Effect of chitosan coating with different degrees of deacetylation on shelf life of button mushroom (*Agaricus bisporus*)

Hoda Ghorbanzadeh[1], Jafar Mohammadzadeh Milani* [2], Ali Motamedzadegan[2]

1. M.Sc. of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

2. Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

*- Email: jmilany@yahoo.com

نسخه پیش انتشار

Introduction

With the growth of the population and more demand for obtaining food and supplying the required food, the interest in the cultivation and consumption of edible mushrooms has increased. Since 1990, the world has focused on the mushroom production industry. In recent years, mushrooms have become one of the most important food and medicinal sources. One of the largest species of edible mushroom is button mushroom (*Agaricus bisporus)*, which has high nutritional value due to the presence of things such as fiber, carbohydrates, protein, amino acids, minerals, vitamins, etc., and it also has antioxidant, anti-cancer, and anti-diabetic properties. This food has shown good health properties for humans. The quality of button mushrooms is determined by their color, texture, and taste. Color is the first characteristic that is perceived by consumers. Browning is one of the main reasons for the loss of mushroom quality, which reduces the commercial value of mushrooms. One of the most used methods today is the use of edible coatings for perishable foods, these coatings almost prevent the penetration of oxygen, depending on the type of coating used, and reduce the loss of moisture during storage. Chitosan has functional characteristics such as antimicrobial and antioxidant properties. The purpose of this research is to find a suitable chitosan coating for button mushrooms that can maintain its characteristics such as color, texture hardness, and humidity well during the storage period and increase the storage time of the mushroom.

Materials and methods

To make chitosan solutions, first, each type of chitosan (70% deacetylated, 80% deacetylated, 90% deacetylated, and 100% deacetylated) was weighed in amounts of 0.5g, 1g, and 2g. then it was dissolved in 100 ml of 0.5% acetic acid solution and stirred for 12 hours at a speed of 1000 rpm at room temperature to dissolve uniformly. After 12 hours, each sample was centrifuged for 15 minutes at 6000 rpm at 25 °C to separate undissolved materials. Mushrooms were prepared freshly harvested, washed with water, and then excess moisture was removed. After sorting and screening in terms of size and approximate weight, the mushrooms were added to 0.5%, 1%, and 2% chitosan solutions without being sliced and were immersed in the solution for one minute. The control sample was immersed in 0.5% acetic acid solution for one minute. After that, the mushrooms were air-dried at room temperature for one hour, and at the end, their excess moisture was removed with a tissue. The mushrooms were placed in 18*14 size polyethylene zip lock bags and stored in a refrigerator at 4°C. The effects of chitosan coating

on weight loss, color and browning index, enzyme activity, texture, and total phenolic compounds of mushroom were studied.

Results and discussion

The results of the present research showed that in maintaining the amount of total phenol, controlling the peroxidase enzyme activity and the degree of firmness of the mushroom during storage, the best treatment was chitosan coating with 70% deacetylation degree, while in controlling weight loss, chitosan treatment with 100% deacetylation degree and in polyphenol oxidase activity and sensory test, chitosan treatment with 100% and 90% deacetylation degree had better results. Also, chitosan coating with 90% deacetylation degree controlled the browning index more than the others. This study showed that the use of chitosan coating can be effective in maintaining the characteristics of edible mushrooms.

Conclusions

The spoilage of edible mushrooms happens in a short time, and the storage of mushrooms has become one of the most important things in mushroom production. Coating edible mushrooms is one of the suitable methods to increase the shelf life of edible mushrooms. In this research, chitosan with four degrees of deacetylation and three different concentrations was used as a coating for button mushroom. The results indicated that coating the mushroom with chitosan could delay the occurrence of spoilage and change its color or texture. Due to the very strong antimicrobial properties of chitosan, it is suggested to investigate the microbial load of edible button mushrooms, also other tissue factors of the mushroom, such as gumminess, adhesive properties and cohesieveness can be studied.

Keywords: Chitosan, Shelf life, Coating, Button mushroom

نسخه پیش انتشار

تاثیر پوشش کیتوزان با درجات مختلف استیل زدایی در ماندگاری قارچ دکمه‌ای خوراکی(*Agaricus bisporus*)

هدی قربانزاده[۱]، جعفر محمد زاده میلانی[۲]، علی معتمدزادگان[۲]

۱- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲- استاد، گروه علوم وصنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

یکی از موثرترین روش‌ها برای افزایش طول مدت نگهداری قارچ خوراکی دکمه‌ای، استفاده از پوشش‌های خوراکی است. در این مطالعه، تاثیر کیتوزان به‌عنوان یکی از پوشش‌های خوراکی، با درصدهای استیل زدایی متفاوت (۷۰ تا ۱۰۰ درصد) با سه غلظت های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. تاثیرات پوشش کیتوزانی بر روی افت وزنی، رنگ قارچ و اندیس قهوه‌ای شدن، فعالیت آنزیمی، بافت و ترکیبات فنلی کل مطالعه شد. به این منظور قارچ‌ها در محلول‌های کیتوزان با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ درصد پوشش داده شدند و برای مدت ۱۲ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. نتایج آزمون‌ها حاکی از تاثیر مناسب پوشش‌دهی کیتوزان بر نمونه‌های قارچ خوراکی بود، به‌طوری‌که میزان فنل کل در تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی۷۰ درصد با غلظت یک درصد، در روز دوازدهم به($۰/۴۵ u \cdot g^{-1}$) رسید، میزان آنزیم پراکسیداز در تیمار کیتوزان ۷۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۰/۵ درصد، ($۰/۸ u \cdot g^{-1}$) بود و میزان سفتی نمونه در تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی شده ۷۰ درصد با غلظت ۲ درصد، تنها به میزان ۴۰۱ گرم کاهش پیدا کرد در صورتی‌که نمونه شاهد به میزان ۳۳۸۵/۵ گرم، سفتی خود را از دست داد. در کنترل افت وزنی، تیمار ۱۰۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۲ درصد بهترین نتیجه را نشان داد و تنها ۱/۱۱ درصد افت وزنی داشت. آنزیم پلی فنل اکسیداز در تیمار ۹۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۲ درصد، در روز دوازدهم آزمایش به ($۰/۶۷ u \cdot g^{-1}$) رسید. تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی ۱۰۰ درصد و ۹۰ درصد در آزمون حسی، نتیجه بهتری از ارزیاب‌ها دریافت کرد. تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی ۹۰ درصد و غلظت ۰/۵ درصد، عملکرد بسیار مناسبی نسبت به اندیس قهوه‌ای شدن نشان داد، به طوری‌که در روز دوازدهم آزمایش، اندیس قهوه‌ای شدن نمونه به میزان ۸۵/۴۷ رسید.

واژگان کلیدی: پوشش، قارچ دکمه‌ای، کیتوزان، ماندگاری

مقدمه

چهار گونه عمده قارچ خوراکی که عبارتند از قارچ‌های دکمه‌ای، قارچ‌های صدفی، قارچ شیتاکه و قارچ فالمولینا، نزدیک به ۸۰ درصد تولید جهانی قارچ خوراکی را به خود اختصاص می‌دهند. پرورش قارچ خوراکی در ایران در قالب تولید دو نوع قارچ دکمه‌ای و قارچ صدفی انجام

نسخه پیش انتشار

می‌شود. از آن جا که فعالیت قارچ دکمه‌ای به دلیل حساسیت بالا، باید در محیط‌هایی که درجه حرارت، نور و رطوبت به صورت دقیق کنترل می‌شود پرورش داده شود، فلذا پرورش آن به صورت صنعتی و در محیط‌هایی که دارای تأسیسات و تجهیزات است انجام می‌گردد.

از تعداد ۱۹۵۳ واحد پرورش قارچ خوراکی در کشور، ۱۹۰۹ واحد به تولید قارچ دکمه‌ای، ۳۳ واحد به پرورش قارچ صدفی و ۱۱ واحد نیز به پرورش هر دو نوع قارچ، فعالیت دارند. از واحدهای پرورش قارچ خوراکی کشور، ۱۲۶۷ واحد فعال و ۶۸۶ واحد غیر فعال می‌باشند(نتایج سرشماری از واحدهای پرورش قارچ خوراکی؛ ۱۴۰۰)

مقدار تولید انواع قارچ خوراکی در سال ۱۳۹۹ شامل ۱۰۶۰۶۴ تن قارچ دکمه‌ای و ۲۶۸ تن قارچ صدفی است(نتایج سرشماری از واحدهای پرورش قارچ خوراکی؛ ۱۴۰۰). ایران با تولید ۱۰۱۳۶۵ تن در سال ۲۰۱۹ در مقایسه با سایر کشورها در تولید قارچ، رتبه ۹ را به خود اختصاص داد و بعد از ایران، انگلستان با ۱۰۰۷۸۱ تن در رتبه دهم قرار گرفت. چین با ۸۹۴۸۰۹۹ تن در سال ۲۰۱۹ بالاترین رتبه را در تولید قارچ خوراکی دارد. ژاپن، ایالات متحده و لهستان به ترتیب در رتبه های ۲، ۳ و ۴ این رتبه بندی قرار گرفتند(FAO Source Master Nation).

مقدار ضایعات پس از تولید واحدهای پرورش قارچ خوراکی در ایران، ۱۳۶۱ تن بوده که ۱/۲۵ درصد کل تولیدات را شامل می‌شود(نتایج سرشماری،۱۴۰۰).

با رشد جمعیت و تقاضای روزافزون برای تامین مواد غذایی ، گرایش به کشت و مصرف قارچ خوراکی نیز افزایش یافته است. از سال ۱۹۹۰، جهان به صورت متمرکز صنعت تولید قارچ را دنبال کرده‌است. در سال‌های اخیر به‌دلیل طعم و محتوای مغذی، قارچ به یکی از مهم‌ترین منابع غذایی و دارویی کاربردی تبدیل شده‌است. علاوه بر این که پروتئین‌های قارچ می‌توانند جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های سبد غذایی باشند؛ انواع مختلفی از ویتامین‌ها و مواد معدنی نیز در قارچ‌های خوراکی وجود دارد (Lin and Sun, 2019). یکی از بزرگ‌ترین گونه‌های قارچ خوراکی، آگاریکوس بیسپورس(*Agaricus bisporus*) است که از ارزش غذایی و دارویی بالایی برخوردار است. مصرف این قارچ در شش تا هفت دهه گذشته به طور مداوم درحال افزایش بوده‌است (Usman *et al.*, 2021). قارچ دکمه ای نام دیگر *Agaricus bisporus* است که منبع غذایی ارزشمند با چندین ترکیب فعال زیستی مهم است. قارچ دکمه‌ای یکی از محبوب‌ترین انواع قارچ‌های خوراکی در جهان است (Louis *et al.*, 2021). به دلیل وجود مواردی همچون فیبر، کربوهیدرات، پروتئین، آمینواسید، مواد معدنی، ویتامین‌ها و ... قارچ دکمه‌ای دارای ارزش غذایی بالا و خواص آنتی اکسیدانی، ضدسرطانی و ضد دیابتی است (Kalač ,2013; Muszynska *et al*., 2017). لازم به ذکر است که این ماده‌غذایی خواص سلامتی بخش مناسبی برای انسان از خود نشان داده است (Jiang *et al.*, 2015).

A.bisporus در مقایسه با سایر گونه های پرمصرف از نظر کربوهیدرات، پروتئین و چربی نسبتاً غنی است. قارچ دکمه ای (*Agaricus bisporus*) رایج ترین گونه قارچ خوراکی کشت شده در سراسر جهان است و به دلیل خواص غذایی، ارگانولپتیکی و دارویی آن در بین مصرف کنندگان بسیار محبوب است (Nasiri *et al*., 2018). کیفیت قارچ دکمه‌ای با رنگ، بافت و طعم آن تعیین می‌شود. رنگ اولین مشخصه‌ای است که توسط مصرف‌کنندگان درک می‌شود (Weijn *et al*., 2011). اخیرا پیشرفت‌هایی در حفظ خواص قارچ دکمه‌ای صورت گرفته است (Zhang *et al*., 2018). قهوه ای شدن یکی از دلایل اصلی افت کیفیت قارچ است که این موضوع ارزش تجاری قارچ را کاهش می دهد، به طور کلی قارچ های سفید بازار مناسب‌تری دارند(Wu *et al*., 2016). از آن‌جایی که قابلیت نگهداری قارچ دکمه‌ای در دمای

محیط(۲۰–۲۵ درجه سانتی گراد) در کوتاه مدت بین ۳ تا ۴ روز و در دمای یخچال (۴ درجه سانتی گراد) حدود ۵ تا ۷ روز می‌باشد، ارزش اقتصادی خود را در مدت کوتاهی از دست می‌دهد. پس از این زمان، قارچ دکمه‌ای دچار قهوه‌ای شدن، از دست دادن وزن و رطوبت می‌گردد و حتی ممکن است مورد حمله باکتری‌ها و میکروب‌ها نیز قرار بگیرد (Jiang, 2013).

قارچ خوراکی به دلیل فسادپذیری بالا، طی مدت زمان کوتاهی ویژگی‌های مطلوب از جمله سفیدی، بافت ترد، رطوبت، طعم و مزه ابتدایی خود را از دست می‌دهد. تغییرات اتفاق افتاده در قارچ‌خوراکی، باعث کاهش بازارپسندی آن در طول مدت نگهداری می‌گردد. از این‌رو یافتن روشی مناسب برای طولانی کردن مدت زمان نگهداری قارچ و حفظ ویژگی‌های آن، همواره از مطالعات مربوط به این محصول بوده‌است.

سبزیجات، میوه‌های تازه و قارچ‌های خوراکی به مدت طولانی پس از برداشت نیز از نظر متابولیکی فعال می‌باشند. تنفس یکی از فرایندهای متابولیکی است که انرژی لازم برای دیگر فعالیت‌ها را فراهم می‌کند. تنفس هوازی شامل تجزیه ذخایری هم‌چون کربوهیدرات‌ها و لیپیدها و تبدیل آن‌ها به مولکول‌های ریزتر و ساده‌تر مثل کربن دی اکسید و آب می‌شود. محصولات این عمل برای فعالیت‌های بعدی مثل فعالیت‌های آنزیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سرعت تنفس به عنوان یک معیار برای فعالیت‌های متابولیکی درنظر گرفته می‌شود. قارچ‌ها در مقایسه با سبزیجات و میوه‌ها سرعت تنفس بالاتری دارند (Ares *et al.*, 2006) . قهوه ای شدن آنزیمی قارچ در طول نگهداری فرآیند پیچیده ای است. اختلال در یکپارچگی سلولی قارچ اجازه می دهد تا تماس بین آنزیم و سوبستراهای آنها برقرار شود (Beaulieu *et al.*, 2002) . آنزیم اصلی عامل قهوه ای شدن قارچ، آنزیم پلی فنل اکسیداز است (Lei *et al.*, 2018) . عوامل موثر بر قهوه ای شدن آنزیمی قارچ عبارتند از: فعالیت و مقدار آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO)، محتویات ترکیبات فنلی، عوامل بیماری زا و محیط پس از برداشت مانند دما و رطوبت نسبی؛ بنابراین، عوامل قابل کنترل مانند محیط پس از برداشت، فعالیت PPO و عوامل بیماری زا از جمله پرطرفدارترین موضوعات در مطالعات پس از برداشت قارچ هستند (Gantner *et al.*, 2017; Joshi *et al.*, 2018 ؛ Ghasemi-Varnamkhasti *et al.*, 2018). روش‌های مختلفی برای کنترل قهوه ای شدن قارچ، وجود دارد. خنک سازی پرکاربردترین روش در افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی است. با این حال، اثر بازدارندگی قهوه ای شدن قارچ با سرد شدن محدود است. روش های دیگری مانند بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده و پوشش دهی نیز توسط بسیاری از محققان با هدف یافتن موثرترین راه برای افزایش ماندگاری قارچ دکمه ای مورد مطالعه قرار گرفته است(Xu *et al.*, 2005). باکتری‌ها، کپک‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و تغییرات بیوشیمیایی‌می‌توانند از عوامل فساد قارچ در طول نگهداری به حساب آیند(Jiang , 2013). بنابراین قارچ‌های خوراکی یا باید پس از برداشت مصرف شوند و یا در مدت کوتاهی، فراوری گردند.

استفاده از پوشش‌های خوراکی یکی از خلاقانه‌ترین راه‌ها برای افزایش عمر تجاری محصولات تازه و فاسد شدنی است Rezaiyan Attar (*et al.*, 2022). انواع پوشش‌ها به‌طور نسبی از نفوذ اکسیژن، جلوگیری می‌کنند و از دست رفتن رطوبت در طی نگهداری را کاهش داده و مانع از خروج آب از ماده‌غذایی می‌گردند (Zahedi *et al.*, 2010). اولین بار استفاده از صمغ عربی برای افزایش طول مدت نگهداری گوجه فرنگی توانست گوجه فرنگی را تا ۲۰ روز بدون هیچ برگشت طعم یا فسادی، نگهداری کند (Sedaghat and Zahedi, 2012). این عمل از طریق پوشش دهی سطح قارچ با لایه نازکی از مواد پوشش‌دهنده‌ی خوراکی انجام می‌پذیرد و موجب تاخیر در بروز علائم پیری در ماده‌غذایی

و در نتیجه افزایش زمان ماندگاری آن می‌شوند. استفاده از این روش هزینه کمی دارد و می‌توان از آن برای طیف وسیعی از میوه و سبزیجات استفاده کرد، هم‌چنین به‌دلیل قابلیت تجزیه پذیری و زیست تخریب پذیر بودن، استفاده از این نوع پوشش‌ها متداول تر و اقتصادی‌تر است. لیپیدها، پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها موارد رایج برای استفاده در مواد پوشش دهنده مواد غذایی به حساب می‌آیند (Jiang, 2013).

کیتوزان (پلی-۲-آمینو-۲-دئوکسی-D-گلوکوپیرانوز) نامی برای گروهی از ترکیبات دی استیله شده کامل یا جزئی از کیتین است که به دلیل خواص منحصر به فردی هم‌چون زیست تخریب پذیر بودن و غیرسمی بودن، استفاده به تنهایی یا به همراه پلیمرهای طبیعی دیگر مثل نشاسته و ژلاتین و آلژینات در صنایع غذایی، داروسازی و دیگر صنایع، کاربردهای زیادی دارد. پلیمر کیتوزان-poly b-(1,4)n-acetyl-d (glucosamine) که به طور صنعتی توسط استیل‌زدایی شیمیایی کیتین موجود در اسکلت بیرونی بندپایان و سخت‌پوستان تولید می‌گردد، یکی از کارآمدترین موادی است که به عنوان پوشش روی میوه‌ها و سبزیجات استفاده می‌شود(Rezaiyan Attar *et al.*, 2023).کیتوزان دارای ویژگی‌های عملکردی مانند خصوصیات ضدمیکروبی و آنتی اکسیدانی است، هم‌چنین به عنوان فیلم خوراکی می‌تواند حامل بسیار خوبی برای ترکیب شدن با عوامل آنتی‌اکسیدانی و عوامل ضدمیکروبی به حساب آید(Ardean *et al.*, 2021) . کیتوزان را می توان با استیل زدایی جزئی یا کامل کیتین به دست آورد، گروه های استیل در زنجیره مولکولی کیتین برای تشکیل گروه های آمینه در کیتوزان حذف می شوند. به همین دلیل، کیتوزان را می توان به عنوان یک کوپلیمر طبقه بندی کرد که عمدتاً از ۲-آمینو-۲-دئوکسی-β-D-گلوکوپیرانوز (گلوکوزامین) و ۲-استامید-۲-دئوکسی-β-D-گلوکوپیرانوز (N استیل گلوکوزامین) که توسط پیوندهای گلیکوزیدی β ۱به۴ به‌هم مرتبط شده‌اند (Ardean *et al.*, 2021). کیتوزان در آب نامحلول ، اما در محلول های اسید آلی ضعیف محلول است. مشتقات کیتوزان به شکل استات، آسکوربات، لاکتات و مالات محلول در آب هستند. (Sudarshan,1992; No *et al.*, 2002) .

مطالعات زیادی برای بررسی اثر پوشش‌دهی کیتوزان تا به امروز صورت پذیرفته، ازجمله این پژوهش‌ها، استفاده از کیتوزان برای پوشش دهی گوجه فرنگی(El Ghaouth *et al.*1992)، زردآلو(Ghasemnezhad *et al.* 2010)، انبه(chien *et al.* 2007)، موز(Win *et al.*, 2007)، میوه لیچی(Jiang *et al.* 2005) و پسته(Rezaiyan Attar *et al.* 2023) می‌باشد.

خواص منحصر به فرد کیتوزان، هم‌چون خاصیت ضدمیکروبی، تشکیل لایه محافظ و هم‌چنین مقاومت بالا در برابر گازها و بخار آب است که آن را به گزینه‌ای مناسب برای استفاده به عنوان پوشش تبدیل می‌کند(Rezaiyan Attar *et al.*, 2022). هدف از انجام این پژوهش، یافتن پوشش کیتوزانی مناسب برای قارچ‌دکمه‌ای می‌باشد که بتواند ویژگی‌هایی از جمله رنگ، سختی بافت و رطوبت آن را در طول مدت نگهداری به‌خوبی حفظ کرده و زمان نگهداری قارچ را افزایش دهد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

قارچ سفید دکمه‌ای مورد نیاز از یک واحد تولیدی تجاری قارچ در مازندران، شهر فریدون‌کنار، پودر کیتوزان استیل زدایی شده با وزن مولکولی بالا (با درجات استیل زدایی ۷۰ درصد، ۸۰ درصد، ۹۰ درصد و ۱۰۰ درصد)، از شرکت ایران کیتوزان واقع در شهر شیراز و مواد شیمیایی و معرف‌ها از شرکت سیگما تهیه شدند.

آماده سازی نمونه

برای ساخت محلول‌های کیتوزان، ابتدا از هر نوع کیتوزان (۷۰ درصد استیل زدایی شده، ۸۰ درصد استیل زدایی شده، ۹۰ درصد استیل زدایی شده و ۱۰۰ درصد استیل زدایی شده) به مقادیر ۰/۵ گرم، ۱ گرم و ۲ گرم توزین شد، سپس در ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ درصد اسیداستیک حل و برای مدت ۱۲ ساعت با سرعت ۱۰۰۰ rpm در دمای محیط هم زده شد تا به طور یکنواخت حل شود (Win *et al*., 2007) .پس از ۱۲ ساعت، هر نمونه به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۶۰۰۰ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد تا مواد حل نشده از آن جدا گردد (Jiang and Li, 2001). قارچ‌دکمه‌ای به صورت تازه برداشت شده ، شستشو با آب و سپس رطوبت اضافی آن گرفته شد. قارچ‌ها بدون اسلایس شدن و به صورت کامل پس از سورتینگ و غربال‌گری از لحاظ اندازه و وزن تقریبی، در محلول‌های ۰/۵ ، ۱ و ۲ درصد کیتوزان به مدت یک دقیقه غوطه ور شدند. نمونه شاهد در محلول ۰/۵ درصد اسیداستیک به مدت یک دقیقه غوطه ور شد. پس از آن، قارچ‌ها در دمای محیط به مدت یک ساعت با هوای آزاد خشک شدند و در انتها رطوبت اضافی آن‌ها با دستمال گرفته شد (Jiang and Li, 2001). قارچ‌ها در کیسه‌های زیپ کیپ پلی اتیلنی در سایز ۱۸ در ۱۴ قرار داده شدند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یخچال نگهداری شدند.

تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش، به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- کد تیمارهای مورد مطالعه در پژوهش حاضر

Table 1- Code of treatments studied in current research

کد code	تیمار Treatment
C7-0.5	Chitosan70% decetyled-consentraion0.5% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۷۰ درصد و غلظت ۰/۵ درصد
C7-1	Chitosan 70% decetyled-consentraion1% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۷۰ درصد و غلظت۱ درصد
C7-2	Chitosan 70% decetyled-consentraion2% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۷۰ درصد و غلظت ۲ درصد
C8-0.5	Chitosan80% decetyled-consentraion0.5% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۸۰ درصد و غلظت ۰/۵ درصد
C8-1	Chitosan 80% decetyled-consentraion1% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۸۰ درصد و غلظت ۱ درصد
C8-2	Chitosan 80% decetyled-consentraion2% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۸۰ درصد و غلظت ۲ درصد
C9-0.5	Chitosan90% decetyled-consentraion0.5% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۹۰ درصد و غلظت ۰/۵ درصد
C9-1	Chitosan 90% decetyled-consentraion1% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۹۰ درصد و غلظت ۱ درصد
C9-2	Chitosan 90% decetyled-consentraion2% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۹۰ درصد و غلظت ۲ درصد
C10-0.5	Chitosan100% decetyled-consentraion0.5% کیتوزان با درجه استیل زدایی ۱۰۰ درصد و غلظت ۰/۵ درصد
C10-1	Chitosan 100% decetyled-consentraion1%

کیتوزان با درجه استیل زدایی ۱۰۰ درصد و غلظت ۱ درصد Chitosan 100% decetyled-consentraion2%	C10-2
کیتوزان با درجه استیل زدایی ۱۰۰ درصد و غلظت ۲ درصد Control شاهد	CT

اندازه‌گیری افت وزنی

قارچ‌ها قبل از اعمال هرگونه تغییر اعم از پوشش‌دهی و یا شستشو، وزن کشی شدند و از این طریق تا حدودی غربال صورت گرفت. سپس تمامی نمونه‌ها بعد از پوشش‌دهی و خشک شدن وزن کشی شدند و این وزن به عنوان وزن روز اول یادداشت شد. وزن‌کشی از نمونه‌ها هر سه روز تکرار شد و وزن نمونه‌ها در روزهای اول، سوم، ششم، نهم و دوازدهم یادداشت گردید. به منظور محاسبه‌ی تغییرات وزن و اندازه‌گیری درصد افت وزنی، از فرمول شماره (۱) استفاده شد و درصد افت وزن برای هر نمونه به صورت جداگانه محاسبه گردید (Sedaghat and Zahedi, 2012). هر نمونه دارای ۳ تکرار برای کاهش خطای آزمون است.

$$weigh\ loss(\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \quad (۱)$$

در این فرمول، w_1معادل وزن اولیه نمونه و w_2 معادل وزن نمونه بعد از نگهداری است.

ارزیابی رنگ قارچ

برای ارزیابی رنگ قارچ از دستگاه عکس برداری اتوماتیک هانترلب و نرم افزار Image J استفاده شد تا میزان فاکتورهای L^* ، a^* و b^* بدست آید. سپس با استفاده از فرمول شماره (۲) نمونه‌ها با نمونه شاهد مقایسه شد (Jiang, 2013) .

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2} \quad (۲)$$

اندیس قهوه‌ای شدن

اندیس قهوه‌ای شدن، نشان‌دهنده خلوص رنگ قهوه‌ای است و از رابطه شماره(۳) و (۴) بدست آمد (Lin *et al.*, 2017):

$$\mathrm{BI} = \frac{100 \times (x - 0.31)}{0.172} \quad (۳)$$

$$x = \frac{(a + 1.75L^*)}{(5.645L^* + a^* - 3.012b^*)} \quad (۴)$$

تعیین ترکیبات فنلی

برای تعیین ترکیبات فنلی کل، ابتدا ۵ گرم قارچ از هر نمونه وزن کشی و با استفاده از ازت مایع در هاون کوبیده شد و کاملا به صورت پودر درآمد. در ادامه با ۲۰ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد ترکیب شد و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با دور ۱۶۰rpm قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت، تمامی نمونه‌ها با دور ۵۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق، سانتریفیوژ شدند و بعد با استفاده از فیلتر پارچه‌ای جداسازی صورت گرفت

(Lavid *et al.*, 2001) . مقدار یک میلی لیتر از عصاره با یک میلی لیتر واکنشگر فولین سیکالتو ترکیب شد و پس از ۳ دقیقه، یک میلی لیتر سدیم کربنات ۷ درصد به آن افزوده شد و پس از آن به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. تمامی نمونه‌ها به مدت ۹۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند و سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۵۰ نانومتر، جذب نمونه‌ها خوانده شد.

فعالیت آنزیمی

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی، ابتدا از قارچ‌ها عصاره گیری انجام شد، برای این منظور، ۲ گرم قارچ با استفاده از ازت مایع در هاون کوبیده شد و سپس با ۸ میلی لیتر محلول بافر سدیم فسفات و EDTA ترکیب شد (Lin *et al*., 2017) .

فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

نمونه‌ها پس از سانتریفیوژ با دور ۵۰۰۰ در مدت ۱۵ دقیقه، با استفاده از فیلتر پارچه‌ای همگن شدند و قسمت‌های حل نشده جدا گردید، پس از آن جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (Sun and Song, 2003).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

برای اندازه گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز، نمونه‌های عصاره گیری شده، ابتدا با دور ۵۰۰۰ و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و سپس به ۵۰ میکرولیتر عصاره بافت، ۵ میلی مول گایاکول و ۵ میلی مول هیدروژن پراکسید اضافه شد و جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Hu *et al*., 2015).

ارزیابی بافت

سنجش بافت برای تمام نمونه‌ها در روزهای یک، شش و دوازدهم پوشش دهی با استفاده از دستگاه بافت سنج بروکفیلد با استفاده از آزمون نفوذ با پروب استوانه‌ای با قطر ۵ میلی متر با سرعت یک میلی متر بر ثانیه صورت گرفت.

ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی، از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد و بر اساس رنگ قارچ، طعم قارچ، بو و پذیرش کلی امتیازدهی صورت گرفت. برای این منظور از ۱۰ نفر ارزیاب عادی در رده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال دعوت شد تا در شرایط یکسان، ۱۳ نمونه را مورد ارزیابی خود قرار دهند.

تجزیه و تحلیل آماری

طراحی آزمایشات پژوهش حاضر در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار صورت پذیرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵درصد با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹ استفاده شد.

نتایج و بحث

تاثیر پوشش کیتوزان بر افت وزن

قارچ خوراکی دکمه‌ای دارای مقادیر بسیار زیادی آب بوده و از رطوبت بالایی برخوردار است. از این رو در طول نگهداری قارچ خوراکی امکان از دست رفتن آب و رطوبت آن و در پی آن کاهش وزن قارچ وجود دارد که باعث کاهش مطلوبیت محصول می‌شود. پوشش‌های مورد استفاده برای محصولات به طور مناسبی تا حدودی از این افت وزن و از دست رفتن آب و رطوبت ماده‌غذایی جلوگیری می‌نمایند. نمونه شاهد به‌دلیل نداشتن هیچ لایه محافظی در سطح، به سرعت آب خود را از دست داده و افت وزنی در آن سریع‌تر و بیشتر اتفاق می‌افتد.

در این پژوهش، از ماده‌ی کیتوزان با ۴ درصد استیل زدایی و هم‌چنین در ۳ غلظت متفاوت برای قارچ خوراکی استفاده شد و بلافاصله پس از پوشش دهی و پس از آن هر ۳ روز، وزن کشی قارچ‌های تیمارشده و تیمار نشده صورت گرفت. نتایج حاصل، حاکی از آن بود که اکثر تیمارها در مقایسه با نمونه کنترل، عملکرد خوبی را از خود نشان دادند و از افت وزنی قارچ در طول مدت نگهداری تاحد زیادی جلوگیری کردند اما مقادیر افت وزنی در هیچ‌کدام از تیمارها به صورت معنی دار نبود . تیمارهای کیتوزان با درجه استیل زدایی ۱۰۰ درصد و غلظت ۲ درصد، ۹۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۰/۵ درصد، ۹۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۱ درصد و ۱۰۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۰/۵ درصد بهترین نتیجه را نشان دادند. اثرات پوشش به عنوان یک سد نیمه تراوا در برابر O2، CO2، رطوبت و حرکت املاح، در نتیجه کاهش تنفس و از دست دادن آب می‌تواند نتیجه کاهش افت وزنی در نمونه‌های پوشش داده شده باشد. نتایج پژوهش حاضر هم‌سو با مطالعات صداقت و زاهدی در ۲۰۱۲ برای پوشش دهی قارچ خوراکی با صمغ عربی است. در این مقاله، پوشش دهی با صمغ عربی افت وزنی در قارچ خوراکی به دلیل افزایش آبگریزی و نفوذپذیری پوشش کاهش پیدا کرد و حداقل کاهش وزن مشاهده شد (Sedaghat and Zahedi,2012).

هم‌چنین رضائیان عطار و همکاران در سال ۲۰۲۳ گزارش کردند که پوشش کیتوزانی در میوه پسته افت وزنی را نسبت به نمونه شاهد کاهش داد. مقادیر کمتر کاهش وزن در نمونه‌های پوشش داده‌شده با کیتوزان ممکن است به‌دلیل ایجاد یک مانع در انتشار مواد باشد. علاوه بر این، غلظت بالای پوشش کیتوزان منجر به ایجاد یک لایه با ضخامت بالا شده و افت وزنی را کاهش می‌دهد(Rezaiyan Attar *et al*. 2023).

جدول۲- درصد افت وزنی تیمارها

Table 2- Percentage of weight loss of treatments

TREATMENT	DAY 3	DAY 6	DAY 9	DAY 12
C7-0.5	0.78 ± 0.11^{Hd}	1.08 ± 0.13^{Kc}	1.70 ± 0.20^{Ib}	2.69 ± 0.29^{Ga}
C7-1	1.34 ± 0.16^{Dd}	1.56 ± 0.13^{Ec}	1.86 ± 0.16^{Gb}	2.72 ± 0.20^{Fa}
C7-2	2.90 ± 1.11^{Ad}	3.42 ± 1.4^{Ac}	4.72 ± 1.59^{Ab}	6.59 ± 1.70^{Aa}
C8-0.5	0.76 ± 0.15^{Jd}	1.12 ± 0.19^{Ic}	1.52 ± 0.19^{Jb}	2.31 ± 0.28^{Ia}
C8-1	1.64 ± 0.53^{Cd}	2.09 ± 0.69^{Cc}	2.51 ± 0.52^{Cb}	3.26 ± 0.47^{Ca}
C8-2	2.74 ± 1.06^{Bd}	3.23 ± 1.53^{Bc}	4.06 ± 2.06^{Bb}	4.81 ± 2.58^{Ba}
C9-0.5	0.73 ± 0.12^{Kd}	1.04 ± 0.22^{Lc}	1.36 ± 0.24^{Lb}	1.91 ± 0.14^{Ka}
C9-1	0.82 ± 0.25^{Gd}	1.24 ± 0.33^{Hc}	1.89 ± 0.44^{Fb}	2.74 ± 0.60^{Ea}
C9-2	1.09 ± 0.46^{Fd}	1.70 ± 0.75^{Dc}	2.09 ± 0.64^{Db}	3.12 ± 0.75^{Da}
C10-0.5	0.62 ± 0.07^{Ld}	1.10 ± 0.06^{Jc}	1.50 ± 0.06^{Kb}	2.14 ± 0.30^{Ja}
C10-1	1.11 ± 0.44^{Ed}	1.44 ± 0.42^{Fc}	1.96 ± 0.84^{Eb}	2.69 ± 1.30^{Ga}
C10-2	0.77 ± 0.28^{Id}	1.03 ± 0.36^{Mc}	1.36 ± 0.45^{Lb}	1.88 ± 0.80^{La}
CT	0.76 ± 0.07^{Jd}	1.31 ± 0.11^{Gc}	1.80 ± 0.21^{Hb}	2.42 ± 0.20^{Ha}

* حروف کوچک مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر سطر و حروف بزرگ مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر ستون می‌باشند و هم‌چنین حروف غیریکسان در هر ردیف و ستون به معنای تفاوت معنی دار است.

❋ Small letters are related to the comparison of averages in each row and capital letters are related to the comparison of averages in each column, and different letters in each row and column mean a significant difference.

تاثیر پوشش کیتوزان بر رنگ و اندیس قهوه‌ای شدن قارچ خوراکی

یکی از رایج‌ترین مواردی که در قارچ خوراکی دیده می‌شود، قهوه‌ای شدن رنگ آن و از دست رفتن رنگ سفید اولیه قارچ است که این تغییر رنگ به‌دلیل فعالیت آنزیمی در قارچ می‌باشد. تغییر رنگ قارچ از سفید به قهوه‌ای و ایجاد لکه‌های رنگی بر روی آن بازارپسندی محصول را پایین آورده و از کیفیت آن می‌کاهد. پوشش‌های مورد استفاده برای قارچ‌های خوراکی در درجه اول برای جلوگیری بیشتر از قهوه‌ای شدن آنزیمی قارچ و کاهش فعالیت‌های آنزیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول ۳- تفاوت اندیس قهوه‌ای شدن تیمارها در طول مدت نگهداری

Table 3- difference of browning index of treatments

TREATMENT	DAY 1	DAY 6	DAY 12
C7-0.5	87.99 ± 0.1^{Kc}	112.94 ± 0.1^{Eb}	115.61 ± 0.1^{Fa}
C7-1	93.657 ± 0.1^{Ic}	104.02 ± 0.1^{Gb}	115.02 ± 0.1^{Ga}
C7-2	106.89 ± 0.1^{Fc}	124.35 ± 0.1^{Ab}	147.48 ± 0.1^{Aa}
C8-0.5	87.63 ± 0.1^{Ac}	92.32 ± 0.1^{Lb}	93.58 ± 0.1^{La}
C8-1	101.38 ± 0.1^{Gc}	116.19 ± 0.1^{Bb}	138.15 ± 0.1^{Ba}
C8-2	84.44 ± 0.1^{Ca}	100.15 ± 0.08^{Ib}	124.33 ± 0.1^{Da}
C9-0.5	79.17 ± 0.1^{Db}	78.72 ± 0.1^{Dc}	85.47 ± 0.1^{Ca}
C9-1	69.82 ± 0.1^{Fc}	87.89 ± 0.1^{Mb}	110.11 ± 0.1^{Ia}
C9-2	99.39 ± 0.1^{Hc}	102.61 ± 0.1^{Hb}	111.84 ± 0.1^{Ha}
C10-0.5	71.33 ± 0.1^{Ec}	79.25 ± 0.1^{Cb}	83.80 ± 0.1^{Ea}
C10-1	93.21 ± 0.1^{Jc}	107.99 ± 0.1^{Fb}	130.34 ± 0.1^{Ca}
C10-2	86.05 ± 0.1^{Bc}	92.84 ± 0.1^{Kb}	104.60 ± 0.1^{Ka}
CT	87.81 ± 0.1^{Lc}	93.79 ± 0.1^{Jb}	108.86 ± 0.10^{Ja}

❋ حروف کوچک مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر سطر و حروف بزرگ مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر ستون می‌باشند و هم‌چنین حروف غیریکسان در هر ردیف و ستون به معنای تفاوت معنی دار است.

❋ Small letters are related to the comparison of averages in each row and capital letters are related to the comparison of averages in each column, and different letters in each row and column mean a significant difference.

تیمارهایی از کیتوزان به عنوان پوشش مورد استفاده در این پژوهش، به طور مناسبی اندیس قهوه‌ای شدن در قارچ را پایین آوردند و روشنایی قارچ را بیشتر کردند. از بین تیمارهای استفاده شده، بهترین نتیجه را به ترتیب تیمارهای کیتوزان ۹۰ درصد دی استیله شده با غلظت ۰/۵ درصد، ۹۰ درصد دی استیله شده با غلظت ۱ درصد، ۹۰ درصد دی استیله شده با غلظت ۲ درصد و ۱۰۰ درصد دی استیله شده با غلظت ۲ درصد از خود نشان دادند. نتایج حاصل، قابل مقایسه با El Ghaouth و همکاران در بررسی اثر پوشش کیتوزانی بر گوجه فرنگی و کاهش اندیس قهوه‌ای شدن در نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به نمونه کنترل می‌باشد (El Ghaouth *et al.*1992) .

تعیین ترکیبات فنلی کل

تغییرات میزان ترکیبات فنلی کل در طی نگهداری قارچ خوراکی در مدت زمان پوشش دهی در دمای ۴ درجه سانتی گراد اندازه‌گیری شد. قبل از نمونه‌ی شاهد، تیمارهای دی‌استیل شده ۷۰ دصد با غلظت ۱ درصد و کیتوزان دی‌استیل شده ۷۰ درصد با غلظت ۰/۵ درصد، بیشترین حفظ ترکیبات فنلی کل را نشان دادند و از کاهش و از دست رفتن ترکیبات فنلی جلوگیری کردند.

جدول ٤- مقادیر فنل کل در روزهای مختلف نگهداری($U.g^{-1}$)

Table 4- Amounts of total phenol on different days of storage($U.g^{-1}$)

TREATMENT	DAY 1	DAY 6	DAY 12
C7-0.5	0.41 ± 0.008^{cM}	0.51 ± 0.0055^{aC}	0.45 ± 0.0055^{bEF}
C7-1	0.44 ± 0.002^{bL}	0.23 ± 0.002^{cD}	0.63 ± 0.0015^{aA}
C7-2	0.49 ± 0.0055^{bGH}	0.82 ± 0.018^{baB}	0.40 ± 0.0115^{cI}
C8-0.5	0.58 ± 0.005^{bC}	0.91 ± 0.053^{aA}	0.43 ± 0.0045^{cFG}
C8-1	0.47 ± 0.0045^{aJK}	0.23 ± 0.003^{bD}	0.48 ± 0.003^{aC}
C8-2	0.51 ± 0.003^{aFG}	0.23 ± 0.01^{cD}	0.44 ± 0.0095^{bEFG}
C9-0.5	0.48 ± 0.0015^{aHIJ}	0.17 ± 0.0015^{cEF}	0.46 ± 0.007^{bDE}
C9-1	0.53 ± 0.003^{aE}	0.16 ± 0.001^{cF}	0.44 ± 0.0015^{bEFG}
C9-2	0.60 ± 0.0025^{aB}	0.084 ± 0.0035^{cH}	0.41 ± 0.0025^{bHI}
C10-0.5	0.49 ± 0.0015^{aHI}	0.11 ± 0.002^{cG}	0.45 ± 0.003^{bEF}
C10-1	0.53 ± 0.0025^{aE}	0.16 ± 0.0015^{cF}	0.42 ± 0.0015^{bGH}
C10-2	0.69 ± 0.004^{aA}	0.18 ± 0.008^{cE}	0.43 ± 0.001^{bFG}
CT	0.55 ± 0.0055^{aD}	0.11 ± 0.0015^{bG}	0.56 ± 0.0005^{aB}

حروف کوچک مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر سطر و حروف بزرگ مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر ستون می‌باشند و هم‌چنین حروف غیریکسان در هر ردیف و ستون به معنای تفاوت معنی دار است.

❋ Small letters are related to the comparison of averages in each row and capital letters are related to the comparison of averages in each column, and different letters in each row and column mean a significant difference.

به دلیل اینکه ترکیبات فنلی در رنگ قهوه‌ای ایجاد شده در قارچ موثر هستند، هرچه میزان ترکیبات فنلی بالاتر باشد، میزان قهوه‌ای شدن در آن کمتر خواهد بود، از این رو می‌توان ذکر کرد که ترکیبات فنلی یک عامل محدود کننده برای تغییر رنگ به حساب می‌آیند. قاسم نژاد و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی اثر پوشش کیتوزان بر میوه زردآلو پرداختند که نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نیز حاکی از حفظ ترکیبات فنلی در تیمارهای پوشش داده شده با کیتوزان بوده‌است(Ghasemnezhad *et al.* 2010).

تاثیر پوشش کیتوزان بر فعالیت آنزیمی در قارچ خوراکی

اکسیداسیون فنلی در نتیجه‌ی فعالیت آنزیم تیروزیناز و اکسیداسیون مونوفنل‌ها به اکسی‌دی‌فنل‌ها و سپس اکسیداسیون آن‌ها به فرم کینون و در نهایت پلیمریزه شدن خود به خودی و تولید پیگمان‌های سیاه، قرمز یا قهوه‌ای رخ می‌دهد. علاوه بر این موضوع، در نتیجه‌ی پیری، غشاهای سلولی پاره شده و آنزیم و سوبسترا فرصت ترکیب شدن با یکدیگر را پیدا می‌کنند و در نهایت قهوه‌ای شدن رخ می‌دهد (Ares *et al.*, 2006).

تاثیر پوشش کیتوزان بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

غیرفعال سازی آنزیم پلی فنل اکسیداز که آنزیم اصلی مسئول قهوه‌ای شدن آنزیمی در قارچ است، با استفاده از حرارت یا استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها یا مهارکننده‌های آنزیم برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن آنزیمی و افزایش ماندگاری قارچ برای استفاده‌های تجاری از آن، بسیار ضروری است (Luo and Barbosa-Canovas, 1996 ; Zhang and Flurkey, 1997) . از آنجایی که هرچه مقادیر آنزیم پلی فنل اکسیداز در قارچ بالاتر باشد، اندیس قهوه‌ای شدن نیز بالاتر می‌رود، اگر بتوان این روند را کنترل کرد، قهوه‌ای شدن قارچ کاهش پیدا خواهد کرد. بهترین نتیجه از تیمار پوشش داده شده با کیتوزان استیل زدایی شده با درصد ۹۰ و غلظت ۲ درصد، پس از آن تیمار پوشش داده شده با کیتوزان ۱۰۰ درصد دی استیله شده با غلظت ۰/۵ درصد و تیمار پوشش داده شده با کیتوزان ۱۰۰ درصد دی استیله شده با غلظت ۱ درصد حاصل شد. نتایج پژوهش حاضر همسو با نتایج Jiang و همکاران در سال ۲۰۰۵ می‌باشد. در این مطالعه گزارش شده‌است که فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در تیمار پوشش داده شده با کیتوزان نسبت به نمونه کنترل کمتر است واین پوشش در میوه لیچی توانسته است فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز را کنترل کند(Jiang *et al*. 2005).

جدول ۵- مقدار آنزیم پلی فنل اکسیداز در طول مدت نگهداری (U.mg^{-1}protein)

Table 5- The amount of polyphenol oxidase enzyme during the storage period (U.mg^{-1}protein)

TREATMENT	DAY 3	DAY 6	DAY 12
C7-0.5	0.65 ± 0.0155^{cG}	1.64 ± 0.0025^{aB}	1.05 ± 0.001^{bF}
C7-1	0.81 ± 0.028^{cE}	0.92 ± 0.002^{aJ}	0.84 ± 0.009^{bH}
C7-2	0.58 ± 0.002^{cH}	1.35 ± 0.011^{bE}	1.90 ± 0.0045^{aA}
C8-0.5	0.85 ± 0.0025^{cD}	1.75 ± 0.0105^{aA}	1.04 ± 0.024^{bF}
C8-1	0.59 ± 0.019^{cH}	1.00 ± 0.0015^{bH}	1.25 ± 0.002^{aC}
C8-2	0.46 ± 0.001^{cI}	1.17 ± 0.0035^{aF}	1.10 ± 0.0095^{bE}
C9-0.5	0.66 ± 0.0115^{cG}	0.93 ± 0.008^{aIJ}	0.84 ± 0.006^{bHI}
C9-1	0.89 ± 0.001^{cC}	1.14 ± 0.004^{bG}	1.18 ± 0.0015^{aD}
C9-2	0.74 ± 0.001^{bF}	1.18 ± 0.026^{aF}	0.67 ± 0.0235^{cJ}
C10-0.5	1.06 ± 0.0095^{bB}	1.61 ± 0.0045^{aC}	1.04 ± 0.0255^{bF}
C10-1	1.21 ± 0.0395^{bA}	1.60 ± 0.007^{aC}	0.95 ± 0.006^{cG}
C10-2	0.82 ± 0.001^{cE}	1.38 ± 0.001^{bD}	1.57 ± 0.003^{aB}
CT	0.85 ± 0.0035^{bD}	1.15 ± 0.0005^{aFG}	1.18 ± 0.015^{aD}

* حروف کوچک مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر سطر و حروف بزرگ مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر ستون می‌باشند و هم‌چنین حروف غیریکسان در هر ردیف و ستون به معنای تفاوت معنی دار است.

* Small letters are related to the comparison of averages in each row and capital letters are related to the comparison of averages in each column, and different letters in each row and column mean a significant difference.

تاثیر پوشش کیتوزان بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

افزایش پراکسیداز نشان‌دهنده کاهش کیفیت ماده‌ی غذایی است. این آنزیم مسئول تغییرات مختلفی در ترکیبات شیمیایی است، به طوری‌که می‌تواند بر خصوصیات کیفی و فساد قارچ تاثیر بگذارد. آنزیم پراکسیداز هم‌چنین می‌تواند بر عطر و طعم محصول اثر بگذارد و سبب افت کیفیت خوراکی و تغذیه‌ای قارچ گردد (Fasidi and Kadiri, 1991). به همین دلیل غیرفعال کردن یا کاهش فعالیت پراکسیداز مورد توجه قرار گرفته است. به طور کلی پوشش‌های خوراکی با تشکیل یک مانع حفاظت کننده بر سطح محصول تازه، باعث کاهش دسترسی به

اکسیژن گردیده و فساد و چروکیده شدن را به تعویق می‌اندازد و سرعت آن را آهسته‌تر می‌کند. قهوه‌ای شدن‌های آنزیمی بیشتر ناشی از آنزیم هایی مانند پراکسیداز است. ارتباط POD با قهوه ای شدن آنزیمی و دفاع آنتی اکسیدانی توسط تحقیقات قبلی آشکار شده است . افزایش پراکسیداز نشانه ای از کاهش کیفیت محصول است و به فرآیند قهوه ای شدن آنزیمی مربوط می شود(Lin *et al*, 2017).

جدول٦- مقادیر آنزیم پراکسیداز در طی مدت نگهداری (U.mg^{-1}protein)

Table 6- Peroxidase enzyme levels during the storage period (U.mg^{-1}protein)

TREATMENT	DAY 1	DAY 12
C7-0.5	1.03 ± 0.0325^{aDE}	0.80 ± 0.0015^{bI}
C7-1	0.57 ± 0.0065^{bI}	0.87 ± 0.01^{aH}
C7-2	0.87 ± 0.0435^{aF}	0.67 ± 0.0015^{bJ}
C8-0.5	0.65 ± 0.1005^{bH}	1.04 ± 0.0015^{aF}
C8-1	0.51 ± 0.001^{bJ}	0.99 ± 0.0005^{aG}
C8-2	0.88 ± 0.0015^{bF}	1.23 ± 0.0045^{aD}
C9-0.5	1.17 ± 0.049^{bB}	1.25 ± 0.002^{aD}
C9-1	0.70 ± 0.0225^{bH}	1.36 ± 0.002^{aC}
C9-2	0.52 ± 0.0095^{bJ}	0.87 ± 0.001^{aH}
C10-0.5	0.79 ± 0.0435^{bG}	1.40 ± 0.0065^{aB}
C10-1	1.08 ± 0.05^{bC}	1.68 ± 0.011^{aA}
C10-2	0.91 ± 0.035^{bF}	1.12 ± 0.008^{aE}
CT	1.41 ± 0.002^{aA}	1.39 ± 0.0015^{aBC}

* حروف کوچک مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر سطر و حروف بزرگ مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر ستون می‌باشند و هم‌چنین حروف غیریکسان در هر ردیف و ستون به معنای تفاوت معنی دار است.

* Small letters are related to the comparison of averages in each row and capital letters are related to the comparison of averages in each column, and different letters in each row and column mean a significant difference.

هرچه آنزیم پراکسیداز در روز دوازدهم کمتر از روز اول باشد، نتیجه بهتری حاصل می‌شود. تیمار پوشش داده شده با کیتوزان ۷۰ درصد و غلظت ۰/۵ درصد در درجه اول بهترین عملکرد را داشته، پس از آن تیمار پوشش داده شده با کیتوزان ۷۰ درصد با غلظت ۲ درصد، میزان آنزیم پراکسیداز را در قارچ‌ها کاهش داد. نمونه‌ی شاهد اختلاف معنی داری در روز اول و روز دوازدهم نشان نداد. در مطالعه‌ی صورت گرفته در سال ۲۰۱۳ توسط youwei و همکاران، پوشش دهی انگور با کیتوزان، توانسته است فعالیت آنزیم پراکسیداز را در محصول تا حد مناسبی کنترل نماید(Youwei and Yinzhe 2013) . نتایج این پژوهش قابل مقایسه با پژوهش حاضر می‌باشد که نشان‌دهنده کنترل و حفظ بیشتر آنزیم پراکسیداز در تیمار پوشش داده شده نسبت به نمونه شاهد بوده است.

تاثیر پوشش کیتوزان بر بافت و سفتی قارچ خوراکی

بافت یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اندازه‌گیری کیفیت در محصولات است. برای قارچ خوراکی دکمه‌ای نیز بافت یکی از اساسی‌ترین ملاک-های ارزیابی می‌باشد و نشان‌دهنده‌ی تغییرات متابولیکی در قارچ می‌باشد(Gao *et al.*, 2014) .

سفتی بافت

یکی از اهداف پوشش دهی قارچ خوراکی، حفظ حالت‌های اولیه‌ی بافت قارچ می‌باشد. سفتی بافت قارچ با دستگاه بافت سنج در طی ۱۲ روز اندازه گیری شد و میزان سفتی قارچ در روزهای اول، ششم و دوازدهم با نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. از دست رفتن سفتی و سختی

اولیه‌ی قارچ در نمونه شاهد در طی ۱۲ روز با اختلاف زیادی از روز اول مشاهده شد. تیمارهای پوشش دهی شده اکثرا در حفظ سفتی بافت، بهتر عمل کرده و توانستند حالت‌های بافتی را تا حدودی در طی مدت نگهداری حفظ کنند. تفاوت سختی بافت در تیمار پوشش دهی شده با کیتوزان ۷۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۲ درصد بهترین عملکرد را بین تیمارها نشان داد و تفاوت معناداری بین سختی بافت در روز اول و روز ششم و روز دوازدهم وجود نداشت. پس از آن، تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی ۷۰ درصد با غلظت ۰/۵ درصد نیز نتایج تقریبا قابل قبولی داشت، در این تیمار، میزان سفتی قارچ در روز ششم بیشتر از روز اول بود اما تا روز دوازدهم این مقدار کاهش پیدا کرد و تقریبا به میزان سفتی روز اول نزدیک شد و تفاوت معنی داری بین سفتی بافت در روز اول و روز دوازدهم مشاهده نشد. صداقت و همکاران در مطلعه‌ای، قارچ خوراکی را با امولسیون صمغ عربی پوشش دادند و نتیجه حاصل را چنین گزارش کردند که در طول نگهداری قارچ، در دمای ۷ درجه سانتی گراد، در ۴ روز اول سختی افزایش پیدا کرد و رسیدگی قارچ پس از آن باعث از دست دادن سفتی شد، میزان از دست دادن سفتی قارچ در تیمارهای بدون پوشش ۳۹ درصد و در تیمارهای پوشش دادهه شده ۲۱ درصد بوده‌است(Sedaghat and Zahedi,2012). رضائیان عطار و همکاران نیز در مطالعه‌ای به بررسی اثر پوشش کیتوزان بر میوه پسته پرداختند که نتایج حاصل، نشان‌دهنده تاثیر این پوشش بر حفظ سفتی بافت محصول در طول نگهداری بوده است (Rezaiyan Attar *et al*. 2023).

کاهش تعرق و بهبود احتباس آب، پس از اعمال پوشش کیتوزان، باعث حفظ رطوبت و در پی آن، بافت محصول می‌شود. یکی دیگر از دلایل تأخیر نرم شدن ممکن است کاهش نرخ تنفس میوه های پوشش داده شده با کیتوزان باشد (Rezaiyan Attar *et al*. 2023).

جدول ۷- میزان سفتی بافت در روزهای متفاوت آزمایش(g)

Table 7- The degree of hardness on different days of the test (g)

TREATMENT	DAY 1	DAY 6	DAY 12
C7-0.5	2092 ± 732^{Hab}	2390 ± 39^{FGa}	1403 ± 294^{EFGHb}
C7-1	3888.5 ± 605.5^{BCa}	3009.5 ± 1.5^{BEFb}	1759 ± 61^{DEFc}
C7-2	3097 ± 191^{DGa}	2413 ± 398^{EFGa}	2696 ± 593^{ABCa}
C8-0.5	2890 ± 751^{DFGa}	2868 ± 349^{CEFa}	1165.5 ± 151.5^{FGHb}
C8-1	3816.5 ± 662.5^{BCDa}	2960.5 ± 412.5^{CEFb}	1217 ± 192^{FGHc}
C8-2	3607.5 ± 78.5^{CDEa}	3364 ± 854^{ABa}	2300 ± 355^{BCDb}
C9-0.5	3200 ± 750^{CDEFa}	2550 ± 78^{CEFa}	873 ± 77^{Hb}
C9-1	3315 ± 346^{CDEa}	2438 ± 144^{EFGb}	$1193.\ 5\pm445.5^{FGHc}$
C9-2	3920.5 ± 425.5^{BCa}	3572.5 ± 232.5^{ABa}	1654 ± 612^{DEFGb}
C10-0.5	3793.5 ± 73.5^{BCDa}	2556.5 ± 66.5^{CEFb}	1315.5 ± 45.5^{FGHc}
C10-1	4501 ± 241^{ABa}	2815.5 ± 48.5^{CEFb}	2059 ± 44^{CDEc}
C10-2	3714 ± 172^{CDEa}	3176 ± 147^{BDEa}	999.5 ± 378.5^{GHb}
CT	4680 ± 377^{Aa}	2836.5 ± 529.5^{DEFb}	1294.5 ± 80.5^{FGHc}

❋ حروف کوچک مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر سطر و حروف بزرگ مربوط به مقایسه میانگین‌ها در هر ستون می‌باشند و هم‌چنین حروف غیریکسان در هر ردیف و ستون به معنای تفاوت معنی دار است.

❋ Small letters are related to the comparison of averages in each row and capital letters are related to the comparison of averages in each column, and different letters in each row and column mean a significant difference.

آزمون حسی

در ارزیابی رنگ قارچ‌های تست شده در آزمون حسی، بهترین رنگ از نظر ارزیاب‌ها متعلق به تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی ۹۰ درصد با غلظت یک درصد بود و پس از آن تیمار کیتوزان با استیل زدایی ۱۰۰ درصد با غلظت ۰/۵ درصد بالاترین نمره را در تست هدونیک دریافت

کرد. بین تیمارهای کیتوزان با درجه استیل زدایی ۱۰۰ درصد و غلظت ۰/۵ درصد با تیمارهای کیتوزان با درجه استیل زدایی ۸۰ درصد با غلظت ۰/۵ درصد، ۱۰۰ درصد با غلظت ۲ درصد و شاهد تفاوت معنی دار نیست. به طور کلی از نظر رنگ، بهترین نتیجه را تیمار پوشش داده شده با کیتوزان ۹۰ درصد و غلظت ۱ درصد داشت. از لحاظ طعم، تمامی تیمارهای پوشش داده شده نمره قابل قبولی از ارزیاب‌ها دریافت کرد، با اختلاف زیادی طعم تیمارهای پوشش داده شده با کیتوزان از نمونه‌ی شاهد بهتر و مورد قبول‌تر برای ارزیاب‌ها بود. نتایج ارزیابی حسی بو، برای تمامی نمونه‌ها تقریبا یکسان بود و تفاوت معنی داری بین آنها وجود نداشت به جز نمونه‌ی پوشش داده شده با کیتوزان ۷۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت ۲ درصد که از درجه پذیرش کمتری برخوردار بود. از ارزیاب‌ها خواسته شد تا به هر نمونه به طور کلی امتیاز دهند و درجه پذیرش کلی خود را اعلام کنند. بهترین نمونه از نظر ارزیاب‌ها، تیمار پوشش داده شده با کیتوزان ۹۰ درصد استیل زدایی شده با غلظت یک درصد بود و این تیمار با تیمارهای پوشش داده شده با کیتوزان استیل‌زدایی شده با درصد های۸۰ با غلظت ۰/۵ درصد و ۱۰۰درصد با غلظت ۰/۵ درصد تفاوت معنی داری نداشت. به مراتب بقیه تیمارها نمره‌های کمتری دریافت کردند. به طور کلی بهترین نتیجه در آزمون حسی از تیمار پوشش داده شده با کیتوزان ۹۰ درصد با غلظت ۱ درصد دریافت شد. نتایج حاصل، موافق نظر chien و همکاران در سال ۲۰۰۵ بوده‌است، چنان‌که پوشش کیتوزان توانسته است طعم و مزه، ویژگی‌های حسی و رنگ انبه را در طول مدت نگهداری حفظ کند و قهوه‌ای شدن را به تاخیر بیاندازد(chien *et al.* 2007).

جدول۸- ارزیابی حسی بر اساس طعم و مزه، رنگ، بو و پذیرش کلی

Table 8- Sensory evaluation based on taste, color, odor and total acceptability

TREATMENT	COLOR	FLAVOR	SMELL	TOTAL ACCEPTABILITY
C7-0.5	2.6 ± 1.07^{ED}	4.8 ± 0.42^{A}	4.9 ± 0.31^{A}	3.6 ± 0.69^{EF}
C7-1	3.1 ± 0.73^{DC}	4.9 ± 0.31^{A}	4.7 ± 0.48^{A}	4.1 ± 0.56^{CDE}
C7-2	2 ± 0.81^{E}	4.7 ± 0.48^{A}	4.2 ± 1.03^{B}	3.3 ± 0.48^{F}
C8-0.5	4 ± 0.47^{BC}	4.9 ± 0.31^{AB}	4.9 ± 0.31^{A}	4.6 ± 0.51^{ABC}
C8-1	3.2 ± 0.63^{DC}	4.9 ± 0.31^{A}	4.8 ± 0.63^{A}	4 ± 0.47^{DE}
C8-2	2.8 ± 1.13^{ED}	4.8 ± 0.42^{A}	4.7 ± 0.48^{A}	3.9 ± 0.73^{DE}
C9-0.5	3.3 ± 1.15^{DC}	4.9 ± 0.31^{A}	4.9 ± 0.31^{A}	4.2 ± 0.632^{BCD}
C9-1	4.9 ± 0.31^{A}	4.9 ± 0.31^{A}	4.9 ± 0.31^{A}	4.9 ± 0.31^{A}
C9-2	3.2 ± 1.13^{DC}	4.9 ± 0.31^{A}	4.5 ± 0.97^{AB}	4.1 ± 0.73^{CDE}
C10-0.5	4.6 ± 0.69^{AB}	4.9 ± 0.31^{A}	4.9 ± 0.31^{A}	4.7 ± 0.48^{AB}
C10-1	3.4 ± 1.17^{DC}	4.9 ± 0.31^{A}	4.9 ± 0.31^{A}	4.2 ± 0.63^{BCD}
C10-2	3.8 ± 0.63^{BC}	4.9 ± 0.31^{A}	4.7 ± 0.48^{A}	4.2 ± 0.42^{BCD}
CT	3.8 ± 0.91^{BC}	4.4 ± 0.69^{B}	4.9 ± 0.31^{A}	4.3 ± 0.67^{BCD}

*حروف غیر یکسان در هر ستون به معنای تفاوت معنادار می‌باشد.

* Different letters in each column mean a significant difference.

نتیجه گیری

فساد قارچ خوراکی در طول مدت زمان کوتاهی اتفاق می‌افتد و نگهداری از قارچ در مدت زمان طولانی‌تر به یکی از موارد مهم در تولید قارچ تبدیل شده‌است. پوشش دهی قارچ خوراکی یکی از روش‌های مناسب جهت افزایش زمان ماندگاری قارچ خوراکی است. در این پژوهش از کیتوزان با چهار درجه استیل زدایی ۷۰، ۸۰ ، ۹۰ و ۱۰۰ درصد با سه غلظت(۰/۵، ۱ و ۲ درصد) به عنوان پوشش قارچ خوراکی استفاده شد.

نتایج حاصل حاکی از آن بود که تمام تیمارهای پوشش‌دهی کیتوزان توانستند موجب تاخیر در بروز فساد و تغییر رنگ یا بافت آن شوند. بهترین تیمار، کیتوزان با درجه استیل زدایی ۷۰ درصد در حفظ مقادیر فنل کل، کنترل فعالیت آنزیم پراکسیداز و میزان سفتی قارچ در طول نگهداری بوده است، در کنترل افت وزنی، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و آزمون حسی، تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی ۱۰۰ درصد و ۹۰ درصد نتیجه بهتری داشتند و از نظر اندیس قهوه‌ای شدن و بافت، تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی ۸۰ درصد عملکرد مناسب تری از خود نشان داده است. به‌دلیل تفاوت عملکردی انواع پوشش‌های استفاده شده، پیشنهاد می‌شود که با توجه به نیاز، از یکی از انواع پوشش‌دهی استفاده شود، چنان‌که برای مواردی که رنگ و بافت قارچ‌خوراکی بیشتر مدنظر باشد، بهتر است از تیمار کیتوزان با درجه استیل زدایی ۸۰ درصد استفاده گردد و چنانچه مواردی هم‌چون کنترل وزن یا موارد حسی مورد نظر باشد، بهتر است از تیمارهای ۹۰ و ۱۰۰ درصد استیل زدایی شده استفاده‌شود. به‌دلیل خواص ضدمیکروبی بسیار قوی کیتوزان، پیشنهاد می‌شود که بار میکروبی قارچ‌خوراکی دکمه‌ای پوشش داده شده، بررسی شود، هم‌چنین دیگر فاکتورهای بافتی قارچ، مثل خاصیت صمغینگی، خاصیت چسبندگی و انسجام نیز می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد.

منابع

Ardean, Cristina, Corneliu Mircea Davidescu, Nicoleta Sorina Nemeș, Adina Negrea, Mihaela Ciopec, Narcis Duteanu, Petru Negrea, Daniel Duda-Seiman, and Virgil Musta. 2021. 'Factors influencing the antibacterial activity of chitosan and chitosan modified by functionalization', *International Journal of Molecular Sciences*, 22: 7449. https://doi.org/10.3390/ijms22147449

Ares, Gastón, Carina Parentelli, Adriana Gámbaro, Claudia Lareo, and Patricia Lema. 2006. 'Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere', *Postharvest biology and technology*, 41: 191-97. https://doi.org/10.3390/ijms22147449

Beaulieu, M, G D'Aprano, and M Lacroix. 2002. 'Effect of dose rate of gamma irradiation on biochemical quality and browning of mushrooms Agaricus bisporus', *Radiation Physics and Chemistry*, 63: 311-15. https://doi.org/10.1016/S0969-806X(01)00518-7

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. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.022

El Ghaouth, A., Ponnampalam, R., Castaigne, F., & Arul, J. (1992). Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *HortScience*, *27*(9), 1016-1018. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.9.1016

Fasidi, Isola O, and Mukaila Kadiri. 1991. 'Changes in enzyme activities of Termitomyces robustus (Beli) Heim and Lentinus subnudus Berk during sporophore development', *Food Chemistry*, 39: 109-16. https://doi.org/10.1016/0308-8146(91)90089-7

Gantner, Magdalena, Dominika Guzek, Ewelina Pogorzelska, Marta Brodowska, Iwona Wojtasik-Kalinowska, and Jolanta Godziszewska. 2017. 'The effect of film type and modified atmosphere packaging with different initial gas composition on the shelf life of white mushrooms (Agaricus bisporus L.)', *Journal of Food Processing and Preservation*, 41: e13083. https://doi.org/10.1111/jfpp.13083

Gao, Mengsha, Lifang Feng, and Tianjia Jiang. 2014. 'Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (Agaricus bisporus) by essential oils fumigation treatment', *Food Chemistry*, 149: 107-13. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.073

Ghasemi-Varnamkhasti, Mahdi, Ayat Mohammad-Razdari, Seyedeh Hoda Yoosefian, and Zahra Izadi. 2018. 'Effects of the combination of gamma irradiation and Ag nanoparticles polyethylene films on the quality

of fresh bottom mushroom (Agaricus bisporus L.)', *Journal of Food Processing and Preservation*, 42: e13652. https://doi.org/10.1111/jfpp.13652

Ghasemnezhad, M., Shiri, M. A., & Sanavi, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (Prunus armeniaca L.) during cold storage. *Caspian journal of environmental sciences*, *8*(1), 25-33.

Hu, Yong-Hua, Chih-Min Chen, Lian Xu, Yi Cui, Xin-Yuan Yu, Huan-Juan Gao, Qin Wang, Ke Liu, Yan Shi, and Qing-Xi Chen. 2015. 'Postharvest application of 4-methoxy cinnamic acid for extending the shelf life of mushroom (Agaricus bisporus)', *Postharvest biology and technology*, 104: 33-41. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.03.007

Jiang, Tianjia. 2013. 'Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (Agaricus bisporus) under a high oxygen modified atmosphere', *Postharvest biology and technology*, 76: 91-97. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.005

Jiang, Tianjia, Zisheng Luo, and Tiejin Ying. 2015. 'Fumigation with essential oils improves sensory quality and enhanced antioxidant ability of shiitake mushroom (Lentinus edodes)', *Food Chemistry*, 172: 692-98. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.130

Jiang, Y., Li, J., & Jiang, W. (2005). Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *LWT-food Science and Technology*, *38*(7), 757-761. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.09.004

Jiang, Yueming, and Yuebiao Li. 2001. 'Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit', *Food Chemistry*, 73: 139-43. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00246-6

Joshi, Kompal, Jenna Warby, Juan Valverde, Brijesh Tiwari, Patrick J Cullen, and Jesus M Frias. 2018. 'Impact of cold chain and product variability on quality attributes of modified atmosphere packed mushrooms (Agaricus bisporus) throughout distribution', *Journal of Food Engineering*, 232: 44-55. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.019

Kalač, Pavel. 2013. 'A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 209-18. https://doi.org/10.1002/jsfa.5960

Lavid, Noa, Zahava Barkay, and Elisha Tel-Or. 2001. 'Accumulation of heavy metals in epidermal glands of the waterlily (Nymphaeaceae)', *Planta*, 212: 313-22. https://doi.org/10.1007/s004250000399

Lei, Jing, Bingjuan Li, Na Zhang, Ruixiang Yan, Wenqiang Guan, Charles S Brennan, Haiyan Gao, and Bo Peng. 2018. 'Effects of UV-C treatment on browning and the expression of polyphenol oxidase (PPO) genes in different tissues of Agaricus bisporus during cold storage', *Postharvest biology and technology*, 139: 99-105. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.022

Lin, Qiong, Yuanyuan Lu, Jie Zhang, Wei Liu, Wenqiang Guan, and Zhidong Wang. 2017. 'Effects of high CO2 in-package treatment on flavor, quality and antioxidant activity of button mushroom) Agaricus bisporus) during postharvest storage', *Postharvest biology and technology*, 123: 112-18. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.09.006

Lin, Xiaohui, and Da-Wen Sun. 2019. 'Research advances in browning of button mushroom (Agaricus bisporus): Affecting factors and controlling methods', *Trends in Food Science & Technology*, 90: 63-75. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.007

Louis, Eliezer, Ricardo Villalobos-Carvajal, Juan Reyes-Parra, Erick Jara-Quijada, Cristian Ruiz, Priscila Andrades, Jeniffer Gacitúa, and Tatiana Beldarraín-Iznaga. 2021. 'Preservation of mushrooms (Agaricus bisporus) by an alginate-based-coating containing a cinnamaldehyde essential oil nanoemulsion', *Food Packaging and Shelf Life*, 28: 100662. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100662

Luo, Y, and GV Barbosa-Canovas. 1996. 'Preservation of apple slices using ascorbic acid and 4-hexylresorcinol/Preservación de rodaj as de manzana con ácido ascórbico y 4-hexilresorcinol', *Food science and technology international*, 2: 315-21. https://doi.org/10.1177/108201329600200505

Muszynska, Bozena, Katarzyna Kala, Jacek Rojowski, Agata Grzywacz, and Włodzimierz Opoka. 2017. 'Composition and biological properties of Agaricus bisporus fruiting bodies-a review', *Polish journal of food and nutrition sciences*, 67. http://dx.doi.org/10.1515/pjfns-2016-0032

Nasiri, M, M Barzegar, MA Sahari, and M Niakousari. 2018. '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*, 106: 218-26. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.003

No, Hong Kyoon, Na Young Park, Shin Ho Lee, and Samuel P Meyers. 2002. 'Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights', *International journal of food microbiology*, 74: 65-72. https://doi.org/10.1177/1082013211433075

Rezaiyan Attar, F., et al. (2022). "Modeling the respiration rate of chitosan coated fresh in-hull pistachios (Pistacia vera L. cv. Badami) for modified atmosphere packaging design." Journal of Food Measurement and Characterization **16**(2): 1049-1061. https://doi.org/10.1007/s11694-021-01235-8

Rezaiyan Attar, F., et al. (2023). "Modified atmosphere packaging with chitosan coating to prevent deterioration of fresh in-hull Badami's pistachio fruit." chemical and biological technologies in agriculture **10**(1): 1-18. https://doi.org/10.1186/s40538-023-00393-9

Sedaghat, Naser, and Younes Zahedi. 2012. 'Application of edible coating and acidic washing for extending the storage life of mushrooms (Agaricus bisporus)', *Food science and technology international*, 18: 523-30. https://doi.org/10.1177/1082013211433075

Sudarshan, NR, DG Hoover, and D Knorr. 1992. 'Antibacterial action of chitosan', *Food biotechnology*, 6: 257-72. https://doi.org/10.1080/08905439209549838

Sun, NK, and KB Song. 2003. 'Effect of nonthermal treatment on the molecular properties of mushroom polyphenoloxidase', *Journal of food science*, 68: 1639-43.https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12305.x

Usman, Muhammad, Ghulam Murtaza, and Allah Ditta. 2021. 'Nutritional, medicinal, and cosmetic value of bioactive compounds in button mushroom (Agaricus bisporus): a review', *Applied Sciences*, 11: 5943. https://doi.org/10.3390/app11135943

Weijn, Amrah, M.M.M Tomassen, S. Bastiaan-Net, Eahj Hendrix, J.J.P Baars, ASM Sonnenberg, HJ Wichers, and JJ Mes. 2011. "Browning sensitivity of button mushrooms." In *Proceedings of the 7th international conference on mushroom biology and mushroom products*, 203-11.

Win, N Kyu Kyu, P Jitareerat, S Kanlayanarat, and S Sangchote. 2007. 'Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit', *Postharvest biology and technology*, 45: 333-40. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.01.020

Wu, Xinling, Wenqiang Guan, Ruixiang Yan, Jing Lei, Lixing Xu, and Zhidong Wang. 2016. 'Effects of UV-C on antioxidant activity, total phenolics and main phenolic compounds of the melanin biosynthesis pathway in different tissues of button mushroom', *Postharvest biology and technology*, 118: 51-58. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.017

Xu, YX, Ki Myong Kim, Milford A Hanna, and D Nag. 2005. 'Chitosan–starch composite film: preparation and characterization', *Industrial crops and Products*, 21: 185-92. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.03.002

Youwei, Y., & Yinzhe, R. (2013). Grape preservation using chitosan combined with β-Cyclodextrin. *International Journal of Agronomy*, *2013*. https://doi.org/10.1155/2013/209235

Zahedi, Y, Babak Ghanbarzadeh, and N Sedaghat. 2010. 'Physical properties of edible emulsified films based on pistachio globulin protein and fatty acids', *Journal of Food Engineering*, 100: 102-08. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.033

Zhang, Kexin, Yuan-Yuan Pu, and Da-Wen Sun. 2018. 'Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (Agaricus bisporus): A review', *Trends in Food Science & Technology*, 78: 72-82. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.012

Zhang, Xiaodong, and William H. Flurkey. 1997. 'Phenoloxidases in Portabella mushrooms', *Journal of food science*, 62: 97-100. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04376.x

نسخه پیش انتشار