(مقاله پژوهشی)

تاثیر بسته‌بندی نانوکامپوزیتی پلی‌اتیلن- نانوسلولز بر افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای

راحله اسماعیلی دارابی[۱]، حامد افشاری[۲*]، رسول لسان خوش منفرد[۳]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم داروئی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، مدیر عامل شرکت دانش بنیان بسپار پیشرفته شریف، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴

چکیده

امروزه مصرف قارچ دکمه‌ای با توجه به طعم مطلوب و ارزش تغذیه‌ای بالای آن رو به افزایش است. نگهداری و ماندگاری قارچ دکمه‌ای یکی از معضلات این محصول می‌باشد. در این تحقیق، تاثیر بسته‌بندی از جنس نانوکامپوزیت پلی‌اتیلن- نانوسلولز با درصدهای مختلف نانوسلولز (صفر [نمونه شاهد]، ۱٪، ۲٪، ۵٪ و منتشرکننده شاهد) و همچنین پدهای ساطع کننده گاز دی اکسید کربن بر روی زمان نگهداری قارچ دکمه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور، نمونه‌های قارچ دکمه‌ای در بسته بندی های مذکور و در یخچال با دمای ۳ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. قارچ دکمه‌ای در روزهای ۰، ۲، ۶، ۸، ۱۰ و۱۳ از لحاظ تنفس، وزن، ظاهر، طعم و همچنین مقدار رطوبت و pH مورد بررسی قرار گرفتند. داده ها از طریق تجزیه و تحلیل واریانس توسط نرم‌افزارSPSS در سطح اطمینان ۹۵٪ بر اساس نتیج به دست آمد، تیمار حاوی ۲ درصد نانوسلولز به عنوان تیمار بهینه از لحاظ ماندگاری معرفی گردید که دارای کم ترین افزایش رطوبت، کمترین میزان کاهش وزن و دی‌اکسیدکربن، بیشترین امتیاز رنگ کلاهک، ساقه و داخل کلاهک تا روز ۱۰ام نگهداری می‌باشد. بنابراین می‌توان نگهداری قارچ دکمه‌ای را با بسته‌بندی کامپوزیت نانوسلولز ۲ درصد، تا مدت ۱۰ روز افزایش داد.

واژه های کلیدی: بسته‌بندی، قارچ دکمه‌ای، نانوکامپوزیت نانوسلولز.

* مسؤول مکاتبات: Hamedafshari@gmail.com

۱-مقدمه

تقاضای روز افزون برای رژیم‌های غذایی سالم و ابداع راهکارهای مناسب به منظور کاهش ضایعات فراوان میوه و سبزیجات (قارچ) و نیاز به بسته‌بندی مناسب جهت حفظ ارزش تغذیه‌ای و تازگی این محصولات از اهمیت خاصی برخورد است (۱۲،۱۴،۳۳). مصرف قارچ با توجه به طعم و رایحه مطلوب و ارزش تغذیه‌ای آن (منبعی غنی از اسیدهای آمینه ضروری متعدد، ویتامینها و مواد معدنی)، رو به افزایش است. قارچ‌ها دوره ماندگاری کوتاه ۴-۳ روزه دارند (۱۱،۷،۳۰). کیفیت محصول رابطه مستقیمی با زمان برداشت تا زمان عرضه آن به دست مشتری و مصرف کننده دارد. شایع‌ترین عوامل اُفت کیفیت در قارچ‌ها؛ واکنش قهوه‌ای شدن، از دست رفتن آب، بد طعمی و فساد میکروبی است (۱۳). "نانوکامپوزیت‌های پلیمری" با توجه به قابلیت‌های بسیار، امکان دستیابی به صنعت هوشمند بسته‌بندی مواد غذایی را فراهم می‌سازد که نتیجه آن حصول اطمینان از ایمنی مواد غذایی و جلب رضایت مصرف‌کننده است (۱۸،۲۱). این بسته‌بندی‌ها نسبت به شرایط داخل بسته، تغییرات فعالانه‌ای ایجاد می‌کند که به افزایش عمر محصول، بهبود ایمنی و خواص حسی و حفظ کیفیت محصول در مدت زمان نگهداری منجر می‌شود. هدف از بسته‌بندی قارچ جلوگیری از فساد میکروبی و از دست رفتن مواد مغذی و در نتیجه افزایش مدت زمان ماندگاری آن ها است، بسته‌بندی مواد غذایی از عمده‌ترین کاربردهای فناوری نانو می باشد (۱۲،۱۳،۱۵،۲۴). استفاده از نانوسلولز به عنوان یکی از راه‌های افزایش ماندگاری قارچ در این تحقیق مورد بحث قرار گرفت. سلولز به عنوان فراوان ترین پلیمر طبیعی دارای خصوصیات بی‌نظیری است که قابل مقایسه با الیاف مصنوعی نمی‌باشد. از روش‌های سل ژل به طور گسترده‌ای در آماده سازی مواد پیوند آلی استفاده می‌شود. الیاف سلولزی می‌توانند به عنوان یک ماده زمینه آب دوست موثر نسبت به تشکیل هسته و رشد ذرات معدنی در محلول‌های آب دوست عمل کنند (۶). به طورکلی، میزان ماندگاری یکی از چالش‌های اصلی نگهداری قبل از مصرف و صادرات محصولات کشاورزی می‌باشد. طراحی یک پلیمر مهندسی شده می‌تواند کمک شایانی در افزایش ماندگاری و افزایش ارزش افزوده محصول کشاورزی داشته باشد (۱۶، ۲۵). در این پژوهش با بکارگیری نانوسلولز با درصدهای مختلف، در پلیمر پلی اتیلن، نانوکامپوزیتی مرکب از اتیلن و نانوسلولز ایجاد گردید تا علاوه بر کنترل تنفس و میزان بارمیکروبی بتواند میزان نگهداری قارچ را افزایش دهد. این تحقیق از این حیث حائز اهمیت است که می‌تواند به رفع چالش نگهداری و محصولات کشاورزی کمک کند. هدف این پژوهش بررسی اثر بسته‌بندی کامپوزیتی پلی اتیلن_ نانو سلولز و تاثیر آن بر زمان ماندگاری قارچ دکمه‌ای است.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- قارچ دکمه‌ای

جهت به حداقل رساند تلفات و ضایعات احتمالی محصول و دستیابی به قارچ تازه جهت پژوهش؛ ۹ کیلو گرم از قارچ دکمه ای در زمان برداشت از تولید کننده دریافت و در مدت زمان کوتاه (همان روز) به آزمایشگاه جهت بسته‌بندی انتقال داده شد.

۲-۲- نانوسلواز

با توجه به عدم وجود نانو سلولز کریستالی در ایران، ۴۰۰گرم پودر نانو کریستال سلولز از شرکت Alberta Innovates Technology Futures مستقر در ایالت آلبرتای کانادا تهیه گردید. مشخصات نانو سلولز تهیه شده در جدول ۱ جمع آوری شده است.

جدول ۱- مشخصات فنی ذرات CNC

رنگ	دانسیته ($g.cm^{-3}$)	قطر ذرات r (nm)	طول ذرات (nm)	مورفولوژی	سطح ویژه ($m^2.g^{-1}$)	دمای شروع تخریب (^oC)
سفید	۱/٦	۵-۱۵	۱۰۰-۲۰۰	سوزنی شکل	۲۰۰-۳۰۰	۲۵۰

پلی اتیلن سبک (LDPE)گرانول پلی‌اتیلن سبک از پتروشیمی بندر امام تهیه شد که دارای چگالی ۰/۹۶ گرم بر سانتیمتر مکعب و شاخص جریان مذاب (MFI) ۱/۷ (۱۰ دقیقه، ۲۳۰ درجه سانتیگراد، ۲/۱۶ گرم) می‌باشد.

۲-۳- روش ها

۲-۳-۱- روش تهیه نمونه نانوکامپوزیتی

در ابتدا پودر ذرات نانوسلولز و گرانول پلی اتیلن سبک با درصدهای۰/۵، ۱، ۲و ۵ درصد وزنی بصورت فیزیکی مخلوط شد. سپس مخلوطهای تهیه شده از داخل دستگاه اکسترودر همسو دو مارپیچه (با قطر ماردون ۱۹ میلیمتر و نسبت طول به قطر ۴۰ با برند ZSK، آلمان) در پژوهشگاه پلیمر ایران، جهت اختلاط در حالت مذاب عبور داده شد. در حین اختلاط در حالت مذاب دمای دستگاه اکسترودر از ۱۸۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد و سرعت مارپیچ ۱۰۰ تا ۱۶۰ دور بر دقیقه تنظیم گردید. در مرحله بعد، جهت تهیه فیلم های بسته بندی از گرانول های تولید شده از دستگاه تولید فیلم با برند برابندر آلمان در پژوهشگاه پلیمر ایران استفاده شد. در این دستگاه نیز گرمکن‌ها از ۱۸۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد. خروجی دستگاه، فیلم هایی با عرض ۲۵ سانتیمتر و ضخامت ۲۰ میکرون تهیه شد. لازم به ذکر است که قبل از تولید فیلم جهت دفع آب می بایست گرانولهای پلیمر را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد در آون نگهداری شوند. پودر نانو سلولز در چهار ترکیب مطابق جدول ۲ با پلی اتیلن مخلوط شدند.

جدول ۲- تیمارهای مختلف نانو سلولز کریستال در نانو کامپوزیت

Sample designation	CNC (wt%)
NC0[1]	-
NC1	0.5
NC2	1
NC3	2
NC4	5

[1] pure PE

۲-۳-۲- میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی (*SEM*)

با استفاده از دستگاه میکرسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مرکز پژوهش متالوژی رازی (مدل TeScan – Mira III، ساخت ساخت کشور جمهوری چک) تصویر میکروسکوپی از مواد اولیه تهیه شد.

۲-۳-۳- تهیه نمونه‌های تحقیق

از قبل کیسه‌های نانوسلولز آماده و شماره گذاری شدند. نمونهای مورد نظر از قارچ های تازه و با سطح سفید انتخاب، وزن کشی و عکسبرداری شدند. سپس داخل هر نمونه سلولز دو عدد قارچ قرار داده شد، با استفاده از دستگاه دوخت حرارتی دستی Fs-300 نمونه های قارچ را بسته‌بندی نموده و

در دمای معمولی ۳ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری و با فاصله‌های زمانی ۲، ۶، ۸، ۱۰و۱۳روز آزمون‌ها انجام گردید. لازم به ذکر است که علاوه بر نمونه‌ی شاهد، یک تیمار حاوی ساطع کننده‌ی گاز دی اکسید کربن (به شکل پد) تهیه شد. این پد حاوی ترکیب پودری شکل بی‌کربنات سدیم و اسید استیک به نسبت ۱:۱می‌باشد. این پد نقش تولید کننده گاز دی‌اکسیدکربن را در بسته بندهای دارد تا تاثیر حضور دی اکسید کربن بر ماندگاری قارچ دکمه‌ای بررسی شود.

۲-۳-٤- روش آزمون‌ها

۲-۳-٤-۱-اندازه‌گیری pH

یکی از قارچ‌ها را از وسط نصف کرده و pH متر کاغذی (سطح رنگی) را به روی قسمت برش خورده آن قرار داده و بعد از یک دقیقه از روی سطح قارچ برداشته و تغییرات رنگی مشاهده شده را با راهنمای رنگی سطح جلد بسته pH متر کاغذی، مقایسه و نتیجه بدست آمده ثبت شد.

۲-۳-٤-۲-اندازه‌گیری میزان رطوبت

از دستگاه رطوبت سنج مدل CEM DT-129 استفاده شد بدین منظور قارچ ها به دو نیم مساوی برش داده و در پروب های سوزنی شکل دستگاه قرار می گرفتند تا میزان رطوبت اندازه گیری گردد.

۲-۳-٤-۳-اندازه‌گیری میزان کاهش وزن قارچ‌ها

در طول مدت نگهداری به صورت منظم، وزن قارچ ها اندازه گیری و نسب به وزن اولیه سنجیده شده و به درصد ثبت شدند. برای محاسبه از رابطه ۱، استفاده شد. بطوری که Wدرصد اُفت وزن، $M1$ وزن اولیه و $M2$ وزن روز آزمایش می‌باشد (۲۳).

رابطه۱: $W=[(M1-M2)/M1]\times 100$

۲-۳-٤-٤-تعیین غلظت گاز CO_2 وO_2

به صورت درصدی با استفاده از دستگاه گاز آنالیزور (مدل دیوآل تراک با دقت ۰/۰۰۱ ± ساخت شرکت کوانتک، آمریکا) مبتنی بر بکارگیری سنسور مادون قرمز برای گاز CO_2و سنسور الکتروشیمیایی برای گاز O_2 در روزهای۰، ۲، ۶، ۸، ۱۰و ۱۳نگهداری برای بسته‌های کامپوزیتی پلی اتیلن_ نانوسلولز قارچ دکمه‌ای مورد آزمون قرار گرفت (۲).

۲-۳-٤-٥- ارزیابی رنگ ظاهری کلاهک، ساقه و داخل کلاهک قارچ

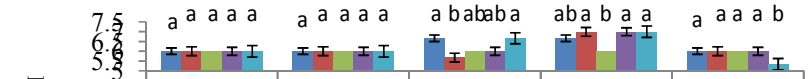
به دلیل محدودیت امکانات و عدم امکان استفاده از دستگاه ، از روش هدونیک نه نقطه ای جهت ارزیابی رنگ و ظاهر قارچ استفاده شد. بر اساس تست هدونیک نُه نقطه‌ای (رنگ معمول و یکنواخت و قوی=۹ ، نسبتا قوی=۷، متوسط=۵، بد=۳، خیلی بد=۱) از پانلیست‌ها خواسته شد نمونه‌ها را ارزیابی نمایند. جامعه آماری کل واحدهای تولید قارچ دکمه‌ای استان تهران بودند بر اساس معیار نزدیکی مکانی و نقش تعیین کننده زمان در تازگی محصول و انتقال آن به آزمایشگاه، محصول از تولید زندی دریافت شد. نمونه‌های تحقیق در ۴ سطح از نانوسلولز (۰، ۱، ۲، ۵ درصد و منتشر کننده دی‌اکسیدکربن) و نمونه شاهد که در ۶ دوره زمانی (روزهای۰، ۲، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۳ ام نگهداری) و با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند در مجموع ۴۵ تیمار جهت انجام آزمون‌ها می‌باشند. برای مقایسه تست‌ها ازجداول تجزیه و تحلیل واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و جهت تجزیه تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS در سطح اطمینان ۹۵٪ و به منظور رسم شکل ها و جداول از نرم افزار Excel، استفاده شد. پس دو تیمار غلظت نانوسلولز و زمان نگهداری یا سطوح مختلف در این تحقیق دیده شده است؟

۳-نتایج و بحث

۳-۱-ارزیابی نتایج pH بسته‌های کامپوزیتی پلی اتیل- نانوسلولز قارچ دکمه‌ای

با توجه به نتایج ذکر شده در شکل۱ مشخص گردید که درصدهای مختلف نانوسلولز در سطح ۵ درصد و زمان

نگهداری و اثر متقابل درصدهای مختلف نانوسلولز و زمان نگهداری بر pH بسته‌های کامپوزیتی پلی اتیلن_نانوسلولز قارچ دکمه‌ای در سطح ۱ درصد تاثیر کاملاً معنی‌داری داشتند (p<۰/۰۱).که علت آن می تواند به دلیل کاهش تنفس قارچ‌های دکمه‌ای بسته‌بندی شده باشد. در اکثر میوه‌ها و سبزیجات در طول مدت نگهداری pH افزایش می‌یابد و این به دلیل کاهش اسیدهای آلی است (۲۷). افزایش قندها و کاهش اسیدها طی نگهداری در برخی از میوه‌ها و سبزیجات منجر به افزایش pH می‌شود ولی این افزایش در اکثر محصولات کشاورزی متفاوت می‌باشد، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود نظیر قندها نیز امکان تاثیر بر pH را دارند (۲۸). عواملی که منجر به کاهش تنفس و کاهش سرعت فرآیندهای متابولیکی سلول می‌گردند، می‌توانند از کاهش اسیدهای آلی جلوگیری کرده و در بلند مدت باعث تجمع اسیدهای آلی و پایین ماندن pH گردند (۳). افزایش رطوبت (حفظ رطوبت) سبب کاهش اختلاف بخار آب بین محصول و بسته‌بندی شده در نتیجه سبب کاهش تنفس و به دنبال آن سبب کاهش تجزیه قند میوه و سبزیجات به اسید و جلوگیری از کاهش pH می‌شود (۹). pH سبزیجات و میوه‌جات در طول نگهداری با گذشت زمان به واسطه تجزیه اسیدهای آلی در فرایند تنفس به علت فرایند رسیدگی و پیرشدن افزایش می‌یابد. پایین ماندن pH در قارچ‌های بسته‌بندی شده احتمالا به دلیل کاهش شکسته شدن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی و جلوگیری از هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچکتر (سازنده) در طی تنفس می باشد (۵). حفظ اسیدهای آلی در قارچ‌ها نتیجه کاهش فرایندهای مربوط به رسیدن و پیری و کاهش سرعت تنفس و سایر فعالیت های متابولیکی می‌باشد. همچنین می‌تواند به دلیل نفوذ پذیری کم اکسیژن و میزان تنفس کمتر و در نتیجه جلوگیری از اکسیداسیون اسیدهای آلی باشد (۳۲). همچنین با جلوگیری از رسیدن بیش از حد باعث حفظ بهتر pH قارچ‌ها تا روز ۱۰ ام نگهداری شده است. احتمالا حضور نانوسلولز باعث کاهش تنفس قارچ در داخل نمونه بسته‌بندی نسبت به نمونه شاهد می‌شود که این امر باعث کاهش pH در روز ۱۳ ام می‌شود. طبق بررسی‌ها pH تا مقدار ۶ الی ۷ در مورد قارچ دکمه‌ای مناسب است (۳۵، ۷). نتایج مشابهی با تحقیق اصغری و توحیدیان (۱۳۹۶) به دست آمد. آن ها گزارش کردند که در طی مدت نگهداری (۴۵، ۳۰، ۱۵ روز) هلو بسته‌بندی شده در ظروف بسته‌بندی مختلف (نانونقره، نانوکامپوزیت و پلی پروپیلن)، با افزایش دوره نگهداری میزان pH تا روز ۳۰ ام نگهداری تا حدودی حفظ و از افزایش بیش از حد آن جلوگیری شده و از روز ۳۰ به ۴۵ ام نگهداری، میزان pH در تمام ظروف افزایش یافت (۴).



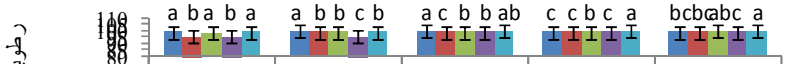
	2	6	8	10	13
شاهد	6	6	6.6667	6.6667	6
%1 NC	6	6	5.6667	7	6
%2 NC	6	6	6	6	6
%5 NC	6	6	6	7	6
CO2 emiter	6	6	6.6667	7	5.3333

شکل ۱- تاثیر تیمارها بر pH طی مدت زمان نگهداری

مقادیر دارای حروف مشابه در روز بررسی شده در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند(p>۰/۰۵).

۳-۲- ارزیابی نتایج میزان رطوبت بسته‌های کامپوزیتی پلی اتیلن_نانوسلولز قارچ دکمه‌ای

با توجه به نتایج ذکر شده در شکل ۲، مشخص گردید که درصدهای مختلف نانوسلولز و زمان نگهداری تاثیر کاملاً معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر میزان رطوبت داشتند (p<۰/۰۱). علت این امر به نوع پوشش بسته‌بندی که سبب افزایش تنفس و به دنبال آن تغییرات در میزان رطوبت، است. افزایش رطوبت (حفظ رطوبت) سبب کاهش اختلاف بخار آب بین محصول و بسته‌بندی شده در نتیجه سبب کاهش تنفس و به دنبال آن سبب کاهش تجزیه قند میوه و سبزیجات به اسید و جلوگیری از کاهش pH می‌شود (۹). به نظر می‌رسد حضور نانوسلولز در دیواره بسته‌بندی باعث کاهش تنفس و ایجاد رطوبت ناشی از فرآیند پیرشدن می‌شود. در هر حال در نمونه ۲ ٪ و تا حدودی ۵ ٪ رطوبت اولیه کمتر از نمونه شاهد است که این موضوع نشان دهنده انتقال رطوبت از دیواره بسته‌بندی حاوی نانوسلولز می‌باشد. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر هم پوشانی با نتیجه تحقیق کرمانی و همکاران (۱۳۹۵) دارد که در بررسی" تاثیر بسته‌بندی نانوکامپوزیت‌های زیست تخریب بر پایه پلی اتیلن– نشاسته – نانورس بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بافتی قارچ دکمه‌ای طی دوره نگهداری" به این نتیجه رسیدند در بین نمونه‌های پوشش داده شده با پلی اتیلن، نسبت به نمونه‌های دیگر بیشتر سبب حفظ رطوبت شده و در نتیجه سبب بهتر بودن رنگ و بافت نمونه‌ها شده است (۱۴). نتایج مشابهی با تحقیق Rezaee و همکاران (۲۰۱۸) بدست آمد. این محققین اثر بسته‌بندی پلی لاکتیک اسید(PLA) اصلاح شده با نانوذرات رس در کیفیت و عمر مفید قارچ را بررسی نموده و نتایج نشان داد که ظاهر و ویژگی کیفی قارچ در این بسته انتخاب شده در طول مدت نگهداری، به طور معنی‌داری از نمونه شاهد متفاوت بوده است، لذا کمترین کاهش‌وزن، حفظ رطوبت در قارچ‌ها مشاهده گردید (۲۹).



	2	6	8	10	13
شاهد	99.0667	99.96	99.96	99.2667	99.4333
%1 NC	95.9	99.0667	99.1667	99.3	99.4667
%2 NC	98.6667	99.1667	99.43	99.4333	99.7333
%5 NC	95.9	95.9	99.4667	99.2333	99.3
CO2 emiter	99.1	99.2333	99.6667	99.8667	99.9667

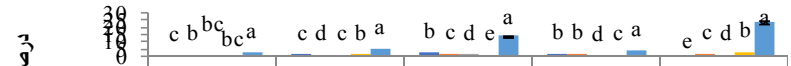
شکل ۲- تاثیر تیمارها بر میزان رطوبت طی مدت زمان نگهداری

مقادیر دارای حروف مشابه در روز بررسی شده در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند(p>۰/۰۵).

۳-۳-ارزیابی نتایج کاهش وزن بسته‌های کامپوزیتی پلی اتیلن_نانوسلولز قارچ دکمه‌ای

با توجه به نتایج ذکر شده در شکل ۳، مشخص گردید که درصدهای مختلف نانوسلولز تاثیر معنی‌دار بر درصد کاهش وزن (۰/۰۱<p<۰/۰۵) و زمان نگهداری و اثر متقابل درصدهای مختلف نانوسلولز و زمان نگهداری در سطح ۱ درصد تاثیر کاملاً معنی‌دار بر کاهش وزن داشتند (p<۰/۰۱). این نتایج نشان داد که بسته‌بندی کامپوزیت نانوسلولز ۲ درصد اثر بیشتری در پیشگیری از کاهش‌وزن قارچ دکمه‌ای دارد. علت آن می‌تواند به ایجاد مانع بهتر در مقابل مولکول آب نسبت داده شود (۲۲).

کاهش وزن یکی از عمده‌ترین تغییراتی است که در میوه‌ها و سبزیجات در پروسه نگهداری رخ می‌دهد. در پی این کاهش، رطوبت به طور آهسته از سطح محصول به تدریج خارج می شود و محصول شادابی و تازگی خود را از دست می‌دهد. در پی این پدیده وزن محصول کم شده و از نظر ظاهری محصول دچار پوسیدگی و چروکیدگی می‌شود (۲۳). علت اُفت وزن قارچ در طول نگهداری می‌توان این طور بیان کرد که سبزیجات پس از برداشت تنفس می‌کنند یعنی اکسیژن هوا را جذب و دی‌اکسیدکربن دفع می‌کند و اکسیژن جذب شده قندهای داخل سبزیجات را به اسیدها، الکل‌ها و غیره تبدیل کرده و باعث ترش شدن و خرابی و در نتیجه اُفت وزن آن ها می‌شود. تنفس میوه‌ها و سبزیجات تازه را می‌توان با استفاده ازیک بسته‌بندی مناسب، در حد متعارف کاهش داده به طوری که میوه‌ها و سبزیجات با حفظ ترکیبات اولیه همچنان شاداب باقی بماند و اُفت وزن نداشته باشند. همچنین وجود نانوسلولز که مانعی در برابر اکسیژن و رطوبت می‌باشد باعث کاهش شدت تنفس میوه وسبزیجات می گردد. کاهش وزن میوه و سبزیجات درنتیجه دهیدراسیون و از دست دادن آب سطح میوه‌ها و سبزیجات است (۲۵).



	2	6	8	10	13
شاهد	0.51	1.13	2.84	1.52	0.29
%1 NC	0.68	0.78	1.76	1.61	1.87
%2 NC	0.54	1.11	1.19	0.55	0.86
%5 NC	0.57	1.39	0.85	1.11	2.87
CO2 emiter	2.84	5.03	14.28	3.97	23.57

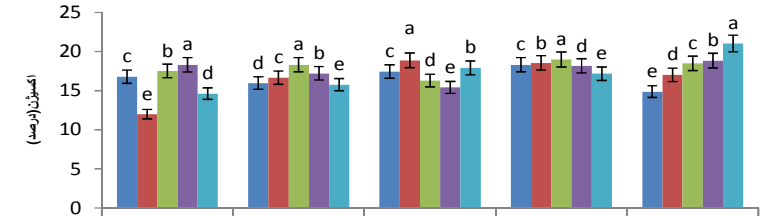
شکل ۳- تاثیر تیمارها بر درصد کاهش وزن طی مدت زمان نگهداری

مقادیر دارای حروف مشابه در روز بررسی شده در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند($p>۰/۰۵$).

نتایج مشابهی با نتایج سایر محققان بدست آمد. کرمانی و همکاران در سال ۱۳۹۵ به مطالعه "تاثیر بسته‌بندی نانوکامپوزیت‌های زیست تخریب بر پایه پلی اتیلن- نشاسته - نانورس بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بافتی قارچ دکمه‌ای طی دوره نگهداری" پرداختند و به این نتیجه رسیدند در بین نمونه‌های پوشش داده شده با پلی اتیلن، نسبت به نمونه‌های دیگر بیشتر سبب حفظ رطوبت شده و در نتیجه کاهش اُفت وزن نمونه‌ها شده است (۱۴). اصغری و توحیدیان در سال ۱۳۹۶گزارش کردند که در بسته‌بندی میوه هلو با نانوکامپوزیت‌ها در مقایسه با ظروف پلی اتیلنی، کاهش‌وزن کمتری مشاهده شد (۴). همچنین *Rezaee* و همکاران (۲۰۱۸) اثر بسته‌بندی *پلی‌لاکتیک اسید*(*PLA*) اصلاح شده با نانوذرات رس در کیفیت و عمر مفید قارچ را بررسی نموده و گزارش کردند ظاهر و ویژگی کیفی قارچ در این بسته انتخاب شده در طول مدت نگهداری، به طور معنی‌داری از نمونه شاهد متفاوت بوده و کمترین کاهش‌وزن و حفظ رطوبت، در نمونه‌های قارچ مشاهده شد (۲۹). به نظر می رسد یکی از مهمترین آزمون های مربوط به این تحقیق، بررسی تنفس قارچ باشد که آیا این بسته بندی توانسته است نفشی در آن داشته باشد یا خیر؟ آیا منظور از ارزیابی قسمت ۳-۴، آن همین است؟

۳-٤-ارزیابی نتایج میزان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بسته‌های کامپوزیتی نانوسلولز قارچ دکمه‌ای

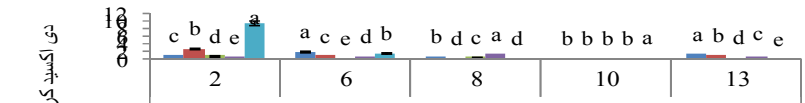
با توجه به نتایج ذکر شده در شکل ۴ و ۵، مشخص گردید که درصدهای مختلف نانوسلولز، زمان نگهداری و اثر متقابل آن ها، تاثیر کاملاً معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر میزان اکسیژن و دی اکسیدکربن داشتند ($p<۰/۰۱$). بررسی نتایج تغییرات CO2و O2 در تیمارهای قارچ دکمه‌ای نشان داد که میزان O2 در بسته‌بندی کامپوزیتی نانوسلولز در حال افزایش و نیز میزان CO2 درحال کاهش است. این تغییرات در اثر عدم فعالیت تنفس قارچ است که با کاهش تنفس قارچ، میزان CO2کاهش می‌یابد.



	2	6	8	10	13
شاهد	16.7667	15.95	17.4333	18.3133	14.8733
% 1 NC	11.9867	16.6533	18.87	18.53	17.0033
%2 NC	17.5	18.3133	16.2833	18.9667	18.4867
%5 NC	18.3033	17.2133	15.41	18.1667	18.83
CO2 emiter	14.6167	15.77	17.8933	17.16	21.0067

شکل ٤- تاثیر تیمارها بر میزان اکسیژن طی مدت زمان نگهداری

مقادیر دارای حروف مشابه در روز بررسی شده در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند($p>۰/۰۵$).



	2	6	8	10	13
شاهد	1.2567	2.1533	0.9167	0.4633	1.54
% NC	2.8733	1.0267	0.4667	0.4567	1.23667
%2 NC	1.0167	0.5033	0.6033	0.4167	0.53333
%5 NC	0.7633	0.9267	1.5267	0.4333	0.84333
CO2emiter	9.6533	1.7667	0.47	0.6767	0.10333

شکل ۵- تاثیر تیمارها بر میزان دی اکسید کربن طی مدت زمان نگهداری

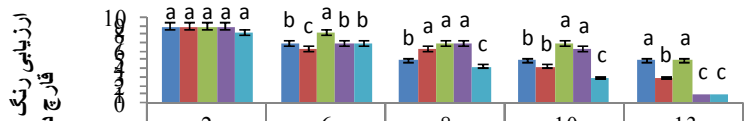
مقادیر دارای حروف مشابه در روز بررسی شده در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند($p>۰/۰۵$).

تنفس فرآیند زیستی غیرقابل اجتناب است. این پروسه یکی از مشخصه‌های بارز عوامل پس از برداشت است که در طی آن ذخایر قندی به آهستگی کم شده و محصول دچار تغییرات برگشت پذیری می‌گردد. با افزایش شدت تنفس فرآیند پیری با سرعت بیشتری به جریان می افتد و هر عاملی که شدت تنفس را به تعویق بیاندازد سبب افزایش عمر انبارمانی محصول می‌گردد (۳۱). شهدادی ساردو و همکاران در سال ۱۳۹۳ در بررسی خود به این نتیجه رسیده‌اند که میوه‌ها و سبزیجات پس از برداشت به دلیل تعرق آب چروکیده شده و علاوه بر درخشش و تازگی مواد مغذی خود را از دست خواهند داد و پوشش دهی سطحی محصول سرعت تنفس را از طریق تنظیم نفوذپذیری اکسیژن و دی‌اکسیدکربن کاهش می دهد و می‌تواند مدت ماندگاری محصولات تازه را افزایش داده و باعث کاهش ضایعات شود (۸) که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت دارد. عامل بسته‌بندی به این علت اثرگذار است که با خاصیت سدکنندگی ورود اکسیژن را محدود کرده و از این طریق پدیده تنفس را کند می‌کند (۲۶). شدت تنفس بالا سبب بروز چروکیدگی و فرآیند پیری می‌شود، به همین سبب محصولات با میزان تنفس بالا شکل ظاهری و بازار پسندی خود را از دست می‌دهند. این نتیجه با فعالیت های Jiang و همکاران در سال ۲۰۱۲ که بر روی قارچ شیتاکه[1] انجام یافت(۲۳)، مغایرت دارد.

۳-۵-ارزیابی نتایج رنگ ظاهری کلاهک، ساقه و داخل کلاهک قارچ دکمه‌ای در بسته‌بندی‌های کامپوزیتی پلی اتیلن_نانوسلولز

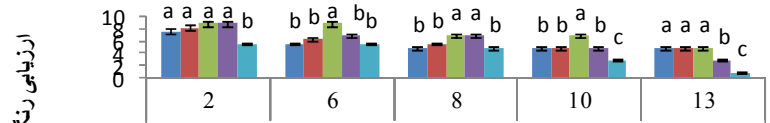
با توجه به نتایج ذکر شده در شکل ۹-۶ مشخص گردید که درصدهای مختلف نانوسلولز، زمان نگهداری و اثر متقابل آن ها، در سطح ۱ درصد تاثیر کاملاً معنی‌دار بر رنگ ظاهری و داخل کلاهک، رنگ و مبدا تغییر رنگ ساقه قارچ دکمه‌ای داشتند ($p<۰/۰۱$) به طوری‌که با افزایش زمان نگهداری، امتیاز رنگ ظاهری کلاهک قارچ بطور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq۰/۰۵$). می‌توان گفت که بهترین نتیجه ی آزمون رنگ ظاهری مربوط به کیسه حاوی ۲ ٪ نانوسلولز می‌باشد. رنگ یکی از ویژگی‌های ظاهری در محصول ارائه شده می‌باشد. این پارامتر یکی از خصوصیات کیفی است که بر روی مصرف کننده تاثیر گذاشته و از نظر اقتصادی تاثیرات مشخصی را اعمال می‌کند (۲۳). با گذشت زمان فعالیت آنزیمی افزایش می‌یابد. این آنزیم سبب می‌شود رنگ قارچ‌های بسته‌بندی شده و شاهد به تدریج تیره‌تر و قهوه‌ای‌تر گردید. نتایج بدست آمده با نتایج سایر محققان مشابهت دارد. کرمانی و همکاران در سال ۱۳۹۵ به این نتیجه رسیدند در بین نمونه‌های پوشش داده شده با پلی اتیلن، نسبت به نمونه‌های دیگر سبب بهتر بودن رنگ نمونه‌ها شده است (۱۴). همچنین Eissa در سال ۲۰۰۷ که بر روی قارچ خرد شده صورت گرفت، کاهش امتیاز رنگ را گزارش نمودند (۲۰). Rezaee و همکاران (۲۰۱۸) بیان نمودند که ظاهر و ویژگی کیفی قارچ در این بسته انتخاب شده در طول مدت نگهداری، به طور معنی‌داری از نمونه شاهد متفاوت بوده است، لذا طراوت و رنگ قارچ‌ها حفظ می‌شود (۲۹).

1 -Shitake



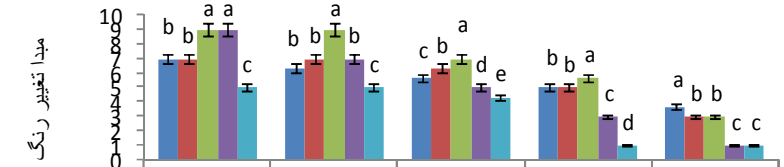
	2	6	8	10	13
شاهد	9	7	5	5	5
%1 NC	9	6.33	6.33	4.33	3
%2 NC	9	8.33	7	7	5
%5 NC	9	7	7	6.33	1
CO2 emiter	8.33	7	4.33	3	1

شکل ٦- تاثیر تیمارها بر ارزیابی رنگ ظاهری کلاهک قارچ دکمه ای طی مدت زمان نگهداری



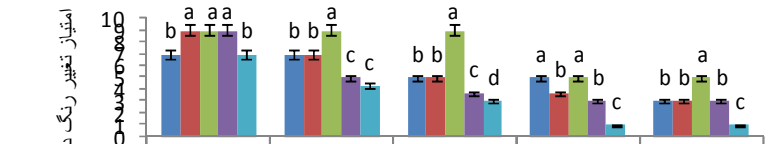
	2	6	8	10	13
شاهد	7.67	5.67	5	5	5
%1 NC	8.33	6.33	5.67	5	5
%2 NC	9	9	7	7	5
%5 NC	9	7	7	5	3
CO2 emiter	5.67	5.67	5	3	1

شکل ۷- تاثیر تیمارها بر ارزیابی رنگ ساقه قارچ دکمه ای طی مدت زمان نگهداری



	2	6	8	10	13
شاهد	7	6.33	5.67	5	3.67
%1 NC	7	7	6.33	5	3
%2 NC	9	9	7	5.67	3
%5 NC	9	7	5	3	1
CO2 emiter	5	5	4.33	1	1

شکل ۸- تاثیر تیمارها بر ارزیابی مبدا تغییر رنگ ساقه قارچ دکمه ای طی مدت زمان نگهداری



	2	6	8	10	13
شاهد	7	7	5	5	3
%1 NC	9	7	5	3.67	3
%2 NC	9	9	9	5	5
%5 NC	9	5	3.67	3	3
CO2 emiter	7	4.33	3	1	1

شکل ۹- تاثیر تیمارها بر ارزیابی تغییر رنگ داخل کلاهک قارچ دکمه ای طی مدت زمان نگهداری

مقادیر دارای حروف مشابه در روز بررسی شده در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند($p>۰/۰۵$).

٤-نتیجه گیری

نانوسلولز به‌عنوان یکی از نانومواد جدید با قابلیت‌های بالا و کاربردهای متعدد و قابل دسترس در صنایع غذایی از اهمیّت بالایی برخوردار می باشد. طی تحقیقات صورت گرفته با استفاده از نانوسلولز می توان تنفس محصول را کنترل نمود بر همین اساس در این پژوهش تیمار حاوی ۲ درصد نانوسلولز به عنوان تیمار برتر معرفی گردید که دارای کمترین افزایش رطوبت، کمترین میزان کاهش وزن (تا روز ۱۰ ام نگهداری)، کم ترین میزان دی اکسید کربن (تا روز ۱۰ ام نگهداری)، بیشترین امتیاز رنگ کلاهک، ساقه و داخل کلاهک (تا ۱۰ ام نگهداری) می باشد. همچنین مشخص گردید که می توان نگهداری قارچ دکمه‌ای را با بسته بندی کامپوزیت نانوسلولز ۲ درصد، به مدت ۱۰ روز افزایش داد.

٥- منابع

۱. آقاجانی، ن.، گوهری اردبیلی، ا.، ساری، ع.ع.، دارائی گرمه خانی، ا. ۱۳۹٦. مروری بر پوشش های خوراکی، تولید و کاربرد آنها در صنایع غذایی. اولین همایش ملی تکنولوژی های نوین در علوم و صنایع غذایی و گردشگری ایران.

۲. احسانی، ن.، شهریاری، ش. و فامیل مومن، ر. ۱۳۹٦. توسعه دو روش بسته بندی بر پایه نانو ذرات نقره برای افزایش ماندگاری توت فرنگی. *علوم غذایی و تغذیه*. جلد۱۵، شماره۱، ۲٦-۱۵.

۳. اصغری، م. ر.۱۳۸۷. اندازه گیری اثرات کاربرد اسیدسالیسیلیک در مرحله پس از برداشت بر ویژگی های کیفی و عمر انبارمانی سیب، و انگور. پروژه تحقیقاتی.

٤. اصغری، م. ر. و توحیدیان، م. ۱۳۹٦. بررسی کاربرد بسته بندی نانو بر ماندگاری و خواص کیفی میوه هلو رقم آلبرتا. *نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*،جلد۳۱، شماره۲، ۲۳۵-۲٤۵.

۵. توحیدیان، م.، اصغری، م.، واعظی، س. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر بسته بندی نانو کامپوزیت نقره و سیلیکا بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی و فنل کل میوه هلو. اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار.

٦. حاتمی، ا .، باریکانی ، م. ۱۳۹۰. بررسی ساختار وتاثیر نانو کریستال های سلولزی. ماهنامه فناوری نانو. ص ۹.

۷. رضایی، ش.، لکزیان، ا.، فارسی، م.، ابوالحسنی زراعتکار، م.، حقنی، غ. ۱۳۹۲. امکان جایگزینی پیت با کمپوست مصرف شده در تولید قارچ خوراکی دکمه ای سفید (Agaricus bisporus). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی).جلد ۲۷، شماره۱. ۹-۱.

۸. شهدادی ساردو، ع.، صداقت، ن.، تقی زاده، م.، میلانی، ا. ۱۳۹٦. تاثیر بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده و پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی و حسی خیارگلخانهای رویال طی دوره نگهداری. *نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران*، ۳۷۸-۳٦۳.

۹. شیخ الاسلامی، ز. ۱۳۸٤. اثر زمان برداشت و مدت زمان انبارمانی بر خواص کمی و کیفی زردآلو. مجله تحقیقات مهندسی.

۱۰. صداقت، ن.، واحدی. ن. ۱۳۹٤. بررسی روش مختلف نگهداری و بسته بندی قارچ دکمه ای سفید برای افزایش دوره ماندگاری. *نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران*. جلد ۱۱. ۳۰-۲۳.

۱۱. عبادی، ز.، محمدی گل تپه، ا.، بصیری، ع. ر. ۱۳۸۳. مروری بر عوامل موثر بر کیفیت نهایی قارچ دکمه ای خشک شده در ایران. *مجله پژوهش و سازندگی*،دوره ۱۷، شماره۲، ۲۰-۱۲.

۱۲. فارسی، م.، گردان، ح. ر. ۱۳۸٦. پرورش و اصلاح قارچ های خوراکی با تأکید بر قارچ دکمه ای سفید، جلد اصلی، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۳. فلاحیان، فتح ا... . ۱۳٤٦. قارچ های سمی و خوراکی، انتشارات دانشگاه تهران.

۱٤. کرمانی، م.، مهدیان، ا.، کاراژیان، ر. ۱۳۹۵. تاثیر بسته بندی نانوکامپوزیتهای زیست تخریب پذیر بر پایه پلی اتیلن – نشاسته – نانورس بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بافتی قارچ دکمه ای طی دوره نگهداری. اولین کنگره بین المللی و بیست و چهارمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ٦-۱.

۱۵. نانو سلولز. سایت مرکز نانو سلولز ارس . ریاست جمهوری معاونت علمی و فناوری. شرکت توسعه نانو فناوری ارس. http://nanomat.ir/edu/?page_id=79 1. (مهر96) .

۱٦. نورالهی، ب.، آزادبخت، م. و درویشی. ح. ۱۳۹۵. تعیین برخی از خواص مکانیکی قارچ دکمه ای، دومین همایش ملی مکانیزاسیون و فناوری های نوین در کشاورزی، اهواز، موسسه عالی سیمای دانش، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۱۱- ۱.

17. Azizi Sami, M. A., Alloin, S., Duferene, A. 2005. Rewieo of recent research in to cellulosic whiskers, their proper ties and their application in nano composite field. *Biomacromolacules*, 6:612-626.
18. Bharimalla, A. K., Deshmukh, S. P., Vigneshwaran, N. Patil, P. G. and Prasad, V. 2017. Nanocellulose-Polymer Composites for Applications in Food Packaging: Current Status, Future Prospects and Challenges. *Journal Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 56(8):805-823.
19. Brown, E., Laborie, M. PG. 2007. Bio engineering bacterial cellulose poly ethyience oxide nano composites, 8(10):3074-3081.
20. Eissa, H. A. 2007. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of

of Mushroom. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 8(2):29-40.
30. Riberioc, M., Vicente, A. A., Teixeira, J. A.2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senesce. *Post harvest Biol Technol*,44:63-70.
31. Snowdon, A. L. 2010. Post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables: Volume 2: Vegetables, Manson Publishing.
32. Yaman, O. Bayoindirli, L. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf life and quality of cherries. *Lebensmittel- Wissenchaft and Technologie*, 35:146-150.
33. Zandi, K. H., Weisany, W., Ahamdi, H., Bazargan, I., Naseri, L. 2013. Effect of nano composite based packaging on postharvest quality of strawberry during stroga. Bulletin of Environment pharmacology and life sciences ,2(2):28-36.
34. Zhao, Y., Babin, J., Lepage, M. 2008. ”Decoration” of shell cross-linked reverse polymer micelles using ATRP: a new route to stimuli-responsive nanoparticles. Macromolecules ,41(4):1246-1253.
35. Allison, W. H., Kneebone, L. R.1963. Influence of Compost Ph and Casing Soil Ph on Mushroom Production. International Society for Horticultural Science, 5:81-90. (2018 December 20). Available In: http://www.pubhort.org/isms/5/1/v5_p1_a9.htm.

fresh-cut mushroom. *Journal of food quality*. ,30:623-645.
21. Gray, W. D. 1972. The use of Fungi as Food and In Food Processing I and II, *CRC Critical Reviews in Food Technology*,1-100.
22. Jalili marandi, R. 2007. Pomology. Urmia University Jihad Publications.
23. 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
24. Joseph, M. Morrison. 2006. Nano technology in agriculture and Food.
25. Martenez-Romero, DN., Alburquerqu, J., Valverde, M., Guilln, F., Castillo, S., Valero, D and Serrano, M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment, a new edible coating. *Postharvest Bio Technology*, 39:93-100.
26. Perdones, A., Sánchez-gonzález, L., Chiralt, A. & Vargas, M. 2012. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*,70:32-41.
27. Perkins-Vaezie, P.2007. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest biology, Technology*, 10:1005-1016.
28. Raskin, I. 1992. Salicylic, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 99:799-803.
29. Rezaee, P., Shahriari, Sh., Mostaghim, T. 2018. The Effect of Polylactic Acid Packaging Modified with Clay Nanoparticles on Quality and Shelf life

(Original Research Paper)

The Effect of Nanocellulose Composite Packing on Longer Preservation of Button Mushroom

Raheleh Esmaeili Darabi[1], Hamed Afshari[2]*, Rasool Lesan Khosh Monfared[3]

1-MSc Student of Food Science and Technology, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Managing Director of Knowledge Foundation, of Advanced Sharif Plasma, Tehran Iran.

Received:17/02/2019 Accepted:04/05/2019

Abstract

The button mushroom (*Agaricus bisporus*) is widely consumed with respect to good taste and high nutritional value. The nanocellulose composite packs were prepared by various percent of nanocellulose (zero percent as control sample, 1, 2, and 5 nanocellulose and CO2-emitter) in this study. The samples of button Mushroom were stored after packing in refrigerator at 3°C and all tests were conducted in three repeated treatments during storage periods (2, 6, 8, 10 and 12 days). ANOVA tables were utilized to compare data using SPSS software and the related diagrams and tables were drawn by Excel software at significance level (95%). The results showed that different percents of nanocellulose at 5% level and storage time and the interaction of different nanocellulose percents and storage time on the pH of the composite packs of the fungus nanocellulose had a significant effect on the level of 1% ($p < 0.01$). Different percents of nanocellulose and storage time had a significant effect on 1% moisture content, electrical resistance, oxygen, carbon dioxide, ocular evaluation of decay mushroom ($p<0.01$). The treatment with 2% of nanocellulose content was introduced as the preferred treatment including the least rise of humidity, the smallest weight loss and carbon dioxide and maximum score in terms of cap color, stipe and inside cap by the 10^{th} day of storage. Therefore, period of storage of button Mushrooms can be extended to 10 days by nanocellulose composite packing (2%).

Keywords: Button Mushroom, Composite Nanocellulose, Packing.

* Corresponding Author: Hamedafshari@gmail.com