یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

بررسی اثر فیلم بسته‌بندی و پوشش کایتوسان بر خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) در طول دوره نگهداری

رشید غلامی[1]، ابراهیم احمدی[2]

[1]دانشجوی مقطع دکتری رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، گروه بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
rashidgholami@gmail.com
[2]دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
e_ahmadi2001@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق برخی روش‌های نوین همچون استفاده از پوشش کایتوسان و نانو بسته‌بندی جهت افزایش عمر ماندگاری و بهبود کیفیت قارچ سفید دکمه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته است. قارچ سفید پس از برداشت و طی کردن فرآیند پیش بسته‌بندی در دو دسته بدون پوشش و با پوشش (پوشش کایتوسان با غلظت ۱ درصد) تقسیم بندی شد و نمونه‌ها در سه نوع بسته‌بندی (پلی‌اتیلن سبک، نانو اکسید سیلیس و فیلم هوشمند کاملا عایق) قرار گرفتند. پس از بسته‌بندی، نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سیلیسیوس قرار داده شدند و در طول دوره نگهداری خواص فیزیکی، شیمایی و مکانیکی بررسی و اندازه گیری شدند. پارامترهای فیزیکی همچون شاخص‌های رنگ، شیمیایی هچون pH و TSS و پارامترهای مکانیکی همچون مدول الاستیسیته و نیروی نفوذ به صورت یک روز در میان اندازه گیری و محاسبه شدند. از طرفی تغییرات گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن نیز در طول دوره نگهداری به صورت یک روز درمیان مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان دهنده تاثیر معنی‌دار (در سطح ۱ و ۵ درصد) پوشش کایتوسان، نوع بسته‌بندی، دوره نگهداری و برخی اثرات متقابل آنها بر پارامترهای بررسی شده بود. بررسی‌ها نشان داد که استفاده از فیلم‌های نانو به دلیل نفوذپذیری کم نسبت به گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن، تاثیر مثبتی در کنترل تنفس قارچ و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آن در طول دوره نگهداری داشته است.

کلمات کلیدی: قارچ دکمه‌ای، کایتوسان، نانو بسته‌بندی

Evaluation of the effects of packaging film and chitosan coating on physical, chemical and mechanical properties of button mushroom during storage time

Rashid Gholami1, Ebrahim Ahmadi2

[1]PhD candidate of mechanics of agricultural machinery, Biosystem engineering department, agricultural faculty, Bu Ali Sina University

[2] Associate professor of Biosystem engineering department, agricultural faculty, Bu Ali Sina University

ABSTRACT

In this research, some new methods like application of chitosan coating and nano packaging were used to improve quality and prolong the shelf life of button mushroom. The samples divided in 2 groups after harvesting, with and without chitosan (1 % concentration) coating. Then all of them packed by three type of packages (LLDPE, Nano SiO_2 and Smart film) and stored at 4°C chamber. Physical and mechanical properties of mushroom were evaluated during the storage time. Color indices as physical, pH and TSS as chemical, elastic module and penetration force as mechanical parameters were measured every other day. In the other hand, O_2 and CO_2 changes were evaluated too. The results showed that chitosan coating, type of packaging, storage time and some interaction have had significant effect (1 and 5 %) on some mushroom properties. Application of Nano films have positive effect on respiration rate and quality of agricultural products because of their permeability.

Keywords: button mushroom, chitosan coating, Nano packaging

۱- رشید غلامی، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم.
تلفن: ۸۸۷۵ ۳۱۷ ۹۱۸ ۹۸+

۱- مقدمه

قارچ سفید دکمه‌ای به عنوان محبوب‌ترین و پر مصرف‌ترین قارچ در دنیا شناخته می شود و بعد از آن قارچ شیتیک[۱] و استرا[۲] به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم میزان مصرف قارچ قرار دارند (Graham et al.,2004). در سال 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 (FAO 2013). در مقایسه با بسیاری از محصولات کشاورزی عمر نگهداری قارچ سفید بسیار کم (۳ الی ۴ روز) می‌باشد و 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. بنابراین قارچ سفید دکمه‌ای به مراقبت‌های ویژه و بسته‌بندی‌های خاص در مراحل پس از برداشت نیاز دارد. روش‌های زیادی برای افزایش عمر ماندگاری قارچ‌های خوراکی و سایر سبزیجات ارائه شده است که از مهمترین و کارآمدترین این روش‌ها می‌توان به استفاده از فیلم‌های تولید شده با تکنولوژی نانو، اصلاح اتمسفر درونی بسته‌های حاوی محصول، استفاده از پوشش‌های خوراکی و کنترل دمای نگهداری محصولات اشاره نمود (Roy et al., 1995; Kim et al., 2006; Tripathi et al., 2009).

کایتوسان[۳] یک پلیمر طبیعی است که از داستیلاسیون کیتین به دست می‌آید، و کیتین در پوسته سخت‌پوستان (خرچنگ و میگو) به وفور یافت می‌شود. تحقیقاتی در این زمینه مبنی بر استفاده از کایتوسان به عنوان یک پوشش خوراکی در محدود کردن فعالیت‌های میکروبی و قارچی و همچنین به تاخیر انداختن فساد در محصولات کشاورزی گزارش شده است، به عنوان مثال، استفاده از پوشش کایتوسان در بهبود خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی قارچ شیتیک (Jiang et al., 2012)، و استفاده از کایتوسان در حفظ کیفیت و خواص توت فرنگی (Munoz et al., 2008) مورد بررسی قرار گرفته است.

گسترش استفاده از نانو ذرات در تولید بسته‌های مواد خوراکی و کشاورزی نه تنها در راستای کاهش مشکلات زیست محیطی بلکه جهت بهبود عملکرد این مواد در طول دوره نگهداری حائز اهمیت می‌باشد (Taghizadeh et al., 2010). نانو ذرات مواد نسبتا جدیدی هستند که داخل ترکیبات فیلم‌های بسته‌بندی قرار داده می‌شوند (Tornuk et al., 2015; Abdollahi et al., 2012). استفاده از نانو ذرات به عنوان پرکننده‌ها یا مواد افزودنی در سال‌های اخیر مورد توجه فراوانی قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال، استفاده از پلی اتلین سبک تجهیز شده به ذرات نانو رس به منظور بهبود و افزایش عمر محصولات گوشتی توسط تورناک و همکاران (۲۰۱۵) گزارش گردیده است (Tornuk et al., 2015). نتایج نشان داد که استفاده از بسته‌بندی با فیلم نانو کامپوزیت رس برای افزایش عمر محصولات گوشتی تازه و فرآوری شده می‌تواند مفید باشد. حفظ کیفیت عناب چینی در طول دوره نگهداری با استفاده از بسته بندی های نانو کامپوزیت توسط لی و همکاران (۲۰۰۹) بررسی گردیده است که نتایج نشان دهنده تاثیر مثبت نانوکامپوزیت در بهبود خواص فیزیکو شیمیایی و حسی این محصول در طول دوره نگهداری بوده است (Li et al., 2009).

با توجه به مطالعات گسترده‌ای که بر روی قارچ سفید دکمه‌ای انجام شد مشخص شد که اثرات پوشش‌دهی کایتوسان و برخی نانو فیلم‌ها بر روی خواص قارچ سفید دکمه‌ای انجام شده است ولی هیچگونه تحقیقی مبنی بر استفاده از فیلم نانو اکسید سیلیس و فیلم هوشمند کاملا عایق همزمان با پوشش‌دهی کایتوسان برای این محصول مشاهده نشد. 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 بهبود کیفیت قارچ سفید در طول دوره نگهداری و در مرحله دوم استفاده از فیلم های بسته بندی پلی اتیلن سبک، نانو اکسید سیلیس و فیلم هوشمند کاملا عایق برای بسته بندی این محصول می‌باشد.

۲- بخش مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه نمونه‌ها و آماده سازی محلول کایتوسان

این تحقیق در سال ۱۳۹۷ 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±۵ درجه سلیسیوس و رطوبت ۲٪±۷۵ نگهداری شدند. پودر کایتوسان (درجه استیلاسیون≤۷۵٪) از شرکت سیگما آلدریچ آلمان تهیه گردید. محلول ۱ درصد کایتوسان با حل کردن ۱۰ گرم از پودر کایتوسان در آب مقطر

---

[۱] Shiitake
[۲] Straw
[۳] Chitosan

در pH=4 آماده گردید. برای پوشش‌دهی به نمونه‌ها از روش غوطه‌وری استفاده شد بدین نحو که قارچ‌ها به مدت ۲ دقیقه درون محلول کایتوسان 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 سه نوع مختلف بسته‌بندی قرار گرفتند: ۱. بسته‌بندی با فیلم پلی اتیلن سبک(LDPE)، ۲. بسته‌بندی با استفاده از فیلم نانو اکسید سیلیس و ۳. بسته‌بندی با فیلم هوشمند کاملا عایق.

بعد از بسته‌بندی، بسته‌ها در دمای ۴ درجه سلیسیوس نگهداری شدند. تمام آزمایشات در طول دوره‌ای ۱۰ روزه به صورت یک روز در میان انجام پذیرفت.

۲-۲- ترکیبات گاز درون بسته‌ها و آنالیز آن

ترکیب گازهای درون بسته همان گاز اتمسفر بود و تغییر در گاز پیرامون محصول اعمال نشد. تغییرات گازهای درون بسته در طول دوره نگهداری مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت به نحوی که گازهای اکسیژن، دی اکسید کربن هر دو روز یکبار با استفاده از دستگاه گاز سنجی (WTT-GASTECHNIK, Oxybaby 6i) ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شدند.

۲-۳- بررسی تغییرات رنگ نمونه‌ها

مدلی که به منظور اندازه گیری 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 $E\Delta$ که تغییرات رنگ را نشان می‌دهد با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Lagnika et al., 2013):

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

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

$$BI = \frac{100(x - 0.31)}{0.172} \quad (2)$$

$$x = \frac{a + 1.75L}{5.645L + a - 3.012b} \quad (3)$$

۲-۴- خواص شیمیایی

بررسی خصوصیات شیمیایی همچون pH و TSS در مواد خوراکی از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور اندازه‌گیری خواص شیمیایی ابتدا قارچ‌ها با استفاده از دستگاه خورد کن خورد 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 رزولوشن ۰/۰۱ و TSS با استفاده از دستگاه رفراکتومتر آتاگو مدل PAL-2 ساخت کشور ژاپن با رزولوشن ۰/۰۱، در دمای ۲۵ درجه سلیسیوس اندازه‌گیری شدند.

۲-۵- خواص مکانیکی

آزمون پنچری 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 به قطر ۵ میلیمتر با 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 را ثبت می‌کند. این آزمون برای هر تیمار در سه تکرار انجام گرفت.

---

[۱] Total soluble solid

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۶-۲- آنالیز آماری

تاثیر پوشش کایتوسان، روش بسته‌بندی و دوره نگهداری به عنوان پارامترهای موثر بر خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی قارچ دکمه ای مورد بررسی قرار گرفتند. آنالیز آماری داده‌های به دست آمده از آزمایشات با استفاده از تست آنووا[1]در نرم افزار SPSS19 و ترسیم نمودارها در نرم افزار Excel 2013 انجام شده‌اند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات گاز درون بسته‌بندی در طول دوره نگهداری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به گازهای داخل بسته در طول دوره نگهداری نشان داد که دوره نگهداری، پوشش کایتوسان، نوع بسته‌بندی و اثرات متقابل آنها تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد بر تغییرات اکسیژن و دی‌اکسید کربن داشته‌اند (جدول ۱). نتایج نشان دهنده افزایش دی‌اکسید کربن و کاهش اکسیژن در تمامی تیمارها در طول دوره نگهداری بود (شکل ۱ و ۲) که دلیل این موضوع تنفس قارچ در مراحل پس از برداشت می‌باشد. در پایان دوره نگهداری بیشترین تغییرات اکسیژن (۸۸/۰۱ ٪) و دی‌اکسید کربن (۹۷/۱۳ ٪) هر دو در فیلم هوشمند (هم نمونه‌های با پوشش هم نمونه‌های بدون پوشش) مشاهده شد که دلیل این موضوع نفوذ پذیری بسیار کم این فیلم است که اجازه تبادل گاز با محیط بیرون بسته را نمی‌دهد. مقدار اکسیژن در بسته‌های هوشمند بعد از روز چهارم تقریبا به حالت پایدار درآمد به نحوی که مقادیر در محدوده ۳/۰۵-۲/۵۱ ٪ پایان دوره نگهداری ثابت ماند. در حالی که میزان اکسیژن در بسته‌بندی‌های پلی اتیلن سبک روندی کاهشی تا پایان دوره نگهداری از خود نشان داد. دلیل این موضوع نیز نفوذپذیری فیلم‌های معمولی است که همزمان با مصرف اکسیژن در داخل بسته اکسیژن از محیط بیرون وارد بسته شده و مانع از توقف تنفس می‌گردد و همین امر موجب تسریع در فساد پذیری محصولات بسته‌بندی شده با فیلم معمولی می‌شود. نتایج مشابهی از نحوه تغییرات اکسیژن داخل بسته توسط اولیویرا و همکاران (۲۰۱۲) برای قارچ برش داده شده گزارش گردیده است (Oliviera et al.,2012).

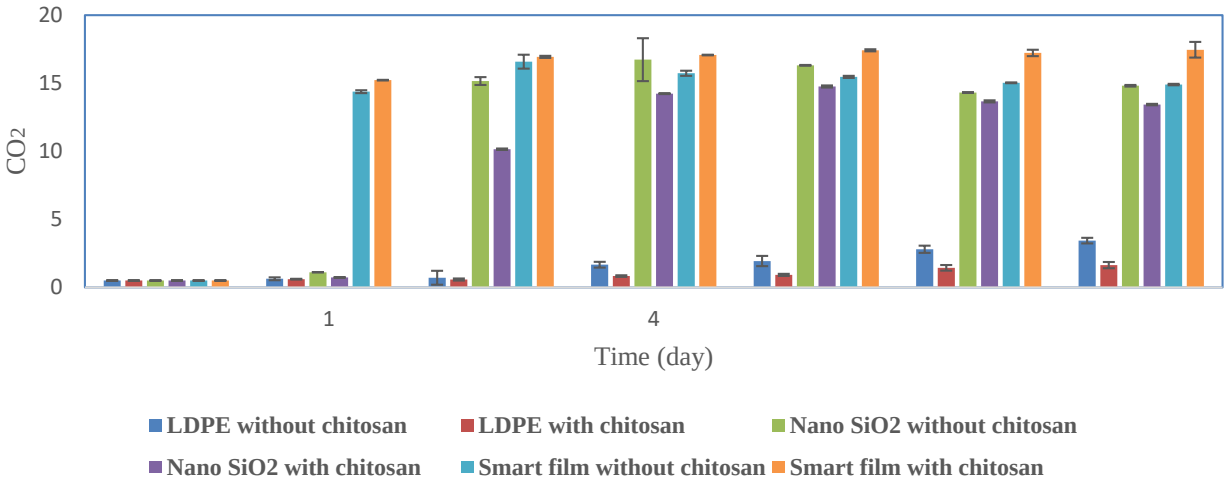

Figure 1. CO_2 changes during storage time.

شکل ۱- تغییرات دی اکسید کربن در طول دوره نگهداری.

[1] ANOVA

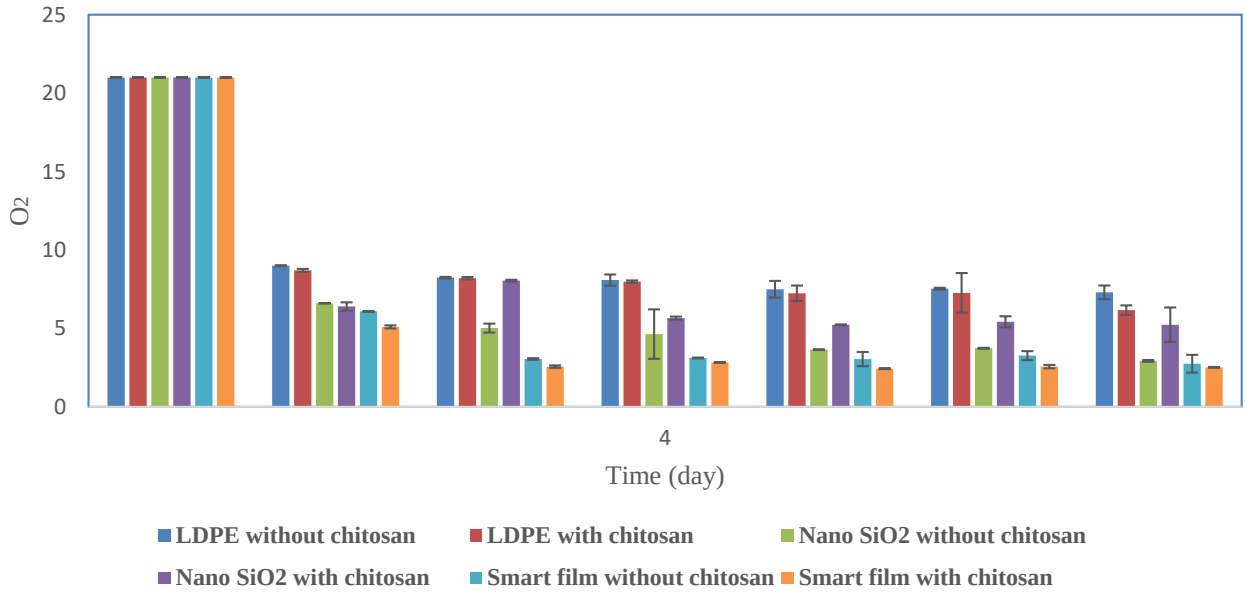

Figure 2. O_2 changes during storage time.

شکل ۲- تغییرات اکسیژن در طول دوره نگهداری.

۲-۳- تغییرات رنگ در طول دوره نگهداری

رنگ به عنوان یکی از مهمترین پارامتر های تعیین کننده کیفیت قارچ سفید دکمه‌ای می‌باشد به همین منظور شاخص روشنایی (L*) (مهمترین پارامتر رنگ در قارچ)، تغییرات رنگ (ΔE) و شاخص قهوه‌ای شدن (BI) در طول دوره نگهداری مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده کاهش L* و افزایش ΔE و BI برای تمام نمونه‌ها در طول دوره نگهداری بود. در شکل ۳ روند تغییرات L* در طول دوره نگهداری نشان داده شده است. نتایج مشابه در مورد تغییرات شاخص رنگ برای برخی محصولات نیز توسط تعدادی از محققان ارائه شده است (Rubilal et al., 2013). بررسی‌ها نشان داد که استفاده از پوشش کایتوسان به شدت سبب تغییر رنگ، افت روشنایی و افزایش قهوه‌ای شدن در تمامی نمونه‌ها می‌شود. به دلیل وجود بافت اسفنجی در قارچ دکمه‌ای استفاده از پوشش‌هایی همچون محلول کایتوسان فعالیت‌های آنزیمی را تسریع کرده و باعث افزایش شاخص قهوه‌ای شدن و افت شاخص روشنایی در طول زمان نگهداری می‌شوند. همچنین قهوه‌ای شدن ناشی از اکسیداسیون ترکیبات فنلی است که موجب ایجاد لکه‌های قهوه‌ای و تیره در محصول شده (Asghari et al., 2015) که این موضوع کاهش کیفیت قارچ و بازارپسندی این محصول را در پی خواهد داشت. در پایان دوره نگهداری کمترین تغییرات L* و BI در نمونه‌های بدون پوشش بسته‌بندی شده با فیلم هوشمند به ترتیب ۱۰/۸۹ و ۱۹/۸۰ درصد مشاهده شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان داد که دوره، پوشش و نوع بسته‌بندی تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر تغییرات شاخص روشنایی داشته اشت (جدول ۱).

همایش مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

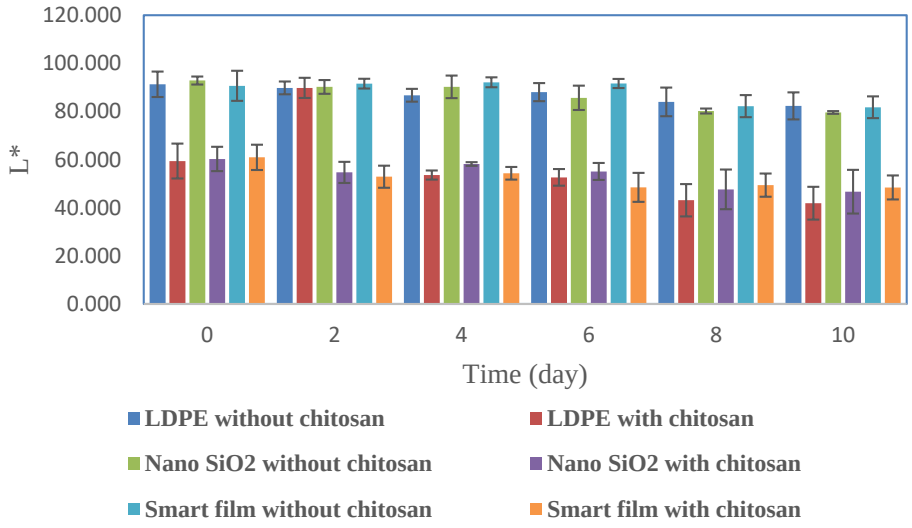

Figure 3. L* changes during storage time.

شکل ۳- تغییرات شاخص روشنایی در طول دوره نگهداری.

۳-۳- تغییرات خواص شیمیایی در طول دوره نگهداری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد به جز پوشش کایتوسان و اثر متقابل دوره*پوشش بقیه تیمارها و اثرات متقابل تاثیر معنی‌دار در سطح یک درصد بر تغییرات pH داشته اند (جدول ۱). نتایج نشان داد که در پایان دوره نگهداری بیشترین میزان تغییرات pH هم در نمونه‌های با پوشش هم بدون پوشش در نمونه‌های بسته‌بندی شده با فیلم پلی‌اتیلن سبک (۹/۸۲ ٪) بوده است در حالی که کمترین تغییرات در نمونه‌های بدون پوشش بسته‌بندی شده با فیلم هوشمند (۲/۴۶ ٪) مشاهده شد (شکل ۴). استفاده از فیلم‌های با نفوذپذیری پائین و عایق به منظور بسته‌بندی سبب حفظ شرایط محصول تا پایان دوره می‌گردد. به نحوی که این فیلم‌ها موجب کاهش نرخ تنفس محصولات کشاورزی شده که همین کاهش نرخ تنفس سبب کنترل pH در دوره انبارداری می‌گردد و کنترل pH سبب حفظ شرایط اولیه و تازگی محصول در دوره پس از برداشت خواهد شد. نتایج مشابهی توسط طباطبایی کلور و همکاران در سال ۱۳۹۵ از تاثیر نوع بسته‌بندی و کنترل نرخ تنفس بر حفظ pH گوجه فرنگی نیز گزارش گردیده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان داد که پوشش، بسته‌بندی و دوره نگهداری به تنهایی تاثیر معنی‌داری (در سطح یک درصد) بر TSS داشته اند ولی اثرات متقابل آنها تاثیر معنی دار بر تغییرات این پارامتر نداشته است. تغییرات TSS در طول دوره نگهداری روند منظمی نداشت (شکل ۵) ولی در پایان دوره نگهداری میزان مواد جامد محلول در تمام تیمارها نسبت به روز اول افزایش داشت. کمترین میزان تغییرات نیز در نمونه‌های نگهداری شده در بسته‌بندی‌های نانوسیلیس به میزان ۱۰/۷۱ ٪ مشاهده شد. بیشترین تغییرات (۴۳/۵۰ ٪ تغییر) در بسته‌بندی های معمولی (پلی اتیلن سبک) مشاهده شد که این تغییرات سبب تخریب دیواره های سلولی و پیشروی پیری در محصول می‌گردد. اصغری و همکاران (۱۳۹۴) نیز 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 کرده‌اند.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

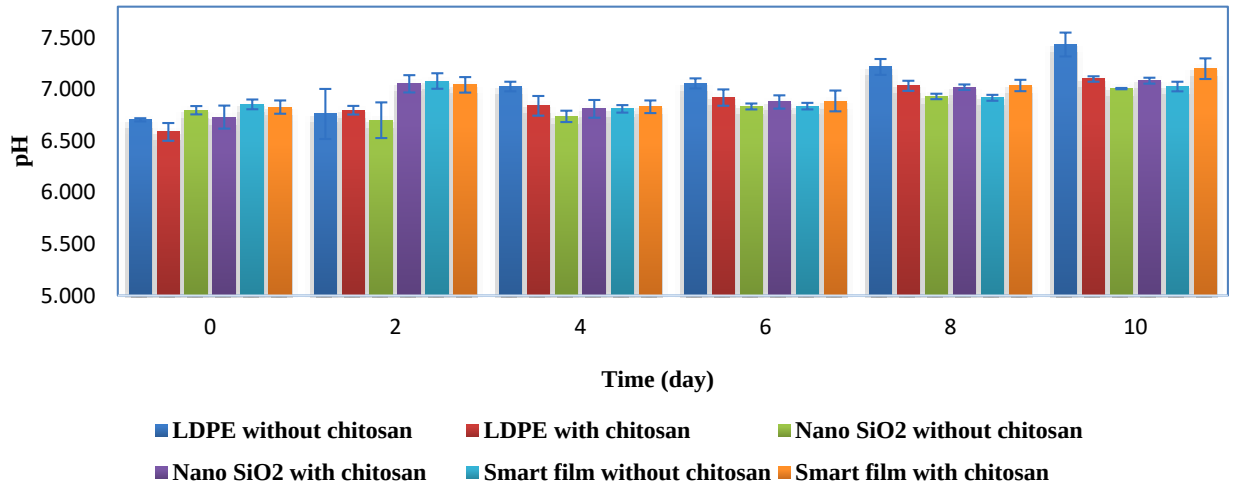

Figure 4. pH changes during storage time.
شکل ۴- تغییرات pH در طول دوره نگهداری.

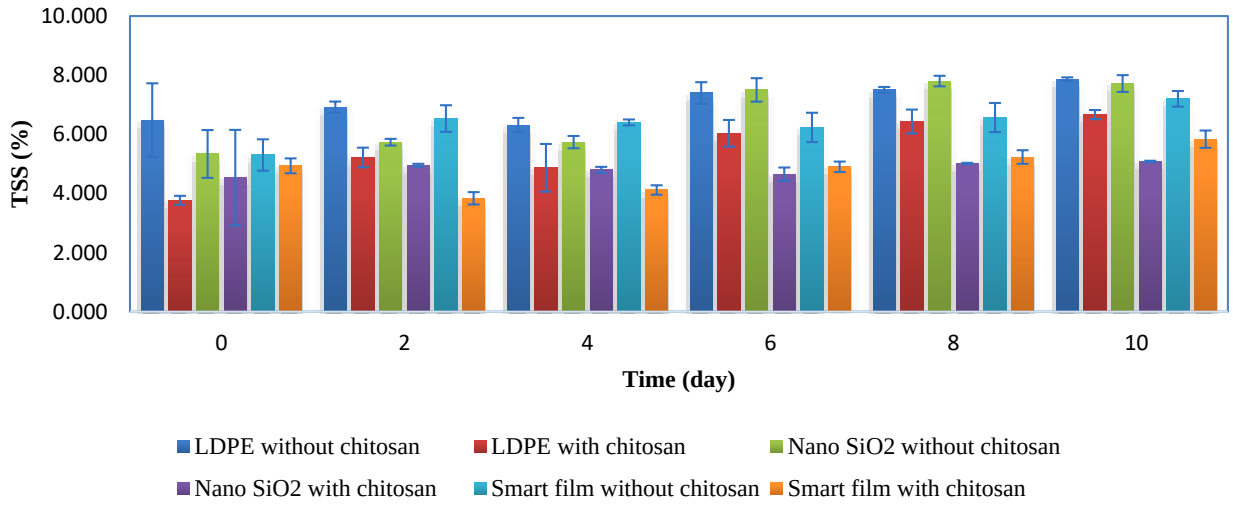

Figure 5. TSS changes during storage time.
شکل ۵- تغییرات TSS در طول دوره نگهداری.

۴-۳- تغییر سفتی بافت محصول در طول دوره نگهداری

بافت قارچ به عنوان یک فاکتور مهم در تعیین کیفیت قارچ می‌باشد و بر روی متابولیک و محتوای آب این محصول تاثیر مستقیم خواهد داشت. افزایش عمر قارچ بر روی خاصیت اسفنجی و نرمی بافت آن تاثیر می‌گذارد. بررسی نتایج نشان دهنده روند کاهشی مدول الاستیسیته (E_{mod}) و نیروی نفوذی بافت (F) برای تمام تیمارها در طول دوره نگهداری بود (شکل ۴ و ۵)، کمترین تغییرات (کاهش) هم در مدول الاستیسیته و هم در نیروی نفوذ در محصولات بسته‌بندی شده با فیلم نانو اکسید سیلیس (SiO_2) رخ داد که مقادیر آن به ترتیب ۷/۲۰ و ۲۵/۱۸ درصد بود. بیشترین تغییرات هم در نمونه‌های بسته‌بندی شده با فیلم پلی‌اتیلن سبک مشاهده گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان داد که نوع پوشش و دوره تاثیر معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) بر تغییرات مدول الاستیسیته و بسته‌بندی تاثیری در سطح ۵ درصد بر نیروی نفوذ داشته‌اند (جدول ۱). طباطبایی و همکاران نتایج مشابهی از تاثیر دوره نگهداری بر سفتی گوجه فرنگی و معنی‌دار بودن تاثیر آن گزارش کرده‌اند (Tabatabaei et al., 2016).

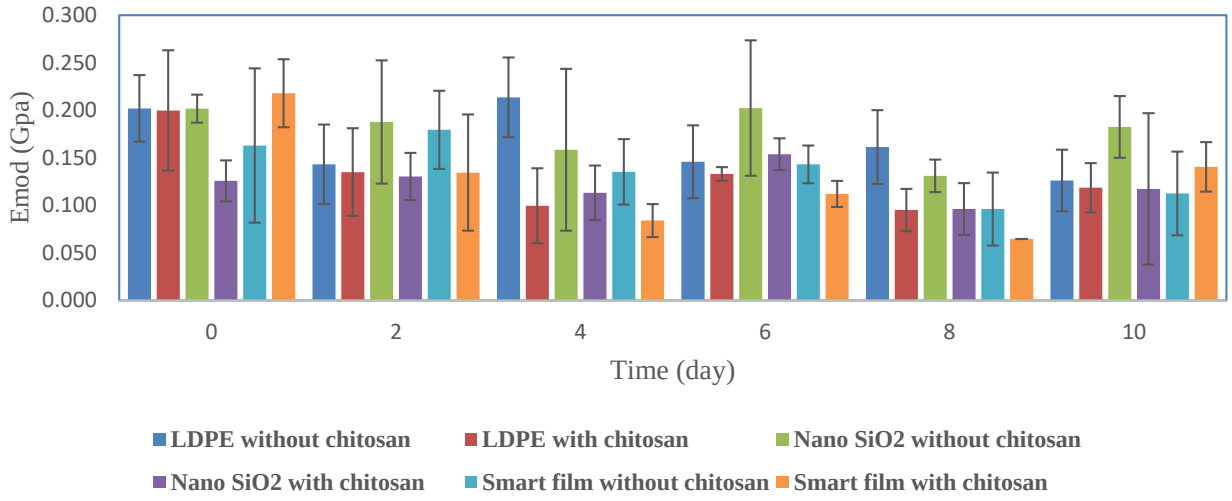

Figure 6. Emod changes during storage time.

شکل ۶- تغییرات مدول الاستیسیته در طول دوره نگهداری.

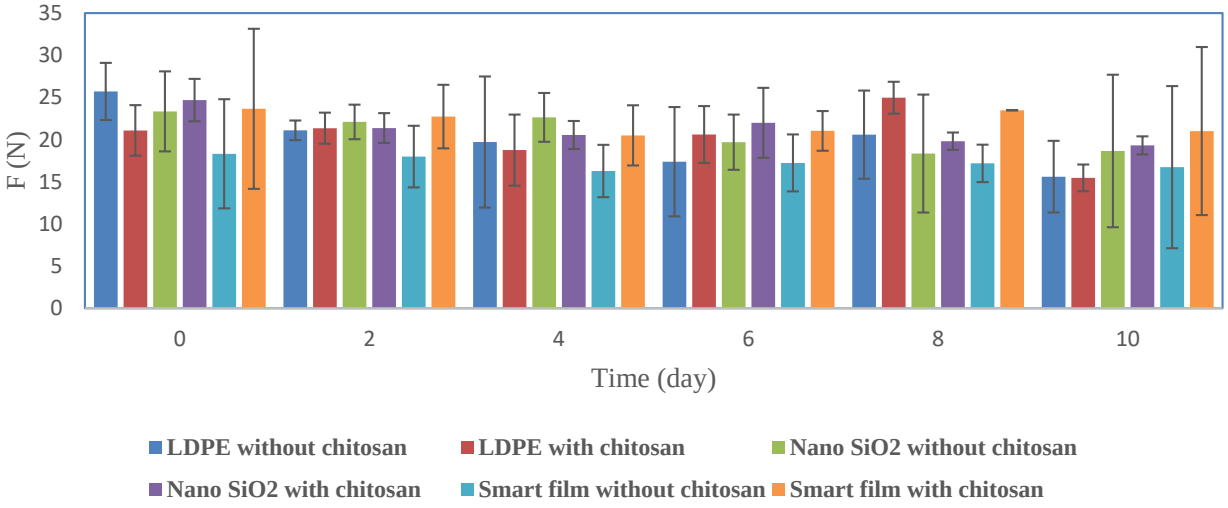

Figure 7. Fmax changes during storage time.

شکل ۷- تغییرات نیروی نفوذ در طول دوره نگهداری.

جدول 1- تجزیه واریانس تاثیر دوره نگهداری، پوشش کایتوسان و نوع بسته‌بندی بر خواص قارچ دکمه‌ای.

Table 1. Variance analysis of effect of day, coating and packaging on mushroom properties.

	Degree of freedom	L*	ΔE	BI	pH	TSS	E_{mod}	F_{max}	CO_2	O_2
Day	5	433.31^{**}	353.2^{**}	24.48^{**}	0.34^{**}	7.66^{**}	0.01^{**}	12.08^{ns}	78.01^{**}	6.39^{**}
Coating	1	92933^{**}	24.14^{ns}	1973^{**}	0.00^{ns}	73.31^{**}	0.03^{**}	740^{ns}	18.16^{**}	1.08^{**}
Packaging	2	20.77^{**}	200.19^{**}	1.05^{ns}	0.05^{**}	4.87^{**}	0.00^{ns}	56.06^{*}	47.56^{**}	2131^{**}
Day*Coating	5	16.19^{ns}	30.40^{*}	0.97^{ns}	0.01^{ns}	0.17^{ns}	0.00^{ns}	50.56^{ns}	2.59^{**}	3.05^{**}
Day*Packaging	10	6.17^{ns}	27.10^{*}	0.36^{ns}	0.06^{**}	0.35^{ns}	0.00^{ns}	13.75^{ns}	4.28^{**}	56.29^{**}
Coating*Packaging	2	33.37^{ns}	96.19^{ns}	1.48^{ns}	0.15^{**}	0.15^{ns}	0.00^{ns}	1.07^{ns}	18.66^{**}	26.80^{**}
Day*Coating*Packaging	10	21.95^{ns}	12.12^{ns}	1.12^{ns}	0.02^{**}	1.50^{**}	0.00^{ns}	20.50^{ns}	1.32^{**}	1.39^{**}
Error	72	22.22	12.97	1.18	0.00	0.02	0.00	14.56	0.02	0.23

** تاثیر معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، * تاثیر معنی دار در سطح ۹۵ درصد، ns بدون تاثیر معنی دار

۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان دهنده آن بود که استفاده از روش‌های نوین در راستای بهبود خواص کیفی قارچ تاثیر مثبتی خواهد داشت. کنترل اتمسفر داخل بسته با استفاده از فیلم های با نفوذ پذیری پائین (فیلم با ذرات نانو) در راستای کنترل تنفس محصول تاثیر به سزایی داشته و افت کیفیت محصول در طول دوره نگهداری را به تاخیر می‌اندازد. به نحوی که در اکثر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی قارچ سفید دکمه‌ای، کمترین تغییرات در محصولات نگهداری شده با فیلم‌های با نفوذ پذیری کم مشاهده شده است.

۵- تقدیر و تشکر

تشکر فراوان از دانشگاه بوعلی سینا و گروه مهندسی بیوسیستم آن دانشگاه که تمام امکانات را به منظور انجام این پروژه در اختیار اینجانب قرار دادند. همچنین از شرکت دانش‌بنیان کشت و صنعت قارچ صدرا به دلیل تامین نمونه‌های مناسب به منظور انجام آزمایشات، کمال تشکر و امتنان را دارم.

۶- مراجع

Abdollahi, M., Rezaei, M., & Farzi, G. (2012). A novel active bio nano composite film incorporating rosemary essential oil and nano clay into chitosan. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 343-350.

Anonymous. (2013). Food and agricultural organization of the United Nations statistics division. Available on: http://FAOstat3.fao.org/download/Q/QC/E.

Asghari, M.R., Vaezi, S., & Farrokhzad, A.R. (2015). The effect of nano silver packaging on the qualitative and permanent properties of freshly sliced nectarine. *Journal of Food Industry Research*, 25(4), 41-50. (Persian)

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

Jiang, T., Zheng, X., Li, J., Jing, G., Cai, L., & Ying, T. (2011). Integrated application of nitric oxide and modified atmosphere packaging to improve quality retention of button mushroom (Agaricus bisporus). *Food Chemistry*, 126, 1693–1699.

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 (4), 365-372.

Lagnika, C., Zhang, M., & Mothibe, K.J. (2013). Effects of ultrasound and high pressure argon on physico-chemical properties of white mushrooms (Agaricus bisporus) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 82, 87–94.

Li, H., Li, F., Wang, L., Sheng, J., Xin, Z., Zhao, L., Xiao, H., Zheng, Y. & Hu, Q. (2009). Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube. *Food Chemistry*, 114(2), 547-552.

Munoz, P.H., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (Fragaria*ananassa) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110, 428–435.

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.

Roy, S., Anantheswaran, R. C., & Beelman, R. B. (1995). Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science*, 60(2), 334–340.

Rubilar., J.F, Cru, Rz., Silva, H., Vicente, A., Khmelinskii, I., & Vieira, M. (2013). Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. *Journal of Food Engineering*, 115, 466–474.

Tabatabaei Kloor, R., Ebrahimian, A., & Hashemi, J. (2016). Evaluation temperature, packaging and modified atmosphere effects on tomato qualitative characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 51 (13), 1-13. (Persian).

Taghizadeh, M., Gowen, A., Ward, P., & O'Donnell, C.P. (2010). Use of hyperspectral imaging for evaluation of the shelf-life of fresh white button mushrooms (Agaricus bisporus) stored in different packaging films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 423–431.

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*, 1-26.

Tripathi, S., Mehrotra, G.K., & Dutta, P.K. (2009). Physicochemical and bioactivity of cross-linked chitosan–PVA film for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45, 372–376.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران