

تأثیر فیلم بسته‌بندی بر ویژگی‌های کیفی قارچ دکمه‌ای تازه

نیره کریمی^{۱*}، یحیی مقصدلو^۲

تاریخ دریافت مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۱

چکیده

جهت بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای به فیلم‌های بسته‌بندی با نفوذپذیری بالا نسبت به اکسیژن و دی‌اکسید کربن نیاز می‌باشد. فیلم‌های پلاستیکی نظیر^۳ PVC به علت افت وزن (و بنابراین ارزش اقتصادی) و تغییرات بافت برای قارچ دکمه‌ای^۴ نامطلوب می‌باشند. بنابراین می‌توان از فیلم‌های پلی‌اولفین^۵ (PD 961 و PD 941) استفاده نمود. همچنین از فیلم‌های جدید برای گسترش^۶ MAP می‌توان به مواد آب دوست مانند فیلم‌های تهیه شده از محصولات کشاورزی یا فیلم‌های مصنوعی^۷ ساخته شده از پلی‌اتیلن^۸، پلی‌استر^۹ یا پلی‌اتر آمید^{۱۰} اشاره نمود. فیلم گلوتن^{۱۱} گندم نسبت به فیلم سنتزی برای محدود کردن دی‌اکسید کربن در داخل بسته و حفظ شرایط تازگی قارچ‌ها بسیار مطلوب می‌باشد. در این مطالعه تأثیر نوع فیلم بسته‌بندی بر خواص کیفی قارچ مانند ترکیب گاز داخل بسته‌ها،

رنگ، کاهش وزن و رسیدگی در طی نگهداری

ارزیابی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی

قارچ دکمه‌ای، فیلم بسته‌بندی، ویژگی‌های کیفی و اتمسفر اصلاح شده.

۱- مقدمه

به طور کلی بسته‌بندی به علت محافظت محصول در برابر عوامل فاسد کننده، در برگرفتن محصول، ارتباط با مصرف‌کننده به عنوان وسیله‌ی بازاریابی و تأمین نیاز مصرف‌کنندگان با کاربری آسان و راحت، نقش مهمی را ایفا می‌کند (۹). قارچ دکمه‌ای^{۱۲} یکی از قارچ‌های بسیار معمول است که به طور سنتی در جهان کشت می‌شود (شکل ۱).

تولید و مصرف قارچ‌های خوراکی در ۱۵ سال اخیر به ویژه به علت ارزش تغذیه‌ای بالا و اثرات مفید بر سلامتی، رشد چشمگیری داشته است و در واقع این نوع قارچ



شکل ۱- قارچ دکمه‌ای (Agaricus bisporus)

12- Agaricus bisporus



۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(* نویسنده مسئول: mNayerehkarimi94@yahoo.co)

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی گرگان

3- Poly vinyl chloride

4- Agaricus bisporus

5- Polyolefins

6- Modified atmosphere packaging

7- Synthetic films

8- Poly ethylene

9- Poly ester

10- Poly ether amide

11- Gluten

گسترده‌ترین قارچ خوراکی برداشت شده در کل جهان (۳۳٪) می‌باشد (۶). عمر نگهداری این نوع قارچ در دمای محیط کوتاه است (۳-۴ روز) و ارزش غذایی آن‌ها بعد از چند روز کاهش می‌یابد که علت آن قهوه‌ای شدن، از دست دادن آب، پیری و فساد میکروبی می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲- بسته‌بندی قارچ در فیلم‌های شفاف

عمر نگهداری کوتاه قارچ مانعی برای توزیع و فروش آن است و افزایش مدت نگهداری قارچ و حفظ کیفیت آن برای مصرف‌کنندگان بسیار حائز اهمیت می‌باشد. فرایندهای اصلی مرتبط با تخریب قارچ‌ها شامل شکسته شدن غشاء، طولانی شدن ساقه، باز شدن کلاهک، افزایش بافت تیغه و تشکیل اسپور است. این پدیده، همراه با قهوه‌ای شدن کلاهک و تیغه‌ها و ویژگی‌های کیفی منفی، عمر نگهداری قارچ را محدود می‌سازد.

همچنین میزان تنفس^۱ (RR) قارچ‌ها (۲۰۰ تا ۵۰۰ mg/kg h در ۲۰ درجه سانتی‌گراد) و سرعت تجزیه‌ی آن‌ها پس از برداشت در مقایسه با سایر میوه‌ها و سبزیجات خیلی زیاد می‌باشد. اگرچه سرد کردن باعث کاهش تنفس قارچ‌های تازه در طی جابه‌جایی پس از برداشت و زنجیره‌ی توزیع می‌شود؛ اما چنین شرایطی برای بازار اروپا و مصرف‌کننده مناسب نیست زیرا اکثراً خرید و نگهداری قارچ در خانه در دمای اتاق (۲۰ درجه سانتی‌گراد) اتفاق می‌افتد. بنابراین گسترش عمر نگهداری این محصول بسیار فساد پذیر، هنوز یک چالش علمی و اقتصادی است (۴).

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده برای دامنه وسیعی از میوه و سبزی‌ها کاربرد دارد. اتمسفر اصلاح شده با تغییر ترکیبات هوای معمولی ایجاد می‌شود و می‌تواند باعث کاهش میزان فساد و افزایش عمر نگهداری محصول گردد. اتمسفر محصول ممکن است در طی نگهداری در سامانه MAP تغییر کند؛ اما هیچ دستکاری اضافی در محیط داخل بسته‌بندی وجود ندارد (۹).

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به عنوان یک سامانه پویا با میزان تنفس محصول تازه و میزان عبور گاز از فیلم بسته‌بندی عمل می‌کند (۱۳). در داخل فیلم‌های بسته‌بندی با سامانه اتمسفر اصلاح شده، میزان اکسیژن کاهش و میزان دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد و به طور نسبی به دما، وزن محصول و تنفس، میزان انتقال فیلم نسبت به اکسیژن، دی‌اکسید کربن و مساحت سطح کل بسته‌ها بستگی دارد. سامانه اتمسفر اصلاح شده در سال‌های اخیر به طور چشمگیری رواج پیدا کرده است و یک روش بسیار اقتصادی و مؤثر برای گسترش عمر نگهداری قارچ می‌باشد (۲). MAP به علت کاهش میزان تنفس و تولید اتیلن به حداقل رساندن فعالیت متابولیکی، تأخیر در قهوه‌ای شدن آنزیمی، حفظ ظاهر محصول، کاهش میزان اکسیژن و افزایش میزان دی‌اکسید کربن می‌تواند عمر نگهداری میوه‌ها و سبزیجات را پس از برداشت گسترش دهد (۱۰).

۲- شاخص‌های مؤثر بر عمر نگهداری قارچ در

طی سامانه اتمسفر اصلاح شده (MAP)

دما و ترکیب گاز در اتمسفر اصلاح شده دو عامل مهم در تعیین میزان فساد در طی نگهداری هستند.

۱-۲ اثر دما

افزایش دمای نگهداری باعث کاهش میزان واکنش بیوشیمیایی محصولات باغبانی می‌شود. واکنش‌های بیوشیمیایی به ازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۲ یا ۳ برابر افزایش می‌یابد (۱۴).

۲-۲- اثرات غلظت گاز بر روی پتانسیل نگهداری قارچ‌های دکمه‌ای تازه

کربن می‌باشد. بر خلاف آن سایر محققان گزارش نمودند که ۰٪ اکسیژن باز شدن کلاهک و رشد ساقه را تأخیر می‌اندازد در حالی که ۰.۵٪ اکسیژن بعد از ۷ روز نگهداری در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد باعث باز شدن کلاهک و رشد ساقه می‌شود. دی اکسید کربن به میزان ۰.۵٪ در محیط باعث افزایش ساقه می‌شود؛ اما مانع رشد کلاهک می‌شود. دی اکسید کربن بیش از ۰.۵٪ باعث تأخیر رسیدگی قارچ شده و قهوه‌ای شدن را به تعویق می‌اندازد. اگرچه غلظت دی اکسید کربن بیش از ۰.۵٪ باعث زرد شدن سطح داخلی و خارجی کلاهک می‌شود.

نیترژن در سامانه MAP می‌تواند جایگزین اکسیژن موجود در بسته گردد. همچنین این گاز به عنوان یک گاز پرکننده جهت یکسان نمودن شکل بسته‌ها استفاده می‌شود.

۳-۱- آزمون‌های مورد استفاده برای ارزیابی عمر نگهداری قارچ

۳-۱- ارزیابی کاهش وزن و سفتی

کاهش وزن به وسیله‌ی وزن کردن قارچ کامل قبل و بعد از دوره‌ی نگهداری تعیین گردید. کاهش وزن به عنوان درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه بیان می‌شود. آزمون نفوذ برای تعیین میزان سفتی انجام می‌گیرد. در این آزمایش کلاهک قارچ با استفاده از یک شناساگر استوانه‌ای با قطر ۵ میلی‌متر تا عمق ۵ میلی‌متر سوراخ می‌شود. سرعت شناساگر قبل از آزمایش و هنگام سوراخ کردن^۱ ثانیه. ۲ میلی‌متر می‌باشد و^۱ نیرو. زمان سفتی به عنوان حداکثر نیرو تعیین می‌گردد(۵).

۳-۲- رنگ

رنگ سطح کلاهک قارچ برای ارزیابی آنالیز L(تاریک/روشن)، a(قرمز/سبز) و b(زرد/آبی) به وسیله‌ی رنگ سنج اندازه‌گیری می‌شود. رنگ قارچ در سه نقطه‌ی مساوی از کلاهک اندازه‌گیری شده و با رنگ قارچ

دی اکسید کربن در سامانه MAP باعث افزایش فاز تأخیر و فاز لگاریتمی^۱ رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود. اثرات ضد میکروبی دی اکسید کربن مربوط به تغییر عملکرد غشاء سلول، تغییر فعالیت آنزیم‌ها به طور مستقیم و یا کاهش میزان واکنش آنزیم می‌باشد. تأثیر دی اکسید کربن بر میزان تنفس به نوع محصول(مرحله تکاملی)، غلظت دی اکسید کربن و میزان تماس محصول با آن بستگی دارد. غلظت بالای دی اکسید کربن بر آنزیم‌ها و مواد حد واسط چرخه‌ی کربن مؤثر است. همچنین اگر فشار جزئی اکسیژن کمتر از ۱۰ کیلوپاسکال باشد، بلوغ قارچ، طویل شدن ساقه و باز شدن کلاهک به تأخیر می‌افتد. کاهش اکسیژن باعث کاهش فعالیت اکسیدازها مثل پلی‌فنل اکسیداز^۲، اسید آسکوربیک^۳ اکسیداز و گلیکولیک^۴ اسید اکسیداز می‌شود و در نتیجه تنفس و تجزیه‌ی اکسیداتیو سوبستراهای^۵ پیچیده محصول به تأخیر می‌افتد و عمر نگهداری آن طولانی می‌گردد. باید توجه داشت که میزان اکسیژن کمتر از ۲ کیلو پاسکال باعث تبدیل تنفس هوازی به بی‌هوازی می‌گردد و در نتیجه بدطعمی(استالدئید^۶ و اتانول^۷) و افزایش تجزیه‌ی بافت مشاهده می‌شود. رژی^۸ و همکارانش در سال ۱۹۹۶ میزان اکسیژن و دی اکسید کربن مطلوب برای MAP در قارچ‌ها را بررسی نمودند. آن‌ها پی بردند که ۰.۶٪ اکسیژن بر کاهش گسترش کلاهک مؤثر است. طبق نظر(۲۴) غلظت دی اکسید کربن بالا و اکسیژن کم از باز شدن کلاهک جلوگیری می‌کند. این محقق گزارش کرد که اتمسفر مطلوب برای حداکثر نگهداری قارچ حاوی ۰.۱٪ اکسیژن و ۰.۵٪ دی اکسید

- 1- Logarithmic phase
- 2- Polyphenol oxidase
- 3- Ascorbic acid
- 4- Glycolic
- 5- Oxidative substrate
- 6- Acetaldehyd
- 7- Athanol
- 8- Roy



ایده آل ($b=0, a=2, L=97$) مقایسه می‌شود. اندیس قهوه‌ای شدن (BI) خلوص رنگ قهوه‌ای را نشان می‌دهد و طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود (۱۴).

$$BI = [100(x-0.31)]/0.172$$

$$X = (a+1.75L)/(5.645L+a-3.012b)$$

۳-۳- میزان باز شدن کلاهک و پذیرش کلی

تعیین کلاهک‌های باز بر اساس گسترش شکل چتر مانند کلاهک پایه‌گذاری می‌شود. درصد کلاهک‌های باز به وسیله‌ی تعداد مشخص قارچ‌ها تعیین می‌شود.

$$100 (N_{oc}/N_t) = \text{درصد کلاهک‌های باز}$$

N_t = کل تعداد قارچ‌ها و N_{oc} = تعداد قارچ‌های با کلاهک باز می‌باشد.

قابلیت پذیرش کلی بر اساس رنگ و بافت و درصد کلاهک‌های باز انجام می‌شود و بر اساس ۴ امتیاز: (۱) ضعیف، (۲) متوسط، (۳) خوب، (۴) عالی تعیین می‌گردد (۵).

۳-۴- تغییر بافت

بافت یک شاخص کیفی برای قارچ‌های تازه است. یکی از تغییرات اصلی مرتبط با تخریب و فساد قارچ تغییر بافت آن می‌باشد (۱۷). پیری، پس از برداشت در انواع محصولات باغبانی تجاری از طریق تغییر ویژگی‌های غشا سلول و در نتیجه کاهش عملکرد ممانعت‌کنندگی غشا و کاهش تعداد سلول اتفاق می‌افتد (۵).

زیوانویس^۳ در سال ۲۰۰۰ بیان می‌کند که تغییرات بافت به تجزیه‌ی پلی‌ساکاریدها^۴ و پروتئین، شکستن واکوئل^۵، گسترش فضای داخل سلولی در کلاهک و افزایش چسبندگی در زمان نگهداری مرتبط است. علت آن افزایش

میزان کیتین^۶، تشکیل باندهای کولوانسی^۷ بین R-گلوکان^۸ و افزایش استحکام دیواره هیف بیان شده است (۱۶).

۳-۵- اندیس رسیدگی

اندیس رسیدگی برای هر شرایطی و برای هر قارچی متفاوت است و به صورت چشمی تعیین می‌شود. در بعضی روش‌ها اندیس رسیدگی بر اساس گسترش باز شدن کلاهک در سه نقطه ارزیابی می‌شوند:

(۱) غشاء کامل تا غشاء کشان؛

(۲) بخشی از غشاء باز باشد؛

(۳) غشاء به طور کامل باز باشد.

در روش دیگر اندیس رسیدگی در هفت نقطه ارزیابی

می‌شود:

(۱) پرده کامل و محکم است؛

(۲) پرده کامل و کشسان است؛

(۳) پرده نسبتاً شکسته شده است (کمتر از نیمی)؛

(۴) پرده نسبتاً شکسته شده است (بیشتر از نیمی)؛

(۵) پرده کاملاً شکسته شده است؛

(۶) کلاهک باز شده و غشاء خارجی به خوبی قابل

دیدن است؛

(۷) کلاهک باز است و غشاء خارجی سطح صافی

دارد (۵).

۴- ویژگی فیلم‌های تجاری رایج جهت

بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای

انتخاب دقیق فیلم و نوع بسته‌بندی برای ایجاد سامانه MAP بسیار مهم است. در سامانه MAP نفوذپذیری به اکسیژن، دی‌اکسید کربن و میزان انتقال بخار آب شاخص‌های مهمی می‌باشند. نفوذپذیری شاخص‌های اصلی در تعیین اتمسفر بسته‌بندی و رطوبت داخل بسته‌ها

1- Browing index

2- Open cup

3- Zivanovic

4- Polysaccharide

5- Vacuoles



- 6- Chitin
- 7- Covalent
- 8- R-Glucan

جدول ۱- نفوذپذیری فیلم‌های معمول در MAP

فیلم	انتقال آب ($g/m^2 d$) از فیلم با ضخامت نفوذپذیری ($cm^3/m^2 d atm$) برای ۲۵		
	فیلم با ضخامت $25\mu m$ در $25^\circ C$	فیلم با ضخامت $25\mu m$ در $38^\circ C$ و $90\% RH$	
	اکسیژن	دی اکسید کربن	
پلی اتیلن با دانسیته‌ی پایین	۳۹۰۰-۱۳۰۰۰	۷۷۰۰-۷۷۰۰۰	۶-۲۳
پلی اتیلن با دانسیته‌ی بالا	۵۲۰-۴۰۰۰	۳۹۰۰-۱۰۰۰۰	۴-۱۰
پلی پروپیلن	۱۳۰۰-۶۴۰۰	۷۷۰۰-۲۱۰۰۰	۴-۱۱
پلی وینیل کلراید	۱۵۰-۲۲۰۰	۴۵۰-۸۰۰۰	۳۰-۴۰
پلی استایرن	۲۰۰۰-۷۷۰۰	۱۰۰۰۰-۲۶۰۰۰	۱۰۰-۱۵۰
پلی اورتان	۸۰۰-۱۵۰۰	۷۰۰۰-۲۵۰۰۰	۴۰۰-۶۰۰
پلی آمید	۴۰	۱۵۰-۱۹۰	۸۴-۳۱۰۰
فیلم میکرو منفذ	>1500	-	-

برای حل این مشکل فیلم‌هایی با نفوذپذیری میکرو و ماکرو^۱ که دارای نفوذپذیری بالایی نسبت به اکسیژن و دی اکسید کربن و بخار آب هستند، گسترش یافته است. این فیلم‌ها یک اتمسفر اصلاح شده برای بسته‌بندی محصولات با تنفس بالا ایجاد می‌کنند (۲).

نفوذپذیری فیلم‌ها به نوع فیلم، ضخامت، اندازه و شکل سوراخ‌ها بستگی دارد. سایر ویژگی‌های بسته‌بندی با نفوذپذیری انتخابی شامل محافظت محصول، قابلیت دوخت، قابلیت برچسب خوردن و وضوح می‌باشد.

در تحقیقی از فیلم‌های پلی استایرن^۲ و پلی پروپیلن^۳ در ترکیب با فیلم‌هایی با منافذ میکرو با سطوح ۰، ۴۰، ۸۰ و ۲۴۰ میلی‌متر مربع برای بسته‌بندی قارچ‌ها در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد برای ۴ روز استفاده شد و نتایج نشان داد افزایش سطح فیلم‌های میکرومنفذ منجر به افزایش غلظت اکسیژن می‌شود و از شرایط غیرهوازی جلوگیری می‌کند. افزایش سطح فیلم میکرومنفذ به علت غلظت زیاد اکسیژن

مهم می‌باشند و بنابراین ممکن است بر میزان فساد محصول اثر بگذارند. برای بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای به طور معمول از چندین فیلم استفاده می‌شود. جدول (۱) میزان نفوذپذیری بعضی از این فیلم‌ها را نسبت به اکسیژن، دی اکسید کربن و بخار آب نشان می‌دهد.

همان گونه که در (جدول ۱) نشان داده شده است، انتقال اکسیژن و دی اکسید کربن فیلم بسته‌بندی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین می‌شود در حالی که میزان انتقال بخار آب آن در ۳۸ درجه سانتی‌گراد است. بنابراین به اطلاعات گردآوری شده‌ای در رابطه با نفوذپذیری فیلم در دمای نگهداری معمول (۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی (۷۵ تا ۹۵٪) برای طراحی احتمالی MAP نیاز داریم. قارچ‌ها محصولاتی با میزان تنفس بالا هستند و به فیلم‌های بسته‌بندی با نفوذپذیری بالا نسبت به اکسیژن، دی اکسید کربن نیاز دارند. نفوذپذیری فیلم‌های پلیمری به اندازه کافی بالا نیست و شرایط هوازی و آسیب‌های فیزیولوژیکی به علت غلظت بالای دی اکسید کربن، کیفیت قارچ را کاهش می‌دهد.

تاثیر فیلم بسته‌بندی بر ویژگی‌های کیفی قارچ دکمه‌ای تازه

- 1- Micro and Macro
- 2- Polystyrene
- 3- Polypropylene



و غلظت کم دی اکسید کربن باعث افزایش فعالیت متابولیسی می شود و در نتیجه باعث افزایش اندیس رسیدگی می شود. در این رابطه فیلم های میکرومنفذ برای جلوگیری از تجمع بیش از حد دی اکسید کربن و کاهش اکسیژن در بسته ها ارزیابی شدند (۱).

با وجود گسترش انواع فیلم های بسته بندی هنوز با چندین عامل محدود کننده شامل نفوذپذیری انتخابی کم، کندانس آب جذب نشده بر سطح داخلی فیلم و زیست تخریب ناپذیری فیلم بسته بندی مواجه هستیم. در این راستا می توان از مواد زیست تخریب پذیر ساخته شده از پروتئین دانه ها (مثل گلوتن گندم) اشاره نمود. برخلاف مواد سنتزی معمول ویژگی های ممانعت کنندگی این نوع فیلم ها جهت بسته بندی میوه ها یا سبزیجات تازه در رطوبت نسبی بالا تغییر می کند. این رفتار در فیلم های تهیه شده بر پایه ی محصولات کشاورزی نسبت به مواد سنتزی آبدوست بیشتر است و به این معناست که نفوذپذیری دی اکسید کربن و میزان نفوذپذیری انتخابی فیلم گلوتن گندم در رطوبت نسبی ۰ تا ۵٪ و رطوبت نسبی ۱۰۰-۳۰٪ به ترتیب در محدوده ۱- پاسکال، ثانیه. متر. اتمسفر ۸۸ و ۵۵/۵۸ قرار دارد. به علاوه نفوذپذیری اکسیژن و دی اکسید کربن فیلم گلوتن گندم به طور پیوسته با افزایش تنفس افزایش می یابد. مواد سنتزی آبدوست (پلی اتر آمید) و گلوتن گندم به طور مقایسه ای جهت بسته بندی قارچ دکمه ای نگهداری شده در $10^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۹۲٪ آزمایش شدند. هر دو ماده یک شرایط اتمسفر ثابت (حداقل اکسیژن و دی اکسید کربن) را تولید کردند، اما فیلم گلوتن گندم نسبت به فیلم سنتزی برای محدود کردن دی اکسید کربن در داخل بسته (فقط ۲/۵ کیلوپاسکال در شرایط ثابت در مقابل ۱۳ کیلوپاسکال در فیلم سنتزی) و حفظ شرایط تازگی قارچ کارآمدتر است. بنابراین فیلم های ساخته شده بر پایه ی پلیمر گیاهی مانند گلوتن گندم یک جایگزین پایدار و جالب برای پلاستیک های معمولی در زمینه ی گسترش مواد زیست تخریب پذیر و سازگار با محیط زیست می باشند. اما فیلم هایی که از گلوتن گندم ساخته می شود ویژگی های

مکانیکی ضعیفی دارند که با ترکیب این پروتئین با موادی بر پایه مواد فیبری مانند کاغذ بهبود می یابد. موضوع مطالعات اخیر توانایی گلوتن گندم- کاغذ جهت بهبود نگهداری محصولات تازه در دمای محیط ($20^{\circ}C$) و رطوبتی نسبی ۸۰٪ می باشد (۳). بررسی ها حاکی از آن است که قارچ دکمه ای بسته بندی شده با فیلم PVC در دمای $20^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۸۰٪ بعد از یک روز نگهداری سبب ایجاد نقاط قهوه ای تیره در کلاهک قارچ شده و بیش از ۳۰٪ قارچ ها دارای غشا باز بودند. همچنین در فشار جزئی اکسیژن بالا (۱۶ کیلوپاسکال) در سر فضا، بر روی سطح داخلی فیلم بسته بندی و سطح قارچ آب کندانس مشاهده شد؛ اما کاغذ پوشش داده شده با گلوتن گندم به علت محافظت از رنگ مناسب و بازار پسندی، کاهش میزان غشا پاره شده و بافت قابل پذیرش در طی مدت سه روز عمر نگهداری قارچ ها را بهبود می بخشد. این تأثیر مفید به ترکیب دی اکسید کربن با فشار جزئی متوسط (۹/۵ کیلوپاسکال) و اکسیژن با فشار جزئی کم (۲/۵ کیلوپاسکال) نسبت داده شد. اشکال اصلی استفاده از کاغذ پوشش داده شده با گلوتن گندم نفوذپذیری بالای آن نسبت به بخار آب است که منجر به کاهش وزن می گردد (۳/۸٪ در ۳ روز). اگرچه این کاهش وزن برای تمام قارچ های داخل بسته در طی نگهداری مشاهده نشده است (۴).

۵- تأثیر بسته بندی بر ویژگی های قارچ دکمه ای

تازه

۵-۱- ترکیب گاز داخل بسته

پس از دوره ی شرایط ثابت (فشار جزئی گاز ثابت است) با کاهش فشار جزئی اکسیژن و افزایش فشار جزئی دی اکسید کربن دوره ی شرایط ناپایدار اتفاق می افتد. حالت پایدار زمانی به دست می آید که گاز از میان فیلم انتشار می یابد و مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن توسط قارچ ها را جبران می کند.



فیلم PVC کشسان نفوذپذیری کمی نسبت به اکسیژن دارد و نسبت نفوذپذیری انتخابی دی اکسید کربن به اکسیژن آن ۴ به ۱ می‌باشد (شکل ۳) (۱۲).



شکل ۳- قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده با فیلم PVC

در ضمن باید به این نکته توجه داشت که تغییر در ساختار شبکه پلیمری در طی کشیدن فیلم سنتزی به کاهش ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی (افزایش نفوذپذیری به گاز) و نفوذپذیری انتخابی محدود می‌شود. گزارشات نشان می‌دهد که کشیدن فیلم اندازه‌ی منافذ را افزایش می‌دهد و در نتیجه سبب افزایش نفوذپذیری فیلم‌های PVC با منافذ میکرو نسبت به رطوبت می‌گردد؛ اما باید مطالعاتی برای فهم بهتر اثر کشیدن مکانیکی و دستی بر روی ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی گاز فیلم‌های PVC بدون منافذ میکرو انجام شود. میزان اکسیژن و دی اکسید کربن داخل بسته‌های قارچ از جنس کاغذ- گلوتن گندم به ترتیب ۲/۵ و ۹/۵ کیلوپاسکال می‌باشد. در این مورد شرایط پایدار بعد از ۵۰ کیلو پاسکال به دست آمد. طبق گزارشات قبلی استفاده از فیلم‌های آبدوست با نفوذپذیری انتخابی در مقایسه با انواع فیلم منفذدار بدون نفوذپذیری انتخابی منجر به تأخیر و تعادل اتمسفر داخل بسته می‌گردد. برای مثال حالت پایدار در بسته‌بندی قارچ با فیلم‌های گلوتن گندم در ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۲٪ بعد از ۳۲ ساعت نگهداری به دست می‌آید.

میزان دی اکسید کربن در ۱۵ کیلوپاسکال بعد از ۱۵ ساعت نگهداری در داخل بسته‌های قارچ از جنس موادی با نفوذپذیری انتخابی بالا (در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۲٪) به حداکثر میزان خود رسید در حالی که با استفاده از کاغذ-گلوتن گندم با نفوذپذیری انتخابی متوسط میزان دی اکسید کربن در سطح تقریباً یکسانی می‌باشد. اتمسفر متعادل تولید شده در آزمایش MAP باید با اتمسفر توصیه شده برای قارچ مقایسه شود. نتایج نشان می‌دهد که فقط کاغذ- گلوتن گندم منجر به ایجاد غلظت مطلوب اکسیژن (۲/۵ کیلوپاسکال) می‌شود در حالی که میزان بالای اکسیژن تولید شده با کاغذ بدون پوشش و فیلم PVC کشسان با غلظت اکسیژن توصیه شده قابل مقایسه نبود. اگرچه غلظت دی اکسید کربن به میزان ۹/۵ کیلوپاسکال برای کاغذ- گلوتن گندم از غلظت دی اکسید کربن توصیه شده فراتر بود. برای تعیین غلظت فیتوتوکسیک^۱، قارچ‌ها را حداقل ۱۲ ساعت در شرایط محیطی (دمای اتاق) نگهداری می‌کنند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که اتمسفر به دست آمده با کاغذ- گلوتن گندم نسبت به کاغذ یا فیلم کشسان فیتوتوکسیک کمی دارد.

علاوه بر فیلم‌های گفته شده برای قارچ، می‌توان از فیلم‌های بسته‌بندی PD 941 و PD 961 نیز استفاده نمود. ترکیبات گاز در بسته‌های PD941 و PD961 محدود است. برخلاف تفاوت نفوذپذیری دی اکسید کربن بین فیلم‌های PD941 (۱⁻ اتمسفر. روز^{-۱} متر مربع. میلی‌لیتر ۳۶۰۰۰) و PD 961 (۱⁻ اتمسفر. روز^{-۱} متر مربع. میلی‌لیتر ۲۲۰۰۰) الگوی تغییرات غلظت دی اکسید کربن متفاوت نمی‌باشد. در نتیجه فیلم‌های PD941 و PD 961 بر جلوگیری از عبور گاز دی اکسید کربن از داخل بسته به خارج آن هر دو مؤثر می‌باشد. تغییر ترکیبات گاز با نتایج به دست آمده توسط^۲ یکسان می‌باشد.

- 1- Phytotoxicity
- 2- Lopez and Roy



کاهش میزان انتقال اکسیژن^۱ (OTR) و میزان انتقال دی اکسید کربن^۲ (CTR) در PD 961 به حفظ شرایط بی‌هوایی حتی بعد از اولین روز نگهداری کمک می‌کند. میزان کاهش اکسیژن و تولید دی اکسید کربن به وسیله‌ی قارچ‌ها نسبت به میزان نفوذپذیری این گازها توسط PD941 و PD961 مهم‌تر است. به عبارت دیگر، کاهش غلظت دی اکسید کربن بعد از ۲۴ ساعت و ترکیبات گاز به وسیله‌ی OTR و CTR فیلم کنترل می‌شود. فضای خالی MAP محصولات تازه بر زمان مورد نیاز برای تعادل در اتمسفر بسته‌بندی که به وسیله‌ی نفوذپذیری فیلم و تنفس محصول کنترل می‌شود، مؤثر است. قارچ‌های بسته‌بندی شده با PD941 بعد از یک کاهش شدید در غلظت اتمسفر اصلاح شده باعث افزایش غلظت اکسیژن می‌شوند و به نظر می‌رسد اتمسفر اصلاح شده بر طبق تعادل دی اکسید کربن به اکسیژن در حالت و وضعیت نهایی قابل تغییر است و اگر اتمسفر اصلاح شده اکسیژن و دی اکسید کربن متعادل نباشد، ممکن است کاهش یا افزایش یابد. همچنین نفوذ پذیری فیلم‌های PVC کشسان برای بخار آب کمتر از اکسیژن می‌باشد (۲).

۲-۵- کاهش وزن

بررسی‌ها نشان می‌دهد که وزن قارچ‌ها بدون در نظر گرفتن نوع ماده بسته‌بندی برای MAP به طور پیوسته با زمان کاهش می‌یابد. بنابراین میزان کاهش وزن با زمان ثابت است و برای قارچ‌های نگهداری شده با فیلم‌های کاغذ بدون پوشش، کاغذ-گلوتن گندم یا فیلم تجاری PVC به ترتیب ۰٫۱۸/۱٫۹۶/۷۵٪ می‌باشد.

کاهش وزن قارچ در دمای ۱۸°C، ۱۲°C و ۱۰°C در فیلم‌های پلی‌پروپیلن با منافذ میکرو به ترتیب ۰٫۶۰٪، ۰٫۵۶٪ و ۰٫۱۷٪ (وزنی/وزنی) در روز می‌باشد. کاهش وزن قارچ بسته‌بندی شده که شامل ماده خشک و رطوبت است به تنفس پس از برداشت و پدیده‌ی تعرق در قارچ تازه تجاری، رشد میکروبی و ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی بخار آب بسته

مربوط است. در مورد فیلم‌های تجاری سوبستراهی^۳ کربن توسط تنفس و میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود و باعث ۰٫۱۸٪ کاهش وزن در روز می‌گردد و این فرضیه به وسیله‌ی اطلاعات آب‌کندانس^۴ شده در سطح داخلی فیلم بسته‌بندی و سطح کلاهک قارچ نگهداری شده در مواد بسته‌بندی تأیید شد. در داخل بسته‌های قارچ از جنس موادی با نفوذپذیری بالا نسبت به بخار آب مانند کاغذ-گلوتن و کاغذ بدون پوشش هیچ‌کندانی مشاهده نشد. همان‌طور که انتظار می‌رفت میزان کاهش وزن در کاغذ-گلوتن گندم و کاغذ بدون پوشش به نفوذ پذیری آن‌ها نسبت به بخار آب، کاهش رطوبت و ماده خشک وابسته است. بعد از روز سوم (حدود ۹۶ ساعت بعد از تهیه)، کاهش وزن قارچ‌های نگهداری شده برای کاغذ بدون پوشش، کاغذ-گلوتن گندم و فیلم تجاری به ترتیب ۳٫۷/۷٫۸/۴٪ می‌باشد به طور معمول کاهش ۶-۵٪ (وزنی/وزنی) میوه و سبزی سبب کاهش ارزش تجاری و کیفیت بازاریابی می‌گردد (۴).

در بسته‌های PVC، PD961 و PD941 کاهش وزن در ۱۰۰ گرم قارچ بعد از ۶ روز نگهداری دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد در بین ۵ تا ۷ گرم بود. در واقع کاهش وزن سطح قارچ باعث کاهش آب از بسته‌بندی به اتمسفر محیط می‌شود که به علت فشار بخار مختلفی در فیلم بسته‌بندی می‌شود و کاهش کربن به محض تشکیل دی اکسید کربن در طی تنفس می‌شود (۴).

۳-۵- تغییر در رسیدگی

آزمایشات بیان می‌کند، رطوبت نسبی در محدوده ۱۰۰-۸۰٪ بر رسیدگی قارچ مؤثر نمی‌باشد. قارچ‌ها تحت اتمسفر اصلاح شده به وسیله‌ی کاغذ-گلوتن گندم (دی اکسید کربن ۹/۵ و اکسیژن ۲/۵٪)، کاغذ بدون پوشش (اکسیژن ۱۳٪ و دی اکسید کربن ۶٪) و فیلم تجاری (اکسیژن ۱۶٪ و دی اکسید کربن ۲٪) نگهداری

- 3- Substrates
- 4- Condensate



- 1- Oxygen transfer rate
- 2- Carbon dioxide transfer rate



شکل ۴- بسته‌های یک کویته و چند کویته قارچ

PD961 می‌باشد که غلظت اکسیژن آن بعد از ۶ روز صفر می‌باشد (۱۶).

۵-۴- تغییر در رنگ

سرعت قهوه‌ای شدن قارچ‌های نگهداری شده با فیلم تجاری PVC در روز سوم $L=74 \pm 3.6$ بود $3/6$ و این به قهوه‌ای شدن آنزیمی نسبت داده می‌شود. اگرچه تشکیل نقاط قهوه‌ای تیره در روز اول بر سطح قارچ نگهداری شده تحت فیلم کشسان دیده می‌شود؛ اما این نقاط در طی آنالیز نادیده گرفته شد و منجر به تشکیل یک رنگ همگون گردید.

سودوموناس^۱ در رطوبت نسبی و شرایط اکسیژن بالا تحت MAP به خصوص در فیلم تجاری PVC رشد می‌کند. سم باکتری باعث تجزیه‌ی غشا شده و باعث تماس بین تیروزین^۲ و سوبسترهای فنولیک^۳ شده و

می‌شوند. نتایج نشان داد که کاهش میزان اکسیژن و افزایش دی اکسید کربن در بسته‌ها سبب کاهش باز شدن کلاهک قارچ می‌گردد (شکل ۴) (۱۴).

قارچ‌های بسته‌بندی شده با کاغذ- گلوتن گندم بعد از ۳ روز نگهداری در ۲۰ درجه سانتی گراد مورد رضایت مصرف‌کنندگان می‌باشند. ۷۸٪ و ۲۲٪ قارچ‌ها به ترتیب در مرحله یک (غشاء کامل) و دو (غشاء خارجی کشسان) می‌باشند. کاغذ پوشش داده نشده یا فیلم تجاری سبب می‌شود که ۲۲٪، ۲۸٪ و ۱۱٪ از قارچ‌ها بعد از یک روز نگهداری به ترتیب در مرحله سه، یک و چهار قرار گیرند. در رابطه با نفوذپذیری فیلم بسته‌بندی بر میزان رسیدگی قارچ آزمایشات زیادی صورت گرفته است و محققان نشان دادند که باز شدن غشاء خارجی کلاهک قارچ‌های نگهداری شده در ۱۰ درجه سانتی گراد با غلظت اکسیژن کمتر از هوا کاهش می‌یابد و ۵٪ اکسیژن بیشترین تأثیر را بر میزان باز شدن کلاهک دارد. به علت نفوذپذیری بالای فیلم‌های PVC و PD941 اندیس رسیدگی این دو فیلم نسبت به PD961 بیشتر است. حداقل اندیس رسیدگی برای بسته‌بندی

- 1- Pseudomonas
- 2- Tyrosine
- 3- Phenolic



اکسیداسیون آن‌ها به کوئینون^۱، منجر به تشکیل لکه‌های قهوه‌ای می‌شود.

رنگ قارچ‌های نگهداری شده با کاغذ بدون پوشش و کاغذ- گلوتن گندم به آهستگی از $L=89 \pm 1$ در روز صفر به ترتیب به $1/4 \pm 84$ و $1/3 \pm 86$ در روز سوم کاهش می‌یابد. قهوه‌ای شدن قارچ به صورت کیفیت خوب برای L بیش از ۸۶ و کیفیت نسبی برای L بین ۸۰ تا ۸۵ ارزیابی می‌شود. میزان مختلف اکسیژن (۱۳ و ۲/۵ با کاغذ بدون پوشش و کاغذ- گلوتن گندم به ترتیب) تأثیر کمی بر میزان L دارد و اکسیژن نمی‌تواند عامل اصلی مؤثر بر قهوه‌ای شدن آنزیمی باشد. سایر شاخص‌هایی که می‌تواند بر بدرنگی قارچ اثر بگذارد، میزان دی‌اکسید کربن است. ترکیب گاز بیش از ۱۵٪ دی‌اکسید کربن و ۱۲٪ اکسیژن باعث بیشترین میزان قهوه‌ای شدن در قارچ و ترکیب گاز حاوی کمتر از ۵٪ دی‌اکسید کربن و ۱۰٪ اکسیژن کمترین تأثیر را بر آن دارد. سیمون^۲ در سال ۲۰۰۵ مشاهده کرد که دی‌اکسید کربن بر میزان L قارچ‌های تجاری نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد هیچ تأثیری ندارد. برای قارچ‌های نگهداری شده تحت کاغذ بدون پوشش و کاغذ- گلوتن گندم، زرد شدن بخش برش خورده‌ی ساقه در روز سوم نگهداری پدیدار شد. این اثر در کاغذ یا کاغذ- گلوتن گندم نمایان تر بود و این بیشتر یک مشکل فیزیکی است تا مشکل فیزیولوژیکی. استفاده از کاغذ یا کاغذ- گلوتن گندم باعث جلوگیری از تشکیل یک لایه‌ی رطوبت بر سطح قارچ‌ها می‌شود (که در PVC کشسان مشاهده شد)، کاهش جذب نور یا عدم جذب نور به وسیله - آب و سپس دریافت رنگ بهتر نتیجه می‌دهد (۲۶). L قارچ‌ها بعد از ۶ روز قابل پذیرش بودند و نوع فیلم بسته‌بندی بر آن تأثیری نداشت (۴).

۵-۵- تغییرات بافت

پیر شدن قارچ‌ها به علت کاهش سفت شدن سلول‌ها و رسیدن قارچ‌ها باعث ایجاد بافتی اسفنجی و نرم می‌شود.

سفتی قارچ‌های بسته‌بندی شده با کاغذ - گلوتن گندم، کاغذ بدون پوشش و فیلم تجاری PVC با سامانه MAP در روز سوم نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰٪ به ترتیب ۳/۵ به ۲/۹ و ۲/۵ می‌باشد. بیشترین میزان در کاغذ- گلوتن گندم (با فشار جزئی دی‌اکسید کربن ۹/۵ کیلوپاسکال) و کمترین (با فشار جزئی دی‌اکسید کربن ۲ کیلوپاسکال) میزان در فیلم تجاری PVC بود. این اثر محافظت‌کنندگی دی‌اکسید کربن با گزارشات قبلی مطابقت دارد. باید توجه داشت که رطوبت داخل بسته تأثیری بر نرمی قارچ ندارد. این موضوع با مطالعات قبلی در حذف آب قارچ برداشت شده و نگهداری شده در رطوبت نسبی ۹۰ یا ۹۵٪ مرتبط است. رطوبت نسبی بر میزان آب بافت در طی ۵ روز نگهداری تأثیری ندارد؛ اما تغییرات زودگذر مهمی مشاهده شد (۸).

۶- نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد که PD961 یک سامانه MAP موفق جهت گسترش عمر نگهداری قارچ به مدت بیش از ۶ روز می‌باشد. همچنین بسته‌بندی قارچ‌ها با فیلم‌هایی با منافذ میکرو (۰، ۴۰، ۸۰ و ۲۴۰ میلی‌متر مربع) در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ روز نشان می‌دهد که افزایش سطح فیلم‌های میکرومنفذ منجر به افزایش غلظت اکسیژن می‌شود و از شرایط غیر هوایی جلوگیری می‌کند؛ اما این غلظت زیاد اکسیژن به همراه غلظت کم دی‌اکسید کربن سبب افزایش فعالیت متابولیکی و در نتیجه افزایش اندیس رسیدگی می‌گردد. فیلم PVC کشسان نیز می‌تواند به عنوان یک فیلم منفذدار مورد توجه باشد؛ اما در این نوع فیلم‌ها اکسیژن با فشار جزئی ۱۶ کیلوپاسکال و دی‌اکسید کربن با فشار جزئی ۲ کیلوپاسکال سبب تشکیل آب کندانس در سطح داخلی فیلم و سطح قارچ‌ها می‌گردد. همچنین در طی یک روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰٪ حدود ۳۰٪ از کل قارچ‌ها دارای غشاء باز بوده و بر روی کلاهک نقاط قهوه‌ای تیره تشکیل می‌گردد. حفظ سفتی، سفیدی نسبی و کاهش



heads". Biologically - active phytochemicals in food, 477-479. 2001.

7. Lopez Briones, G., Varoquaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G., & Pascat, B., "Storage of common mushroom under controlled atmospheres". International journal of food science and technology 27, 493-505. 1992.

8. Mahajan, P. V., Rodrigues, F. A. S., Motel, A., & Leonhard, A., "Development of moisture absorber for packaging of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*)". Postharvest biology and technology 48, 408-414. 2008.

9. McMillin, W. K., "A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat". Meat science 80, 43-65. 2008.

10. Rees, D., Farrell, G., Orchard, J., "Book of Crop post-harvest: science and technology". perishables technology & engineering, 480 pages. 2012.

11. Simon, A., Gonzalez-Fandos, E., & Sveine, E., Klougart, A., & Rasmussen, C. R. "Ways of prolonging the shelf-life of fresh mushrooms". Mushroom science 6, 463-474. 2005.

12. Trommer, K., & Morgenstern, B., "Nonrigid microporous PVC sheets, preparation and properties". Journal of applied polymer science 115, 2119-2126.

13. Velde, V., Kiekens, P., 2002, "Biopolymers: Overview of several properties and consequences on their applications". Polymer testing 21, 433-442. 2009.

14. Wang, Y. S., Tian, S. P., Xu, Y., Qin, G. Z., & Yao, H. J., "Changes in the activities of pro- and anti-oxidant enzymes in peach fruit inoculated with *Cryptococcus laurentii* or *Penicillium expansum* at 0 or 20 °C". Postharvest biology and technology 34, 21-28. 2004.

15. Xing, Z. T., Wang, Y. S., Feng, Z. Y., & Tan, Q., "Effect of different packaging films on postharvest quality

پارگی غشاء قارچ‌ها با استفاده از سامانه MAP بعد از ۴ روز نگهداری در ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰٪ فقط با کاغذ-گلوتن گندم مورد رضایت مصرف‌کنندگان می‌باشد کاغذ-گلوتن گندم نفوذپذیری بالایی به بخار آب نشان می‌دهد و در نتیجه منجر به کاهش بسیار بالای وزن قارچ می‌گردد. اگرچه بر خلاف قیمت کم و ویژگی‌های عملکردی جالب، این مواد ویژگی‌های مکانیکی ضعیفی دارند و برای حل این مشکل می‌توان آن‌ها را با سایر مواد مانند فیبرهای سلولزی ترکیب نمود.

۷- منابع

1. Ares, G., Lareo, C., & Lema, p, "Modified atmosphere packaging for postharvest storage of Mushrooms". A Review, global science books, 32- 40. 2007.

2. Charles, F., Sanchez, J., & Gontard, N., "Absorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging". Journal of food engineering 72, 1-7. 2006.

3. Gastaldi, E., Chalier, P., Guillemin, A., & Gontard, N., "Microstructure of proteincoated paper as affected by physico-chemical properties of coating solutions". Colloids and surfaces, 301-310. 2007.

4. Guillaume, C., Schwab, I., & Gontard, N., "Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushrooms (*Agaricus bisporus* L.)". Innovative food science and emerging technologies 11 690- 696. 2010.

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

6. Krumbein, A., & Schonhof, I. "Influence of temperature and irradiation on glucosinolates in broccoli



and selected enzyme activities of *hypsizygus marmoreus* mushrooms”. *Journal of agricultural and food chemistry* 56,11838–11844. 2008.

16. Zivanovic, S., Buescher, R.W., & Kim, K.S., “Textural changes in mushrooms (*Agaricus bisporus*) associated with tissue ultrastructure and composition”. *Journal of food science*, 65, 1404- 1408. 2000.

17. Parentelli, C., Ares, G., Corona, M., Lareo, C., Gambaro, A., Soubes, M., & Lema, P., “Sensory and microbiological quality of shiitake mushrooms in modified atmosphere packaging”. *Journal of the science of food and agriculture* 86 in press. 2007.

آدرس نویسنده

گرگان - میدان بسیج - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع
طبیعی - دانشکده صنایع غذایی.