DOI: 10.22059/ijbse.2019.277256.665169 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸ (ص ۹۰۷-۸۹۵)

Evaluation the Effect of Nano Silica Packaging Film on the Properties of Button Mushroom during Storage Time

RASHID GHOLAMI[1], EBRAHIM AHMADI[1*]
1. Biosystem Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
(Received: May. 11, 2019- Revised: July. 19, 2019- Accepted: Aug. 3, 2019)

ABSTRACT

In this research, some methods such as chitosan coating, nanocomposite film and modified atmosphere packaging were used to preserve button mushroom quality during storage time. Harvested mushrooms were divided in 2 groups, with and without coating (1% chitosan coating), then packed in 3 types of packages (common, Nano and Nano+MAP packages). Nano+MAP packages were contain 10% O_2, 10% CO_2 and 80% N_2. All samples were placed at 4 °C for 10 days. Physical (moisture and color indecies), chemical (pH and TSS) and mechanical properties (Emod and Fmax) were measured and calculated every other days. In the other hand, O_2 and CO_2 changes were also measured during storage time. The results showed that chitosan coating, type of packaging, storage time and their mutual effects had significant effects on measured and calculated parameters. Application of nanofilm due to low permeability to O_2 and CO_2, and also MAP condition had positive effect on control of respiration and preservation of physical, mechanical and chemical properties of mushroom.

Keywords: Button mushroom, Packaging, Chitosan, Modified Atmosphere packaging, Nano composite film

* Corresponding Author's Email: eahmadi@basu.ac.ir

بررسی اثر استفاده از پوشش کیتوزان، بسته‌بندی نانو اکسید سیلیس و اتمسفر اصلاح شده بر خواص قارچ دکمه‌ای در طول دوره نگهداری

رشید غلامی[1]، ابراهیم احمدی[1*]

۱. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۴/۲۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۵/۱۲)

چکیده

در این تحقیق روش‌هایی همچون پوشش کیتوزان، فیلم نانو کامپوزیت و اصلاح اتمسفر درونی بسته‌بندی جهت حفظ کیفیت قارچ سفید دکمه‌ای در طول دوره نگهداری مورد استفاده قرار گرفته است. قارچ برداشت شده در دو گروه بدون پوشش و با پوشش (کیتوزان با غلظت یک درصد) تقسیم بندی شدند و در سه نوع بسته‌بندی (فیلم معمولی PVC، فیلم حاوی ذرات نانو اکسید سیلیس و فیلم نانو به همراه مپ) قرار گرفتند. بسته‌های نانو + مپ حاوی ۱۰ درصد اکسیژن، ۱۰ درصد دی‌اکسید کربن و ۸۰ درصد نیتروژن بودند. نمونه‌ها به مدت ۱۰ روز و در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پارامترهای فیزیکی (رطوبت و شاخص‌های رنگ)، پارامترهای شیمیایی (pH و TSS) و پارامترهای مکانیکی (مدول الاستیسیته و نیروی نفوذ) به صورت یک روز در میان اندازه‌گیری و محاسبه شدند. از طرفی تغییرات گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن نیز در طول دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دهنده تاثیر معنی‌دار (در سطح ۱ و ۵ درصد) پوشش کیتوزان، نوع بسته‌بندی، دوره نگهداری و اثرات متقابل آنها بر پارامترهای اندازه‌گیری شده بودند. استفاده از فیلم نانو به دلیل نفوذپذیری کم نسبت به گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن و همچنین اتمسفر اصلاح شده در کنترل تنفس قارچ و حفظ خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آن تاثیر مثبت داشت.

واژه‌های کلیدی: قارچ دکمه‌ای، بسته‌بندی، کیتوزان، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، فیلم نانو کامپوزیت.

مقدمه

در دنیا بیش از ۱۴ هزار نوع قارچ وجود دارد که ۳ هزار نوع آن قابل مصرف است. قارچ سفید دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) به عنوان محبوب‌ترین و پر مصرف‌ترین قارچ در دنیا شناخته می‌شود و بعد از آن قارچ شیتیک[1] و استرا[2] به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم میزان مصرف قرار دارند (Graham *et al.*, 2004). به دلیل داشتن ویژگی‌هایی همچون ساختار سلولی منحصر به فرد، رنگ، مزه و ارزش غذایی بالا قارچ‌ها به عنوان بخش مهمی از رژیم غذایی انسان‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

بر مبنای گزارشات فائو[3] در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ میزان تولید قارچ خوراکی در ایران بیش از ۱۵۰۰۰۰ تن تخمین زده شده است، که این میزان ایران را در بین کشورهای مطرح در زمینه تولید قارچ خوراکی قرار می‌دهد. عمر تازه‌خوری قارچ دکمه‌ای بین ۳ الی ۴ روز است که در مقایسه با بسیاری از محصولات خوراکی و کشاورزی به شدت فساد پذیر می‌باشد، همین امر موجب افزایش ضایعات این محصول پس از برداشت می‌گردد. از عوامل اصلی کوتاه بودن عمر این محصول مهم می‌توان به مواردی همچون، فعالیت‌های آنزیمی، تمایل شدید به قهوه‌ای شدن، حساسیت بالا به کاهش رطوبت، حملات میکروبی و نرخ تنفس بسیار بالای آن اشاره کرد. با توجه به کوتاه بودن عمر نگهداری قارچ که مانع بزرگی برای گسترش و بازاریابی آن به شمار می‌آید، این محصول به مراقبت‌های ویژه در مراحل پس از برداشت و بسته‌بندی‌های خاص نیاز خواهد داشت (Karimi *et al.*, 2015; Taghizadeh *et al.*, 2011; Simon *et al.*, 2005).

روش‌های زیادی برای افزایش عمر ماندگاری محصولات کشاورزی همچون قارچ خوراکی و سایر سبزیجات ارائه شده است، که از مهمترین و کارآمدترین این روش‌ها می‌توان به استفاده از بسته بندی‌های تولید شده با تکنولوژی نانو، اصلاح اتمسفر درون بسته‌های حاوی محصول، استفاده از پوشش‌های خوراکی و کنترل دمای نگهداری محصولات اشاره نمود (Kim *et al.*, 2006).

استفاده از پوشش‌های خوراکی طبیعی در محصولات غذایی مختلف به عنوان موادی با خصوصیات آنتی اکسیدانی و ضد

* نویسنده مسئول: eahmadi@basu.ac.ir

1. Shiitake
2. Straw
3. FAO

میکروبی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند (Hasanzadeh *et al*., 2012; Farhangfar *et al*., 2012; Davidson & Zivanivic, 2003). کیتوزان یک پلیمر طبیعی است که از داستیلاسیون کیتین به دست می‌آید. کیتین در پوسته سخت‌پوستان (خرچنگ و میگو) به وفور یافت می‌شود. کیتوزان غیرسمی، زیست تخریب پذیر و سازگار با محیط زیست بوده و همچنین به دلیل داشتن خاصیت ضدمیکروبی رشد بسیاری از باکتری‌ها را محدود می‌سازد، از طرفی به دلیل داشتن خواص مکانیکی و بیوشیمیایی مناسب و غیر سمی بودن می‌تواند به عنوان یک پوشش خوراکی در میوه‌ها و سبزیجات مورد استفاده قرار گیرد. از خواص عملکردی کیتوزان می‌توان به توانایی تشکیل فیلم، خواص چسبندگی، جاذب بودن و تصفیه کنندگی اشاره نمود (No *et al*., 2007; Shahidi & Abuzaytoun, 2005; Vasconez *et al*., 2009; Moradi *et al*., 2011; Majeti & Kumar, 2000). استفاده از محلول کیتوزان با غلظت‌های مختلف در پوشش‌دهی خیار رقم زمرد توسط Tavalaei *et al*. (2016) گزارش شده است. طبق نتایج آن‌ها مشخص شد که پوشش‌دهی با کیتوزان به غلظت ۱ درصد تاثیر معنی‌داری بر حفظ وزن و سفتی محصول در طول دوره نگهداری داشته است.

امروزه در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی بسته‌بندی‌های پلاستیکی استفاده می‌شود که در تولید آن‌ها فناوری نانو ذرات به کار گرفته شده است. چگونگی پراکندگی پرکننده‌های نانویی در بستر پلیمری، بر خواص حفاظتی لایه پلیمری همگن تاثیر می‌گذارد. نانو کامپوزیت‌های پلیمری ذراتی با هدف حل مشکلات در فیلم‌های بسته‌بندی معمولی و مواد پلیمری هستند که از پراکندگی یک پر کننده در مقیاس نانو در طول یک ماتریس پلیمری ایجاد می‌شوند. انواع مواد پرکننده که در تولید فیلم‌های نانویی بیشترین کاربرد را دارند عبارت‌اند از: نانو رس، نانو ذرات فلز و نانو ذرات سیلیس (Morlat *et al*., 2007). نانو ذرات اکسید سیلیس (SiO_2) و اکسید تیتانیوم (TiO_2) دو دسته مهم از نانو ذرات کروی هستند و هر دوی این ذرات در کاربردهای غشایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای افزایش مقاومت فیلم در برابر عبور گازهای مختلف به کار می‌روند. از این ذرات برای پوشش‌دهی سطح فیلم‌های بسته‌بندی در برابر گازها نیز استفاده می‌شود. میانگین قطر این ذرات ۵۰ تا ۱۵۰ نانومتر می‌باشد (Fujishima *et al*., 2000; Rafiq *et al*., 2012). استفاده از فیلم حاوی ذرات نانو سیلیس و کیتوزان و بررسی اثر آن بر کیفیت ماندگاری میوه لونگان[1] توسط Shi *et al*. (2013) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آنها نشان داد که استفاده از این نوع فیلم تاثیر مثبتی بر افزایش عمر تازه خوری، کاهش شاخص قهوه‌ای شدن و تاخیر در افت وزن این میوه داشته است. همچنین استفاده از پلی اتلین سبک حاوی ذرات نانو رس به منظور بهبود و افزایش عمر محصولات گوشتی مورد بررسی قرار گرفته است (Tornuk *et al*., 2015). نتایج نشان دهنده تاثیر فیلم حاوی نانو ذرات رس بر حفظ رنگ گوشت تا ۴ روز بوده است. بررسی اثر استفاده از فیلم بسته‌بندی نانو کامپوزیت نقره و دی‌اکسید تیتانیوم بر تغییرات میکروبی خرما طی دوره انبارداری نیز توسط Binesh *et al*. (2010) بررسی گردیده است.

اصلاح اتمسفر داخل بسته‌بندی (MAP) محصولات غذایی و کشاورزی به عنوان روشی به منظور افزایش عمر ماندگاری محصولات، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش کاربردی ترکیبات هوای موجود پیرامون محصول (داخل بسته‌بندی) تغییر داده می‌شود (Ares *et al*., 2007). طراحی و تعیین اتمسفر داخل بسته به خواص محصول وابسته است. ترکیب گازهای داخل بسته و نرخ تنفس محصول تحت تاثیر دمای نگهداری و اتمسفر داخل بسته خواهد بود (Tabatabaeiklour *et al*., 2017). اصلاح اتمسفر داخل بسته به منظور بسته‌بندی قارچ خرد شده توسط Oliviera *et al*. (2012) انجام شده است. خواصی همچون کاهش وزن، رنگ، pH و سفتی در طول دوره نگهداری بررسی شد. نتایج نشان دهنده تاثیر معنی‌دار استفاده از شرایط اتمسفر اصلاح شده در حفظ خواص قارچ خرد شده در طول دوره نگهداری داشت.

با توجه به مطالعات گسترده‌ای که بر روی قارچ سفید دکمه‌ای انجام شده است، اثرات پوشش‌دهی کیتوزان، نانو فیلم و اتمسفر اصلاح شده به صورت جداگانه بر این محصول مشخص شده است (Jiang *et al*., 2011; Oliviera *et al*., 2012)، ولی تحقیقات مبنی بر استفاده تواما این روش‌ها و بررسی اثرات آنها بر خواص این محصول در طول دوره نگهداری بسیار محدود بوده است. هدف از انجام این پژوهش تعیین شرایطی مناسب برای بسته‌بندی قارچ سفید دکمه‌ای با ترکیب روش‌های گفته شده و بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی این محصول در طول دوره نگهداری می‌باشد. نوآوری موجود در این تحقیق در مرحله اول ترکیب روش‌های موجود به منظور حفظ کیفیت قارچ سفید در طول دوره نگهداری و در مرحله دوم استفاده از فیلم بسته بندی حاوی نانوذرات اکسید سیلیس (SiO_2) و درصد مشخصی از ترکیب گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن متناسب با رفتار قارچ سفید برای بسته بندی این محصول می‌باشد.

1. Longan Fruits

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها و آماده سازی محلول کیتوزان

این تحقیق با همکاری شرکت دانش بنیان کشت و صنعت قارچ صدرا در آزمایشگاه رئولوژی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. قارچ سفید دکمه‌ای کاملا با احتیاط و به صورت دستی از واحد کشت و صنعت قارچ صدرا در شهر همدان تهیه گردید. قارچ‌هایی که در مرحله رسیدگی و بسته بودن کامل کلاهک قرار داشتند و دارای شکل تقریبا یکسان بودند انتخاب گردیدند. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و به منظور توقف رشد قبل از شروع آزمایشات به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱ ± ۴ درجه سلسیوس و رطوبت ۲ ± ۷۵ درصد نگهداری شدند.

پودر کیتوزان (درجه داستیلاسیون ≤ ۷۵ درصد) از شرکت سیگما آلدریچ آلمان تهیه گردید. محلول ۱ درصد کیتوزان با حل کردن ۵ گرم از پودر کیتوزان در آب مقطر + اسید استیک در ۴ = pH آماده گردید. برای پوشش‌دهی به نمونه‌ها از روش غوطه-وری استفاده شد بدین نحو که قارچ‌ها یکی یکی به مدت ۲ دقیقه درون محلول کیتوزان قرار داده می‌شدند و سپس به مدت ۲ ساعت در هوای آزاد به منظور از دست دادن رطوبت و آب اضافی گذاشته می‌شدند. بعد از پوشش‌دهی نمونه‌های مورد نظر، قارچ‌ها درون بسته‌بندی گذاشته شدند. مقدار ۱۰۰ گرم قارچ (نمونه‌های با پوشش و بدون پوشش به صورت مجزا) در ظروفی از جنس پلی اتیلن قرار داده شد و به سه روش بسته‌بندی صورت پذیرفت: ۱. استفاده از فیلم بسته‌بندی معمولی موجود در بازار (فیلم PVC)، ۲. بسته‌بندی با استفاده از فیلم پلی اتیلن سبک حاوی ذرات نانو اکسید سیلیس و ۳. بسته‌بندی با فیلم پلی اتیلن سبک حاوی ذرات نانو اکسید سیلیس تحت شرایط اتمسفر اصلاح شده. بعد از بسته‌بندی، بسته‌ها در دمای ۴ و ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. تمام آزمایشات در طول دوره‌ای ۱۰ روزه به صورت یک روز در میان انجام پذیرفت.

ترکیبات گاز درون بسته‌ها و آنالیز آن

بسته‌بندی‌های تهیه شده با فیلم نانو با استفاده از سیستم تزریق گاز با درصد مشخصی از گازها (۱۰ درصد اکسیژن، ۱۰ درصد دی اکسید کربن و ۸۰ درصد نیتروژن) پر شدند. گازهای اکسیژن، دی اکسید کربن داخل بسته‌ها هر دو روز یکبار با استفاده از دستگاه گاز سنجی(WTT-GASTECHNIK, Oxybaby 6i) ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شدند.

بررسی تغییرات رطوبت و رنگ نمونه‌ها

درصد رطوبت نمونه‌ها با توزین نمونه‌ها قبل و بعد از قرارگیری در آون هر یک روز در میان و با استفاده از رابطه ۱ تعیین گردید. توزین بسته‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد.

$$\mathrm{MO\ (w.b)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

که در این رابطه W_1 وزن اولیه نمونه‌ها قبل از قرارگیری در آون و W_2 وزن نمونه بعد از قرارگیری در آون می‌باشد.

مدلی که به منظور اندازه‌گیری رنگ مواد غذایی بیشتر مرسوم می‌باشد مدل CIE $L^*a^*b^*$ است که یک استاندارد جهانی برای رنگ است و در سال ۱۹۶۷ توسط کمیسیون روشنایی پذیرفته شد. رنگ سطح کلاهک قارچ (به عنوان مهمترین قسمت قارچ) با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج دیجیتالی مدل hp-200 ساخت کشور چین موجود در آزمایشگاه بررسی شد. برای این کار تعداد ۳ عدد نمونه از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و سپس شماره‌گذاری شد. یک ناحیه مشخص روی محصول به وسیله ماژیک علامت گذاری و تغییرات رنگ همان ناحیه در طول دوره انبارداری یادداشت شد. تمام نمونه‌ها در شرایط یکسان زیر دستگاه رنگ‌سنج قرار گرفت و مقادیر L*, a*, b* بدست آماده ثبت شد. مقدار EΔ که تغییرات رنگ را نشان می‌دهد با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

که در این رابطه ΔL* تغییرات شاخص روشنایی، Δa* تغییرات شاخص قرمز/سبز و Δb* تغییرات شاخص زرد/آبی نسبت به روز اول ($L_0^* = 94.78\ , a_0^* = 2.48, b_0^* = 8.44$) می‌باشند.

همچنین شاخص قهوه‌ای شدن به عنوان یک پارامتر مهم در محصولاتی که فعالیت‌های آنزیمی دارند با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد(Jiang, 2013):

$$BI = \frac{100(x - 0.31)}{0.172}$$

$$x = \frac{a + 1.75L}{5.645L + a - 3.012b}$$

درصد بازشدن کلاهک

از معیارهای بررسی کیفیت قارچ سفید دکمه‌ای، توسعه و بازشدگی کلاهک یا همان چتری شدن می‌باشد. بازشدگی کلاهک یکی از عوامل تعیین کننده پیری و افت کیفیت قارچ می‌باشد که همراه با رنگ قارچ مستقیما بر بازار پسندی این محصول تاثیر خواهد گذاشت (Jiang, 2013). که در این تحقیق در ابتدای دوره نمونه‌هایی که کلاهک آنها کاملا بسته بود و در مرحله رسیدگی بودند انتخاب شدند و درصد بازشدگی در طول دوره نگهداری با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{کلاهک باز شده } (\%) = \frac{N_O}{N_t} \times 100$$

که در این رابطه N_t تعداد کل نمونه‌های موجود در هر بسته

و N_O تعداد کلاهک‌های باز شده در همان بسته می‌باشد.

خواص شیمیایی

بررسی خصوصیات شیمیایی همچون pH و مواد جامد محلول کل (TSS[1]) در مواد خوراکی از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور اندازه‌گیری خواص شیمیایی ابتدا قارچ‌ها با استفاده از دستگاه خردکن خرد و هموژن شدند و سپس با استفاده از فشار دست و کاغذ صافی ۴۰ میکرون عصاره نمونه‌ها تهیه گردید. pH با استفاده از دستگاه pH متر مدل PHS3-W3B ساخت کشور ایتالیا با دقت ۰/۰۱ و TSS با استفاده از دستگاه رفراکتومتر آتاگو مدل PAL-2 ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۰۱، در دمای ۲۵ درجه سلیسیوس اندازه‌گیری شدند.

خواص مکانیکی

آزمون نفوذ (پانچری) به منظور بررسی خواص مکانیکی و با استفاده از دستگاه تست مواد غذایی (Zowick/roell) مدل (Bbt1-Fro.5th.D14) مجهز به لودسل (X Force Hp nominal Force: 500 N Capacity) ساخت کشور آلمان صورت پذیرفت. بدین صورت که پروب مربوط با قطر ۵ میلی‌متر و سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه برای انجام این تست استفاده گردید. در این تست پروب تا عمق معین به درون نمونه‌ها نفوذ کرده و مدول الاستیسیته و ماکزیمم نیروی لازم برای نفوذ به داخل بافت محصول مورد نظر توسط نرمافزار دستگاه ثبت می‌گردد. این آزمون برای هر تیمار در سه تکرار انجام گرفت.

آنالیز آماری

تاثیر پوشش کیتوزان، روش بسته‌بندی و دوره نگهداری به عنوان پارامترهای موثر بر خواص فیزیکی و شیمیایی قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده از تست آنووا[2] صورت گرفت. همچنین آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن[3] در نرم افزار SPSS 19 و ترسیم نمودارها در نرم افزار Excel 2013 انجام شده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی شرایط بسته‌بندی و خصوصیات قارچ

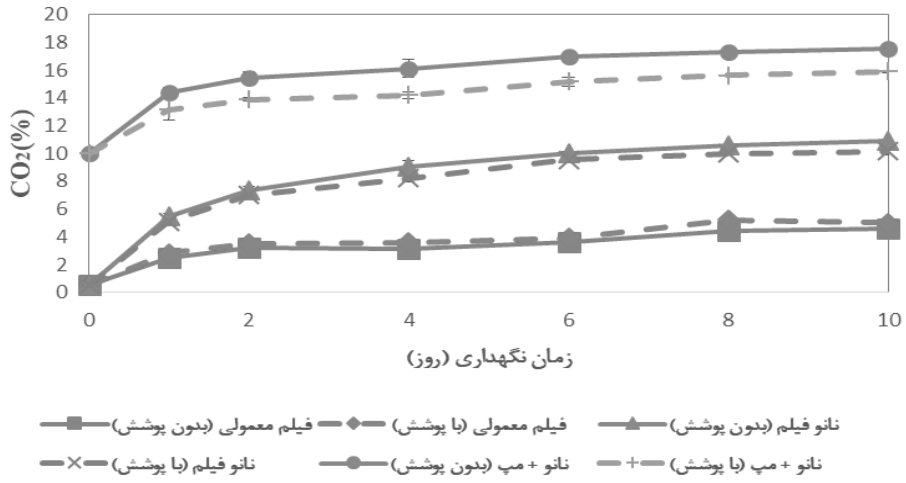
تمامی بسته‌ها به دو گروه تقسیم شدند و در دمای ۴ و ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بعد از ۴ روز به طور کامل فاسد شده و غیر قابل استفاده گردیدند، به همین دلیل نتایج و تجزیه و تحلیل‌های ارائه شده در این مقاله مربوط به نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس می‌باشد که به مدت ۱۰ روز در این دما حفظ شدند.

تغییرات گاز درون بسته‌بندی در طول دوره نگهداری

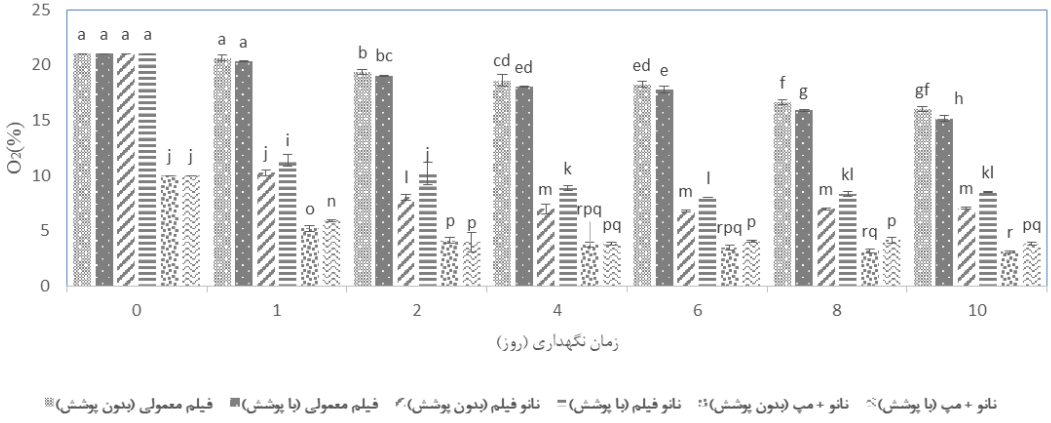
بررسی داده‌ها در پایان دوره نگهداری نشان داد که با گذشت زمان برای تمامی شرایط بسته‌بندی و همزمان با تنفس نمونه‌ها میزان دی‌اکسید کربن درون بسته‌ها روندی افزایشی و میزان اکسیژن روندی کاهشی داشته است (شکل ۱ و ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) مشخص کرد که تغییرات دوره نگهداری (روز) تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد هم بر تغییرات (افزایش) دی‌اکسید کربن و هم بر تغییرات (کاهش) اکسیژن در بسته‌های مختلف داشته است.

کمترین مقدار اکسیژن و بیشترین مقدار دی‌اکسید کربن در پایان دوره نگهداری در بسته‌بندی‌های نانو + مپ مشاهده گردید که مقادیر آنها به ترتیب ۳/۱۱ و ۱۷/۵۸ درصد بود. تغییرات اکسیژن در داخل بسته‌بندی‌های با فیلم معمولی در نمونه‌های با پوشش و بدون پوشش در محدوده ۲۷/۷۷-۲۳/۷۶ درصد بود در حالی که میزان تغییرات این گاز در بسته‌بندی‌های نانو و نانو + مپ به مراتب بالاتر (۷۶/۸۳-۵۹/۶۸ درصد) مشاهده گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده آن بود که نوع بسته‌بندی تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر تغییرات گاز درون بسته‌ها در طول دوره نگهداری داشته است. همچنین نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی مشخص کرد که بین هر سه نوع بسته‌بندی اختلاف معنی‌داری وجود داشته است به نحوی که میزان تجمع دی‌اکسید کربن و مصرف اکسیژن در بسته‌های نانویی بیش از بسته‌های معمولی مشاهده گردید. دلیل این موضوع نفوذپذیری فیلم معمولی (PVC) در مقابل اکسیژن و دی‌اکسید کربن می‌باشد که سبب می‌شود تبادل گاز داخل و خارج بسته اتفاق بیافتد، در حالی که با توجه به قرار گیری ذرات نانو به عنوان پرکننده یا پوشش در ساختار یا سطح فیلم‌های نانویی نفوذپذیری فیلم‌های نانو نسبت به تبادل گاز با محیط کمتر خواهد بود. نتایج مشابه از تغییرات ترکیبات گاز درون بسته‌ها توسط Gholami *et al.* (2017) و Oliviera *et al.* (2012) گزارش گردیده است. در مجموع نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) داده‌ها نشان دهنده تاثیر معنی‌دار دوره نگهداری، نوع پوشش، نوع بسته‌بندی، اثر متقابل دوگانه دوره*بسته‌بندی و پوشش*بسته‌بندی هم برتغییرات دی‌اکسید کربن و هم تغییرات اکسیژن بود، اثر متقابل سه گانه دوره*پوشش*بسته‌بندی فقط بر تغییرات اکسیژن تاثیر معنی‌دار داشت که نتایج معنی‌داری آن در شکل ۲ نشان داده شده است.

1. Total soluble solid
2. ANOVA
3. Duncan



شکل ۱- تغییرات دی‌اکسید کربن درون بسته‌ها در طول دوره نگهداری



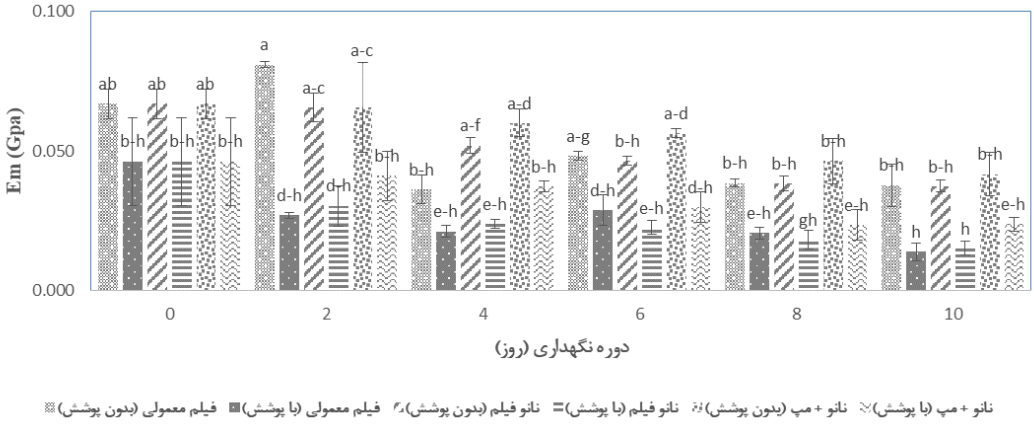
شکل ۲- تغییرات اکسیژن درون بسته‌ها در طول دوره نگهداری

تغییر سفتی بافت محصول در طول دوره نگهداری

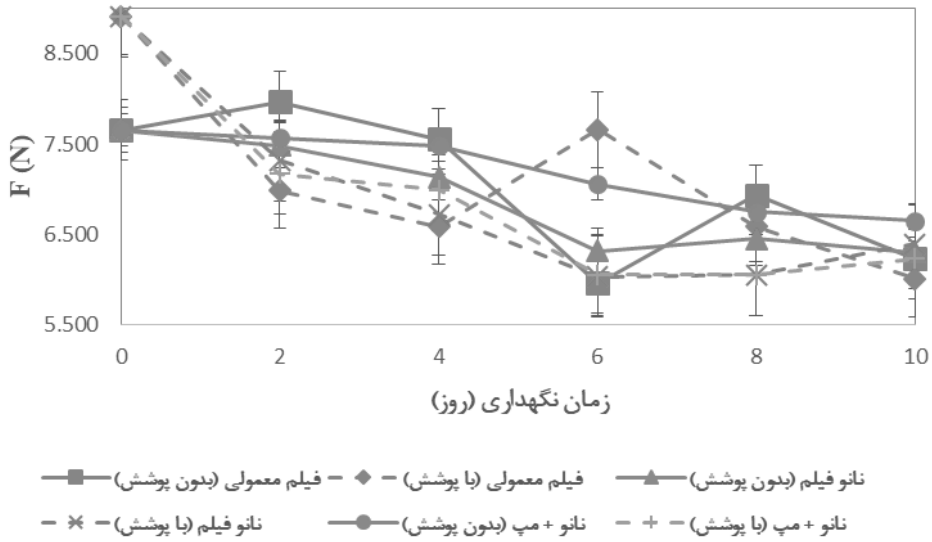
بافت قارچ به عنوان یک فاکتور مهم و اصلی در تعیین کیفیت آن می‌باشد و بر روی متابولیسم و محتوای آب این محصول تاثیر مستقیم خواهد داشت. افزایش عمر قارچ بر خاصیت اسفنجی و نرمی بافت آن تاثیر می‌گذارد (Rux *et al*., 2015; Islam *et al*., 2014). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که دوره نگهداری، نوع بسته‌بندی، پوشش و اثر متقابل دوگانه دوره*پوشش تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد هم بر تغییرات مدول الاستیسیته و هم بر تغییرات نیروی نفوذ داشته‌اند.

از طرفی اثر متقابل دوره*بسته‌بندی و اثر متقابل سه‌گانه دوره*پوشش*بسته‌بندی فقط بر روی تغییرات مدول الاستیسیته تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته‌اند. بررسی نتایج نشان دهنده روند کاهشی مدول الاستیسیته (E_{mod}) و نیروی نفوذی بافت (Fmax) برای تمام تیمارها در طول دوره نگهداری بود (شکل ۳ و ۴) که دلیل آن کاهش محتوای رطوبت داخلی و پیری محصول در طول دوره نگهداری می‌باشد. نتایج مشابهی از تغییرات سفتی بافت محصولات در طول دوره نگهداری نیز توسط تعدادی از پژوهشگران گزارش شده است (Tavalaei *et al*., 2016). استفاده از اتمسفر اصلاح شده در کنترل نرخ تنفس محصولات کشاورزی تاثیر بسزایی دارد، همین موضوع در حفظ سفتی بافت در طول دوره نگهداری محصول بسیار موثر خواهد بود (Tabatabaeiklour *et al*., 2017). به نحوی که در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار مدول الاستیسیته و نیروی نفوذ در نمونه‌های نگهداری شده در بسته‌های نانو + مپ به ترتیب ۰/۰۴۲ گیگاپاسکال و ۶/۶۵ نیوتن و کمترین مقدار در نمونه‌های با پوشش بسته‌بندی شده با فیلم معمولی به ترتیب ۰/۰۱۴ گیگاپاسکال و ۶/۰۱ نیوتن مشاهده گردید. از تفاوت بافت قارچ با سایر محصولات کشاورزی می‌توان به خاصیت اسفنجی بودن و جاذب رطوبت بودن آن اشاره کرد. به همین دلیل استفاده از محلول‌هایی همچون کیتوزان به منظور پوشش‌دهی این محصول سبب جذب رطوبت بیش از حد توسط بافت آن شده و این جذب رطوبت باعث تسریع در نرمی بافت می‌گردد. در صورت جذب رطوبت از محیط

پیرامون بافت محصول دچار نرمی‌ای خواهد شد که از نظر مصرف کننده نامطلوب و نامناسب خواهد بود (Belgheisi *et al*., 2009). در این تحقیق نیز، در پایان دوره نگهداری مشخص شد که مدول الاستیسیته و نیروی نفوذ در نمونه‌های پوشش‌دار کمتر از نمونه‌های بدون پوشش بوده است. نتایج به دست آمده از تاثیر پوشش کیتوزان بر سفتی بافت در این پژوهش مخالف با نتایج به دست آمده توسط Tavalaei *et al*. (2016) بود که بر روی خیار صورت گرفته است. علت اختلاف مشاهده شده در نتایج حاصل از آزمایشات بر خیار در مقایسه با قارچ سفید، بافت متفاوت دو محصول و رفتار متفاوت آنها در شرایط تماس با محلول پوشش دهنده می‌باشند. به نحوی که پوست خیار رطوبت زیادی (برعکس قارچ سفید) به خود جذب نخواهد کرد و پوشش به عنوان لایه‌ای حفاظتی سبب تقویت دیواره بیرونی آن خواهد شد در حالی که محلول کیتوزان سریعا توسط بافت قارچ جذب شده و سبب افت مدول الاستیسیته و نیروی نفوذ خواهد شد.



شکل ۳- تغییرات مدول الاستیسیته نمونه‌ها در طول دوره نگهداری



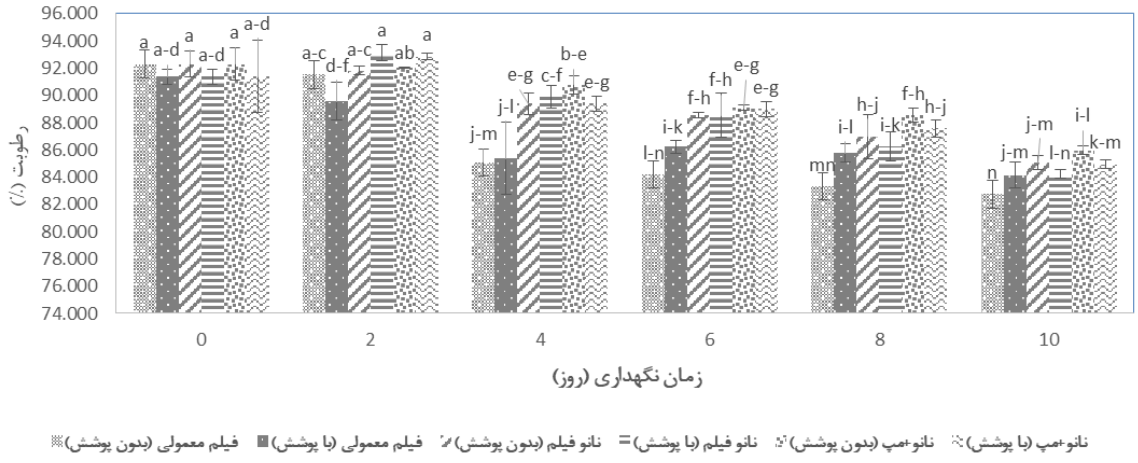
شکل ۴- تغییرات نیرون نفوذ در نمونه‌ها در طول دوره نگهداری

تغییرات رطوبت و شاخص‌های رنگ در طول دوره نگهداری

رطوبت یکی از فاکتورهای مهم در زمینه بررسی محصولات کشاورزی و غذایی می‌باشد. تغییرات رطوبت در طول دوره نگهداری در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نمونه‌ها نشان داد که دوره نگهداری، نوع بسته‌بندی، اثر متقابل دوره*بسته‌بندی، پوشش*بسته‌بندی، دوره* پوشش و اثر متقابل سه گانه دوره*پوشش*بسته‌بندی تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد بر تغییرات رطوبت نمونه‌ها داشته‌اند.

تمامی نمونه‌های قارچ مورد آزمایش در روز اول دارای رطوبتی بالای ۹۰ درصد بودند که نشان دهنده حجم بالای آب درون بافت این محصول می‌باشد، همین موضوع سبب حساسیت

بالای آن نسبت به تغییرات دما و شرایط نگهداری در مراحل پس از برداشت خواهد شد. نتایج نشان داد که رطوبت در تمامی تیمارها در طول دوره نگهداری روند کاهشی داشته است چرا که قارچ محصولی با رطوبت بالا می‌باشد و در طول دوره نگهداری این رطوبت به تدریج از بافت محصول خارج می‌گردد و کاهش رطوبت منجر به افت وزن، کاهش کیفیت و بازار پسندی محصول خواهد شد. در پایان دوره نگهداری بیشترین افت رطوبت (۱۱/۵۴ درصد) در نمونه‌های بدون پوشش نگهداری شده در بسته‌بندی با فیلم معمولی بود در حالی‌که کمترین میزان افت رطوبت (۷/۳۶ درصد) در نمونه‌های بدون پوشش نگهداری شده در بسته‌های نانو + مپ مشاهده گردید. نتایج مشابه از تاثیر معنی‌دار نوع بسته‌بندی و اتمسفر اصلاح شده بر کنترل رطوبت خرمای برحی در طول دوره نگهداری توسط Mohammahpour & Tajoddin (2017) گزارش گردیده است.



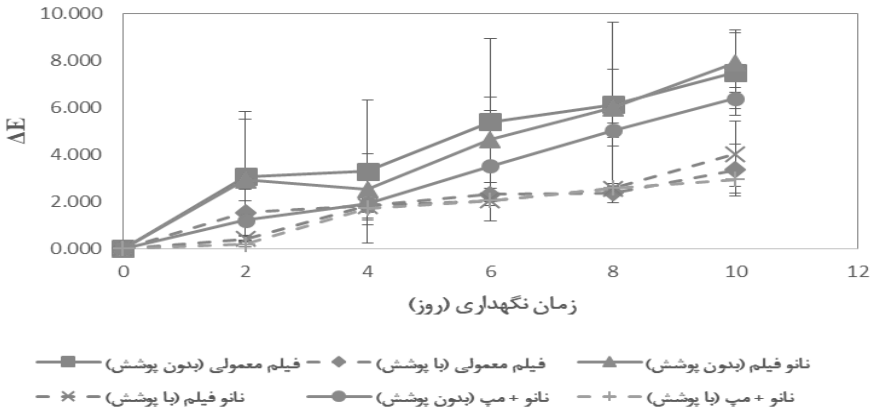
شکل ۵- تغییر رطوبت نمونه‌ها در طول دوره نگهداری

شاخص روشنایی (L^*)، تغییر رنگ (ΔE) و شاخص قهوه‌ای شدن (BI) به عنوان اولین و اصلی‌ترین پارامترهای موثر بر بازار پسندی قارچ سفید می‌باشند چرا که بیشترین تاثیر را بر انتخاب این محصول توسط مشتری خواهند داشت (Khan *et al.*, 2014; Liu & Wang, 2012). همچنین شاخص a^* و b^* نیز به عنوان شاخص‌های سبزی و قرمزی می‌باشند، که در این پژهش تمام شاخص‌ها اندازه‌گیری و محاسبه گردید.

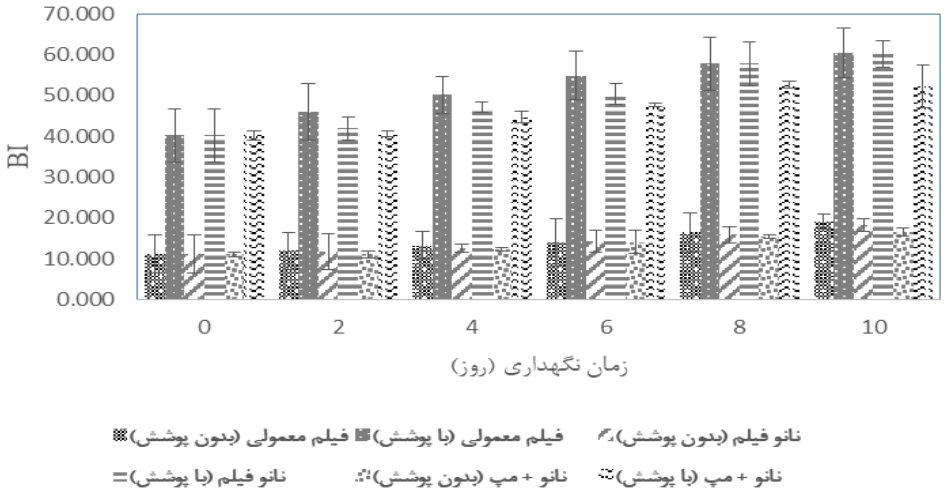
مشخص شد که استفاده از پوشش کیتوزان تاثیر کاملاً منفی در شاخص روشنایی و شاخص قهوه‌ای شدن قارچ سفید دارد. نتایج نشان داد در تمامی بسته‌ها و در تمام دوره نگهداری L^* در نمونه‌های با پوشش کمتر از نمونه‌های بدون پوشش و شاخص قهوه‌ای شدن در نمونه‌های با پوشش بیشتر از نمونه‌های بدون پوشش بوده است. ولی تغییرات رنگ در نمونه‌های با پوشش کمتر از نمونه‌های بدون پوشش مشاهده شد (شکل ۶). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نیز نشان دهنده تاثیر معنی‌دار ($p < ۱$) استفاده از پوشش کیتوزان بر تمامی شاخص‌های رنگی بود.

نتایج نشان دهنده روند کاهشی شاخص روشنایی و افزایشی تغییر رنگ و شاخص قهوه‌ای شدن (شکل ۷) در طول دوره نگهداری برای هر سه نوع بسته‌بندی در هر دو حالت با پوشش و بدون پوشش می‌باشد. تاثیر دوره نگهداری بر تمامی پارامترهای رنگ نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و نوع بسته-بندی بر L^* ، BI و ΔE تاثیر معنی‌دار در سطح ۱ درصد داشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل دوگانه دوره*پوشش بر تمامی شاخص‌های رنگ تاثیر معنی‌دار داشته در حالی که دوره*بسته بندی فقط بر L^* ، پوشش*بسته-بندی بر L^* و BI تاثیر معنی‌دار در سطح ۱ درصد داشته و اثر سه گانه دوره*پوشش*بسته‌بندی بر هیچکدام از شاخص‌ها معنی‌دار نبوده است (جدول ۲). نتایج حاصل از تاثیر اثر متقابل دوگانه دوره*بسته‌بندی بر تغییرات L^* در شکل ۸ نشان داده شده است. مشخص شد که در طول دوره نگهداری شاخص L^* در نمونه‌های نگهداری شده در بسته‌بندی‌های نانو + مپ بیشتر از شرایط دیگر بسته‌بندی بوده است. در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار شاخص روشنایی در نمونه‌های بدون پوشش نگهداری شده در نانو+مپ و کمترین مقدار در نمونه‌های با پوشش نگهداری شده در بسته‌های معمولی به ترتیب ۸۹/۴۵ و ۵۱/۱۵ بوده است. از طرفی بیشترین تغییرات (کاهش) L^* در نمونه‌های با پوشش بسته‌بندی شده با فیلم معمولی به میزان ۳۱/۰۴ درصد و کمترین تغییرات (کاهش) در نمونه‌های بدون پوشش بسته‌بندی شده با نانو + مپ ۵/۹۵ درصد مشاهده گردید. در هر

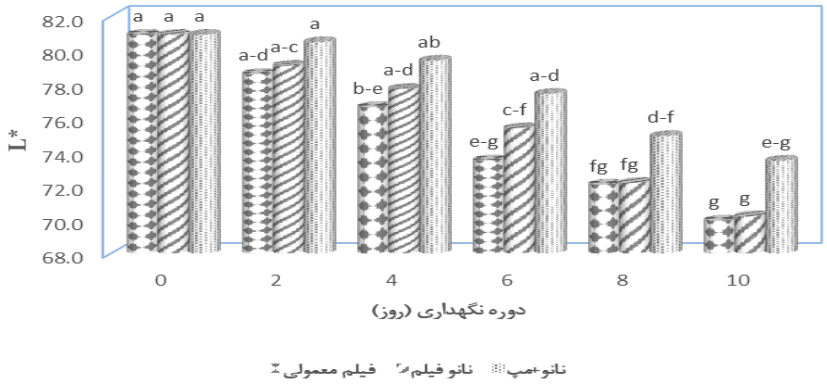
سه نوع بسته‌بندی میزان افت L* در نمونه‌های با پوشش بیش از نمونه‌های بدون پوشش بود. در پایان دوره نگهداری مشخص شد که بیشترین افزایش شاخص قهوه‌ای شدن (۴۲/۰۸ درصد) در نمونه‌های بدون پوشش قرار داده شده در بسته‌بندی معمولی و کمترین افزایش (۲۳/۰۲ درصد) در نمونه‌های با پوشش قرار داده شده در بسته‌های نانو + مپ بوده است. کنترل تغییرات شاخص روشنایی و قهوه‌ای شدن در بسته‌بندی‌های نانو+مپ به دلیل وجود دی‌اکسید کربن با درصد بالا (بیش از دی‌اکسید کربن موجود در محیط) می‌باشد، چرا که حضور دی‌اکسید کربن پیرامون محصول سبب کنترل و کاهش سرعت فعالیت آنزیمی محصول می‌گردد (Lin *et al.*, 2017). نتایج مشابه توسط لین و همکاران از تاثیر مثبت دی‌اکسید کربن بر کنترل فعالیت‌های آنزیمی نیز گزارش شده است.



شکل ۶- تغییرات رنگ نمونه‌ها در طول دوره نگهداری



شکل ۷- تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن در طول دوره نگهداری



شکل ۸- تاثیر اثر متقابل دوره*بسته‌بندی بر تغییرات شاخص روشنایی

درصد باز شدن کلاهک در طول دوره نگهداری

بازشدگی کلاهک در طول دوره نگهداری نشان دهنده پیری محصول بوده و سبب کاهش کیفیت و افت رطوبت محصول خواهد شد. در تمامی تیمارها در طول دوره نگهداری افزایش میزان باز شدگی کلاهک مشاهده گردید و بیشترین میزان بازشدگی در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش بسته‌بندی شده با فیلم معمولی مشاهده شد. در پایان دوره نگهداری میزان بازشدگی کلاهک در بسته‌بندی معمولی ۸۰ درصد و در بسته‌بندی نانو و نانو + مپ در محدوده ۵۵ تا ۷۰ درصد بود. نتایج نشان داد که بازشدگی کلاهک نیز همانند کاهش رطوبت در بسته‌بندی معمولی بیشتر از سایر بسته‌بندی‌ها می‌باشد. دلیل این موضوع عایق بودن نسبی فیلم نانویی نسبت به خروج بخار آب از درون بسته بوده است. کمترین میزان بازشدگی در بسته‌بندی‌های نانو + مپ مشاهده شد، همانطور که برخی محققان گزارش داده‌اند (Lopez *et al*., 1992) علاوه بر حفظ رطوبت در داخل بسته، میزان دی‌اکسید کربن بالا و اکسیژن پائین تاثیر مثبتی در کاهش بازشدگی کلاهک و جلوگیری از پیری محصول خواهد داشت.

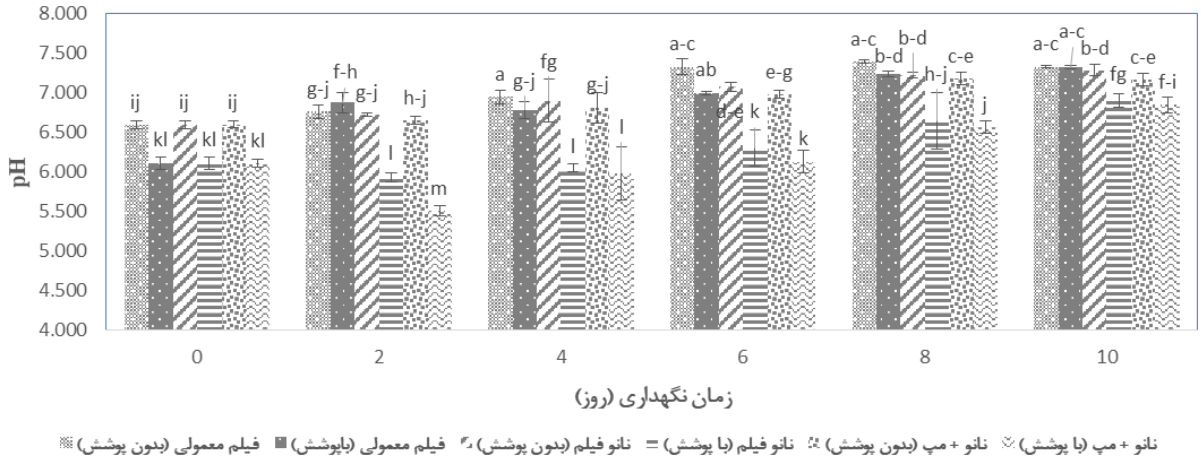
تغییر خصوصیات شیمیایی در طول دوره نگهداری

تغییرات pH در طول دوره نگهداری در شکل ۹ نشان داده شده است. نتایج در طول دوره نگهداری برای تمامی بسته‌ها و پوشش‌ها نشان دهنده افزایش مقدار pH بود، نتایج مشابهی توسط Jiang (2013)، Tao *et al.* (2006) نیز از تغییرات خواص شیمیایی در طول دوره نگهداری گزارش شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که دوره نگهداری، پوشش کیتوزان، نوع بسته‌بندی، اثر متقابل دوره*پوشش و دوره*بسته‌بندی تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر تغییرات pH و TSS داشته‌اند (جدول ۲). تغییرات pH و تاثیر اثر متقابل سه گانه دوره*پوشش*بسته‌بندی بر مقادیر میانگین این پارامتر برای تمامی نمونه‌ها در شکل ۹ نشان داده شده است. همچنین نتایج حاصل از تاثیر اثر متقابل دوگانه دوره*بسته‌بندی بر تغییرات TSS در شکل ۱۰ نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگن‌های اثر اصلی بسته‌بندی نشان داد که بسته‌بندی نانو+مپ تاثیر معنی-داری در سطح ۱ درصد بر کنترل pH محصول در طول دوره نگهداری داشته است.

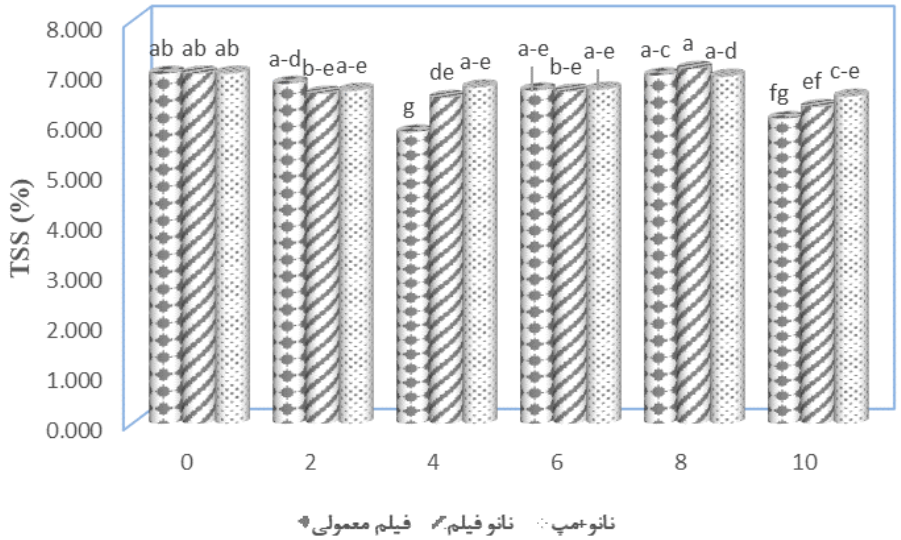
مشخص شد که در پایان دوره نگهداری میزان تغییر pH در نمونه‌های بدون پوشش در هر سه نوع بسته‌بندی کمتر از نمونه‌های با پوشش بوده است. نتایج مشابه توسط برخی محققان برای میوه انگور گزارش گردیده است. گزارش ارائه شده برای انگور نیز حاکی از افزایش pH انگور در طول دوره نگهداری و تاثیر معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) استفاده از پوشش کیتوزان بر این پارامتر بوده است (Hasanzadeh *et al*., 2012). بیشترین تغییرات (افزایش) در نمونه‌های با پوشش قرار داده شده در بسته‌بندی معمولی با ۱۶/۵۲ درصد مشاهده شد. استفاده از پوشش کیتوزان در تماس مستقیم با قارچ به دلیل بافت اسفنجی قارچ جذب بافت این محصول شده و همین موضوع سبب تسریع در فعالیت‌های آنزیمی و تغییرات بیشتر pH در طول دوره نگهداری شده است. از طرفی در مقایسه بین انواع بسته‌بندی، استفاده از بسته‌بندی نانو + مپ سبب کنترل افزایش pH تا پایان دوره نگهداری شده است به نحوی که کمترین تغییرات در نمونه‌های بدون پوشش موجود در این بسته‌ها (۷/۹۰ درصد) بود، استفاده از این نوع بسته‌بندی سبب حفظ شرایط محصول تا پایان دوره گردید، نتایج مشابه از تاثیر مثبت اتمسفر اصلاح شده بر کنترل تغییرات pH در محصول خرما نیز گزارش شده است (Mohammadpour & Tajoddin, 2017). افزایش pH در طول دوره نگهداری سبب تغییر ماهیت محصول از حالت اسیدی به حالت بازی می‌گردد که همین موضوع فساد پذیری را تسریع می‌کند. استفاده از بسته‌بندی نانو و نانو + مپ موجب کاهش نرخ تنفس محصولات کشاورزی می-گردد که همین کاهش نرخ تنفس سبب کنترل pH در دوره انبارداری می‌گردد (Kader & Watkins, 2000) و کنترل pH سبب حفظ شرایط اولیه و تازگی محصول در دوره پس از برداشت خواهد شد. نتایج مشابهی توسط Tabatabaeiklour *et al*. (2017) از تاثیر نوع بسته‌بندی و کنترل نرخ تنفس بر حفظ pH گوجه فرنگی نیز گزارش گردیده است.

تغییرات TSS در طول دوره نگهداری روند منظمی نداشت، ولی در پایان دوره نگهداری میزان مواد جامد محلول نسبت به روز اول در نمونه‌های بدون پوشش کاهش و در نمونه‌های با پوشش افزایش داشت. کمترین میزان تغییرات در نمونه‌های نگهداری شده در بسته‌بندی‌های نانو و نانو + مپ به میزان ۲/۱۱ – ۳/۲۹ درصد و بیشترین تغییرات (۳۴/۵۲ درصد) در بسته‌بندی‌های معمولی رخ داد. گزارش مشابهی مبنی بر تاثیر مثبت استفاده از فیلم نانویی بر کنترل و حفظ مواد جامد محلول در طول دوره نگهداری برای محصول شلیل بریده شده ارائه شده است (Asghari *et al*., 2015). همچنین نتایج مشابهی از تاثیر اصلاح اتمسفر داخل بسته بر حفظ مواد جامد محلول در گلابی در طول دوره نگهداری توسط Xiao *et al*. (2012) نیز ارائه شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در پایان دوره نگهداری در تمامی بسته‌ها تغییرات TSS در نمونه‌های پوشش-دهی شده کمتر از نمونه‌های بدون پوشش بوده است، که این کاهش تغییرات می‌تواند به دلیل کاهش تنفس در نمونه‌های با

پوشش بوده باشد (Jiang *et al.*, 2012). تغییرات TSS در طول دوره نگهداری سبب تخریب دیواره‌های سلولی و پیشروی پیری در محصول می‌گردد که استفاده از فیلم‌های نانویی می‌تواند این روند را کند کرده و موجب تاخیر در پیری و فساد محصول مورد نظر گردد.



شکل ۹- تغییرات pH نمونه‌ها در طول دوره نگهداری



شکل ۱۰- تاثیر اثر متقابل دوره*بسته‌بندی بر تغییرات TSS

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر دوره نگهداری، پوشش کیتوزان و نوع بسته‌بندی بر خواص مکانیکی قارچ دکمه‌ای و تغییرات گاز درون بسته‌بندی

منابع تغییرات	درجه آزادی	Emod	Fmax	CO_2	O_2
دوره	۵	۰/۰۰۳**	۱۳/۸۴**	۴۳/۰۱**	۳۵/۶۸**
پوشش	۱	۰/۰۲۱**	۷/۰۶*	۱۲/۶۲**	۸/۲۴**
بسته بندی	۲	۰/۰۰۱**	۹/۳۵**	۱۶۵۵**	۲۴۳۱**
دوره * پوشش	۵	۰/۰۰۰**	۷/۷۳**	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
دوره * بسته بندی	۱۰	۰/۰۰۰**	۲/۰۳ ^{ns}	۳/۷۷**	۴/۰۶**
پوشش * بسته بندی	۲	۰/۰۰۱ ^{ns}	۳/۶۲ ^{ns}	۱۲/۹۳**	۱۳/۳۰**
دوره * پوشش * بسته بندی	۱۰	۰/۰۰۰**	۴/۰۵ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۴۲**
خطا	۷۲	۰/۰۰۰	۱/۲۸	۰/۰۵	۰/۰۶

ns عدم معنی داری ** معنی‌دار در سطح۱درصد *معنی‌دار در سطح ۵ درصد

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر دوره نگهداری، پوشش کیتوزان و نوع بسته‌بندی بر خواص فیزیکی و شیمیایی قارچ دکمه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزای	افت وزن	درصد رطوبت	L*	a*	b*	ΔE	BI	pH	TSS
دوره	۵	۴/۲۴**	۲۰۱/۷۱**	۳۳۹/۱۰**	۱۴/۲۶**	۲۵/۲۳**	۸۷/۳۲**	۵۴۹/۰۴**	۲/۵۶**	۲/۱۱**
پوشش	۱	۰/۲۴ ns	۰ ns	۳۵۳۵۳**	۲۶۸۴**	۲۲۶۸**	۱۴۱/۴۴**	۴۵۰۳۳**	۹/۵۷**	۵/۲۹**
بسته بندی	۲	۷/۷۷**	۹۰/۹۷**	۸۰/۶۰**	۱/۰۹ ns	۰/۴۶ ns	۷/۸۰**	۱۰۷/۹۸**	۳/۶۳**	۰/۵۲**
دوره * پوشش	۵	۰/۰۲ ns	۱/۶۷*	۴۶/۲۳**	۱/۲۲**	۹/۷۴**	۱۲/۶۳**	۱۲۳/۸۰**	۰/۲۱**	۱/۷۲**
دوره * بسته بندی	۱۰	۰/۵۸**	۸/۲۵**	۵/۱۱**	۰/۲۴ ns	۰/۲۸ ns	۰/۹۲ ns	۸/۵۵ ns	۰/۲۵**	۰/۳۶**
پوشش * بسته بندی	۲	۰ ns	۵/۲۸**	۴۱/۹۳**	۰/۱۹ ns	۰/۲۰ ns	۲/۷۸ ns	۶۴/۲۴**	۰/۹۳**	۰/۰۷ ns
دوره * پوشش * بسته بندی	۱۰	۰/۰۱ ns	۴/۱۴**	۳/۳۹ ns	۰/۲۹ ns	۰/۲۹ ns	۰/۳۴ ns	۵/۸۲ ns	۰/۱۴**	۰/۱۸ ns
خطا	۷۲	۰/۱۳	۰/۷۰	۵/۲۸	۰/۳۷	۲/۰۸	۱/۳۵	۱۰/۹۸	۰/۰۱	۰/۱۰

ns عدم معنی داری ** معنی‌دار در سطح۱درصد *معنی‌دار در سطح ۵ درصد

نتیجه گیری

حفظ کیفیت و خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی قارچ سفید در طول دوره نگهداری هدف اصلی تحقیق بوده است، به نحوی که پوشش کیتوزان، نانو فیلم و اتمسفر اصلاح شده برای دستیابی به این موضوع مورد استفاده قرار گرفتند. مشخص شد که استفاده از پوشش کیتوزان به دلیل بافت ویژه و اسفنجی قارچ تاثیر منفی بر شاخص‌های رنگ و ساختار قارچ داشته است. در پایان دوره نگهداری نتایج بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی قارچ سفید نشان داد که استفاده از فیلم بسته‌بندی مجهز به ذرات نانو سیلیس همراه با اصلاح اتمسفر درونی بسته که با عنوان بسته-بندی نانو + مپ به آن اشاره شده، بهترین شرایط را برای حفظ خصوصیات قارچ در طول دوره نگهداری از خود نشان داده است.

REFERENCES

Ares, G., Lareo, C. & Lema, P. (2007). Modified atmosphere packaging for postharvest storage of mushroom. *Journal of Fresh Product*, 1, 32-40.

Asghari, M.R., Vaezi, S. & Farrokhzad, A.R. (2015). The effect of nanosilver packaging on the quality and durability of freshly cut nectarine fruit (*Red Golden*). *Journal of Food Industry Research*, 25(4), 41-5. (In Farsi)

Belgheisi, S., Aziz, M., Zohorian, G. & Hadian, Z. (2009). Evaluation of physical properties of edible monoglyceride whey protein and its effect on moisture loss and sensory characteristics of sheep meat. *Iranian Journal of Nutrition and Food Technology*, 3, 83-93. (In Farsi)

Binesh, M., Mortazavi, S. A., Armin, M. & Mordi, M. (2010). Investigating the effect of silver nanocomposite and titanium dioxide on the packaging used for keeping the Mazafati date on its microbial changes during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 1-8. (In Farsi)

Davidson, P.M. & Zivanivic, S. (2003). The use of natural antimicrobials. *In: Zeuthen P and Bogh-Sorensen L. Food preservation techniques*. (pp 5-8). Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Washington.

Farhangfar, A., Tajik, J., Tazavirouhani, S.M., Moradi, M. & Akbarlou, J. (2012). Combined effects of clove oil and grapefruit seed extract on bacterial corrosion of buffalo at storage temperature of 8 °C. *Journal of Food Industry Research*, 21(1), 119-130. (In Farsi)

Fujishima, A. Rao, T. N. & Tryk, D. A. (2000). Titanium dioxide photocatalysis, J*ournal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 1(1), 1–21.

Gholami, R., Ahmadi, E., & Farris, S. (2017). Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material. *Food Packaging and Shelf Life*, 14, 88-89.

Graham, M., Murrell, K.D. & Wai-Kit, Wip. (2004). Handbook of Vegetable Preservation and Processing: *Marcel Dekker, New York*, (pp. 328).

Hasanzadeh, P., Tajik, H. & Razavirouhani, S.M. (2012). Application of chitosan coating containing grape seed extract on the quality and shelf life of chicken meat at refrigerator temperature. *Journal of Food Industry Research*, 21(4), 467-482. (In Farsi)

Islam, M.N., Zhang, M., Adhikari, B., Xinfeng, Ch. & Xu, B. (2014). The effect of ultrasound assisted immersion freezing on selected physicochemical properties of mushrooms. *International Journal of Refrigeration*, 42, 121-133.

Jiang, T. (2013). Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 91–97.

Jiang, T., Feng, L. & Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan–glucose complex coating under cold storage. *Food Chemistry*, 131, 780–786.

Kader, A. A. and Watkins, C. B. (2000). Modified

atmosphere packaging toward and beyond. *Hort. Technol*, 10(3), 483–6.

Karimi, N., Moshref, L. & Ghazvini, H.R. (2015). Effect of active packaging on quality characteristics and shelf life of white mushroom. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(4), 347-360. (In Farsi)

Khan, Z. U., Aisikaer, G., Khan, R. U., Bu, J., Jiang, Z. & Ni, Z. (2014). Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushroom (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 36–41.

Kim, K. M., Ko, J. A., Lee, J. S., Park, H. J. & Hanna, M. A. (2006). Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated whole and sliced mushrooms. *LWT - Food Science and Technology*, 39, 364–371.

Lin, Q., Lu, Y., Zhang, J., Liu, W., Guan, W. & Wang, Z. (2017). Effects of high CO_2 in package treatment on flavor, quality and antioxidant activity of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 123, 112–118.

Liu, Z. & Wang, X. (2012). Changes in color, antioxidant, and free radical scavenging enzyme activity of mushrooms under high oxygen modified atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 69, 1–6.

Lopez, B,G., Varoquaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G. & Pascat, B. (1992). Storage of commonmushroomunder controlled atmospheres. *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 493−505.

Majeti, N.V. & Kumar, R. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*, 46, 1–27.

Mohammadpour, A. & Tajoddin, B. (2017). The effect of carbon dioxide concentration on the quality and durability of dates of cultivar packed with modified atmosphere. *Iranian Journal of Nutrition and Food Technology*, 12(1), 89-97. (In Farsi)

Moradi, M., Tajik, H., Razavirouhani, S.M. & Saeidehkordi, S.S. (2011). Evaluation of antioxidant properties, color and antibacterial effects of chitosan edible films containing essential oil of thyme against *Listeria monocytogenes*. *Bringing Knowledge*, 15(4), 303-315. (In Farsi)

Morlat-Therias, S., Fanton, E., Gardette, J. L., Peeterbroeck, S., Alexandre, M., & Dubois, P. (2007). Polymer/carbon nanotube nanocomposites: influence of carbon nanotubes on EVA photodegradation. *Polymer degradation and stability*, 92(10), 1873-1882.

No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W. & Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72, 87-100.

Oliviera, F., Sousa-Gallagher, M.J., Mahajan, P.V. & Teixiera, J.A. (2012). Evaluation of MAP engineering design parameters on quality of fresh-sliced mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 108, 507–514.

Rafiq, S., Man, Z., Maulud, A., Muhammad, N. & Maitra, S. (2012). Separation of CO_2 from CH_4 using polysulfone/polyimidesilica nanocomposite membranes. *Separation and Purification Technology*, 90, 162–172 .

Rux, G., Mahajan, P.V., Geyer, M., Linke, M., Pant, A., Saengerlaub, S. & Caleb, O.J. (2015). Application of humidity-regulating tray for packaging of mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*, 108, 102–110.

Shahidi, F. & Abuzaytoun, R. (2005). Chitin, chitosan, and co-products: chemistry, production, application, and health effects. *Advances in Food and Nutrition Research*, 49, 93-135.

Shi, Sh., Wang, W., Liu, L., Wu, Sh., Wei, Y. & Weicai Li. (2013). Effect of chitosan/nano-silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 118, 125–131.

Simon, A. & Gonzalez-Fandos, E. (2005). Ways of prolonging the shelf-life of fresh mushrooms. *Mushroom Science*. 6, 463-474.

Tabatabaeiklour, R., Ebrahimi, A. & Hashemi, S.J. (2017). Study of the effect of temperature, packaging and modified atmosphere on tomato quality properties. *Quarterly Journal of Food Science and Technology*, 51(13), 1-13. (In Farsi)

Taghizadeh, M., Gowen, A., Ward, P. & O'Donnell, C.P. (2011). Use of hyper spectral imaging for evaluation of the shelf-life of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Innovative Food*, 11, 423 431.

Tao, F., Zhang, M., Yu, H. & Sun, J. (2006). Effects of different storage conditions on chemical and physical properties of white mushrooms after vacuum cooling. *Journal of Food Engineering*, 77, 545–549.

Tavalaei, M., Ramin, A. A. & Amini, F. (2016). The effect of chitosan coating on the quality and post-harvest life of cucumber. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening*, 5 (15), 189-197. (In Farsi)

Tornuk, F., Hancer, M., Sagdic, O., & Yetim, H. (2015). LLDPE based food packaging incorporated with nanoclays grafted with bioactive compounds to extend shelf life of some meat products. *LWT-Food Science and Technology*, *64*(2), 540-546.

Vasconez, M.B., Flores, S.K., Campson, C.A., Alvarado, J. & Gerschenson, L.N. (2009). Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*, 42, 762-769.

Xiao, Ch., Zhu, L., Luo, W., Song, W. & Deng, Y. (2012). Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. *Food Chemistry*, 121, 1003–1009.