تاثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده با ترکیبات گازی مختلف بر خواص فیزیکوشیمیایی و ترکیبات مغذی قارچ دکمه‌ای سفید

پیمان رجایی[a]، لیلا ناطقی[b] *، فاطمه زارعی[c]

[a] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
[b] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
[c] دکترای صنایع غذایی، سازمان غذا و دارو، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۰۵
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1401.20.1.5.9 DOI: 10.30495/jftn.2022.51192.11058

چکیده

مقدمه: امروزه قارچ در خیلی از کشورهای جهان به عنوان یک منبع غذایی رایج مورد استفاده قرار می‌گیرد. قارچ‌های خوراکی ماندگاری کمی دارند. هدف از این تحقیق استفاده از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده با نسبت‌های مختلف بر خواص فیزیکوشیمیایی و ارزش تغذیه‌ای قارچ دکمه‌ای می باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نمونه‌های قارچ در بسته‌بندی با پوشش پلی‌پروپیلنی قرار گرفتند و بسته‌ها با ترکیب‌های گازی ۱۰۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد اکسیژن با ۷۵ درصد نیتروژن، ۵۰ درصد اکسیژن با ۵۰ درصد نیتروژن و همچنین ۲۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۵۰ درصد نیتروژن پر و بسته‌بندی شدند. نمونه شاهد نیز قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده با پوشش پلی پروپیلن و فاقد اتمسفر اصلاح شده (شاهد) بود. ویژگی‌های مورد بررسی شامل درصد کاهش وزن، درصد اسیدهای آمینه آزاد، درصد آسکوربیک اسید، غلظت پلی‌ساکاریدها، شدت تنفس، اندیس رسیدگی، ضریب قهوه‌ای شدن، خصوصیات رنگ‌سنجی و خصوصیات حسی در روز اول، پنجم، دهم و پانزدهم نگهداری در $4^{o}C$ مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که شاخص‌های افت وزن، آمینواسید آزاد، آسکوربیک اسید و شاخص روشنایی قارچ دکمه‌ای در طی زمان نگهداری به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) کاهش و شدت تنفس، ضریب قهوه‌ای شدن، زردی و قرمزی به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایش یافت. کلیه شاخص‌های حسی بافت، فساد و بدبویی، رنگ ظاهری و پذیرش‌کلی نیز در طی ۱۵ روز بسته‌بندی با کاهش معنی‌داری مواجه بودند ($p\leq$۰/۰۵). در بین تیمارهای قارچ دکمه‌ای شرایط گازی ۲۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۵۰ درصد نیتروژن دارای کمترین میزان تغییرات در طی زمان نگهداری نسبت به روز اول بوده و قابلیت محافظت بالاتری از قارچ دکمه‌ای نشان داد و تیمار شاهد دارای بالاترین میزان افت در طی زمان نگهداری بود. همچنین تیمار ۲۵ درصد اکسیژن با ۷۵ درصد نیتروژن و تیمار ۵۰ درصد اکسیژن با ۵۰ درصد نیتروژن اختلافات معنی‌داری در طی ۱۵ روز نگهداری نشان ندادند($p>$۰/۰۵).

نتیجه گیری: بسته‌بندی با شرایط گازی ۲۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۵۰ درصد نیتروژن به عنوان تیمار بهینه معرفی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: *اتمسفر اصلاح شده، پوشش پلی‌پروپیلن، قارچ دکمه‌ای*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: l.nathegi@iauvaramin.ac.ir, leylanateghi@yahoo.com

مقدمه

امروزه قارچ در خیلی از کشورهای جهان به عنوان یک منبع غذایی رایج مورد استفاده قرار می‌گیرد و در اولین کنفرانس بین‌المللی بیولوژی قارچ و محصولات آن که در سال ۱۹۹۳ در هنگ‌کنگ برگزار شد، قارچ دکمه‌ای و قارچ صدفی به عنوان یک ماکرو قارچ با یک اندام باردهی مجزا تعریف شد که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده است و با دست برداشت می‌شود. قارچ دکمه‌ای از ۴ بخش اصلی شامل کلاهک، لامل، غشاء خارجی و ساقه تشکیل شده است (Xiong, 2000). عمر نگهداری قارچ‌ها در دمای محیط کوتاه بوده (۴-۳ روز) و ارزش غذایی آنها پس از چند روز به علت قهوه‌ای شدن، میزان تنفس (RR[1]) بالا، از دست دادن آب، پیری و فساد میکروبی کاهش می‌یابد که مانعی برای توزیع و فروش آن است (Kim *et al*., 2006). Simon & Gonzalez-Fandosدر سال ۲۰۰۵ گزارش کردند قارچ‌های تازه مستعد فساد هستند و این امر خصوصاً در مورد قارچ‌های خرد شده بیشتر صدق می‌کند. برش قارچ باعث ایجاد سطح وسیع‌تر می‌شود که مشکلات فساد را افزایش می‌دهد. مکانیسم‌های فساد قارچ شامل کم آبی، قهوه‌ای شدن آنزیمی و رشد باکتری‌ها است. ماندگاری قارچ‌ها در مقایسه با بیشتر سبزیجات آماده مصرف کوتاه‌تر است زیرا سرعت تنفس آنها سریع است و هیچ مانعی برای محافظت از آنها در برابر از دست دادن آب یا حمله میکروارگانیسم وجود ندارد.

یکی از سیاست‌های جدی دولت‌ها در امر امنیت غذایی، کاهش ضایعات غذایی است و از طرف دیگر سازمان *سازمان* خواربار و کشاورزی ملل متحد راه‌هایی را برای جلوگیری از ضایعات موادغذایی به مسئولان کشاورزی و تأمین‌کنندگان مواد غذایی، ارائه داده است (Mohebi *et al*., 2014). استفاده از بسته‌بندی مناسب، یکی از راه‌هایی است که می‌تواند منجر به حفظ کیفیت و افزایش عمر انباری و قفسه‌ای و کاهش ضایعات محصولات باغی شود. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP[2]) فعال و غیر فعال با کاهش سرعت واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی نظیر کاهش تنفس، تولید اتیلن و رشد میکروارگانیسم‌ها سبب افزایش عمر ماندگاری محصولات باغی می‌شود. اتمسفر اصلاح شده نرم شدگی بافت و تغییرات ترکیبات میوه و سبزیجات را به تاخیر می‌اندازد و علائم فیزیولوژیکی نامطلوب و خسارت میوه را کاهش می‌دهد. در منابع علمی، اصطلاح اتمسفر اصلاح شده غیر فعال بوسیله محصول (MAP غیر فعال) به معنی دستیابی به توازن مناسبی از اتمسفر بسته بر اساس تنفس محصول و خصوصیات نفوذپذیری است. در واقع اتمسفر مورد نیاز به‌صورت انفعالی در اثر مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن طی فرآیند تنفس محصول در بسته ایجاد می‌شود از طرف دیگر سیستم هوای تغییر یافته فعال (MAP فعال) با خارج کردن هوای معمولی از بسته و ایجاد خلا و جایگزینی سریع ترکیبی از گازهای مورد نظر به جای آن بوجود می‌آید (Ozdemir and Floros, 2004). تعیین نسبت گازها و نگهداشتن این اتمسفر درون بسته‌بندی و اطراف ماده‌غذایی چندان ساده نیست و بسته به نوع ماده غذایی متفاوت است و می‌تواند روی عمر ماندگاری ماده غذایی تاثیرگذار باشد. در تحقیقات Nazari and sedaghat در سال ۲۰۰۷ بسته‌بندی فعال در مورد انواع گوناگون از موادغذایی مانند نان، کیک، شیرینی، پیتزا، خمیرتازه، پنیر، گوشت و فرآورده‌های آن و میوه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در بسته‌بندی فعال قارچ دکمه‌ای تاکنون فقط از جاذب‌های رطوبت مانند سیلیکاژل، کلرید سدیم، گلوتن و خاک مونت‌موریلونیت استفاده شده است و سایر عوامل فعال تاکنون برای این محصول استفاده نگردیده است (Payan and Hamedi, 2012).

Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته (هوای معمولی، ۵ درصد اکسیژن + ۵ درصد دی‌اکسیدکربن +۹۰ درصد نیتروژن و ۱۰ درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسیدکربن +۷۵ درصد نیتروژن) بر خصوصیات کیفی و افزایش عمر انباری دو رقم آلبالو را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که میوه‌ها در شرایط اتمسفر اصلاح‌شده خصوصیات کیفی از جمله کاهش وزن، سفتی بافت و رنگ را بهتر حفظ کردند (Karimi and Musharraf, 2014). اثر بسته‌بندی فعال با پوشش پلی‌وینیل‌کلرید بر بازارپسندی قارچ دکمه‌ای را بررسی نمودند. در این مطالعه خصوصیات کیفی و کمی قارچ دکمه‌ای شامل رنگ، اندیس رسیدگی، باز شدن کلاهک و

[1] Respiration Rate

[2] Modified Atmosphere Packaging

کاهش وزن پس از نگهداری در دمای یخچال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی حسی قارچ دکمه‌ای نشان داد که از نظر اندیس رسیدگی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. از نظر رنگ سطح کلاهک، تیمارهای پلی‌وینیل‌کلرید کشسان به همراه ۲/۵ گرم سیلیکاژل و پلی وینیل کلرید شفاف به همراه ۱/۲۵ گرم سیلیکاژل توسط داوران بهترین امتیاز را کسب نمودند. در یک مطالعه مروری اثر بسته‌بندی تغییریافته بر میوه‌های تازه برش‌خورده و سبزیجات بررسی شد. با بررسی منابع مختلف مشخص‌شد که بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته می‌تواند بر شرایط نگهداری و نوع محصول بسته‌بندی شده تاثیرات معنی‌داری داشته باشد و استفاده از اتمسفر تغییریافته به‌عنوان راهکار مناسبی جهت نگهداری میوه‌ها و سبزیجات معرفی شد (Oliveira *et al*., 2015).

قارچ به دلیل وجود آب زیاد و پروتئین در معرض فساد است و نگهداری آن مشکل است. در ایران بیشتر قارچ به‌صورت تازه مصرف می‌شود و فقط مقدار کمی از آن به صورت کنسرو نگهداری می‌شود. قارچ تازه بیشتر از ۴۸ ساعت در دمای ۲۰درجه سانتی‌گراد قابل نگهداری نیست، اما می‌توان آن را به مدت یک هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری کرد. نگهداری قارچ در دمای محیط موجب خشک شدن، قهوه‌ای شدن، چرمی شدن بافت، باز شدن کلاهک و طویل شدن ساقه قارچ و در نهایت آلودگی با باکتری می‌شود، در این صورت بوی زننده از قارچ استشمام می‌شود (Ares *et al*., 2006). به منظور بهبود خواص کیفی و تغذیه‌ای قارچ طی دوره نگهداری استفاده از اتمسفر اصلاح شده توصیه می‌شود. هدف از این تحقیق استفاده از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده با نسبت‌های مختلف بر میزان ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای قارچ دکمه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

- مواد

باریم اکساید، اکسید باریم، اگزالات، فنل فتالئین، Et OH ۹۹/۵ درصد، گلوکز خالص، اسید سولفوریک، ۲، ۶ دی کلروانیدوفنل، اسید آسکوربیک، محلول تری کلرواستیک اسید ۵ درصد از شرکت مرک آلمان، قارچ از شرکت ملارد، ایران، پوشش پلی پروپیلن از شرکت بسپار نانوبن، قارچ دکمه‌ای از شرکت آسا تهیه شد.

- بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای

قارچ‌های دکمه‌ای پس از تهیه به مدت یکساعت در دمای ^{o}C ۱۰ و۹۰ درصد رطوبت نگهداری شد تا درجه حرارت و رطوبت قارچ‌ها یکسان گردد. پانزده عدد قارچ با اندازه، شکل و رنگ یکسان به روش کاملا تصادفی انتخاب شدند و داخل بسته پلی‌پروپیلنی (سرعت انتقال اکسیژن[1] =۶/۸ cc/m^2، مقاومت به بخار آب=۴/۲ g.mm/m2.day.kPa، مقاومت به کشش=۲۸/۳ MPa) قرار داده شدند. سپس سه نوع گاز مطابق با جدول ۱ به داخل بسته‌بندی‌ها توسط دستگاه بسته‌بندی (Henkelman مدل Boxer-200A، ساخت آلمان) واقع در آزمایشگاه گروه صنایع غذائی - پردیس کشاورزی دانشگاه تهران، تزریق شد. نوع گاز و نسبت‌های آن بر اساس پیش تیمار با هدف دستیابی به خواص کیفی مطلوب قارچ طی دوره نگهداری تعیین گردید. نمونه قارچ شاهد هم بدون تزریق گاز در بسته‌بندی پلی‌پروپیلنی بسته‌بندی شد. نمونه‌های بسته‌بندی شده در دمای ^{o}C۴ به مدت پانزده روز نگهداری شدند و خواص فیزیکوشیمیایی (اندازه گیری پلی‌ساکارید، رنگ ظاهری قارچ، اندازه‌گیری غلظت اسید آسکوربیک، اندازه‌گیری شدت تنفس قارچ، اندازه‌گیری ضریب قهوه‌ای‌شدن، اندازه‌گیری درصد آمینواسید آزاد) در فواصل زمانی روز صفر، پنجم ، دهم و پانزدهم در ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت (Oliveira *et al*., 2015).

- ارزیابی وزن نمونه‌ها

جهت اندازه‌گیری میزان کاهش وزن، نمونه‌ها قبل از بسته‌بندی (روز صفر) و پس از ۵، ۱۰ و ۱۵روز توزین شد. کاهش وزن اولیه قارچ صفر در نظر گرفته شد و کاهش وزن قارچ در هریک از تیمارهای زمانی براساس آن با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید(Karimi and Musharraf, 2014).

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن قارچ در روز صفر} - \text{وزن قارچ در روز} x}{\text{وزن قارچ در روز صفر}} \times 100$$

رابطه ۱

X پس از روز صفر (روز بسته‌بندی یعنی پنجم، دهم و پانزدهم) می‌باشد.

[1] O.T.R (Oxygen Transition Rate)

جدول ۱- کدبندی تیمارهای تحقیق

Table 1- Coding of research treatments

Treatment	T	T1	T2	T3	T5
Treatment	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	25% Oxygen 75%Nitrogen	50% Oxygen 50%Nitrogen	25% Oxygen 25% Carbon Dioxide 50%Nitrogen

- ارزیابی اندیس رسیدگی

جهت ارزیابی اندیس رسیدگی از ۱۰ ارزیاب نیمه آزموش دیده به روش (Guillaume *et al*., 2010) استفاده شد. در این آزمون غشاء قارچها به روش هدونیک ۵ امتیازی مورد ارزیابی قرار گرفت بطوریکه امتیاز ۱ متعلق به قارچ با بالاترین شاخص رسیدگی و دارای غشاء خارجی کاملا شکسته و متلاشی شده و امتیاز ۵ مربوط قارچ با غشاء خارجی سالم و تازه بود (Guillaume *et al*., 2010).

- اندازه‌گیری پلی‌ساکارید

قارچهای دکمه‌ای با استفاده از آون جابجایی هوای داغ (Memmert-UNB40) در دمای ۱۰۰ ^{o}C تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردیدند سپس قارچهای خشک شده توسط آسیاب پارس خزر مدل ۳۲۰p پودر شدند. پودر قارچ به میزان ۰/۲ گرم وزن شده و با ۱۰ میلی‌لیتر از آب دیونیزه در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در سه مرحله استخراج شد. پس از استخراج، سه مرحله در ۱۰۰۰۰rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (GS-15R,Beckman,USA) انجام شد. سپس مایع رویی جمع‌آوری شده و ۴ حجم از اتانول ۹۹/۵ درصد در ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت جمع شد. بعد از سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰rpm به مدت ۱۵ دقیقه)، رسوب باقیمانده با آب مقطر رقیق شد تا به حجم نهایی ۲۵۰ میلی‌لیتر برسد. سپس دو میلی‌لیتر از محلول استخراج پلی‌ساکارید خام به یک میلی‌لیتر از ۶ درصد محلول فنل و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد. سپس جذب در طول موج ۴۹۰ نانومتر با یک دستگاه اسپکتروفتومتری (Jasco v-550, Tokyo, Japan) قرائت شد و از گلوکز به عنوان استاندارد برای منحنی کالیبراسیون استفاده شد (Zhang *et al*., 2007).

- رنگ ظاهری قارچ

رنگ ظاهری قارچها با استفاده از رنگ‌سنج کونیکا مینولتا[1] (مدل CR400) ساخت کشورآمریکا بررسی گردید. از هر تیمار ۱۰ عدد قارچ به تصادف انتخاب گردید و قرائت‌ها از دو نقطه مقابل هم در روی قارچ انجام شد و شاخص‌های a^* (قرمزی – سبزی)، b^* (آبی–زردی) و L^* (روشنی یا سفیدی) اندازه گیری شد (Colgecen *et al*., 2015).

- اندازه‌گیری غلظت اسید آسکوربیک

اندازه‌گیری غلظت اسید آسکوربیک به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV/Vis 2100 PC ساخت کمپانی یونیکوآمریکا صورت گرفت. ۰/۵ گرم از نمونه قارچ همگن‌شده با ۱۵ میلی‌لیتر محلول تری‌کلرواستیک اسید ۵ درصد مخلوط و پس از همگن کردن، مخلوط صاف‌شد و ۵ میلی‌لیتر از محلول صاف‌شده را در لوله آزمایش ریخته و به آن ۰/۵ میلی‌لیتر از ترکیب ۲ ، ۶ دی کلروانیدوفنل اضافه شد. میزان غلظت اسید آسکوربیک هر تیمار بر اساس کاهش رنگ ترکیبات رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید (Khazraei *et al*., 2013).

- اندازه‌گیری شدت تنفس قارچ

جهت اندازه‌گیری شدت تنفس تیمارهای قارچ ۵۰ گرم نمونه توزین و به مدت یک ساعت نگه داشته شد. سپس قارچها به مدت یک ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد درون محفظه کاملا بسته حاوی ۱۵ میلی‌لیتر باریم اکسید ۰/۵ مولار قرار داده شد. با افزودن دو قطره فنل‌فتالئین، محتویات اکسید باریم با اگزالات ۱/۴۴ مولار تیتر شد. میزان شدت تنفس برحسب میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن آزاد شده توسط هر گرم قارچ در هر ساعت ($mg.co_2.g^{-1}.h^{-1}$) با توجه به رابطه ۲ بدست آمد (Castellanos *et al*., 2016).

$$\mathbf{R1} = \frac{(\mathbf{V1}-\mathbf{V2})\times\mathbf{C}\times\mathbf{44}}{\mathbf{W}\times\mathbf{T}}$$

[1] Konica *Minolta*

V1 اگزالات مصرف‌شده برای شاهد (میلی‌لیتر)، V2 اگزالات مصرف‌شده برای نمونه (میلی‌لیتر)، C غلظت اگزالات مصرفی (مولار ۱/۴۴)، W وزن نمونه (گرم) و T زمان آزمون (ساعت) بود. شایان ذکر است ۴۴ وزن مولکولی دی‌اکسیدکربن آزاد شده است.

- اندازه‌گیری ضریب قهوه‌ای‌شدن

برای بدست آوردن میزان فعالیت آنزیم قهوه‌ای شدن از پارامتر شاخص قهوه‌ای شدن[1] (BI) استفاده شد. برای دسترسی به این مقدار پارامتر a^*، L^* وb^* توسط دستگاه رنگ سنج کونیکا مینولتا، ژاپن ارزیابی شد و به کمک رابطه‌های ۳و ۴ این مقدار برای هر یک از تیمارها مشخص گردید (Khazraei *et al*., 2013).

رابطه۳ $$\mathbf{BI} = \frac{[\mathbf{X}-\mathbf{0.31}) \times \mathbf{100}]}{\mathbf{0.172}}$$

مقدار X برابر با رابطه ۴ است.

رابطه۴ $$\boldsymbol{x} = \frac{[\mathbf{a}* + (\mathbf{1.75\,L}*)]}{[(\mathbf{5.645L}*) + \mathbf{a}* - (\mathbf{3.012b}*)]}$$

اندازه‌گیری درصد آمینواسید آزاد

استخراج آمینواسید آزاد و آنالیز با روش Kim و همکاران با اندکی تغییر انجام شد. میزان ۰/۲ گرم پودر قارچ خشک‌شده به روش انجمادی که با آب دیونیزه و افزودن اتانول ۷۵ درصد و گرم کردن در آب ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه استخراج شد. سپس مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ (GS-15R,Beckman, USA) شد و مایع فوقانی جمع‌آوری شد. سپس مایع استخراج‌شده با آب مقطر به میزان ۴ میلی‌لیتر و ۸ میلی‌لیتر محلول سیترات لیتیم تا رسیدن به pH نهایی بین ۲ و ۳ رقیق شد. پس از آن پروتئین با افزودن ۳ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک‌اسید ۳ درصد جداشده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت قرارداده شد. مایع فوقانی با استفاده از فیلتر سرسرنگی با قطر ۰/۲ میکرومتر فیلتر شده و فیلتر برای آنالیز استفاده شد. محلول آمینواسید استاندارد نیز مخلوط آمینو به میزان ۱/۲۵ میلی‌مول محلول آسپاراتیک‌اسید (Wako, Japan) مورد استفاده قرار گرفت و نهایتا با دستگاه آنالیز آمینواسید JLC-500/V2.JEOL ساخت ژاپن آنالیز شده و به صورت میلی‌گرم آمینواسید در هر گرم ماده‌خشک بیان شد (Kim *et al*., 2009).

- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های قارچ شامل بافت، رنگ ظاهری، فساد و بدبویی و پذیرش‌کلی با استفاده از ۱۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده به روش امتیازدهی که شامل امتیاز ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب معادل خیلی بد، بد، متوسط، خوب و خیلی خوب بود مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی بافت ازارزیاب‌ها خواسته شد تا قارچ را بین انگشت شست و اشاره فشار دهند و به نمونه‌ها امتیاز دهد (Kramer and Twigg, 1966).

- تجزیه و تحلیل آماری

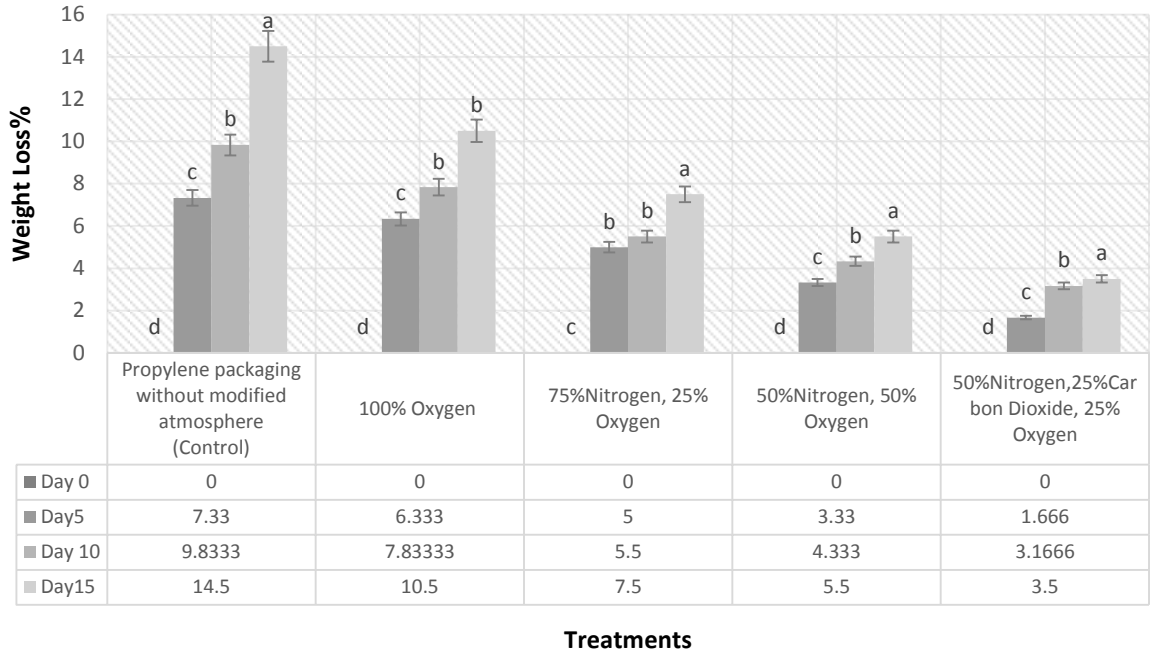
تیمارها در قالب طرح کاملا تصادفی طراحی شدند نتایج حاصل از آزمون‌ها به روش آنالیز واریانس یکطرفه دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و شکل‌ها توسط اکسل ۲۰۱۶ رسم گردید.

یافته‌ها

- کاهش وزن نمونه‌ها

نتایج ارزیابی کاهش وزن نمونه‌های قارچ شاهد و تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده در شرایط گازی مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد وزن طی ۱۵ روز نگهداری در تمامی تیمارها به صورت معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) کاهش یافت. کمترین درصد کاهش وزن طی دوره نگهداری متعلق به نمونه قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده در شرایط گازی ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن بود. بیشترین میزان کاهش وزن متعلق به تیمار قارچ شاهد بود که فاقد اتمسفر اصلاح شده بود بنابراین کاهش وزن در آن با سرعت بیشتری نسبت به سایر تیمارها صورت گرفت. به طور کلی هر گونه عاملی که به عنوان یک پوشش و یک سدکننده برای خروج رطوبت باشد می‌تواند سبب تاخیر در کاهش وزن نمونه‌ها گردد.

[1] Browning Index



	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25%Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	0	0	0	0	0
Day5	7.33	6.333	5	3.33	1.666
Day 10	9.8333	7.83333	5.5	4.333	3.1666
Day15	14.5	10.5	7.5	5.5	3.5

Figure 1- The interaction effect of treatment × storage time on the average percentage of button mushroom weight loss. Different letters indicate a significant difference (P<0.05).

شکل ۱ – اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین درصد کاهش وزن قارچ دکمه‌ای.

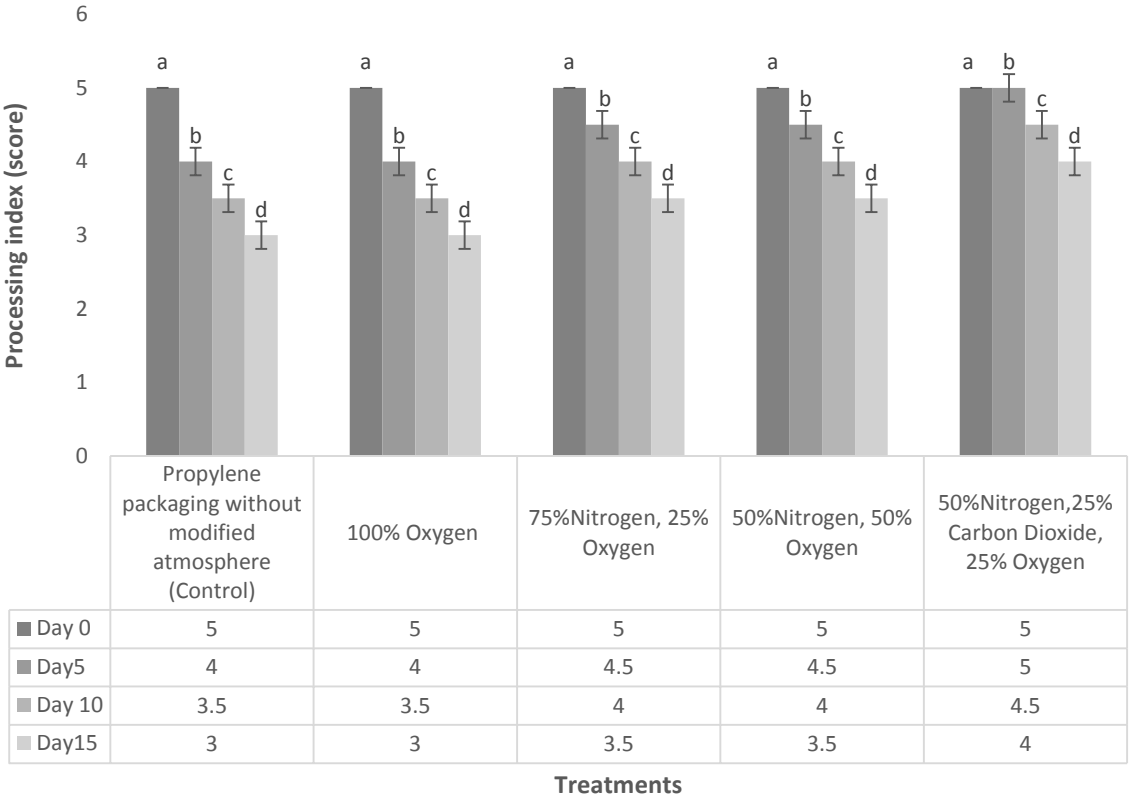
حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

– اندیس رسیدگی

نتایج ارزیابی شاخص رسیدگی نمونه‌های قارچ شاهد و تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده در شرایط گازی مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان روند رسیدگی داد طی ۱۵ روز نگهداری تمامی تیمارها به طور معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) افزایش یافت. بالاترین میزان اندیس رسیدگی قارچها (کمترین امتیاز) متعلق به تیمار شاهد و کمترین میزان رسیدگی (بالاترین امتیاز) متعلق به تیمار قارچ بسته‌بندی شده تحت گازهای ۲۵ درصد گاز اکسیژن، ۲۵ درصد دی اکسید کربن و ۵۰ درصد نیتروژن بود. نتایج در شکل ۲ نشان داد اثرات متقابل تیمار و زمان نگهداری بر روی میانگین امتیازات اندیس رسیدگی نمونه‌های قارچ دکمه‌ای معنی‌دار بود ($p\leq$ ۰/۰۵). حضور گاز دی اکسید کربن و نیتروژن در پوشش بسته‌بندی از افزایش میزان فعالیت تنفسی قارچ دکمه‌ای در طی ۱۵ روز نگهداری جلوگیری نموده و در نتیجه اندیس رسیدگی در تیمار شاهد افزایش می‌یابد. در پوشش‌های بسته‌بندی با اکسیژن و فاقد دی اکسید کربن میزان رسیدگی نیز بیشتر از تیمار دارای ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد دی اکسید کربن می‌باشد.

– استخراج و اندازه‌گیری پلی‌ساکاریدها

پلی‌ساکاریدها از جمله ترکیبات مهم و مفید در قارچها هستند و دارای ویژگی‌های تغذیه‌ای مناسبی مانند پیشگیری از بروز سرطان سینه و پرو ستات، افزایش تولید هیدروکسی پرولین، جاذب رادیکال‌های آزاد و گلیکوزآمینوگلیکان (مؤثر در درمان بیماری‌های مفاصل) می‌باشند. با توجه به شکل ۳ نیز ملاحظه گردید که اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین درصد پلی ساکاریدهای قارچ دکمه‌ای بر اساس اثرات متقابل تیمار در زمان نگهداری وجود داشت($p\leq$ ۰/۰۵). میزان میانگین درصد پلی‌ساکاریدهای قارچ دکمه‌ای در طی زمان نگهداری به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ($p\leq$ ۰/۰۵). در انتهای روز پانزدهم نگهداری نیز بین میزان میانگین درصد پلی‌ساکاریدهای قارچ دکمه‌ای بالاترین میزان افت به تیمار شاهد و کمترین آن نیز به تیمار قارچ بسته‌بندی شده تحت گازهای ۲۵ درصد گاز اکسیژن، ۲۵ درصد دی اکسید کربن و ۵۰ درصد نیتروژن مشاهده گردید ($p\leq$ ۰/۰۵). بررسی نتایج شکل ۳ ملاحظه شد که زمان نیز اثرات معنی‌داری بر روی میزان میانگین درصد پلی‌ساکاریدهای تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده وجود داشت ($p\leq$ ۰/۰۵).

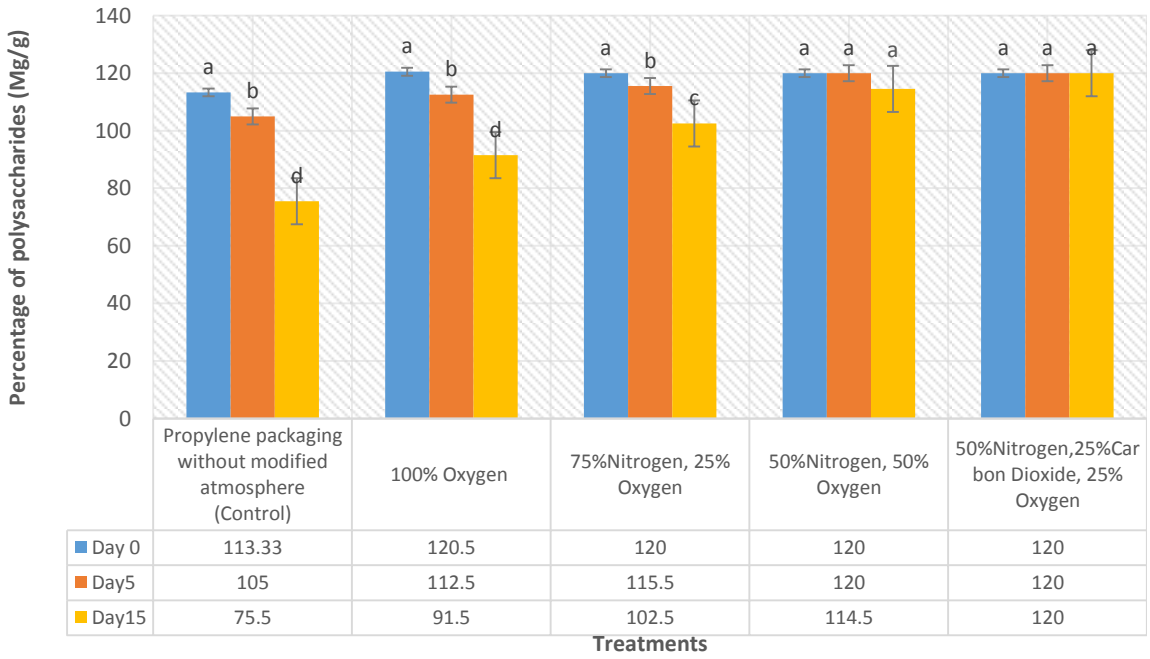


	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25% Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	5	5	5	5	5
Day5	4	4	4.5	4.5	5
Day 10	3.5	3.5	4	4	4.5
Day15	3	3	3.5	3.5	4

Figure 2- The interaction effect of treatment × storage time on the average scores of button mushroom ripening index. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ۲- اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین امتیازات اندیس رسیدگی قارچ دکمه‌ای.

حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.



	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25%Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	113.33	120.5	120	120	120
Day5	105	112.5	115.5	120	120
Day15	75.5	91.5	102.5	114.5	120

Figure3- The interaction effect of treatment × storage time on the average percentage of button mushroom polysaccharides. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

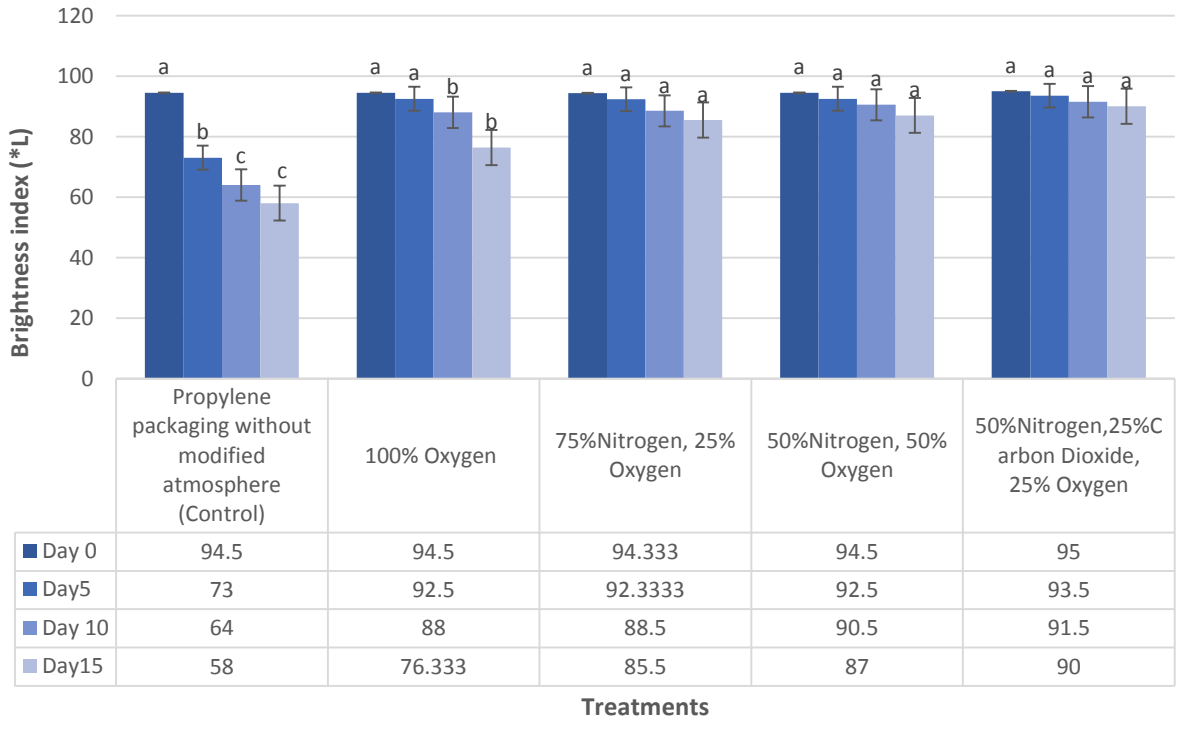
شکل ۳ - اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین درصد پلی‌ساکاریدهای قارچ دکمه‌ای.

حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

- رنگ‌سنجی تیمارهای قارچ

بررسی نتایج در شکل ۴ نشان داد که اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین شاخص روشنایی (L^*) تیمارهای قارچ در طی زمان نگهداری وجود داشت ($p\leq$ ۰/۰۵). همچنین میانگین شاخص روشنایی (L^*) تیمارهای قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده در طی زمان نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq$ ۰/۰۵). همچنین میزان افت شاخص روشنایی (L^*) در تیمار قارچ دکمه‌ای فاقد پوشش بسته‌بندی بالاتر از کلیه تیمارها بود اما تیمار قارچ بسته‌بندی شده با ۲۵ درصد دی اکسید کربن، ۲۵ درصد اکسیژن و ۵۰ درصد نیتروژن کمترین میزان کاهش شاخص روشنایی (L^*) را در طی دوره نگهداری نشان داده و از میزان کاهش شاخص روشنای (L^*) کمتری نسبت به سایر تیمارها در طی نگهداری برخوردار بود ($p\leq$ ۰/۰۵). از دلایلی که می‌توان اشاره نمود به افزایش فعالیت تنفسی و همچنین افزایش فعالیت آنزیمی تیروزیناز و افزایش میزان قهوه‌ای شدن قارچ دکمه‌ای در طی نگهداری می‌باشد که به طور معنی‌داری میزان مولفه روشنایی تیمارهای قارچ دکمه‌ای را کاهش می‌دهد.

همچنین به دلیل اکسیداسیون ناشی از فعالیت میکروبی و اکسیداسیون چربی میزان شاخص زردی در طی نگهداری نیز افزایش می‌یابد (شکل ۵). میانگین شاخص زردی (b^*) تیمارهای قارچ دکمه‌ای اختلافات معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) با یکدیگر داشتند. همان طور که در شکل ۵ نیز قابل مشاهده است میزان میانگین شاخص زردی (b^*) در تیمارهای قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده در طی زمان نگهداری ۱۵ روز تغییرات معنی‌داری نداشت اما در تیمار قارچ دکمه‌ای شاهد فاقد بسته‌بندی بالاترین میزان تغییرات شاخص زردی (b^*) مشاهده گردید ($p\leq$ ۰/۰۵). همچنین به دلیل اکسیداسیون ناشی از فعالیت میکروبی و اکسیداسیون چربی میزان شاخص زردی در طی نگهداری نیز افزایش می‌یابد.

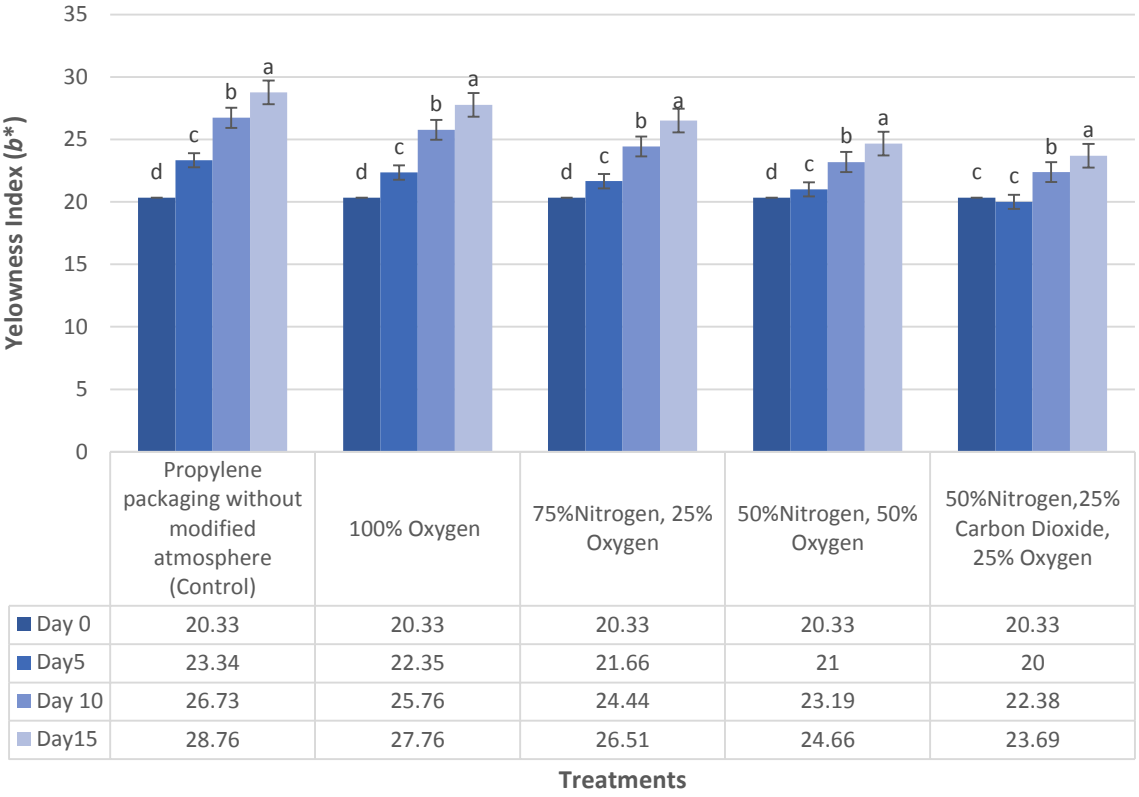


	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25%Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	94.5	94.5	94.333	94.5	95
Day5	73	92.5	92.3333	92.5	93.5
Day 10	64	88	88.5	90.5	91.5
Day15	58	76.333	85.5	87	90

Figure 4 - The interaction effect of treatment × storage time on the average brightness index of button mushroom. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ٤ – اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین شاخص روشنایی قارچ دکمه‌ای.

حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.



	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25% Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33
Day5	23.34	22.35	21.66	21	20
Day 10	26.73	25.76	24.44	23.19	22.38
Day15	28.76	27.76	26.51	24.66	23.69

Figure 5 - The interaction effect of treatment × storage time on the average button mushroom yellowness index. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ۵ – اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین شاخص زردی قارچ دکمه‌ای.
حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

شاخص قرمزی تیمارهای قارچ دکمه‌ای در طی دوره نگهداری (شکل ۶) نیز تحت تاثیر فعالیت آنزیمی فنول اکسیدازها و همچنین قهوه‌ای شدن آن به طور معنی‌داری افزایش یافت. میانگین شاخص قرمزی (a^*) تیمارهای قارچ دکمه‌ای اختلافات معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) با یکدیگر داشتند. همان طور که در شکل ۶ نیز قابل مشاهده است میزان میانگین شاخص قرمزی (a^*) در تیمارهای قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده درطی زمان نگهداری ۱۵ روز تغییرات معنی‌داری داشت اما در تیمار قارچ دکمه‌ای شاهد فاقد بسته‌بندی بالاترین میزان تغییرات شاخص قرمزی (a^*) مشاهده گردید ($p\leq$ ۰/۰۵). حضور دی اکسید کربن در بسته‌بندی از شدت تنفس قارچ کاسته و میزان رسیدگی آن را کاهش داد که در تیمار دارای ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی اکسید کربن و ۲۵ درصد نیتروژن میزان تغییرات رنگ شاخص قرمزی در کمینه مقدار بوده و در تیمار شاهد به حداکثر خود می‌رسد.

– نتایج اندازه گیری غلظت اسید آسکوربیک

بررسی نتایج ارزیابی غلظت اسید آسکوربیک (شکل ۷) حاکی از کاهش غلظت در طی زمان نگهداری بود. همچنین اسید آسکوربیک در معرض اکسیژن قرار گرفته و اکسیده می‌شود که به طور معنی‌داری در تیمار شاهد و همچنین تیمار دارای بسته‌بندی با اکسیژن ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ($p\leq$ ۰/۰۵). و همینطور غلظت اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری در تیمار قارچ دکمه‌ای دارای ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها و تیمار شاهد می‌باشد ($p\leq$ ۰/۰۵). با توجه به حضور دی‌اکسیدکربن در پوشش بسته‌بندی و همچنین ممانعت از رشد جمعیت میکروبی در طی نگهداری ارزش تغذیه‌ای قارچ دکمه‌ای بیشتر از سایر ترکیبات در طی نگهداری حفظ می‌شود

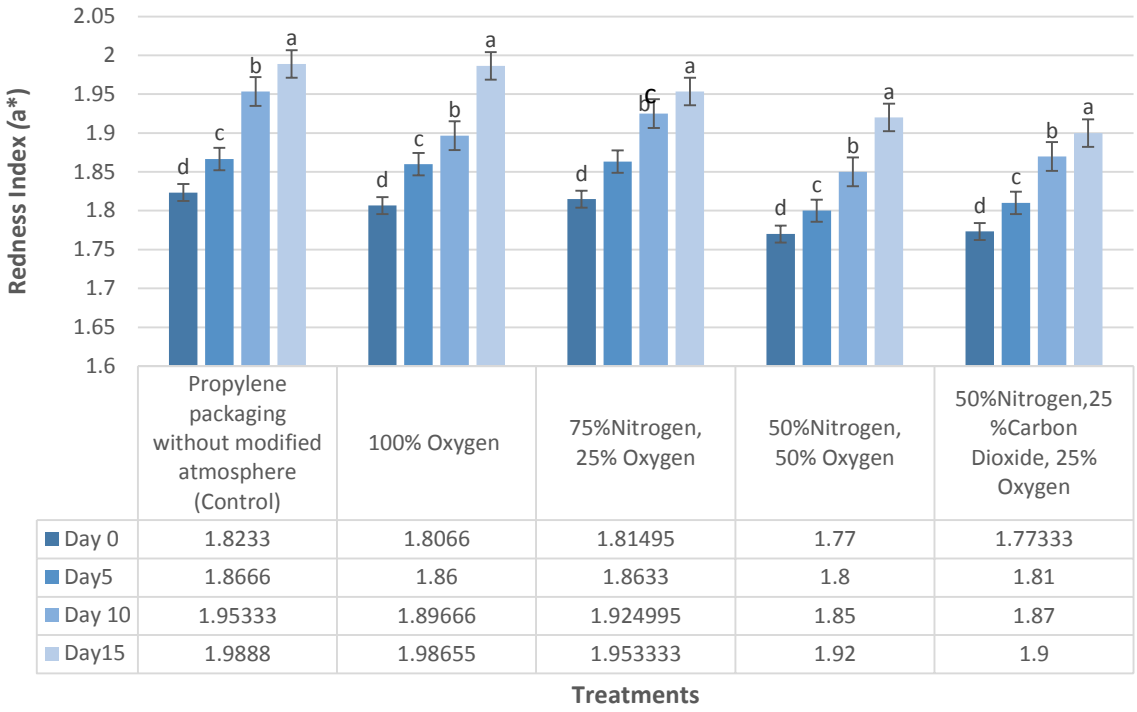


Figure 6- The interaction effect of treatment × storage time on the average redness index of button mushroom. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ٦- اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین شاخص قرمزی قارچ دکمه‌ای .حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ٥ درصد می باشند.

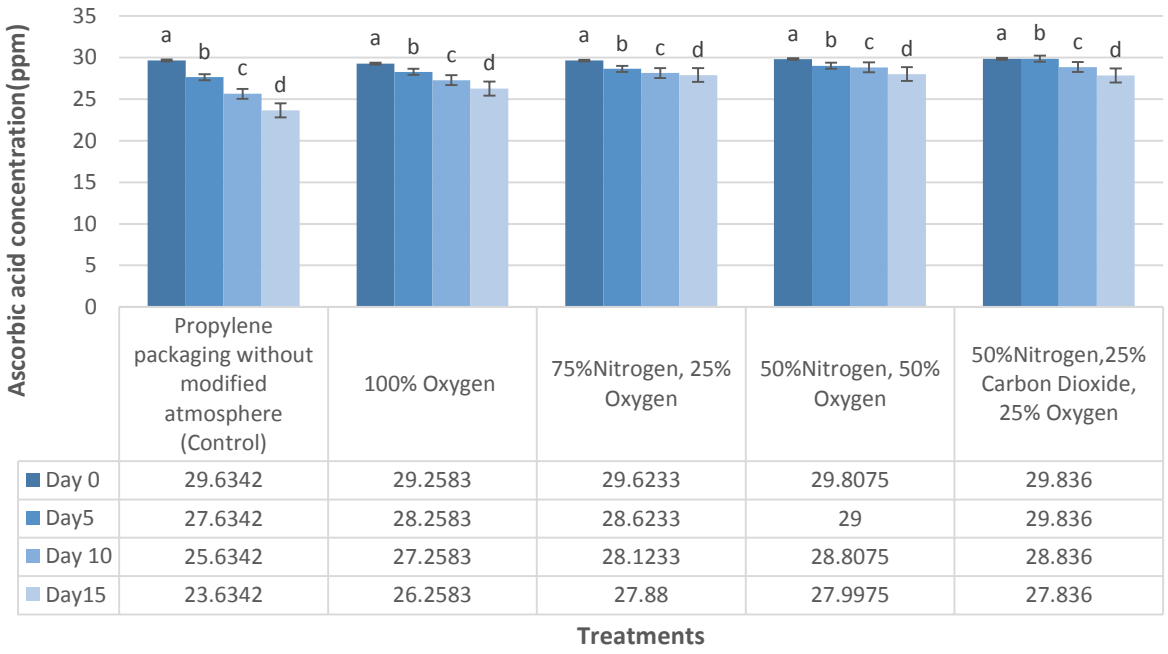


Figure 7- The interaction effect of treatment × storage time on the average ascorbic acid concentration of button mushroom. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ٧-اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین غلظت اسید آسکوربیک قارچ دکمه‌ای. حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ٥ درصد می باشند.

- نتایج اندازه‌گیری شدت تنفس قارچ

در شکل ۸ مشاهده شد که اختلافات معنی‌داری بین میانگین شدت تنفس تیمارهای قارچ دکمه‌ای بر اساس اختلاف در میزان گازهای مورد استفاده در بسته‌بندی تیمارها وجود داشت ($p\leq$ ۰/۰۵). میزان میانگین شدت تنفس تیمار قارچ دکمه‌ای فاقد بسته‌بندی در بین تیمارهای قارچ دکمه به میزان حداقل گزارش گردید، همچنین تیمار قارچ دکمه‌ای دارای ۲۵درصد دی اکسید کربن، ۲۵ درصد اکسیژن و ۵۰ درصد نیتروژن دارای کمترین میزان میانگین شدت تنفس تیمارهای قارچ دکمه‌ای بود ($p\leq$ ۰/۰۵). با توجه به شکل ۸ همچنین اثر زمان نگهداری بر میزان میانگین شدت تنفس تیمارهای قارچ دکمه‌ای نیز معنی دار بوده و همچنین روند افزایشی معنی‌داری در میزان میانگین شدت تنفس تیمارهای قارچ دکمه‌ای طی زمان نگهداری وجود داشت ($p\leq$ ۰/۰۵). میانگین درصد شدت تنفس تیمارهای قارچ دکمه‌ای اختلافات معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($p\leq$۰/۰۵). میزان میانگین شدت تنفس در تیمارهای قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده در طی زمان نگهداری ۱۵ به طور معنی‌داری افزایش یافت که میزان این افزایش در تیمار قارچ دکمه‌ای شاهد فاقد بسته‌بندی به بالاترین میزان و در تیمار قارچ بسته‌بندی شده با اکسیژن ۵۰ درصد، نیتروژن ۲۵ درصد و دی اکسید کربن ۲۵ درصد به کمترین میزان گزارش گردید ($p\leq$ ۰/۰۵). با توجه به نتایج بدست آمده از شکل ۸ در تیمار شاهد فاقد پوشش میزان این افزایش شدت تنفس در حداکثر میزان خود بوده و در تیمار دارای دی‌اکسیدکربن به جهت اثرات ممانعت کنندگی دی‌اکسیدکربن و نیتروژن از میزان آن به طور معنی‌داری کاسته شد.

- نتایج اندازه‌گیری ضریب قهوه‌ای شدن

میزان میانگین ضریب قهوه ای شدن در تیمارهای قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده در شکل ۹ نشان داده شد که درطی زمان نگهداری ۱۵ روز تغییرات افزایشی معنی‌داری داشت. اما در تیمار قارچ دکمه‌ای شاهد فاقد بسته‌بندی بالاترین میزان تغییرات ضریب قهوه‌ای شدن مشاهده گردید ($p\leq$ ۰/۰۵).

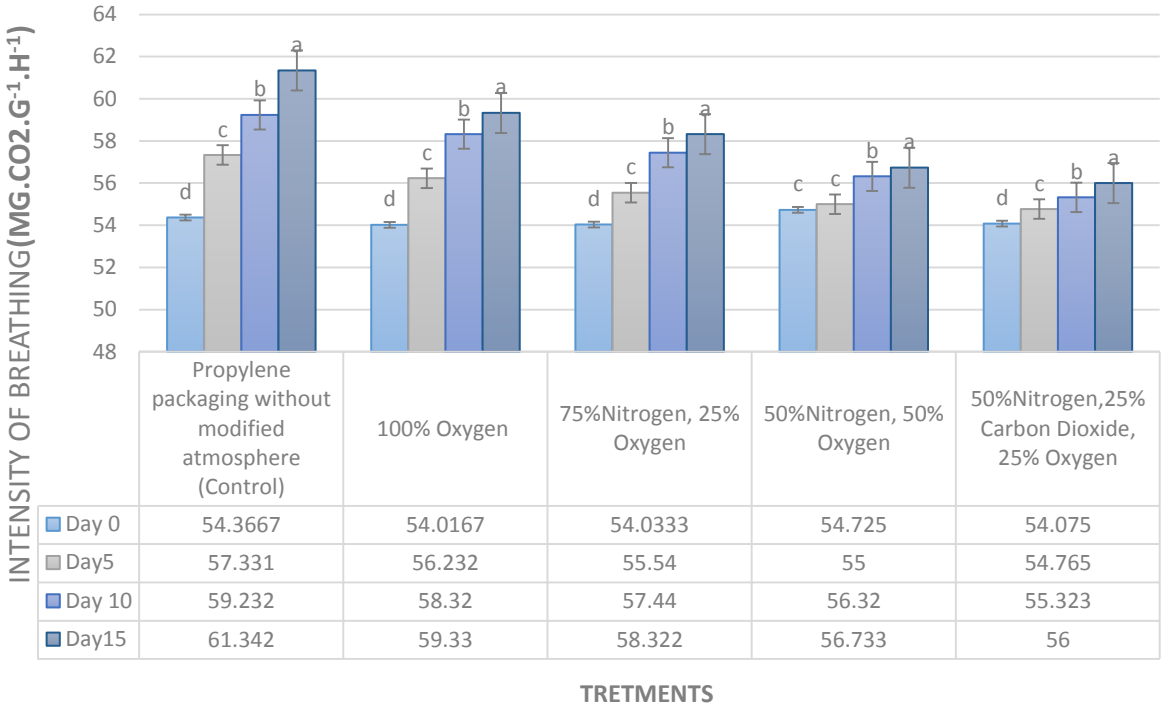
با توجه به نتایج بدست آمده از شکل ۹ مشاهده شد که در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته کاهش میزان رطوبت محیط سبب جلوگیری از ایجاد لکه‌های قهوه‌ای باکتریایی بر سطح کلاهک شده و رنگ کلاهک حتی تا روز پانزده در حد بسیار مطلوب حفظ می‌گردد. میزان دی‌اکسیدکربن بیش از ۵۰٪ سبب تاخیر در رسیدگی و قهوه‌ای شدن قارچ می‌گردد که البته تاثیر نامطلوبی مانند زرد شدن سطح داخلی و خارجی کلاهک را به همراه دارد. استفاده از ترکیب گازهای نیتروژن، دی‌اکسیدکربن و اکسیژن باعث کاهش میزان قهوه‌ای شدن تیمارهای قارچ گردید. در سایر بسته‌بندی‌ها به دلیل عدم حضور دی‌اکسیدکربن باعث شد که قهوه‌ای شدن تیمارهای قارچ دکمه‌ای به طور معنی‌داری در طی زمان نگهداری افزایش یافت.

- نتایج اندازه‌گیری درصد آمینواسید آزاد

بررسی نتایج شکل ۱۰ نشان داد که درصد آمینواسید آزاد در قارچ در طی نگهداری به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. میانگین درصد آمینو اسید آزاد تیمارهای قارچ دکمه‌ای اختلاف معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) با یکدیگر داشتند. میزان میانگین درصد آمینو اسید آزاد در تیمارهای قارچ دکمه‌ای بسته‌بندی شده درطی زمان نگهداری ۱۵ روز تغییرات معنی‌داری نداشت اما در تیمار قارچ دکمه‌ای شاهد فاقد بسته‌بندی بالاترین میزان تغییرات درصد آمینو اسید آزاد مشاهده گردید ($p\leq$ ۰/۰۵). دلایل کاهش میزان آمینو اسید مصرف آن توسط میکروارگانیسم به عنوان منبع حیاتی برای رشد و تکثیر بوده و با توجه به دارا بودن اسیدهای امینه ضروری موجود در قارچ تخمیر می‌شوند و به صورت آزاد بودن آن‌ها دسترس میکروارگانیسم‌ها را جهت مصرف آن تسهیل می‌نماید.

- نتایج ارزیابی حسی

بررسی نتایج ارزیابی حسی در شکل‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۱ نیز ملاحظه گردید که ارزیاب‌ها امتیازات کمتری به تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده با گذشت زمان اختصاص دادند به طوری که در انتهای روز پانزدهم کمترین امتیازات را کسب نمودند($p\leq$ ۰/۰۵). با توجه به شکل ۱۱-الف نیز کاهش معنی‌داری در امتیازات تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده با درصدهای مختلف گازها در زمان‌های مختلف نگهداری

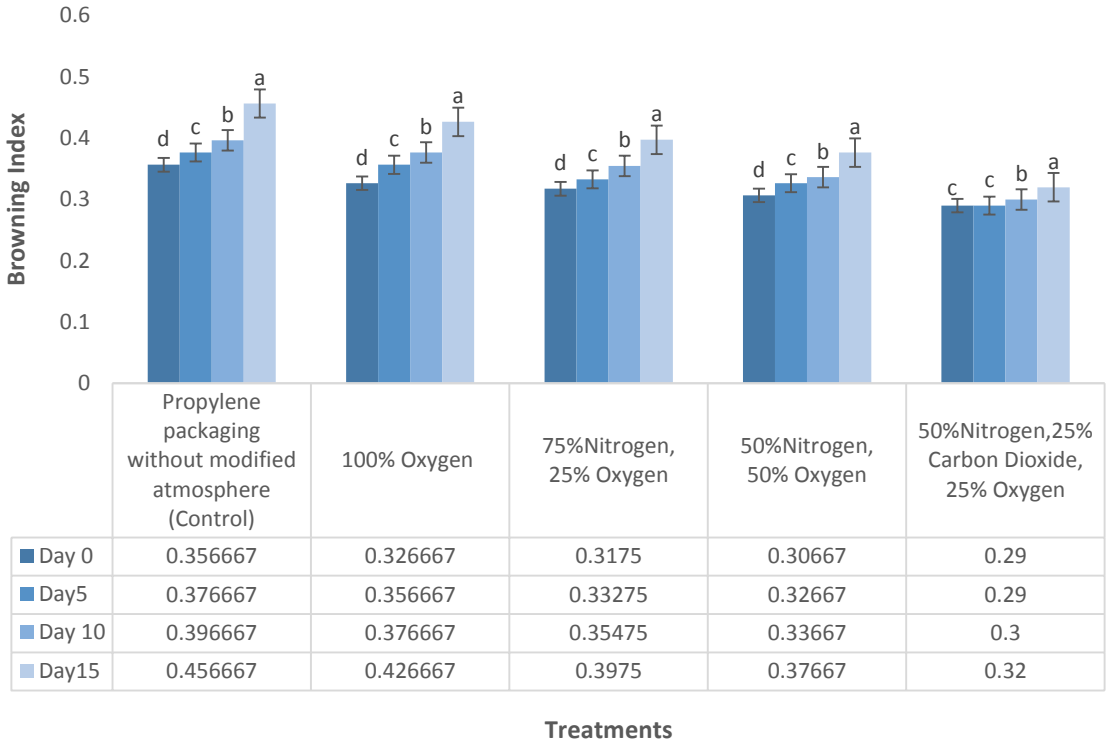


	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25% Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	54.3667	54.0167	54.0333	54.725	54.075
Day5	57.331	56.232	55.54	55	54.765
Day 10	59.232	58.32	57.44	56.32	55.323
Day15	61.342	59.33	58.322	56.733	56

Figure 8 - The interaction effect of treatment × storage time on the average breathing intensity of button mushroom. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ۸ – اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین شدت تنفس قارچ دکمه‌ای.

حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

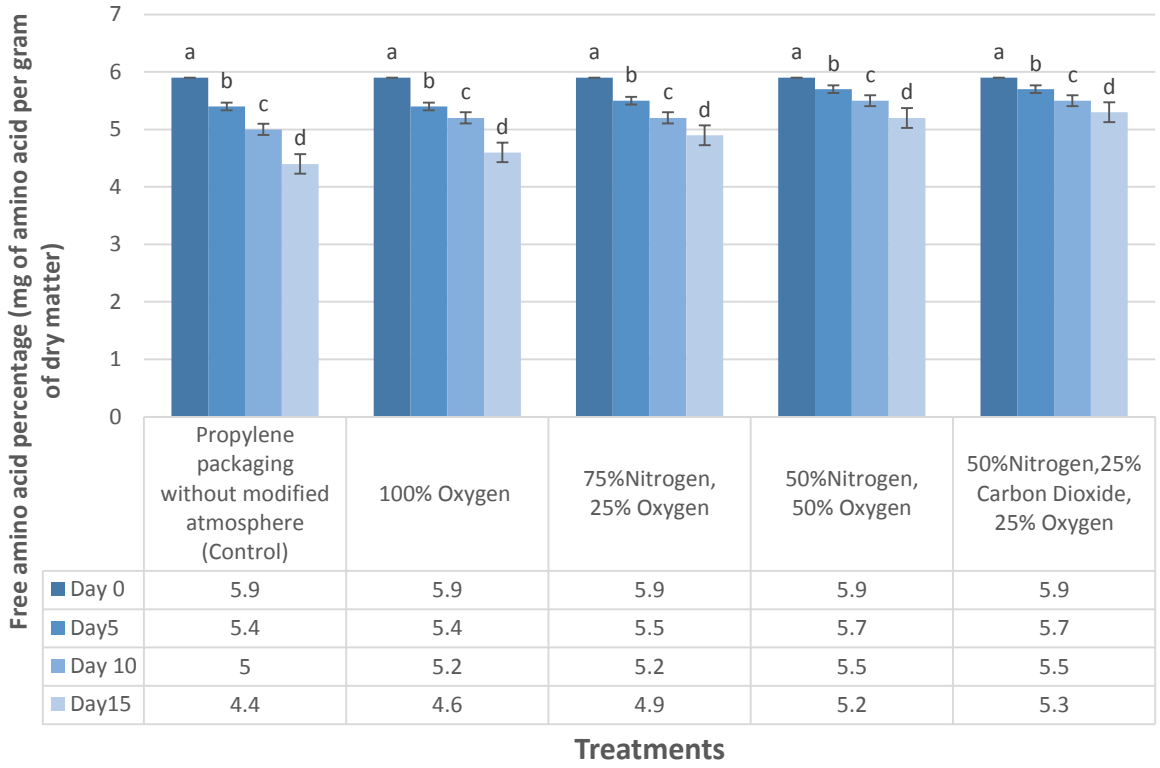


	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25% Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	0.356667	0.326667	0.3175	0.30667	0.29
Day5	0.376667	0.356667	0.33275	0.32667	0.29
Day 10	0.396667	0.376667	0.35475	0.33667	0.3
Day15	0.456667	0.426667	0.3975	0.37667	0.32

Figure 9- The interaction effect of treatment x storage time on the average browning coefficient of button mushroom. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ۹– اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین ضریب قهوه ای شدن قارچ دکمه‌ای.

حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.



	Propylene packaging without modified atmosphere (Control)	100% Oxygen	75%Nitrogen, 25% Oxygen	50%Nitrogen, 50% Oxygen	50%Nitrogen,25% Carbon Dioxide, 25% Oxygen
Day 0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
Day5	5.4	5.4	5.5	5.7	5.7
Day 10	5	5.2	5.2	5.5	5.5
Day15	4.4	4.6	4.9	5.2	5.3

Figure 10- The interaction effect of treatment × storage time on the average free amino acid percentage of button mushroom. Different letters indicate a significant difference (P<0.05)

شکل ۱۰- اثر متقابل تیمار × زمان نگهداری بر میانگین درصد آمینو اسید آزاد قارچ دکمه‌ای.

حروف متفاوت دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

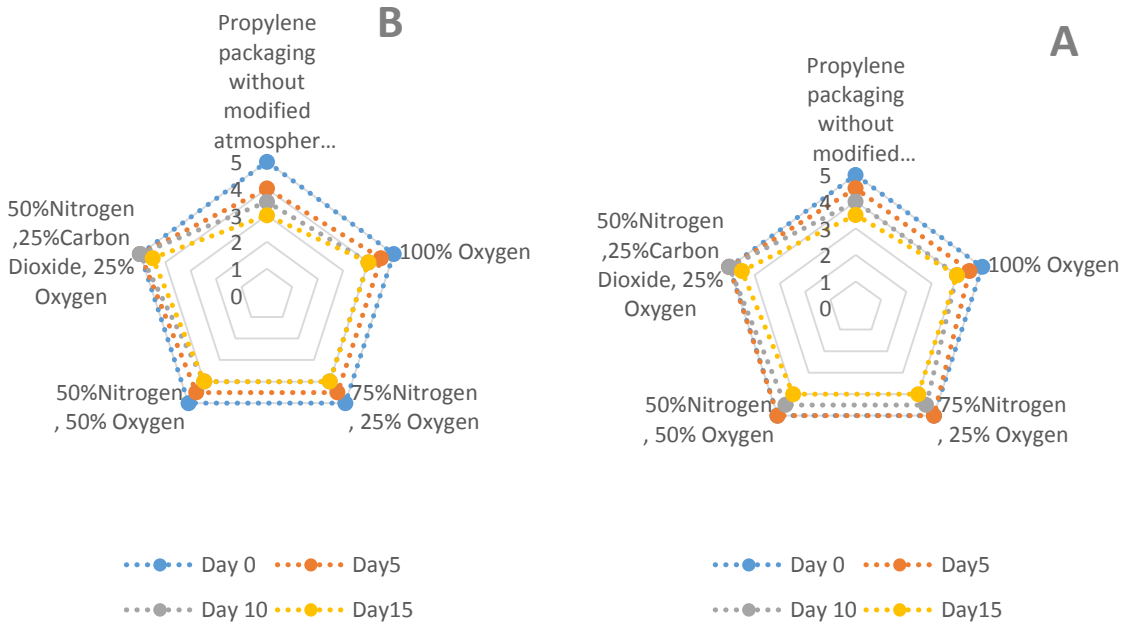


Figure 11- a) The interaction effect of treatment × storage time on the average scores of button mushroom texture, b) The interaction effect of treatment × storage time on the average scores of appearance color of button mushroom.

شکل ۱۱- الف) اثر متقابل تیمار× زمان نگهداری بر میانگین امتیازات بافت قارچ دکمه‌ای،ب) اثر متقابل تیمار× زمان نگهداری بر میانگین امتیازات رنگ ظاهری قارچ دکمه‌ای

وجود داشت ($p\leq$ ۰/۰۵). کلیه تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده از بالاترین امتیاز بافت در روز بسته‌بندی برخوردار بودند و با افزایش مدت زمان نگهداری از میزان امتیازات حسی بافت کاسته شد. تیمار قارچ بسته‌بندی نشده (شاهد) از بالاترین میزان افت امتیازات بافت نسبت به سایر تیمارهای قارچ برخوردار بوده و تیمار قارچ بسته‌بندی شده در ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی اکسید کربن و ۲۵ درصد نیتروژن از کمترین میزان افت امتیازات ارزیاب‌ها برخوردار بود ($p\leq$ ۰/۰۵). امتیازات سایر تیمارهای نیز در بین این دو تیمارها بوده و بین میانگین امتیازات بافت تیمار قارچ بسته‌بندی شده با ۲۵ و۵۰ درصد نیتروژن نیز اختلافات معنی‌داری مشاهده نشد ($p\leq$ ۰/۰۵). با توجه به شکل ۱۱- ب کاهش معنی‌داری در امتیازات تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده با درصدهای مختلف گازها در زمان‌های مختلف نگهداری وجود داشت ($p\leq$ ۰/۰۵). کلیه تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده از بالاترین امتیاز رنگ ظاهری در روز بسته‌بندی برخوردار بودند و با افزایش مدت زمان نگهداری از میزان امتیازات حسی رنگ ظاهری کاسته شد. تیمار قارچ بسته‌بندی نشده (شاهد) از بالاترین میزان افت امتیازات رنگ ظاهری نسبت به سایر تیمارهای قارچ برخوردار بوده و تیمار قارچ بسته‌بندی شده در ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۲۵ درصد نیتروژن از کمترین میزان افت امتیازات رنگ ظاهری ارزیاب‌ها برخوردار بود ($p\leq$ ۰/۰۵).

امتیازات سایر تیمارهای نیز در بین این دو تیمارها بوده و بین تیمار قارچ بسته‌بندی شده با ۲۵ و۵۰ درصد نیتروژن نیز اختلافات معنی‌داری مشاهده نشد ($p\leq$ ۰/۰۵).

با توجه به شکل ۱۲-ج نیز کاهش معنی‌داری در امتیازات تیمارهای فساد و بدبویی قارچ بسته‌بندی شده با درصدهای مختلف گازها در زمان‌های مختلف نگهداری وجود داشت ($p\leq$ ۰/۰۵). کلیه تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده از بالاترین امتیاز فساد و بدبویی در روز بسته‌بندی برخوردار بودند و با افزایش مدت زمان نگهداری از میزان امتیازات حسی فساد و بدبویی کاسته شد. تیمار قارچ بسته‌بندی نشده (شاهد) از بالاترین میزان افت امتیازات فساد و بدبویی نسبت به سایر تیمارهای قارچ برخوردار بوده و تیمار قارچ بسته‌بندی شده در ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی اکسید کربن و ۲۵ درصد نیتروژن از کمترین میزان افت امتیازات فساد و بدبویی ارزیاب‌ها برخوردار بود ($p\leq$ ۰/۰۵). امتیازات سایر تیمارهای نیز در بین این دو تیمارها بوده و بین تیمار قارچ بسته‌بندی شده با ۲۵ و۵۰ درصد نیتروژن نیز اختلافات معنی‌داری مشاهده نشد (۰/۰۵ $p\leq$). شکل ۱۲-د نشان دادکه از پذیرش کلی تیمارهای قارچ بسته‌بندی شده با گذشت زمان کاهش یافت به طوری که در انتهای روز پانزدهم کمترین امتیازات پذیرش کلی را کسب نمودند ($p\leq$ ۰/۰۵).

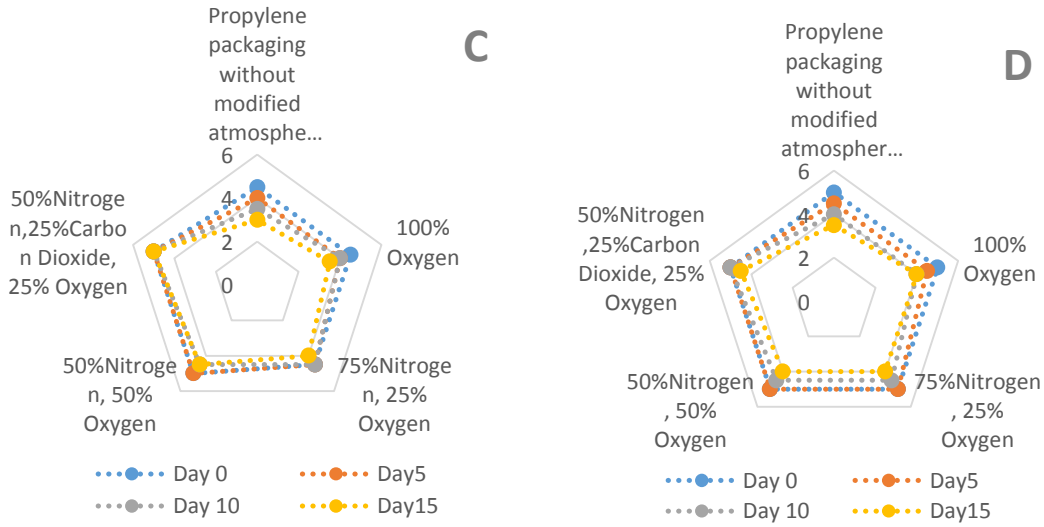


Figure 12- c) The interaction effect of treatment × storage time on the average scores of spoilage and bad smell of button mushroom and d) The interaction effect of treatment × storage time on the average overall acceptance scores of button mushroom.

شکل ۱۲- ج) اثر متقابل تیمار× زمان نگهداری بر میانگین امتیازات فساد و بدبویی قارچ دکمه‌ای و د) اثر متقابل تیمار× زمان نگهداری بر میانگین امتیازات پذیرش کلی قارچ دکمه‌ای،

بحث

- کاهش وزن نمونه‌ها

MAP با غلظت‌های مختلف اکسیژن ممکن است اثرات متفاوتی بر کیفیت غذای تازه داشته باشد. تا به امروز، اگرچه تحقیقاتی در مورد کاربرد MAP بر روی سبزیجات و میوه‌های تازه انجام شده است، اما تحقیقات کمی در مورد تغییرات فیزیولوژیکی و مواد مغذی تحت MAP با اتمسفرهای کم و اکسیژن زیاد انجام شده است. نتایج ارزیابی کاهش وزن نمونه‌های قارچ شاهد (بدون بسته‌بندی) و تیمارهای قارچ بسته‌بندی‌شده در شرایط گازی مختلف در شکل ۱ نشان داد که میزان کاهش وزن در تیمار قارچ شاهد فاقد پوشش بسته‌بندی با سرعت بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها صورت می‌گیرد . نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که قارچ‌های پوشش یافته با ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن توانایی بیشتر جهت حفظ رطوبت تیمارهای قارچ دکمه‌ای نشان داد که درصد کاهش وزن آن در مقایسه با تیمار شاهد و سایر تیمارها نیز کمتر گزارش گردید به طور کلی هر گونه عاملی که به عنوان یک پوشش و یک سدکننده بر قارچ اعمال گردد، سبب تاخیر در کاهش وزن نمونه‌ها می‌گردد. مکانیسم اولیه از دست رفتن رطوبت از قارچ تازه با خروج بخار آب به بیرون و کاهش شیب فشار بخار آب در داخل و خارج قارچ صورت می‌گیرد. به نظر می‌رسد ترکیب استفاده از سه گاز در مقایسه با اکسیژن ۱۰۰ درصد دارای کمترین میزان افت درصد وزنی در با سرعت بیشتری آب خود را از دست می‌دهند که باعث چروکیدگی می‌شود. سرعت از دست دادن آب به شیب فشار بخار آب در (داخل و خارج) و به محیط پیرامون قارچ بستگی دارد. مکانیسم اولیه از دست رفتن رطوبت از قارچ تازه با خروج بخار آب به بیرون و کاهش شیب فشار بخار آب در داخل و خارج قارچ صورت می‌گیرد. پوشش‌های خوراکی با به وجود آودن یک غشا نیمه تراوا باعث می‌شوند که مانعی در مقابل عبور گازها و بخار آب بوجود آید، و سبب کاهش تنفس و از دست رفتن آب و در نتیجه باعث کاهش افت وزن قارچ می‌شوند (Shalomofer *et al*., 2014).

Antmann *et al*., (2008) با بررسی قارچ‌های شیتا که در اتمسفر اصلاح شده فعال ۱۵ درصد O_2 اولیه و۲۵ درصد O_2 در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نشان دادند که که در طی ۶ روز اول نگهداری، تمامی شرایط بسته‌بندی ارزیابی شده برای کاهش میزان زوال قارچ مفید بوده است. با این حال، قارچ در بسته‌های اتمسفر اصلاح شده فعال بعد از ۱۲ روز بوی بدی پیدا کرد و قارچ‌ها در بسته‌بندی‌های ماکرو سوراخ شدند. با این حال، کاهش وزن پس از ۶ روز از ذخیره سازی به ۱۵٪ رسیده است که غیرقابل قبول است (Ares *et al*., 2006).

Khazraei *et al*., (2013) نیز در بررسی تاثیر پوشش کیتوزان – اسانس لیمو بر ماندگاری قارچ دکمه‌ای به نتایج مشابهی دست یافتند، آنها دریافتند که بسته‌بندی‌های با شرایط بهینه نگهداری درصد تبادلات رطوبت را کاهش داده و افت وزن قارچ‌ها را نیز کاهش می‌دهد که با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. از دست دادن آب قارچ دکمه‌ای به علت نیروی ناشی از اختلاف فشار بخار آب بین بافت میوه و هوای اطراف و مقاومت بافت در برابر این نیرو بستگی دارد. این اختلاف فشار در اثر افزایش دما و کاهش رطوبت بالا می‌رود. قارچ دکمه‌ای پوست نازکی داشته و به سرعت آب خود را از دست می‌دهد. با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده می‌توان فشار بخار اطراف میوه‌ها را در حد بالایی حفظ کرد که مانع از دست‌دادن آب و کاهش وزن میوه خواهد شد. (Schick *et al*., 2012) نیز با استفاده از بسته‌بندی توانستند از دست‌رفتن آب میوه گیلاس را به طور چشمگیری نسبت به میوه‌های بدون بسته‌بندی کاهش دهند.

- اندیس رسیدگی

بررسی نتایج اندیس رسیدگی (شکل ۲) نیز نشان داد که شاخص رسیدگی به طور معنی‌داری در طی ۱۵ روز افزایش می‌یابد ($p\leq$ ۰/۰۵). Lopez *et al*., (1992) نشان دادند بافت قارچ اساسا در طی مدت نگهداری به علت بلوغ سلول‌ها و انتقال آب از بافت، نرم و اسفنجی می‌شود و هر چه از رشد سلول جلوگیری شود این پدیده دیرتر اتفاق می‌افتد. Sahrai Khoshgerdash *et al*., (2013) گزارش کردند اندیس رسیدگی با میزان رطوبت رابطه معکوس دارد و هر چه میزان میزان اندیس رسیدگی افزایش می‌یابد رطوبت کمترمیشود. کاهش میزان رطوبت هم به دلیل کاهش نیروی چسبندگی میان مولکول‌های هیدروفیل و غیرفعال شدن پروتئین‌هایی که مسئول حفظ

غشاء کلاهک هستند سبب افزایش اندیس رسیدگی می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد به طور کلی با افزایش مدت زمان نگهداری باز شدن کلاهک نیز افزایش می‌یابد (Kamali *et al.*, 2015). حضور گاز دی‌اکسیدکربن و نیتروژن در پوشش بسته‌بندی از افزایش میزان فعالیت تنفسی قارچ دکمه‌ای در طی ۱۵ روز نگهداری جلوگیری نموده و در نتیجه اندیس رسیدگی در تیمار شاهد افزایش می‌یابد. در پوشش‌های بسته‌بندی با اکسیژن و فاقد دی‌اکسیدکربن میزان رسیدگی نیز بیشتر از تیمار دارای ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن می‌باشد. در این راستا نیز تحقیقات مشابهی وجود دارد. Nazari and Sedaghat, (2017) در بررسی اثر بسته‌بندی فعال با پوشش پلی‌وینیل‌کلرید بر بازارپسندی قارچ دکمه‌ای به نتایج مشابهی رسیدند که با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. آنها دریافتند که با استفاده از بسته‌بندی فعال میزان فعالیت تنفسی قارچ دکمه‌ای در مقایسه با تیمارشاهد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که با نتایج تحقیق حاضر نیز همخوانی داشت.

- استخراج و اندازه‌گیری پلی‌ساکاریدها

بررسی نتایج شکل ۳ بیانگر کاهش میزان درصد پلی‌ساکاریدها در طی زمان نگهداری بود. میزان این کاهش در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها گزارش شد. میزان این کاهش در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها گزارش گردید. پلی ساکاریدهای قارچ نیز از ترکیبات مغذی مورد استفاده قرار گرفته توسط میکروارگانیسم‌ها بوده که در چرخه کربس جهت تولید ATP سلولی مورد استفاده قرار گرفته و با انجام تخمیر تبدیل به قند الکل و اسید می‌شوند. عمده‌ترین دلیل کاهش میزان پلی ساکاریدها مربوط به حضور میکروارگانیسم‌ها بر می‌گردد که به طور معنی‌داری باعث کاهش ترکیبات مغذی آن در طی دوره نگهداری می‌شود (Costa *et al.*, 2011).

پلی‌ساکاریدهای قارچ نیز از ترکیبات مغذی مورد استفاده قرار گرفته توسط میکروارگانیسم‌ها بوده که در چرخه کربس جهت تولید ATP سلولی مورد استفاده قرار گرفته و با انجام تخمیر تبدیل به قند الکل و اسید می‌شوند (Soleimani *et al.*, 2012). عمده‌ترین دلیل کاهش میزان پلی‌ساکاریدها به حضور میکروارگانیسم‌ها برمی‌گردد که به طور معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) باعث کاهش ترکیبات مغذی آن در طی دوره نگهداری می‌شوند. اثر مثبت پوشش‌های خوراکی بر پایه پلی‌ساکاریدها در کاهش افزایش مواد جامد محلول به دلیل کاهش سرعت تنفس و کاهش فعالیت متابولیکی می‌باشد، از این رواز فرایند پیری جلوگیری می‌شود. پوشش‌ها با ایجاد یک غشاء نیمه تراوا در اطراف قارچ باعث کاهش مهاجرت آب شده و در نتیجه بریکس مقدار کمتری افزایش می‌یابد. پلی‌ساکاریدها از جمله ترکیبات مهم و مفید در قارچها هستند و دارای ویژگیهای تغذیه‌ای مناسبی مانند پیشگیری از بروز سرطان سینه و پروستات، افزایش تولید هیدروکسی پرولین، جاذب رادیکال‌های آزاد و گلیکوزآمینوگلیکان (مؤثر در درمان بیماری‌های مفاصل) می‌باشند. اخیرا، بیش از ۱۰۰ نوع پلی‌ساکارید از میسلیوم، اسپور و محیط کشت مایع قارچها جدا شده است. از این پلی‌ساکاریدها می‌توان به هترو پلی‌ساکاریدها، گلیکوپروتئین‌ها و بتا دی-گلوکان‌ها، نام برد. تحقیقات نشان داده است که پروتئین‌های متصل به پلی‌ساکاریدهایی که از قارچ خوراکی استخراج شده است، دارای فعالیت ضد تومور و ضد دیابت هستند (Manolopoulou *et al.*, 2012; Huang *et al.*, 2010).

Ozdemir and Floros, (2004) با آزمایش بر روی خیار حداقل پروسس شده را با ۳ نوع پوشش ترکیبی تیمار کرده و مشاهده نمودند خیارهایی که با ویتامین ث و کیتوزان تیمار شده بودند ماندگاری آنها به ۴ تا ۶ روز افزایش یافت و این پوشش باعث تاخیر تنفس و کاهش وزن شد. با توجه به حضور بالاتر میکروارگانیسم‌ها در تیمار قارچ دکمه‌ای فاقد بسته‌بندی کمترین میزان غلظت پلی‌ساکاریدها در تیمار شاهد و بالاترین آن نیز در تیمار دارای ۵۰ درصد نیتروژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۲۵ درصد اکسیژن مشاهده گردید. سایر تیمارها به جهت حضور فشار اکسیژن مولکولی و نیتروژن در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری از رشد میکروارگانیسم‌ها ممانعت کرده و باعث حفظ نسبی میزان پلی ساکاریدها می‌گردند. Sahrai Khoshgerdash *et al.*, (2013) در بررسی تأثیر پوشش نانوامولسیون حاوی کیتوزان بر افزایش ماندگاری سیب رقم گلاب کهنز در مدت انبارداری نیز دریافتند در بسته‌بندی‌هایی

که پوشش‌دهی باعث کاهش جمعیت میکروبی می‌گردد میزان غلظت پلی‌ساکاریدی میوه به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای با جمعیت میکروبی بالا می‌باشد، چرا که در این تیمارها میزان اسیدهای آلی تولید شده توسط تخمیر میکروبی به شدت افزایش می‌یابد و با نتایج تحقیق حاضر نیز همسو بود.

- رنگ‌سنجی تیمارهای قارچ

بررسی نتایج ارزیابی شاخص روشنایی تیمارهای قارچ دکمه‌ای (شکل ۴) حاکی از کاهش میزان مولفه روشنایی در طی زمان نگهداری بود ($p\leq$ ۰/۰۵). کاهش مولفه روشنایی ارتباط با افزایش فعالیت تنفسی ، افزایش فعالیت آنزیمی تیروزیناز و افزایش میزان قهوه‌ای شدن قارچ دکمه‌ای در طی نگهداری می‌باشد (Devece *et al*., 1999). تغییرات فیزیکوشیمیایی سطحی قارچ، افزایش رسیدگی قارچ، باز شدن کلاهک‌ها و تغییرات گازهای نگهداری بر بافت قارچ، کاهش سفتی قارچ که منجر به کاهش فضای بین‌بافتی شده و نهایتا باعث کاهش میزان مولفه روشنایی می‌شود. همچنین در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های قارچ نیز لزجت سطحی قارچ افزایش می‌یابد که باعث کاهش شاخص روشنایی نیز می‌گردد (Negishi and Ozawa, 2000). در بررسی تاثیر پوشش کیتوزان – اسانس لیمو بر ماندگاری قارچ دکمه‌ای به نتایج مشابهی دست یافتند، آنها دریافتند که در طی زمان نگهداری از میزان شاخص روشنایی کاسته شده و شاخص قرمزی و زردی نیز به طور معنی‌داری در تیمارشاهد افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیق حاضر همسو بود (Khazraei *et al*., 2013).

- غلظت اسید آسکوربیک

بررسی نتایج ارزیابی غلظت اسید آسکوربیک (شکل ۷) حاکی از کاهش غلظت در مدت نگهداری بود. یکی از دلایل کاهش غلظت خصوصا در تیمار شاهد این مطلب می‌باشد که ترکیبات مغذی قارچ دکمه‌ای توسط میکروفلور قارچ دکمه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد بنابراین هر چقدر میزان رشد فلور باکتریایی بیشتر باشد میزان کاهش ترکیبات مغذی مانند اسید آسکوربیک با شدت بیشتر صورت می‌گیرد. با توجه به حضور دی‌اکسیدکربن در پوشش بسته‌بندی و همچنین ممانعت از رشد جمعیت میکروبی در طی نگهداری ارزش تغذیه‌ای قارچ دکمه‌ای بیشتر از سایر ترکیبات در طی نگهداری حفظ می‌شود و بنابراین غلظت اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری در تیمار قارچ دکمه‌ای دارای ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن به طور معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) بالاتر از سایر تیمارها و تیمار شاهد می‌باشد. اسید آسکوربیک به علت داشتن خواص آنتی اکسیدانی از پیری جلوگیری می‌کند به همین دلیل سرعت واکنش‌ها را کاهش داده و از خارج شدن آب جلوگیری می‌کند (Zhang *et al*., 2007). همچنین اسید آسکوربیک در معرض اکسیژن قرار گرفته و اکسیده می‌شود که به طور معنی‌داری در تیمار شاهد و همچنین تیمار دارای بسته‌بندی با اکسیژن ۱۰۰ درصد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ($p\leq$ ۰/۰۵). در این راستا نیز تحقیقات مشابهی وجود دارد (Moradi Nejad *et al*., 2020). در بررسی آرگون تحت فشار با بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته به نتایج مشابهی در رابطه با افت کیفیت تیمارهای قارچ دست یافتند. آنها میزان کاهش آسکوربیک اسید تیمارهای قارچ سفید را در طی زمان نگهداری گزارش نمودند که با یافته‌های تحقیق حاضر همسو بود.

- شدت تنفس قارچ

با توجه به نتایج بدست آمده از شکل ۸ در تیمار شاهد فاقد پوشش میزان افزایش شدت تنفس در حداکثر میزان خود بوده و در تیمار دارای دی‌اکسیدکربن به جهت اثرات ممانعت کنندگی دی‌اکسیدکربن و نیتروژن از میزان آن به طور معنی‌داری کاسته شد. Manolopoulou *et al*., (2010) ثابت کردند که بالا بودن میزان قند در میوه‌های مرکبات تیمار دمایی شده با کاهش سرمازدگی ارتباط مستقیم دارد. اسیدهای آلی و مواد قندی از گوشت به پوست میوه مهاجرت کرده و به عنوان پیش ماده برای ساخت آنزیم‌های از نو سنتز شده به کار رود و از این راه سبب نگهداری بافت ها در برابر خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی گردد تولید اتانول و استالدئید بیانگر اختلال در تنفس هوازی و شروع تنفس بی‌هوازی است و این شرایط ممکن است در دمای نامناسب میوه‌ها رخ دهد. میزان استالدئید و اتانول همزمان با پیدایش نشانه‌های

سرمازدگی در اکثر تیمارها افزایش می‌یابد (Porat *et al*., 2003). شدت تنفس بالا سبب بروز چروکیدگی و فرآیند پیری می‌شود، به همین سبب محصولات با میزان تنفس بالا شکل ظاهری و بازارپسندی خود را از دست می‌دهند (Snowdon, 2010). نتایج تحقیقات نشان داد که استفاده از اتمسفر اصلاح‌یافته میزان شدت تنفس قارچ را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد که با نتایج تحقیق حاضر همسو بود (Kim *et al*., 2006). در بررسی اثرات دما، ضخامت پوشش پلی‌پروپیلن و بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته بر عمر انباری کاهو با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. آنها دریافتند که بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته باعث کاهش شدت تنفس و افزایش عمر انباری کاهو در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود (Fakharian *et al*., 2008).

- ضریب قهوه‌ای شدن

با توجه به نتایج بدست آمده از شکل ۹ مشاهده شد که در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته کاهش میزان رطوبت محیط سبب جلوگیری از ایجاد لکه‌های قهوه‌ای باکتریایی بر سطح کلاهک شده و رنگ کلاهک حتی تا روز پانزده در حد بسیار مطلوب حفظ می‌گردد. میزان دی‌اکسیدکربن بیش از ۵۰٪ سبب تاخیر در رسیدگی و قهوه‌ای شدن قارچ می‌گردد که البته تاثیر نامطلوبی مانند زرد شدن سطح داخلی و خارجی کلاهک را به همراه دارد. استفاده از ترکیب گازهای نیتروژن، دی‌اکسیدکربن و اکسیژن باعث کاهش میزان قهوه‌ای شدن تیمارهای قارچ شد. در سایر بسته‌بندی‌ها به دلیل عدم حضور دی‌اکسیدکربن قهوه‌ای شدن تیمارهای قارچ دکمه‌ای به طور معنی‌داری در طی زمان نگهداری افزایش یافت. گاز دی‌اکسیدکربن خاصیت ضد میکروبی دارد و مکانیسم آن بدین صورت است که داخل آب موجود در بافت ماده غذایی حل شده و تولید اسید کربنیک می‌کند که اسید کربنیک از غشاء سلولی میکروارگانیسم وارد شده و در داخل سلول یونیزه می‌شود و با برهم‌زدن تعادل الکتریکی داخل سلول موجب مرگ میکروارگانیسم می‌شود (Ahmadi *et al*., 2008). در سایر بسته‌بندی‌ها به دلیل عدم حضور دی‌اکسیدکربن، کنترل فعالیت ضدمیکروبی دشوارتر می‌باشد. همچنین بسته‌بندی در شرایط ۱۰۰ درصد اکسیژن نیز معایبی داشته و باعث فعال‌شدن آنزیم تیروزیناز و رشد و فعالیت باکتری‌های هوازی می‌گردد، تنها در قارچ شاهد فاقد پوشش بسته‌بندی میزان قهوه‌ای شدن قارچ دکمه‌ای در طی پانزده روز نگهداری به جهت فشار جزئی اکسیژن کاهش یافت. نتایج تحقیقات (Kim *et al*., 2006) نشان داد که کاهش غلظت اکسیژن داخل بسته‌های قارچ دکمه‌ای ممکن است مزیت هایی داشته باشد ولی غلظت اکسیژن کمتر از ۲ درصد ممکن است باعث رشد قابل توجه میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی (*کلستریدیوم بوتولینوم، استافیلوکوکوس اورئوس*) شود و در غلظت اکسیژن بسیار پایین (کمتر از ۱ درصد) نیز تنفس بی‌هوازی منجر به تخریب بافت و تولید سوبستراهای موثر در بدطعمی و بدبویی قارچ می‌گردد.

- درصد آمینواسید آزاد

بررسی نتایج شکل ۱۰ نشان داد که درصد آمینواسید آزاد در قارچ در طی نگهداری به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین برخی از نیتروژن آمینواسید آزاد به طور شیمیایی توسط متابولیت‌های ثانویه تولیدشده توسط میکروارگانیسم‌ها تخمیر می‌شوند که باعث کاهش میزان آنها در تیمارهای قارچ دکمه‌ای در انتهای روز نگهداری می‌گردد (Ahmadi *et al*., 2008). در بررسی تاثیر پوشش کیتوزان – اسانس لیمو بر ماندگاری قارچ دکمه‌ای به نتایج مشابهی دست یافتند، آنها دریافتند که بسته‌بندی‌های با شرایط بهینه نگهداری درصد افت آمینواسیدها و تجزیه میکروبی آنها را نیز کاهش می‌دهد (Khazraei *et al*., 2013) که با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. همچنین (Shalomofer *et al*., 2014) در بررسی اثر آنتی‌باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی نایسین بر فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان[1] بسته‌بندی‌شده با اتمسفر اصلاح‌شده نیز دریافتند که فلور میکروبی موجود در فیله ماهی باعث تجزیه آمینواسیدهای فیله ماهی شده و درصد ازت و ترکیبات آمینی را افزایش می‌دهند که با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به بسته‌بندی گفته می‌شود که هوای آن تخلیه شده باشد (مانند بسته‌بندی تحت خلا)، یا هوای آن را تخلیه و گازهای موردنظر را جایگزین کرده باشند. در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، تغییرات هوا بستگی به تغییرات گاز و

[1] *Oncorhynchus mykiss*

تنفس موادغذایی و باکتری‌های موجود در بسته می‌باشد. عوامل اصلی در نگهداری غذا بوسیله اتمسفر اصلاح شده شامل گاز موجود در هوای بسته، رطوبت، دما، و فشار می‌باشد که از همه مهمتر گاز موجوددر بسته‌بندی اصلاح شده است. در این نوع بسته‌بندی از دمای پایین که باعث کاهش شدت تنفس و افزایش فساد محصول میشود و همچنین از انبار فروفشار (هیپوباریک) که باعث خروج اتیلن (عامل رسیدن میوه و سبزی‌ها) می‌شود، استفاده می‌گردد سه گروه اصلی گازهای مورداستفاده در فضای بسته‌بندی اکسیژن، نیتروژن و دی‌اکسیدکربن می‌باشند. از گاز اکسیژن به منظور کاهش رشدمیکروارگانیسم‌های غیر هوازی، از گاز دی اکسید کربن به دلیل دارا بودن خاصیت ضد میکروبی و از گاز نیتروژن بعنوان گاز پرکنند در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده استفاده می‌گردد (Kim *et al*., 2008).

- ارزیابی حسی

بررسی نتایج ارزیابی حسی در شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ نشان دهنده کاهش معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) در میزان فاکتورهای حسی در طی زمان نگهداری در کلیه تیمارها بود اما در تیمار شاهد افت امتیازات به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بوده و تیمار دارای ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن دارای بالاترین میزان مطلوبیت در طی دوره پانزده روز نگهداری بود. همچنین در مدت نگهداری قارچ، کاهش مقدار آب باعث کاهش فشار تورژسانس سلولی و کاهش سفتی بافت قارچ دکمه‌ای می‌شود (Hamtian Sorki *et al*., 2011) استفاده از دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی باعث کاهش غلظت اکسیژن و فعالیت‌های متابولیکی میوه می‌شود و با جلوگیری از فعالیت‌های آنزیمی موجب حفظ سفتی بافت قارچ می‌گردد که امتیاز ارزیاب‌ها را نیز افزایش داد (Khazraei *et al*., 2013). نتایج تحقیقات (Ahmadi *et al*., 2008) در بررسی تاثیر بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته بر خصوصیات کیفی و افزایش عمر انباری آلبالو نیز با نتایج تحقیقات حاضر مطابقت داشت. آنها دریافتند که استفاده از اتمسفر اصلاح‌شده باعث حفظ سفتی تیمارهای آلبالو در مقایسه با تیمار شاهد گردید که با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. رنگ یکی از ویژگی‌های ظاهری و محصول ارائه شده می‌باشد. این پارامتر یکی از خصوصیات کیفی است که بر روی مصرف‌کننده تاثیر گذاشته و از نظر اقتصادی تاثیرات مشخصی را اعمال می‌کند. با گذشت زمان فعالیت آنزیمی افزایش می‌یابد. این آنزیم سبب می‌شود رنگ قارچ‌های بسته‌بندی‌شده و شاهد به تدریج تیره‌تر و قهوه‌ای‌تر گردد. با توجه به خصوصیات حسی مشاهده شده نهایتا ارزیاب‌ها تیمار قارچ بسته‌بندی شده با ۵۰ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن را به عنوان مطلوب‌ترین و تیمار شاهد را به عنوان بدترین تیمار انتخاب نمودند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بر پایه پلی‌پروپیلن در مقایسه با تیمار قارچ فاقد پوشش به طور معنی‌داری از شدت تغییرات فیزیکوشیمیایی و کیفی و همچنین خصوصیات حسی قارچ دکمه‌ای در طی زمان نگهداری می‌کاهد. همچنین مواد مغذی قارچ شامل پلی‌ساکاریدها، آمینواسید آزاد، آسکوربیک اسید به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد حفظ گردیده و از افت ارزش تغذیه‌ای قارچ نیز به طور معنی‌داری ممانعت به عمل آمد. خصوصیات بافت و شاخص‌های رنگ‌سنجی نیز در طی زمان با کاهش معنی‌داری مواجه بودند اما در تیمار با گاز دی‌اکسیدکربن میزان این تغییرات حداقل بوده و در بین تیمارهای قارچ دکمه‌ای شرایط گازی ۲۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۵۰ درصد نیتروژن دارای کمترین میزان تغییرات در طی زمان نگهداری نسبت به روز اول بوده و قابلیت محافظت بالاتری از قارچ دکمه‌ای نشان داد و تیمار شاهد دارای بالاترین میزان افت در طی زمان نگهداری بود. همچنین تیمار ۲۵ درصد اکسیژن با ۷۵ درصد نیتروژن و تیمار ۵۰ درصد اکسیژن با ۵۰ درصد نیتروژن اختلافات معنی‌داری در طی ۱۵ روز نگهداری نشان ندادند ($p>$۰/۰۵). نهایتا بسته‌بندی با شرایط گازی ۲۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۵۰ درصد نیتروژن به عنوان تیمار بهینه معرفی شد.

منابع

Ahmadi, M., Davarinejad, G. H., Azizi, M., Sadaqat, N. & Tehranifar, A. (2008). The effect of modified atmosphere packaging on quality Berber bread enriched with whole soybean flour. characteristics and increasing the shelf life of two

varieties of cherry, Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries), 22(2), 156-166. [In Persian].

Antmann, G., Ares, G., Lema, P. & Lareo, C. (2008). Influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of shiitake mushrooms, Postharvest Biology and Technology, 49, 164-170.

Ares, G., Parentelli, C., Gámbaro, A., Lareo, C. & Lema, P. (2006) Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere, Postharvest Biology and Technology, 41, 191-197.

Castellanosa, D. A., Polaníaa, W. & Herreraa, A. O. (2016). Development of an equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for feijoa fruits and modeling firmness and color evolution, Postharvest Biology and Technology, 120, 193–203.

Charles, F., Guillaume, C. & Gontard, N. (2008) Effect of passive and active modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives, Postharvest Biology and Technology, 48, 22-29.

Colgecen, I. & Seckin, M. (2015). The efficacy of the combined use of chlorine dioxide and passive modified atmosphere packaging on sweet cherry quality. Postharvest Biology and Technology, 109, 10–19.

Costa, C., Lucera, A., Conte, A., Mastromatteo, M., Speranza, B., Antonacci, A. & Del Nobile, M. A. (2011), Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. Journal of Food Engineering, 102, 115-121.

Devece, C., Rodrigues-Lopes., J.N., Fenoll, L.G., Tudela, J., Catalá, J.M. & De Los Reyes, E. (1999). Enzyme inactivation analysis for industrial blanching applications: comparison of microwave, conventional, and combination heat treatments on mushroom polyphenoloxidase activity. *Journal of* Agricultural and Food Chemistry. 47(11), 4506–4511.

Fakharian, N., Hassanpour Asil, M. & Samizadeh Lahiji, H.A. (2008). Effects of temperature, thickness of polypropylene coating and packaging with modified woven atmosphere on the shelf life of lettuce (Lactuca sativa L). Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries), 22 (2), 133-145. [In Persian]

Guillame, C., Schwabm, L. & Gontard, N. (2010). Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushroom (*Agaricus bisporous*). Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11, 690-696.

Hamtian Sorki, A., Qiafe Davoudi, M., Tabatabai Yazdi, F., Mortazavi, A., Karimi, M., Razavizadegan Jahormi, H. & Porfarzad, A. (2011). Investigating the effect of packaging type and modified atmosphere on the characteristics of Quarterly Journal of Food Science and Industry, 36 (9), 55-79.

Huang, S., Li, R., Zhang, Z., Li, L. GU, X., Fan, W., Lucas, W. & Wang, X. (2009). The genome of the cucumber, Cucumis sativus L. Nature genetics, 41 (12), 1275–1281.

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.

Karimi, N. & Musharraf, L. (2014). The effect of active packaging with polyvinyl chloride coating on marketability of button mushroom, Quarterly Journal of Food Science and Industry, 48 (12), 61-70. [In Persian]

Kamali, A., Ahmadzadeh, M., Sadeghi, A. & Karimi, A. (2015). Effect of external ectoine and hydroxyectoine on some antifungal activities of Pseudomonas fluorescens UTPF5 in saline conditions. Quarterly Journal of Biology of Microorganisms, 5(17) 48-35. [In Persian]

Khazraei, M., Jihadi, M., Fazel, M. & Allameh, A. (2013). Investigating the effect of chitosan-lemon essential oil coating on the shelf life of button mushroom (Agaricus bisporus), Food Science and Nutrition, 13 (1), 35-46. [In Persian]

Kim, K.M., 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.

Kim, M.U.Y.,Chung, I.M., Lee, S.J., Ahn, J.K., Ki, M.J., Kim, S.L., Moon, H.I., Ro, H.M., Kang, E.Y., Seo, S.H. & Song, H.K. (2009). Comparision of free amino acid, carbohydrates concentrations in Korean edible and mechanical mushrooms. Food Chemistry, 113, 386-393.

Kramer, A. & Twigg, B.A. (1966). Quality control for the food industry.AVI publishing Company, 54.

Lopez-Briones, G., Varoquaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G. & Pascat. B. (1992). Storage of common mushroom under controlled atmospheres, International Food Technology, 27, 492-505.

Manolopoulou, H., Xanthopoulos, G., Douros, N. & Lambrinos, G. (2010). Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria. Biosystems Engineering, 106, 535-543.

Moradi Nezhad, F., Moghaddam Mohammadian, M. & Khayyat, M. (2020). On application foliar acid boric and GA3 of fruit pomegranate of quality and compounds (granatum Punica.L). Journal of Horticulture and Pstharvest Research, 3(1), 101-114.

Mohebi, SH., Mostofi, Y. & Zamani, Z. (2014). Maintaining the quality and increasing the storage life of blueberry fruit using the method of packaging in modified atmosphere, Journal of

Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products, 5th year, 15, 155-164. [In Persian]

Mohajer Khorasani, M. (2018). A review on food packaging with modified atmosphere, the 3rd International Congress and the 26th National Congress of Food Sciences and Industries of Iran, Tehran. [In Persian]

Nazari, Z. & Sedaghat, N. (2017). The effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of low-calorie cake cooked by microwave method and estimating the shelf life of the final product using the ASLT method. Quarterly Journal of Food Science and Industry, 82 (15), 372-359. [In Persian]

Negishi, O. & Ozawa, T. (2000). Inhibition of enzymatic browning and protection of sulfhydryl enzymes by thiol compounds. Photochemistry, 54 (5), 481–487.

Oliveira, M., Abadias, M., Usall, J., Torres, R., Teixidó, N. & Viñas, I. (2015). Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables – A review, Trends in Food Science & Technology, 46 (1), 13-26.

Ozdemir, M. & Floros, J.D. (2004). "Active food packaging technologies." Critical reviews in Food Science and Nutrient, 44(3), 185- 193.

Payan, M. & Hamedi, M. (2012). An overview of the use of active packaging in the food industry. Quarterly Journal of Food Science and Industry, (38)10, 68-49. [In Persian]

Porat, R., Weiss, B., Cohen, L. Daus, A. & Cohen, E. (2003). Effect of intermittent warming and temperature conditioning on the postharvest quality of oroblanco citrus fruits following long term cold storage. Hort Technology, 13, 70-74.

Sahrai Khoshgerdash, A., Badiei, F. & Yasini Ardakani, S.A. (2013). Effect of nanoemulsion coating containing chitosan on increasing the shelf life of Galb Kohens variety Galb apple during storage, Iran Biosystem Engineering, 45(2), 113-120. [In Persian]

Shalomofer, M., Hosseini, S.A., Kamali, A., Matalabi, A., Pourgholam, R. & Wasfari, R. (2014). Antibacterial and antioxidant effect of nisin on Oncorhynchus mykiss rainbow salmon fillet packaged with modified atmosphere (MAP), Fisheries Journal, Islamic Azad University, Azad Shahr Branch, 8th year, North I, pp. 55-68. [In Persian]

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

Shick, J. L. & Toivonen, P. M.A. (2002). Refflective trapes at harvest reduce stem browning and improve fruit quality of cherries during subsequent storage. Postharvest and Technology, 25, 117-121.

Snowdon, A.L. (2010). Post-harvest disease and disorders of fruits and vegtables: Volume 2: Vegtables, Manson Publishing.

Soleimani, M., Vakili, N. & Khosravi Darani, K. (2012). Applications of solid state fermentation process in the production of food compounds. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industries, 7th year, (5), 929-937. [In Persian].

Xiong, L. (2000). Extend Shelf Life of Mushroom by Using Micro-perforated film (research personal). Department of food science, Pennsylvania State University, 1-22.

Zhang, M., Cui, S.W., Cheung, P.C.K. & Wang, Q. (2007). Antitumorpolysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. Trends Food Science &Technology, 18, 4-19.

The Effect of Active Modified Atmosphere Packaging with Different Gas Composition on Physicochemical and Nutritional Compounds of (*Agaricus bisporus*) Mushroom

P. Rajaei[a], L. Nateghi[b*], F. Zarei[c]

[a] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

[b*] Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

[c] PhD in Food Science, Food and Drug Organization, Tehran, Iran.

Received: 23 February 2022 Accepted: 27 July 2022

Abstract

Introduction: Today, mushrooms are used as a common food source in many countries. Edible mushrooms have a low shelf life. The aim of this study was to use modified atmosphere packaging with different ratios on the shelf life and nutritional value of button mushrooms.

Materials and Methods: In this research, the mushroom samples were placed in polypropylene-covered packages, and the packaged were filled with gas mixtures of 100% oxygen, 25% oxygen with 75% nitrogen, 50% oxygen with 50% nitrogen, and also 25% oxygen, 25 the percentage of carbon dioxide and 50% of nitrogen were filled and packed. The control sample was button mushroom packed with polypropylene cover and without modified atmosphere (control).The investigated characteristics included the percentage of weight loss, the percentage of free amino acids, the percentage of ascorbic acid, the concentration of polysaccharides, the intensity of respiration, the ripening index, the browning coefficient, colorimetric characteristics and sensory characteristics on the first, fifth, tenth and fifteenth days of storage at 4ºC was evaluated.

Results: The results showed that the weight loss indexes, free amino acids, ascorbic acid and brightness index of button mushroom significantly ($p\leq0.05$) decreased during storage, and respiratory rate, browning coefficient, jaundice, and redness significantly ($p\leq0.05$) increased. All sensory indicators of texture, spoilage and bad smell, appearance color and overall acceptance also faced a significant decrease during 15 days of packaging ($p\leq0.05$). Among button mushroom treatments, gaseous conditions of 25% oxygen, 25% carbon dioxide and 50% nitrogen had the least amount of changes during the storage time compared to the first day and showed a higher ability to protect button mushroom, and the control treatment had the highest Drop rate over time. Also, the treatment of 25% oxygen with 75% nitrogen and the treatment of 50% oxygen with 50% nitrogen did not show significant differences during 15 days of storage ($p>0.05$).

Conclusion: Finally, packaging with gaseous conditions of 25% oxygen, 25% carbon dioxide and 50% nitrogen was introduced as the optimal treatment.

***Keywords*:** *Agaricus bisporus Mushroom, Modified Atmosphere, Polypropylene Coating.*

* Corresponding Author: l.nathegi@iauvaramin.ac.ir, leylanateghi@yahoo.com