



بررسی تاثیر پوشش فعال بر پایه کربوکسی متیل سلولز (CMC) حاوی اسانس پوست گردو و

پوست لیمو بر ماندگاری قارچ خوراکی

سمانه رجبی¹، سپیده بهرامی^{1*}، محمد عبدالهیان نوقابی²

1- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

2- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

در این پژوهش، تاثیر کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس های پوست لیمو و پوست گردو به عنوان پوشش خوراکی روی ماندگاری و تلفات پس از برداشت قارچ مورد مطالعه قرار گرفت. قارچ ها در دمای 4 درجه سلسیوس به مدت 12 روز نگهداری شدند و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها بعد از 0، 4، 8 و 12 روز نگهداری آنالیز شدند. در طول دوره نگهداری سرد، قارچ های پوشش داده نشده افت وزن سریع تر و تغییرات مواد جامد کل بیشتری از خود نشان دادند، در حالی که قارچ های تیمار شده با پوشش CMC حاوی اسانس های پوست لیمو و گردو به طور معنی داری ($p < 0/05$) این پدیده ها را به تاخیر انداخت. اگرچه در طول دوره نگهداری سفتی نمونه های پوشش داده شده و نمونه شاهد کاهش یافت اما استفاده از پوشش CMC-اسانس ها به طور معنی داری ($p < 0/05$) افت سفتی نمونه های قارچ را کاهش داد. تغییرات شاخص L^* قارچ های پوشش داده شده با CMC-اسانس ها پایین تر از سایر نمونه ها بود. در همه قارچ ها در طول دوره نگهداری کاهش معنی دار ($p < 0/05$) در شاخص L^* و افزایش معنی دار ($p < 0/05$) در شاخص های a و b رخ داد. استفاده از پوشش خوراکی منجر به کاهش معنی دار ($p < 0/05$) تعداد میکروارگانیسم های موجود در قارچ ها در طول همه روزهای نگهداری شد. بکارگیری اسانس ها در محلول پوشش CMC باعث افزایش کیفیت میکروبی نمونه های پوشش داده شده، گردید. استفاده از پوشش CMC حاوی 3 درصد اسانس پوست لیمو به طور معنی داری ($p < 0/05$) منجر به افزایش امتیاز پارامترهای حسی شد به طوری که تیمار حاوی 3 درصد اسانس پوست لیمو بالاترین امتیاز قابلیت پذیرش کلی را در مقایسه با تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: 1397/06/26

تاریخ پذیرش: 1398/10/07

کلمات کلیدی:

قارچ خوراکی،
کربوکسی متیل سلولز،
پوست لیمو،
پوست گردو،
پوشش فعال.

DOI: 10.22034/FSCT.19.130.155

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.130.14.3

* مسئول مکاتبات:

s.bahrami@safaiu.ac.ir

1- مقدمه

قارچ خوراکی دکمه‌ای با نام علمی *Agricus Bisporus* از فرآورده‌های ارزشمند کشاورزی و محصولات پروتئینی مهم است که برای قرن‌های متمادی بخشی از رژیم غذایی بشر بوده است [1]. میزان تولید این قارچ در ایران حدود چهار هزار تن در سال و مصرف سرانه آن حدود 500 گرم در سال برای هر نفر است، در صورتی که در کشورهای پیشرفته مصرف سرانه بیش از سه کیلوگرم در سال می‌باشد [2]. قارچ علاوه بر اینکه به عنوان یک منبع غذایی و پروتئینی مناسب برای انسان به شمار می‌رود، هم چنین برای پیش‌گیری و درمان برخی از بیماری‌ها همچون سرطان و بیماری‌های قلبی نیز مفید شناخته شده است [3]. قارچ شامل ترکیبات پلی فنلی و فلاونوئیدهای مختلف است که به عنوان آنتی اکسیدان‌های عالی شناخته شده‌اند. رنگ و شکل کلاهک از ویژگی قسمت‌های اصلی یک قارچ تازه است زیرا این ویژگی اولین معیاری است که مشتری را جلب می‌کند [4].

کیفیت قارچ از لحظه برداشت تحت تاثیر عوامل مختلف قرار گرفته و کاهش می‌یابد. باکتری‌ها، کپک‌ها، فعالیت آنزیمی و تغییرات بیوشیمیایی می‌تواند در طول نگهداری موجب فساد قارچ شوند [5]. ماندگاری قارچ‌ها در صورتیکه حداقل فرآوری را متحمل شده باشند به سبب قهوه‌ای شدن آنزیمی به چند روز (3-4 روز) محدود می‌شود. این واکنش‌های قهوه‌ای شدن به آسیب‌های مکانیکی در حین نقل و انتقال و فرآوری، خراش، شستشو، پیری و عفونت‌های باکتریایی مربوط می‌شود و کیفیت غذاهای فرآوری شده را کاهش می‌دهد. واکنش‌های قهوه‌ای شدن در سبزی‌ها و میوه‌ها برای صنعت غذا به ویژه در بخش قارچ خوراکی یک مشکل جدی محسوب می‌گردد [6]. برای جلوگیری از زوال و افزایش زمان ماندگاری قارچ‌ها روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است که می‌توان به تعدادی از آن‌ها از جمله استفاده از بازدارنده‌های تیروزیناز، استفاده از هورمون سیتوکینین برای تأخیر در باز شدن کلاهک قارچ در انبار و همچنین استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته و انبارهایی با اتمسفر کنترل شده اشاره نمود. همه این روش‌ها قادراند ماندگاری قارچ را تا چند روز افزایش دهند اما هزینه تولید و یا موانع دیگر مانع از گسترش این روش‌ها و تولید اقتصادی آن‌ها شده است [7]. علاوه بر موارد یاد شده، استفاده از پوشش‌های خوراکی یکی دیگر از

روش‌های موثر جهت افزایش ماندگاری قارچ است. در میان این روش‌ها احتمالاً استفاده از پوشش یکی از متداول‌ترین راه‌ها برای نگهداری میوه و سبزی می‌باشد. پوشش‌های خوراکی معمولاً برای ایجاد ظاهر بهتر و محافظت از مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این پوشش‌ها می‌توانند به کاهش افت رطوبت و کندتر نمودن تنفس به وسیله کاهش جذب اکسیژن از محیط، کمک نمایند. اصلاح متابولیسم‌های بافت میوه‌ها به وسیله تحت تاثیر قرار دادن سرعت تنفس، گسترش زمان ماندگاری، حفظ سفتی، انتقال ترکیبات ضد میکروبی، آنتی اکسیدان‌ها و سایر نگهدارنده‌ها و همچنین کنترل رشد میکروب‌ها از عمده‌ترین مزایای کارکردی استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی می‌باشد [8].

سلولز از فراوان‌ترین و ارزان‌ترین منابع گیاهی تجدیدپذیر است که قابلیت بازیافت دارد و ساختار اولیه در گیاهان سبز را تشکیل می‌دهد. از این بیوپلیمر به سختی می‌توان برای پوشش استفاده نمود، زیرا در آب نامحلول و دارای ساختاری کریستالی است. برای متورم نمودن ساختمان سلولز در آب از قلیا استفاده می‌شود. سپس با اسید کلرواستیک، کلرور متیل یا اکسید پروپیلن ترکیب شده، کربوکسی متیل سلولز (CMC)، متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز حاصل می‌گردد. پوشش‌های مشتقات سلولز، نسبتاً مقاوم در برابر نفوذ آب هستند و تحت تأثیر روغن‌ها و چربی‌ها و اغلب حلال‌های آلی غیرقطبی قرار نمی‌گیرند [9]. یکی از مشتقات مهم سلولز، کربوکسی متیل سلولز است که از طریق واکنش سلولز با هیدروکسید سدیم و اسید کلرواستیک تولید می‌شود. سلولز به علت ساختار شیمیایی خاص خود، بسیار کریستالی و نامحلول است اما کربوکسی متیل سلولز محلول در آب بوده و به تنهایی فیلم‌های انعطاف‌پذیر و مستحکم را تشکیل می‌دهد. همچنین کربوکسی متیل سلولز یکی از ارزان‌ترین زیست‌پلیمرها است که بصورت صنعتی تولید می‌شود [10، 11].

یکی دیگر از مزایای استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، استفاده از آن‌ها به عنوان حامل برای ترکیباتی نظیر آنتی اکسیدان‌ها، ترکیبات ضد میکروبی و دیگر افزودنی‌ها مثل ویتامین‌ها، مواد معدنی، مواد رنگی و مواد معطر می‌باشد. عواملی آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی می‌توانند با محلول‌های تشکیل دهنده فیلم به منظور دستیابی به بسته‌بندی فعال ترکیب شوند، آن‌ها کارکردهای فعال اضافی را به سیستم فیلم

گلیسرول، Tween 80، محیط کشت پلیت کانت آگار و محیط کشت CFCA⁴ از شرکت مرک آلمان (Merck Co., Germany) خریداری شدند.

2-1- استخراج اسانس

پوست لیمو و گردوی تازه به مدت یک هفته در دمای محیط در سایه خشک شدند. پس از خشک شدن کامل نمونه‌های پوست با دستگاه آسیاب آزمایشگاهی خرد شدند و در نهایت اسانس آن‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر در دمای محیط استخراج شد. کلونجر دستگاهی است که به منظور استخراج ترکیبات فرار از منابع گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه با استفاده از عملیات تقطیر استخراج را انجام خواهد داد که منجر به جداسازی ترکیبات روغنی فرار می‌گردد. اسانس استخراج شده در ظروف تیره تا زمان انجام آزمایشات بعدی در یخچال نگهداری شدند [14].

2-2- تهیه پوشش CMC حاوی اسانس

پوست گردو و لیمو

2 گرم CMC در آب مقطر حل شده و 0/5 درصد گلیسرول (پلاستی سائزر) با هم مخلوط کرده و به مدت 30 دقیقه در دمای 90 درجه سلسیوس حرارت داده شدند، هنگامی که محلول سرد شد تحت همزنی ثابت، 0/2 درصد Tween 80 (به عنوان امولسیفایر برای توزیع کامل اسانسها در ساختار پوشش) به آن اضافه و پس از حل شدن اسانسها اجازه داده شد کاملاً مخلوط گردد. برای تعیین درصد اسانس ها، ابتدا پیش تیمارهایی با سطوح کمتر از 1 و بالاتر از 3 (4 و 5 درصد) استفاده شد. در سطوح خیلی کم اثرگذاری اسانسها کم بود و در سطوح بالاتر از 3 درصد افزایش اسانس تاثیر نامطلوبی روی خصوصیات ظاهری و طعمی قارچ گذاشت بنابراین دامنه بکارگیری هر دو اسانس از 1 تا 3 درصد تعیین شد. تیمارها براساس 3 سطح استفاده از اسانس پوست گردو (1، 2 و 3 درصد)، 3 سطح اسانس پوست لیمو (1، 2 و 3 درصد) که به ترتیب تیمارهای 1 تا 6 و نمونه شاهد مشخص گردید.

سپس نمونه‌های قارچ بعد از آن‌که با استفاده از آب مقطر شسته و خشک شدند به مدت 3 دقیقه در محلول مورد نظر غوطه‌ور و پس از گذشت زمان لازم آن‌ها را خارج نموده و

و پوشش خوراکی می‌دهند که فرآورده‌های غذایی را از فساد اکسیداتیو و میکروبی محفوظ می‌دارند تا باعث بهبود کیفیت و افزایش ایمنی مواد غذایی گردند [12].

پوست مرکبات معمولاً به عنوان ضایعات فرآوری این محصولات بعد از استخراج آب و عصاره آن‌ها به دست می‌آید. با این وجود این ضایعات دارای میزان بالایی از ترکیبات مختلف و پلی‌فنول‌ها می‌باشند که به عنوان ضایعات ارزشمند در نظر گرفته می‌شوند [13]. پوست مرکبات و بخصوص لیمو در صنایع غذایی، دارویی و عطرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیبات روغنی به وسیله پرس سرد تولید می‌شوند و حاوی بیش از 95 درصد ترکیبات مونوترپن هیدروکربنی، عمدتاً لیمونن¹ می‌باشند. از دیگر ترکیبات مفیدی که از پوست لیمو به دست می‌آید هسپریدین و نارنجین² می‌باشد. خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و دیگر خصوصیات سلامت بخش و زیست فعال این ترکیبات به اثبات رسیده است [14] که استفاده از این اسانس پوست لیمو در ساختار پوشش‌های فعال را توجیه می‌نماید.

از دیگر ضایعات فرآوری محصولات کشاورزی پوست گردو است که به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال و آنتی‌اکسیدان موجود در آن توجه برخی از محققین را به خود جلب نموده است. پوست سبز میوه حاوی ترکیب‌های دارویی زیادی بوده و اثر مفیدی بر سلامت انسان دارد. در بین ترکیبات فنولی موجود در پوست گردو، ژوگلون³ بیشترین میزان را دارد و ترکیب اصلی موجود در پوست سبز گردو است. پوست سبز گردو به علت دارا بودن ترکیب‌های فنولی قدرت آنتی‌اکسیدانی قوی و نیز خاصیت ضد میکروبی به خصوص علیه باکتری‌های گرم مثبت و منفی دارد [15].

هدف از این پژوهش استفاده از اسانس‌های طبیعی پوست گردو و لیمو در ساختار پوشش فعال برپایه کربوکسی متیل سلولز جهت افزایش عمر ماندگاری قارچ خوراکی و همچنین بهبود خصوصیات فیزیکی و ظاهری آن می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

قارچ سفید، گردو از بازار محلی و اسانس پوست لیمو از شرکت بارچ اسانس خریداری شدند. مواد شیمیایی نظیر

1. Limonene
2. Naringin
3. juglone

4. Cephaloridin Fucidin Cetrime Agar

مدت 24 تا 48 ساعت برای شمارش کلی میکروارگانسیم‌ها. شمارش سودوموناس‌ها روی محیط کشت CFCA در دمای 25 درجه سلسیوس به مدت 48 ساعت انجام شد [18].

2-8- ارزیابی حسی

جهت ارزیابی حسی، شاخص‌هایی نظیر (بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی) از روش هدونیک 5 نقطه‌ای استفاده شد و امتیاز بندی کلی حاصل مجموع امتیازات داده شده به شاخص‌های حسی (در سطوح 1 تا 5؛ 1: غیر قابل مصرف یا خیلی ضعیف؛ 2: غیر قابل قبول یا ضعیف؛ 3: قابل قبول یا متوسط؛ 4: رضایت بخش یا خوب و 5: بسیار رضایت بخش یا خیلی خوب) ارزیابی شد [19].

2-9- تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش براساس 3 سطح استفاده از اسانس پوست گردو (1، 2 و 3 درصد)، 3 سطح اسانس پوست لیمو (1، 2 و 3 درصد)، نمونه شاهد و انجام آزمایشات در سه تکرار بود. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شدند. نتایج حاصل از آزمایشات فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها از طریق تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) با استفاده از نرم افزار SPSS.22 تحلیل شدند و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد ($p < 0/05$) استفاده شد. رسم نمودارهای حاصل نیز با نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

3- نتایج

3-1- افت وزن

براساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها مشخص شد که میزان افت وزن در طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) وابسته به مدت زمان نگهداری، پوشش و درصد اسانس موجود در ساختار پوشش خوراکی بود. همان‌طور که در شکل نشان داده شده با افزایش مدت زمان نگهداری میزان افت وزن در تمامی نمونه‌های قارچ به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) افزایش می‌یابد که این افت وزن در تیمار شاهد و تیمارهای با درصد اسانس پایین به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) با شیب بیشتری نسبت به تیمارهای پوشش داده شده با درصد بالاتر اسانس رخ می‌دهد. بالاترین میزان افت وزن در طی دوره

روی یک سطح تمیز به مدت 5 دقیقه به منظور جدا شدن محلول اضافی قرار داده و در نهایت در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی در یخچال نگهداری شدند. نمونه‌های قارچ به مدت 12 روز نگهداری شده و آزمون‌های لازم با فاصله 4 روز یکبار انجام گرفت [16].

2-3- اندازه‌گیری سفتی

از تست نفوذ با استفاده از دستگاه اینستران (QTS25 CNS (Farnell, UK)، برای تعیین میزان سفتی قارچ استفاده شد. میزان سفتی با استفاده از پروب استوانه‌ای با قطر 5 میلی‌متری تعیین شد. برای این منظور سرعت نفوذ پروب 2 میلی‌متر در ثانیه و میزان نفوذ 5 میلی‌متر تنظیم گردید. میزان سفتی به صورت حداکثر نیروی لازم برای نفوذ بیان شد [17].

2-4- افت وزن

برای تعیین میزان افت وزن، ابتدا قارچ‌ها وزن شدند و در فاصله زمانی مورد نظر نیز دوباره وزن آن مجدداً سنجیده شد. افت وزن از طریق اختلاف وزن ایجاد شده بیان گردید [17].

2-5- خصوصیات رنگی

برای بررسی خصوصیات رنگی نمونه‌های قارچ تیمار شده از دستگاه هانترلب (Colorflex, USA)، استفاده شد. با استفاده از دستگاه هانترلب شاخص‌های L^* (شاخص شفافیت)، a^* (شاخص قرمزی) و b^* (شاخص زردی) تعیین گردید [17].

2-6- محتوی مواد جامد کل

نمونه‌های قارچ ابتدا در یک هاون کوبیده و سپس با استفاده از فشار دست آب‌گیری شدند. عصاره خارج شده با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (Atago, Tokyo, Japan)، به منظور تعیین مواد جامد محلول کل مورد ارزیابی قرار گرفت [18].

2-7- خصوصیات ضد میکروبی

همه نمونه‌ها به منظور تعیین شمارش کلی میکروارگانسیم‌ها و شمارش باکتری‌های سودوموناس مورد ارزیابی قرار گرفتند. 25 گرم قارچ به صورت اسپتیک از هر نمونه برداشته و با 225 میلی‌لیتر آب پیتونه 0/1 درصد رقیق‌سازی شد. سپس نمونه‌ها در استومیکر به مدت 2 دقیقه پکنواخت گردیدند. رقت‌سازی در لوله‌های رقت‌سازی با استفاده از آب پیتونه انجام شد. شمارش هوازی روی محیط کشت پلیت کانت آگار به صورت زیر انجام گرفت: گرمخانه‌گذاری در 35 درجه سلسیوس به

جلوگیری می‌نماید. از این‌رو کمترین میزان افت وزن در دو تیمار قارچ پوشش داده شده با 3 درصد اسانس پوست لیمو و 3 درصد اسانس پوست گردو مشاهده شد.

نگهداری در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزایش درصد بکارگیری اسانس در ساختار پوشش برپایه CMC به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) از افت وزن نسبت به تیمار شاهد در طی دوره نگهداری

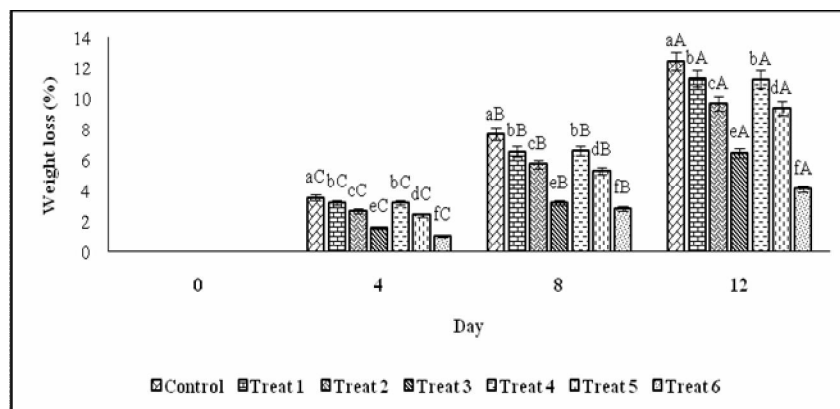


Fig 1 Changes in the weight loss of various mushroom samples during the storage period at 4 °C.

افزایش درصد بکارگیری اسانس در ساختار پوشش‌های CMC به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) سبب جلوگیری از افت مواد جامد محلول در آب شد. همچنین مقایسه نمونه‌های پوشش داده شده با پوشش CMC حاوی اسانس پوست لیمو و اسانس پوست گردو نشان داد که تیمارهایی که با اسانس پوست لیمو و پوشش CMC پوشش داده شده بودند به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) در طول دوره نگهداری دارای مواد جامد محلول در آب بیشتری بودند. در پایان دوره نگهداری 12 روزه در دمای یخچال مشخص شد که تیمار شاهد دارای کمترین مواد جامد محلول در آب (2/96 درصد) و تیمار پوشش داده شده با CMC حاوی 3 درصد اسانس پوست لیمو دارای بالاترین میزان مواد جامد محلول در آب (4/86 درصد) بودند.

3-2- مواد جامد محلول در آب

براساس نتایج به دست آمده می‌توان مشاهده کرد که تغییرات مواد جامد محلول در آب در طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) وابسته به مدت زمان نگهداری، پوشش و درصد اسانس موجود در ساختار پوشش خوراکی است. همان‌طور که در جدول 1 نشان داده شده با افزایش مدت زمان نگهداری میزان مواد جامد محلول در آب در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) کاهش می‌یابد که این میزان کاهش در تیمار شاهد و در تیمارهایی با درصد اسانس پایین به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) با شیب بیشتری نسبت به سایر تیمارهای رخ داد. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تغییرات مواد جامد محلول در آب نمونه‌های قارچ پوشش داده شده نشان داد که

Table 1 Changes in the total soluble solid of various mushroom samples during the storage period at 4 °C.

Treatment	Day 0	Day 4	Day 8	Day 12
Control	5.72±0.03 ^{aA}	4.12±0.04 ^{aB}	3.56±0.03 ^{aC}	2.96±0.05 ^{aD}
1	5.70±0.05 ^{aA}	4.67±0.02 ^{bB}	4.36±0.01 ^{bC}	3.92±0.04 ^{bD}
2	5.71±0.03 ^{aA}	4.95±0.03 ^{bB}	4.53±0.05 ^{bC}	4.14±0.05 ^{bD}
3	5.70±0.04 ^{aA}	5.36±0.04 ^{bB}	5.08±0.06 ^{bC}	4.72±0.07 ^{bD}
4	5.72±0.04 ^{aA}	4.76±0.05 ^{eB}	4.51±0.04 ^{eC}	4.02±0.04 ^{eD}
5	5.70±0.03 ^{aA}	5.06±0.06 ^{eB}	4.69±0.07 ^{cC}	4.26±0.05 ^{cD}
6	5.71±0.04 ^{aA}	5.49±0.04 ^{aB}	5.17±0.05 ^{aC}	4.86±0.06 ^{aD}

*Small letters indicate significant differences at a confidence level of 95% ($p < 0.05$) in each column and capital letters indicate significant differences at a confidence level of 95% ($p < 0.05$) are in each row.

همان‌طور که جدول 2 نشان می‌دهد، تغییرات پارامترهای رنگی (b و a, L*) نمونه‌های قارچ در طی دوره نگهداری به طور

3-3- خصوصیات رنگی

گردو از افت شاخص روشنایی جلوگیری نمود. مقایسه شاخص‌های قرمزی (a) و زردی (b) تیمارهای مختلف نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری مقدار این شاخص‌ها به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) روند صعودی داشت. در روز اول با افزایش درصد بکارگیری اسانس‌ها در ساختار پوشش CMC شاخص‌های زردی و قرمزی نیز به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) افزایش یافتند اما با افزایش مدت زمان نگهداری از روز اول تا پایان روز دوازدهم شیب افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی در تیمارهای حاوی درصد‌های بالاتر هر دو اسانس کمتر از تیمار شاهد و سایر تیمارها بود. با مقایسه تیمارهای حاوی دو اسانس مشخص شد که در تیمارهای حاوی اسانس پوست لیمو نسبت به تیمارهای حاوی اسانس پوست گردو از گسترش شاخص‌های زردی و قرمزی بیشتر جلوگیری شد.

معنی‌داری ($p < 0/05$) وابسته به مدت زمان نگهداری، پوشش و درصد اسانس موجود در ساختار پوشش خوراکی است. از این رو مشخص شد که با افزایش مدت زمان نگهداری از روز اول تا پایان روز دوازدهم به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) شاخص روشنایی (L^*) تمامی تیمارها کاهش یافت که کاهش شاخص روشنایی در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی درصد‌های پایین‌تر اسانس‌های پوست گردو و پوست لیمو به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) با شیب بیشتری نسبت به سایر تیمارها رخ داد. همچنین با افزایش درصد هر دو اسانس در ساختار پوشش‌ها به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) شاخص روشنایی افزایش یافت. با این وجود در روز اول نگهداری شاخص روشنایی تیمار شاهد بالاتر از تیمارهای پوشش داده شده با CMC حاوی اسانس بود. مقایسه دو اسانس پوست لیمو و اسانس پوست گردو نشان داد که اسانس پوست لیمو به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) در مقایسه با اسانس پوست

Table 2 Changes in the color parameters (L^* , a and b) of various mushroom samples during the storage period at 4 °C.

Treatment	Day 0	Day 4	Day 8	Day 12
L*				
Control	89.43 ± 0.03 ^{AA}	84.12 ± 0.03 ^{CB}	77.56 ± 0.06 ^{EC}	69.96 ± 0.07 ^{ED}
1	87.62 ± 0.06 ^{BA}	85.29 ± 0.04 ^{AB}	81.61 ± 0.01 ^{BC}	74.59 ± 0.06 ^{ED}
2	85.26 ± 0.02 ^{EA}	82.72 ± 0.03 ^{EB}	79.64 ± 0.06 ^{DC}	76.93 ± 0.08 ^{ED}
3	82.47 ± 0.03 ^{FA}	79.46 ± 0.05 ^{GB}	78.68 ± 0.07 ^{FC}	77.55 ± 0.02 ^{CD}
4	87.48 ± 0.04 ^{CA}	84.98 ± 0.03 ^{BB}	82.06 ± 0.05 ^{AC}	73.99 ± 0.07 ^{f D}
5	86.59 ± 0.07 ^{DA}	83.11 ± 0.02 ^{DB}	80.23 ± 0.04 ^{CC}	77.89 ± 0.05 ^{BD}
6	82.36 ± 0.04 ^{GA}	80.28 ± 0.06 ^{FB}	79.43 ± 0.05 ^{EC}	78.19 ± 0.04 ^{AD}
A				
Control	0.21 ± 0.01 ^{AD}	1.29 ± 0.03 ^{AC}	2.97 ± 0.02 ^{AB}	4.09 ± 0.04 ^{AA}
1	0.02 ± 0.03 ^{BD}	0.96 ± 0.01 ^{BC}	1.32 ± 0.02 ^{BB}	2.68 ± 0.04 ^{BA}
2	-1.11 ± 0.02 ^{CD}	-1.01 ± 0.02 ^{DC}	-0.86 ± 0.01 ^{EB}	0.83 ± 0.01 ^{DA}
3	-1.65 ± 0.04 ^{FD}	-1.14 ± 0.01 ^{EC}	-0.98 ± 0.03 ^{FB}	0.55 ± 0.03 ^{EA}
4	0.08 ± 0.05 ^{BD}	0.75 ± 0.03 ^{CC}	1.21 ± 0.04 ^{BB}	2.61 ± 0.02 ^{BA}
5	-1.24 ± 0.02 ^{DD}	-1.09 ± 0.02 ^{EC}	-0.84 ± 0.05 ^{EB}	0.92 ± 0.03 ^{EA}
6	-1.54 ± 0.03 ^{ED}	-0.99 ± 0.01 ^{DC}	-0.16 ± 0.03 ^d	0.18 ± 0.04 ^{FA}
B				
Control	5.73 ± 0.08 ^{ED}	9.73 ± 0.05 ^{CC}	18.73 ± 0.05 ^{AB}	29.73 ± 0.03 ^{AA}
1	7.37 ± 0.06 ^{ED}	9.42 ± 0.08 ^{DC}	15.86 ± 0.09 ^{CB}	24.68 ± 0.06 ^{BA}
2	8.69 ± 0.07 ^{BD}	10.12 ± 0.04 ^{BC}	13.78 ± 0.06 ^{DB}	21.55 ± 0.05 ^{DA}
3	10.11 ± 0.09 ^{AD}	10.92 ± 0.05 ^{AC}	12.49 ± 0.07 ^{FB}	18.93 ± 0.09 ^{FA}
4	7.29 ± 0.05 ^{DD}	9.51 ± 0.07 ^{DC}	16.02 ± 0.08 ^{BB}	23.87 ± 0.03 ^{CA}
5	8.42 ± 0.08 ^{CD}	10.04 ± 0.06 ^{BC}	13.02 ± 0.06 ^{EB}	20.63 ± 0.06 ^{EA}
6	8.73 ± 0.10 ^{BD}	9.45 ± 0.04 ^{DC}	11.85 ± 0.05 ^{EB}	15.79 ± 0.07 ^{GA}

*Small letters indicate significant differences at a confidence level of 95% ($p < 0.05$) in each column and capital letters indicate significant differences at a confidence level of 95% ($p < 0.05$) are in each row.

($p < 0/05$) وابسته به مدت زمان نگهداری، پوشش و درصد اسانس موجود در ساختار پوشش خوراکی بود. بر این اساس با افزایش مدت زمان نگهداری میزان سفتی تمامی تیمارها به

3-4- سفتی بافت

همان‌طور که در شکل 2 نشان داده شده تغییرات سفتی بافت نمونه‌های قارچ در طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری

لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). واضح است که در طول دوره نگهداری، بافت قارچ دچار زوال می‌گردد و تفاوت سفتی بافت در تیمار شاهد و تیمارهای پوشش داده شده بیشتر می‌شود، بنابراین می‌توان پذیرفت که علاوه بر سفتی، تازگی بافت قارچ را نیز به وسیله اعمال پوشش خوراکی حفظ نمود. در طول روز اول نگهداری کمترین تفاوت بین نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد از لحاظ خصوصیات بافتی مشاهده می‌گردد، اما با افزایش زمان نگهداری تاثیر مثبت بکارگیری پوشش‌های خوراکی روی سفتی قارچ بخصوص پوشش‌های حاوی درصد‌های بالای هر دو اسانس مشاهده شد.

طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش می‌یابد که شیب کاهش سفتی در تیمار شاهد و تیمارهای با پوشش CMC حاوی درصد پایین دو اسانس به طور معنی‌داری ($p<0/05$) بیشتر از سایر تیمارها بود. از طرف دیگر افزایش درصد بکارگیری اسانس‌های پوست لیمو و پوست گردو در ساختار پوشش‌های CMC به طور معنی‌داری ($p<0/05$) از کاهش سفتی قارچ نسبت به سایر تیمارها جلوگیری نمود، به طوری که در پایان دوره نگهداری تیمارهای پوشش داده شده با CMC حاوی 3 درصد اسانس پوست لیمو و پوست گردو به طور معنی‌داری ($p<0/05$) دارای سفتی بالاتری نسبت به سایر تیمارها بودند. همچنین مشخص شد که تیمارهای پوشش داده شده با CMC حاوی هر دو اسانس در غلظت یکسان، شاخص سفتی آن‌ها از

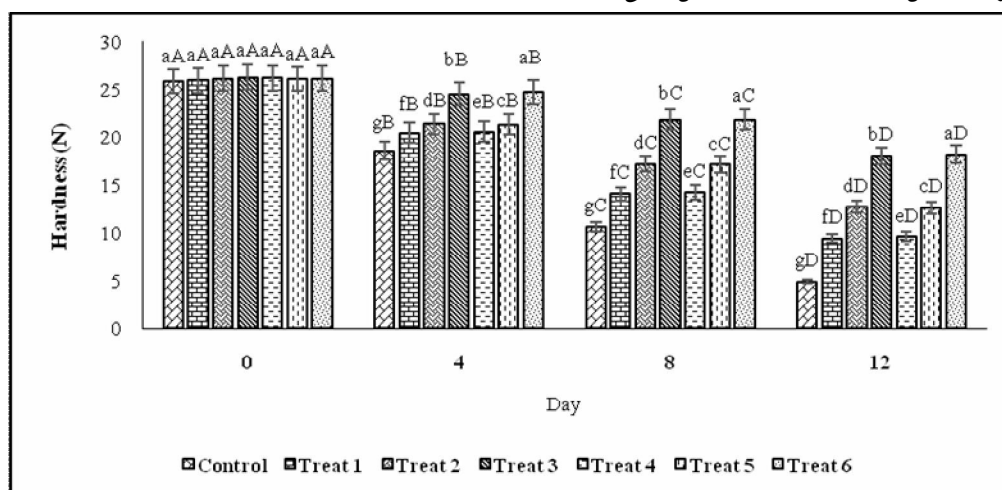


Fig 2 Changes in the hardness of various mushroom samples during the storage period at 4 °C.

مقایسه با تیمار شاهد و سایر تیمارها بودند. همچنین بررسی روند تغییرات تعداد میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها در طول دوره نگهداری نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان نگهداری نمونه‌های قارچ پوشش داده شده در دمای یخچال تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌های سودوموناس به طور معنی‌داری ($p<0/05$) افزایش می‌یابد. علاوه بر این‌ها مقایسه اثر دو اسانس روی خصوصیات میکروبی قارچ‌ها در طول دوره نگهداری نشان داد که در غلظت برابر تیمارهای پوشش داده شده با CMC حاوی اسانس پوست لیمو به طور معنی‌داری ($p<0/05$) قادر به کاهش بیشتر جمعیت میکروبی در مقایسه با تیمارهای حاوی اسانس پوست گردو بودند.

3-5- خصوصیات میکروبی

تغییرات شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و شمارش باکتری سودوموناس در نمونه‌های قارچ در طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری ($p<0/05$) وابسته به مدت زمان نگهداری، پوشش و درصد اسانس موجود در ساختار پوشش خوراکی بود (جدول 3). با افزایش درصد بکارگیری دو اسانس در ساختار پوشش CMC جهت تیمار نمودن نمونه‌های قارچ، تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌های سودوموناس به طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش یافت به طوری که تیمارهای پوشش داده شده با CMC حاوی 3 درصد اسانس (هر دو اسانس) در طول دوره نگهداری به طور معنی‌داری ($p<0/05$) دارای کمترین تعداد میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌های سودوموناس در

Table 3 Changes in the total count and *pseudomonas* bacteria of various mushroom samples during the storage period at 4 °C.

Treatment	Day 0	Day 4	Day 8	Day 12
	Total Count (log CFU/g)			
Control	3.48±0.06 ^{aD}	6.05±0.02 ^{aC}	7.74±0.03 ^{aB}	8.38±0.05 ^{aA}
1	3.51±0.05 ^{aD}	5.72±0.03 ^{bC}	6.69±0.05 ^{bB}	7.47±0.03 ^{bA}
2	3.49±0.04 ^{aD}	4.92±0.02 ^{dC}	5.59±0.02 ^{dB}	6.19±0.05 ^{dA}
3	3.44±0.08 ^{aD}	4.39±0.06 ^{fC}	4.83±0.04 ^{fB}	5.24±0.04 ^{fA}
4	3.45±0.07 ^{aD}	5.51±0.05 ^{cC}	6.42±0.04 ^{cB}	7.18±0.02 ^{cA}
5	3.50±0.06 ^{aD}	4.81±0.04 ^{eC}	5.31±0.05 ^{eB}	6.01±0.05 ^{eA}
6	3.47±0.07 ^{aD}	4.21±0.02 ^{gC}	4.56±0.02 ^{gB}	4.92±0.03 ^{gA}
	<i>Pseudomonas</i> bacteria (log CFU/g)			
Control	2.29±0.07 ^{aD}	4.97±0.03 ^{aC}	6.86±0.01 ^{aB}	7.37±0.04 ^{aA}
1	2.31±0.05 ^{aD}	3.68±0.04 ^{cC}	4.54±0.03 ^{bB}	5.49±0.05 ^{bA}
2	2.32±0.04 ^{aD}	3.41±0.05 ^{dC}	4.22±0.06 ^{dB}	5.18±0.03 ^{cA}
3	2.30±0.06 ^{aD}	2.81±0.03 ^{fC}	3.69±0.05 ^{eB}	4.52±0.02 ^{eA}
4	2.29±0.07 ^{aD}	3.22±0.02 ^{eC}	4.38±0.04 ^{cB}	5.42±0.02 ^{bA}
5	2.33±0.05 ^{aD}	3.86±0.01 ^{bC}	4.16±0.02 ^{dB}	5.09±0.03 ^{dA}
6	2.31±0.06 ^{aD}	2.56±0.01 ^{eC}	3.34±0.03 ^{fB}	4.11±0.01 ^{fA}

*Small letters indicate significant differences at a confidence level of 95% ($p < 0.05$) in each column and capital letters indicate significant differences at a confidence level of 95% ($p < 0.05$) are in each row.

یکدیگر در غلظت برابر نشان داد تیمارهای که حاوی اسانس پوست لیمو بود دارای امتیاز حسی بیشتری بودند (جدول 4). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نمونه‌های قارچ پوشش داده شده با پوشش CMC حاوی 3 درصد اسانس پوست لیمو در مقایسه با سایر تیمارها و تیمار شاهد دارای بالاترین امتیاز پذیرش کلی بود.

3-6- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی در پایان دوره نگهداری نشان داد که با بکارگیری پوشش خوراکی CMC نسبت به نمونه شاهد امتیاز تمامی پارامترهای حسی افزایش یافت و همچنین با افزایش درصد بکارگیری اسانس‌های پوست لیمو و پوست گردو در فرمولاسیون پوشش‌ها به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) امتیاز پارامترهای حسی نیز بیشتر شد. مقایسه تاثیر دو نوع اسانس با

Table 4 Changes in the sensory parameters of various mushroom samples in the end of the storage period at 4 °C.

Treatment	Odor	Color	Texture	Acceptability
Control	1.00±0.00 ^g	1.00±0.00 ^g	1.00±0.00 ^g	1.00±0.00 ^g
1	2.00±0.00 ^f	2.50±0.04 ^f	2.00±0.00 ^f	2.00±0.00 ^f
2	3.00±0.00 ^d	3.50±0.06 ^d	2.50±0.04 ^e	2.50±0.05 ^e
3	4.00±0.00 ^b	4.50±0.05 ^b	4.50±0.05 ^b	4.00±0.00 ^b
4	2.50±0.06 ^e	3.00±0.00 ^e	3.00±0.00 ^d	3.00±0.00 ^d
5	3.50±0.05 ^c	4.00±0.00 ^c	3.50±0.06 ^c	3.50±0.05 ^c
6	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a

*Small letters indicate significant differences at a confidence level of 95% ($p < 0.05$) in each column.

خیلی بالایی می‌باشد که بکارگیری پوشش‌های محافظ می‌تواند افت وزن قارچ را به تاخیر بیاورد [20]. مطالعات مختلفی دلالت بر استفاده از پوشش‌های مختلف بر پایه پلی‌ساکاریدها در کنترل افت وزن میوه‌ها و سبزی‌های مختلف دارند. بسیاری از محققین بیان کرده‌اند که استفاده از فرمولاسیون‌های تجاری از جمله CMC و استرهای اسیدهای چرب ساکارز از جمله روش‌های متداول برای جلوگیری از افت رطوبت و وزن در محصولات گیاهی می‌باشند. افت وزن در نتیجه تنفس و تبخیر

4- بحث

4-1- افت وزن

افت وزن، پارامتر کیفی حیاتی است زیرا هرگونه افت وزن می‌تواند به ضرر اقتصادی تبدیل شود. همچنین افت وزن به شدت ظاهر قارچ را تحت تاثیر قرار می‌دهد که این امر به علت فقدان ساختار اپیدرمی محافظ در قارچ‌ها علیه افت رطوبت بیش از حد است. بنابراین قارچ دارای سرعت تنفس

رطوبت از قارچ رخ می‌دهد. مکانیسم اصلی افت وزن تبخیر رطوبت است که به وسیله شیب فشار بخار آب در دو نقطه مختلف از میوه‌ها و سبزی‌ها فعال می‌شود. مکانیسم لازم برای اثرات مثبت پوشش‌ها بر مبنای خاصیت جاذب الرطوبگی آنها است که قادر به تشکیل سد محافظ در مقابل انتشار رطوبت بین قارچ و محیط اطراف هستند و در نتیجه از نقل و انتقالات خارجی آنها جلوگیری به عمل می‌آورند [21]. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دلیل تشکیل لایه محافظ روی سطح میوه‌ها و سبزی‌ها باعث ایجاد سد در مقابل انتقال و مهاجرت رطوبت و اکسیژن می‌شوند. این لایه‌ها از طریق کاهش نرخ انتقال جرم آب و گازهای تنفسی اثر خود را اعمال می‌کنند که با افزودن ترکیبات روغنی به فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی اثر سینرژیستی در خاصیت ممانعت‌کنندگی این ساختارها ایجاد می‌شود. افزودن اسانس به فرمولاسیون پوشش‌ها به دلیل خاصیت آب‌گریزی که دارند سبب تقویت جلوگیری از انتقال رطوبت و نفوذ گازها از عرض این ساختارها می‌شوند [۲۲،۲۳]. بنابراین با افزایش غلظت اسانس در فرمولاسیون پوشش‌ها خروج آب از قارچ به تاخیر و افت وزن نیز کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. جیانگ و همکاران (2011)، بیان کردند که استفاده از پوشش کیتوزانی و بکارگیری اسانس آویشن در ساختار آن در مقایسه با پوشش شاهد به طور معنی‌داری سبب کاهش افت وزن قارچ در طی دوره نگهداری شد که محققین دلیل این رفتار را به محدود کردن افت رطوبت قارچ در نتیجه بکارگیری همزمان اسانس و پوشش نسبت دادند [24].

4-2- مواد جامد محلول در آب

تنفس هوازی باعث شکستن قندها و سایر منابع انرژی می‌شود. بنابراین محتوی قند قارچ‌ها در طول دوره نگهداری کاهش می‌یابد. قندها سوبستراهای اصلی در تنفس می‌باشند [25]. میزان قندهای محلول و قندهای کل در پس از برداشت محصولات گیاهی به عنوان شناساگر مهم تخریب پس از برداشت مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. محققین بیان کرده‌اند که ترهالوز و الکل قندها مانند مانیتول و آرابیتول کربوهیدرات‌های اصلی موجود در قارچ هستند که به سرعت در پس از برداشت مقدار آنها کاهش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که مصرف این ترکیبات برای بررسی تولید دی‌اکسید کربن در پس از

برداشت بسیار مناسب است [26]. به طور کلی افزایش تنفس سبب شکسته شدن و مصرف قندها می‌شود که این امر سبب کاهش محتوی مواد جامد محلول کل می‌شود. همان‌طور که دیده شد با بکارگیری پوشش CMC و افزایش غلظت هر دو اسانس در ساختار آن میزان افت مواد جامد محلول کل در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت. این رفتار احتمالاً به دلیل کاهش سرعت تنفس قارچ در طی دوره نگهداری در نتیجه کاهش سرعت و میزان نفوذ اکسیژن به داخل محصول و همچنین تجمع دی‌اکسید کربن در درون آن می‌باشد. پوشش CMC حاوی اسانس‌ها سبب ایجاد غشای نیمه تراوا می‌گردد که سرعت تنفس بافت را کاهش خواهد داد زیرا با کاهش نفوذ اکسیژن و تجمع گاز دی‌اکسید کربن در اطراف محصول میزان تنفس آن کاهش می‌یابد که این امر نیز تجزیه قندهای محلول قارچ را به تاخیر می‌اندازد. بهاتاری و گواتام (2006)، بیان کردند که قندهایی که در طی دوره رسیدگی میوه‌ها و سبزی‌ها تشکیل می‌شوند در طی فرآیند تنفس به مصرف خواهند رسید. این محققین بیان نمودند که به دلیل آن‌که پوشش تشکیل شده اطراف میوه‌ها و سبزی‌ها با خاصیت نیمه تراوایی که ایجاد می‌نماید، میزان رسیدن و سرعت تنفس را با محدود نمودن تبادل گازها و همچنین تولید اتیلن کاهش می‌دهد. این حالت مصرف قندها را به تاخیر می‌اندازد و سبب می‌شود که محتوی مواد جامد محلول کل در تیمارهای پوشش داده شده بالاتر از تیمار شاهد باشد [27]. نتایج به دست آمده در طی این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. مهنودهی و حمدی (2015)، از صمغ‌های درخت بادام و صمغ عربی به عنوان پوشش‌های خوراکی جهت به تاخیر انداختن پدیده رسیدگی پس از برداشت گیلاس در طی دوره نگهداری استفاده نمودند. با استفاده از پوشش دو صمغ مذکور میزان رسیدگی پس از برداشت به تاخیر افتاد. صمغ‌های درخت بادام و صمغ عربی با ایجاد پوششی نیمه تراوا در اطراف محصول سرعت تنفس و تبادل گازهای تنفسی را محدود می‌سازند و از این طریق به حفظ قندهای محلول کمک می‌کنند که این امر نیز رسیدگی پس از برداشت گیلاس را به تاخیر انداخت [28].

4-3- خصوصیات رنگی

رنگ واضح‌ترین شاخص کیفی برای مصرف‌کنندگان می‌باشد. این شاخص در ارتباط با سن قارچ، حمل و نقل و فساد میکروبی است، بنابراین رنگ به تنهایی به عنوان شاخصی برای

4-4- سفتی بافت

بافت قارچ اغلب اولین خصوصیتی است که در میان خصوصیات کیفی آن توسط مصرف کنندگان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و بنابراین کاملا در پذیرش کلی محصول نهایی حائز اهمیت است [34]. یافته‌های این پژوهش با نتایج دیگر محققین روی حفظ سفتی میوه مطابقت داشت. برای مثال افت سفتی توت فرنگی به وسیله بکارگیری پوشش خوراکی بر پایه صمغ پولولان به تاخیر افتاد [8] یا به تاخیر انداختن نرمی سیب به وسیله پوشش واکسی [35] و پوشش کیتوزانی در مرکبات [36] نمونه‌ای از این مثال‌ها می‌باشد. در طول دوره نگهداری، بافت نرم قارچ ممکن است به وسیله نمادهای مختلف از جمله افت تورم سلولی، خروج هوای درون و برون سلولی و تخریب دیواره سلولی و در نتیجه افت رطوبت به وسیله شکستن سلول، ارزیابی شود [37]. علی‌رغم ماهیت آب‌دوستی ترکیبات پلی ساکاریدی، استفاده از آن‌ها به تنهایی یا همراه با اسانس‌های گیاهی منجر به ایجاد سدی در مقابل انتقال رطوبت، تاخیر در آب‌زدایی و بنابراین افزایش سفتی قارچ‌ها و سبزی‌های پوشش داده شده خواهد شد [۱۷،۳۸،۳۹]. به طور مشابه مجیبی و همکاران (2012)، گزارش دادند که استفاده از پوشش خوراکی بر پایه کنیروا و ژل آلونوره جهت افزایش ماندگاری قارچ سبب بهبود حفظ سفتی قارچ در مقایسه با تیمارهای پوشش داده نشده می‌گردند [17].

4-5- خصوصیات میکروبی

عمرماندگاری قارچ‌های خوراکی به دلیل سرعت تنفس بالای آن‌ها و تمایل زیاد به قهوه‌ای شدن و نیز به دلیل عدم محافظت فیزیکی در مقابل افت رطوبت و حملات میکروبی کم می‌باشد. باکتری‌ها، کپک‌ها، فعالیت آنزیمی و تغییرات بیوشیمیایی می‌توانند باعث فساد قارچ در طول دوره نگهداری شوند. از جمله عوامل فساد قارچ میکروارگانیسم‌های گرم منفی مانند سودوموناس‌ها، مخمرها مانند کاندیدا هستند. بنابراین حفظ کیفیت میکروبی قارچ‌ها از لحاظ ماندگاری و تازگی بسیار حائز اهمیت خواهد بود [5]. میکروارگانیسم‌هایی که معمولا عامل فساد قارچ‌ها می‌باشند شامل باکتری‌های گرم منفی، باکتری‌های سرمدوست و بخصوص متعلق به خانواده سودوموناس می‌باشند زیرا این میکروارگانیسم‌ها از کمپوست نشأت می‌گیرند و عامل آلودگی قارچ هستند [40].

میزان ماندگاری قارچ استفاده می‌شود. رنگ قارچ‌های تازه تحت تاثیر مقدار اکسیژن ارائه شده است که به عنوان راهی برای تاخیر انداختن واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی محسوب می‌گردد. علاوه بر این جمعیت میکروبی می‌تواند تغییرات رنگی قارچ‌های تازه را تحت تاثیر قرار دهند [29]. فاکتورهایی که رنگ قارچ را در طول دوره نگهداری تحت تاثیر قرار می‌دهند شامل شرایط مواد اولیه یعنی شستشو، برش، حمل و نقل و نوع سیستم بسته‌بندی و همچنین رشد میکروبی هستند [30]. در تیمارهای پوشش داده شده حاوی اسانس با توجه به آن‌که رنگ اسانس‌ها زرد متمایل به قهوه‌ای بود لذا در روز اول نگهداری شاخص روشنایی آن‌ها با افزایش غلظت اسانس در ساختار پوشش‌ها، کمتر بود بنابراین تیمار شاهد که هیچ گونه پوششی نداشت دارای شاخص روشنایی بالاتر و شاخص‌های زردی و قرمزی کمتری بود. اما از طرف دیگر با افزایش زمان نگهداری به دلیل این‌که سطح تیمارهای پوشش داده نشده به طور مستقیم در معرض هوا قرار می‌گیرد لذا پدیده اکسیداسیون و قهوه‌ای شدن آنزیمی به دلیل محیا بودن مقادیر کافی اکسیژن رخ می‌دهد که این امر شاخص روشنایی قارچ‌ها را کاهش و شاخص‌های زردی و قرمزی را افزایش می‌دهد [۱۶،۳۱]. همچنین با توجه به آن‌که با افزایش غلظت اسانس‌ها در ساختار پوشش CMC هم خاصیت آنتی اکسیدانی افزایش و هم میزان ممانعت کنندگی پوشش‌ها بیشتر می‌شود [۳۲،۳۳]. لذا با افزایش غلظت هر دو اسانس در ساختار پوشش CMC میزان افت شاخص روشنایی در طول دوره نگهداری کاهش می‌یابد. نتایج این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. صداقت و زاهدی (2012)، از پوشش‌های مختلف صمغ عربی و CMC جهت تیمار نمودن قارچ در طول دوره نگهداری استفاده نمودند. در تیمار شاهد ابتدا شاخص روشنایی، بالاتر از سایر نمونه‌ها و شاخص‌های زردی و قرمزی کمتر از نمونه‌های پوشش داده شده بود. اما با افزایش زمان نگهداری تیمارهای پوشش داده شده با هر دو صمغ دارای شاخص روشنایی بالاتر و شاخص‌های زردی و قرمزی کمتری بودند که این رفتارها را می‌توان به قابلیت محافظت دو پوشش در مقابل نفوذ اکسیژن و کاهش فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز در چنین تیمارهای نسبت داد [16].

سودوموناس را محدود کرد و ماندگاری قارچ را افزایش داد [24].

4-6- ارزیابی حسی

دلایل امتیازات پارامترهای حسی توسط داوران احتمالا در ارتباط با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی است که در طی این پژوهش اندازه‌گیری شدند. همان‌طور که در طی این مطالعه مشاهده شد با بکارگیری پوشش خوراکی CMC روی نمونه‌های قارچ در مقایسه با تیمار شاهد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و همچنین کیفیت میکروبی نمونه‌ها بهبود یافت. علاوه بر این، افزایش غلظت دو اسانس در فرمولاسیون پوشش CMC خصوصیات مورد آزمون را نیز بهبود بخشید، بنابراین احتمالا به همین خاطر تیمارهای پوشش داده شده با CMC امتیاز بیشتر در مقایسه با تیمار شاهد کسب کردند و نیز با افزایش غلظت اسانس‌ها امتیاز خصوصیات حسی بهبود یافت. نتایج این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. جیانگ و همکاران (2011)، مشاهده کردند که با بکارگیری پوشش کیتوزانی و همچنین افزایش غلظت اسانس آویشن در ساختار آن خصوصیات حسی محصول نهایی بهبود می‌یابد [24].

5- نتیجه گیری

قارچ در مقایسه با میوه‌ها و سبزی‌ها دارای عمر پس از برداشت کوتاهی می‌باشد که این حالت در ارتباط با فعالیت متابولیکی خیلی زیاد و فعالیت آبی بالای آن است. این حالت سبب می‌شود که این محصول نسبت به فساد میکروبی و فعالیت قهوه‌ای شدن آنزیمی حساس باشد. طی این پژوهش تاثیر استفاده از پوشش CMC حاوی دو اسانس پوست لیمو و پوست گردو به عنوان نگهدارنده طبیعی جهت افزایش ماندگاری قارچ در طی 12 روز نگهداری در دمای 4 درجه سلسیوس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی نشان داد که استفاده از پوشش CMC حاوی اسانس به طور موثری این خصوصیات قارچ را در مقایسه با نمونه شاهد بهبود می‌بخشد. همچنین استفاده از پوشش‌های حاوی اسانس خصوصیات حسی قارچ را در مقایسه با نمونه شاهد ارتقا دادند. در نهایت نتیجه گرفته شد که استفاده از پوشش CMC حاوی 3 درصد اسانس پوست لیمو به طور موثری می‌تواند ماندگاری قارچ را در دمای

بسیاری از مواد ضد میکروبی برای استفاده در فرمولاسیون فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به منظور جلوگیری از فساد میکروبی و کاهش خطر میکروارگانیسم‌های پاتوژن بکار گرفته می‌شوند. تمایل به سمت استفاده از ترکیبات ضد میکروبی با منشا طبیعی به دلیل ماهیت بی‌خطر بودن آن‌ها است و بنابراین مصرف کنندگان به دنبال مواد غذایی سالم و عاری از افزودنی‌های شیمیایی می‌باشند. جهت انتخاب ماده ضد میکروبی در ساختار چنین بسته‌بندی‌های فعالی باید کارآیی ماده مورد نظر علیه میکروارگانیسم هدف مورد توجه قرار گیرد. مواد گیاهی و دارویی به دلیل این‌که سالیان متمادی است به عنوان افزودنی و چاشنی در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین از عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به عنوان عوامل ضد میکروبی به طور گسترده در ماتریکس فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی استفاده شده است [12]. بسیاری از گیاهان و اسانس آن‌ها دارای فعالیت ضد میکروبی می‌باشند که دلیل استفاده از این اسانس‌ها در تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی فعال را توجیه می‌نماید. ترکیب، ساختار و همچنین گروه‌های عاملی موجود در ترکیبات این متابولیت‌ها نقش مهمی را در فعالیت ضد میکروبی این مواد ایفا می‌نماید [41]. ترکیب اصلی موجود در عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی ترکیبات فنولی می‌باشند که عامل خصوصیات ضد میکروبی این ترکیبات طبیعی هستند [42]. براین اساس به دلیل وجود ترکیبات ضد میکروبی و پلی فنولی موجود در اسانس پوست لیمو مثل لیمونن، بتا-پینن¹، گاما-ترپینن² و لینالول³ [43] و اسانس پوست گردو مثل ژوگلون، هیدروکسی سینامیک اسیدها⁴، هیدروکسی بنزوئیک اسیدها⁵ و فلاونوئیدها [44] انتظار می‌رود که استفاده از اسانس این ضایعات گیاهی سبب کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌های سودوموناس در نمونه‌های قارچ پوشش داده شده با CMC شود. جیانگ و همکاران (2011)، تاثیر استفاده همزمان پوشش برپایه کیتوزان و اسانس آویشن روی خصوصیات میکروبی قارچ را مورد آزمون قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از پوشش حاوی اسانس آویشن به دلیل خصوصیات ضد میکروبی آویشن رشد میکروارگانیسم‌ها بخصوص باکتری‌های

1. beta-Pinene
2. gamma-Terpinene
3. Linalool
4. Hydroxycinnamic acid
5. Hydroxybenzoic acid

films from protein and cellulosic materials. *Journal of food engineering*, 25(4), 497-507.

- [10] Rico-Peña, D. C., & Torres, J. A. (1991). Sorbic Acid and Potassium Sorbate Permeability of an Edible Methylcellulose-Palmitic Acid Film: Water Activity and pH Effects. *Journal of food science*, 56(2), 497-499.
- [11] Phan, D., Debeaufort, F., Peroval, C., Despré, D., Courthaudon, J. L., & Voilley, A. (2002). Arabinoxylan-lipid-based edible films and coatings. 3. Influence of drying temperature on film structure and functional properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(8), 2423-2428.
- [12] Campos, C. A., Gerschenson, L. N., & Flores, S. K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 849-875.
- [13] Omar, J., Alonso, I., Garaikoetxea, A., & Etxebarria, N. (2013). Optimization of focused ultrasound extraction (FUSE) and supercritical fluid extraction (SFE) of citrus peel volatile oils and antioxidants. *Food Analytical Methods*, 6(4), 1244-1252.
- [14] Di Vaio, C., Graziani, G., Gaspari, A., Scaglione, G., Nocerino, S., & Ritieni, A. (2010). Essential oils content and antioxidant properties of peel ethanol extract in 18 lemon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 126(1), 50-55.
- [15] Rahimipناه, M. Hamedi, M. & Mirzapour, M. (2010). Analysis of some factors affecting the phenolic compounds extracted from green husk of walnut (*Juglans regia* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. Vol. 27, No. 3. 419.430.
- [16] Sedaghat, N., & Zahedi, Y. (2012). Application of edible coating and acidic washing for extending the storage life of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Science and Technology International*, 18(6), 523-530.
- [17] Mohebbi, M., Ansarifar, E., Hasanpour, N., & Amiryousefi, M. R. (2012). Suitability of Aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 3193-3202.
- [18] Jiang, T., Feng, L., & Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan-glucose complex

یخچال افزایش و کیفیت فیزیکی شیمیایی، میکروبی و حسی آن را بهبود بخشد.

6- منابع

- [1] Gray, W. D., & Hesseltine, C. W. (1970). The use of fungi as food and in food processing. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 1(2), 225-329.
- [2] Pourian-Far, H. & Farsi, M. (2011). Nourishment and breeding of the white button mushroom. *Jahad Daneshgahi of Mashhad Press*. First Edition. Page 275.
- [3] Cheung, L. M., Cheung, P. C., & Ooi, V. E. (2003). Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food chemistry*, 81(2), 249-255.
- [4] Bautista-Baños, S., Hernandez-Lauzardo, A. N., Velazquez-Del Valle, M. G., Hernández-López, M., Barka, E. A., Bosquez-Molina, E., & Wilson, C. L. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25(2), 108-118.
- [5] Masson, Y., Ainsworth, P., Fuller, D., Bozkurt, H., & İbanoğlu, Ş. (2002). Growth of *Pseudomonas fluorescens* and *Candida sake* in homogenized mushrooms under modified atmosphere. *Journal of food engineering*, 54(2), 125-131.
- [6] Deveci, C., Rodríguez-López, J. N., Fenoll, L. G., Tudela, J., Catalá, J. M., de los Reyes, E., & García-Cánovas, F. (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.
- [7] Jayathunge, L., & Illeperuma, C. (2005). Extension of postharvest life of oyster mushroom by modified atmosphere packaging technique. *Journal of food science*, 70(9).
- [8] Diab, T., Biliaderis, C. G., Gerasopoulos, D., & Sfakiotakis, E. (2001). Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(10), 988-1000.
- [9] Park, H. J., & Chinnan, M. S. (1995). Gas and water vapor barrier properties of edible

- quality during storage. *Journal of food processing and preservation*, 39(6), 1499-1508.
- [29] Zalewska, M., Marcinkowska-Lesiak, M., & Onopiuk, A. (2017). Physicochemical properties of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) as affected by coating. *Journal of Food Processing and Preservation*, 50, 218-227.
- [30] Sapers, G. M., Miller, R. L., Miller, F. C., COOKE, P. H., & CHOI, S. W. (1994). Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. *Journal of Food Science*, 59(5), 1042-1047.
- [31] Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., Serrano, M., Castillo, S., & Martínez-Romero, D. (2013). Aloe arborescens and Aloe vera gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest biology and technology*, 83, 54-57.
- [32] Sánchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martínez, C., & Cháfer, M. (2011a). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 57-63.
- [33] Sánchez-González, L., Cháfer, M., Hernández, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2011b). Antimicrobial activity of polysaccharide films containing essential oils. *Food Control*, 22(8), 1302-1310.
- [34] Nasiri, M., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Niakousari, M. (2017). Application of Tragacanth gum impregnated with *Satureja khuzistanica* essential oil as a natural coating for enhancement of postharvest quality and shelf life of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *International journal of biological macromolecules*, 25(5), 53-67.
- [35] Bai, J., Baldwin, E. A., & Hagenmaier, R. H. (2002). Alternatives to shellac coatings provide comparable gloss, internal gas modification, and quality for 'Delicious' apple fruit. *HortScience*, 37(3), 559-563.
- [36] Chien, P. J., Sheu, F., & Yang, F. H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 225-229.
- [37] Martínez-Ferrer, M., Harper, C., Pérez-Munoz, F., & Chaparro, M. (2002). Modified atmosphere packaging of coating under cold storage. *Food Chemistry*, 131(3), 780-786.
- [19] Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media.
- [20] Qué, P. T. T., Nicolai, B., & Verlinden, B. (2017). Effect of controlled atmosphere and storage temperature on the weight loss and cap colour of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 6, 127-139.
- [21] Yaman, Ö., & Bayındırlı, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT-Food science and Technology*, 35(2), 146-150.
- [22] Perdonés, Á., Escriche, I., Chiralt, A., & Vargas, M. (2016). Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage. *Food chemistry*, 197, 979-986.
- [23] Choi, W. S., Singh, S., & Lee, Y. S. (2016). Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of 'Formosa' plum (*Prunus salicina* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 70, 213-222.
- [24] Jiang, T., Feng, L., & Zheng, X. (2011). Effect of chitosan coating enriched with thyme oil on postharvest quality and shelf life of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(1), 188-196.
- [25] Tseng, Y. H., & Mau, J. L. (1999). 5o-nucleotides in mushrooms, *Agaricus bisporus*, during post-harvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1519-1523.
- [26] Hammond, J. B., & Nichols, R. (1975). Changes in respiration and soluble carbohydrates during the post-harvest storage of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(6), 835-842.
- [27] Bhattarai, D. R., & Gautam, D. M. (2006). Effect of harvesting method and calcium on postharvest physiology of tomato. *Nepal Agriculture Research Journal*, 7, 37-41.
- [28] Mahfoudhi, N., & Hamdi, S. (2015). Use of almond gum and gum arabic as novel edible coating to delay postharvest ripening and to maintain sweet cherry (*Prunus avium*)

- [42] Zheng, Z. L., Tan, J. Y., Liu, H. Y., Zhou, X. H., Xiang, X., & Wang, K. Y. (2009). Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 292(3), 214-218.
- [43] Lota, M. L., de Rocca Serra, D., Tomi, F., Jacquemond, C., & Casanova, J. (2002). Volatile components of peel and leaf oils of lemon and lime species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 796-805.
- [44] Sun, M. L., Wang, Y. M., Song, Z. Q., & Fang, G. Z. (2007). Insecticidal activities and active components of the alcohol extract from green peel of *Juglans mandshurica*. *Journal of Forestry Research*, 18(1), 62-64.
- minimally processed mango and pineapple fruits. *Journal of Food Science*, 67(9), 3365-3371.
- [38] Garcia, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (2000). Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of food science*, 65(6), 941-944.
- [39] Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 292-303.
- [40] Munsch, P., & Alatosava, T. (2002). Several pseudomonads, associated with the cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* or *Pleurotus* sp., are hemolytic. *Microbiological research*, 157(4), 311-315.
- [41] Holley, R. A., & Patel, D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*, 22(4), 273-292.



The effect of active packaging based on carboxymethyl cellulose contains walnut and lemon peels essential oils on the shelf life of mushroom

Rajabi, S. ¹, Bahrami, S. ^{1*}, Abdollahian-Noghabi, M. ²

1. Department of Food Science and Technology, Safadash Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2018/ 09/ 17

Accepted 2019/ 10/ 28

Keywords:

Mushroom, CMC,
Lemon peel,
Walnut shell,
Active packaging .

DOI: 10.22034/FSCT.19.130.155

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.130.14.3

*Corresponding Author E-Mail:
bahrami1355@gmail.com

ABSTRACT

In this research, the effects of carboxymethyl cellulose (CMC) contains lemon peel and walnut shell essential oils as edible coatings on the shelf life and postharvest losses of mushrooms were studied. Mushrooms were stored at 4 °C for 12 days and physicochemical characteristics were analyzed after 0, 4, 8 and 12 days of storage. During cold storage, the uncoated mushrooms showed rapid weight loss and total soluble solid changes while mushrooms treated with CMC coating containing lemon peel and walnut shell essential oils significantly ($p<0.05$) delayed these phenomena. Although firmness of both coated and control samples decreased throughout storage, the use of CMC-essential oils coating significantly ($p<0.05$) reduced the loss of firmness in mushroom samples. The L^* value changes of the mushrooms coated with CMC-essential oils was lower than that of others. A significant ($p<0.05$) decrease in L^* value and a significant ($p<0.05$) increase in a and b values occurred in all mushrooms during the maintenance period. The use of edible coating led to significant ($p<0.05$) decrease in number of microorganisms of the mushrooms during all days of storage. Incorporation of the essential oils into CMC coating solution caused increase in microbial quality of the coated samples. Using the CMC coating containing 3% lemon peel essential oil led to significantly increasing ($p<0.05$) of sensory parameter scores, so that the treatment containing 3% lemon peel essential oil had the highest acceptability score compared to control and other treatments.