. Postharvest Biol Technol 2012; 70: 32-41.

19. Huang KS, Sheu YR, Chao IC. Preparation and Properties of Nanochitosan. Polymer Technol Eng 2009; 48: 1239–43.

20. Maftoonazad N, Ramaswamy H S. Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. LWT - Food Scie Technol 2005; 38: 617-24.

21. Kelebek H, Selli S, Canbas A, Cabaroglu T. HPLC determination of organic acids, sugars ,phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. J Microchem 2009; 91: 187-92.

22. Shin Y, Liu RH, Nock JF, Holliday D, Watkins CB. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biol Technol 2007; 45: 349-57.

23. Sánchez-Mata MC, Ca´mara-Hurtado M, Diez-Marques C, Torija-Isasa ME. Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (Phaseolus Vulgaris L.). Food Technol 2000; 210: 220-5.

24. Chaudhery YQ, Castle L, Watkins R, editors. Nanotechnologies in food. UK: Cambridge RSC Nano 2010.p. 36-51.

25. Hernández-Munoz P, Almenar E, Ocio MJ, Gavara R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (Fragaria x ananassa). Postharvest Biol Technol 2006; 39: 247-53.

26. Wang SY, Gao H. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (Fragaria x aranassa). LWT - Food Scie Technol 2013; 52: 71-79.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking

Eshghi S[1], Hashemi M[2], Mohammadi A[3], Badie F[4], Mohammad hosseini Z[1], Ahmadi SK[5], Ghanati K[6]*

1-M.Sc. in Food Science & Technology, International Branch, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran

*2-*Corresponding author: Assistant Prof. Dept. of Microbial Biotechnology & Biosafety, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran. Email:hashemim@abrii.ac.ir*

3-Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Associate Prof, Dept. of Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran

5- Assistant Prof. Dept. of Microbial Biotechnology & Biosafety, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran

6- Assistant Prof, Dept. of International Branch, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran

Received 2 Dec, 2012 **Accepted 11 Mar, 2013**

Background and objective: Strawberries are highly sensitive to fungal agents and, as a result, have a short shelf life. Using chemical fungicides to extend shelf life is a great health concern. Therefore, developing safe methods to control perish ability and maintain quality of strawberries during storage is crucial. Considering the successful application of chitosan in edible coating formulae and its proven antifungal properties due to its nano-particles prompted us to initiate this study aiming at assessing the efficiency of an edible coating based on chitosan nano-emulsion in delaying perish ability, maintaining quality and increasing the shelf life of strawberries.

Materials and methods: After picking, strawberries were coated with nano-emulsion with particle sizes of 50-100±10 nanometers and containing 0.5% chitosan as an antimicrobial substance and stored, along with control samples, at a temperature of 4±1°C and a relative humidity of 70%. At 4-day intervals qualitative indicators, including acidity, soluble solids, texture firmness, weight loss, respiration rate, antioxidant activity, anthocyanin concentration, ascorbic acid and percentage of damage, were determined in three replicates (confidence interval = 95%).

Results: Coating strawberries with a nano-emulsion containing 0.5% chitosan had, in addition to delaying the fruit damage, positive effects on their quality parameters. As compared to uncoated samples, the treated samples were firmner and their weight loss, respiration rate and percent damage were lower. Also, anthocyaninsvandvascorbic acid were better preserved in the coated strawberries than in the control uncoated sample. Changes in acidity and soluble solids were not considerable.

Conclusion: Coating strawberries with a nano-emulsion containing chitosan can be introduced as a safe and effective method to increase their shelf life from 8 days to 20 days (2.5 times as long) and better preserve their quality.

Keywords: Nano-emulsion containing chitosan, Strawberry, Shelf-life

www.SID.ir