DOI: 10.48305/jhsr.v18i3.1462 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 18, No. 3, Autumn

Received: 15.01.2022 Accepted: 22.05.2022 Published: 07.10.2022

The Effect of Cinnamon and Persian Hogweed Essential Oils with Chitosan Coating on Physicochemical Properties and Shelf Life Post-Harvest of Agaricus Bisporus Mushroom

Marzieh Najafian-Jazi[1], Mehrdad Jafarpour[2]

Original Article

Abstract

Background: Agaricus bisporus has the highest production in the world due to its unique flavor and valuable nutritional properties. Due to lack of cuticle, high respiration rate, high humidity, and intense enzymatic activity, they rapidly decay and their discoloration begins immediately after harvest.

Methods: The present study was conducted in a completely randomized design with 5 treatments including control, chitosan 2%, chitosan + cinnamon essential oil (2%), chitosan + Persian hogweed essential oil (200 ppm), and chitosan + cinnamon essential oil + Persian hogweed essential oil with 3 replications, and qualitative and biochemical characteristics of Agaricus bisporus on days 0, 7, 14, and 21 were evaluated.

Findings: The highest amount of flavonoids was obtained 7 days after storage under the treatment of chitosan + Persian hogweed essential oil. The highest antioxidant capacity was observed in the control treatment 21 days after storage. 7 days after storage, the moisture content under the treatment of chitosan + Persian hogweed essential oil and chitosan + cinnamon essential oil and also 14 days after storage in the treatment of chitosan + Persian hogweed essential oil showed a significant increase compared to the control treatment. The highest browning index was obtained 14 days after storage in chitosan and chitosan + Persian hogweed + cinnamon treatments. The highest tissue firmness was observed on day 0 after storage in the control treatment and the lowest amount of firmness was observed on day 21 after storage in control, chitosan, and chitosan + Persian hogweed + cinnamon treatments.

Conclusion: The investigated treatments showed different results on biochemical properties and postharvest shelf life of Agaricus bisporus. In general, cinnamon and Persian hogweed essential oils combined with chitosan have been individually effective on qualitative properties of Agaricus bisporus over shelf life.

Keywords: Cinnamon; Essential oil; Chitosan; Antioxidant capacity; Flavonoids; Agaricales

Citation: Najafian-Jazi M, Jafarpour M. **The Effect of Cinnamon and Persian Hogweed Essential Oils with Chitosan Coating on Physicochemical Properties and Shelf Life Post-Harvest of Agaricus Bisporus Mushroom.** J Health Syst Res 2022; 18(3): 186-95.

1- MSc Student, Department of Horticultural Sciences, School of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Edible and Medicinal Mushroom Research Center AND Department of Horticultural Sciences, School of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Mehrdad Jafarpour; Associate Professor, Edible and Medicinal Mushroom Research Center AND Department of Horticultural Sciences, School of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
Email: mehrdad.jafarpour@gmail.com

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

DOI: 10.48305/jhsr.v18i3.1462 Published by Vesnu Publications

تأثیر اسانس‌های دارچین و گلپر به همراه پوشش کیتوزان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ماندگاری پس از برداشت قارچ Agaricus bisporus

مرضیه نجفیان جزی[1]، مهرداد جعفرپور[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: قارچ تکمه‌ای به دلیل عطر و طعم منحصر به فرد و خواص تغذیه‌ای ارزشمند، بیشترین تولید را در سطح جهان دارد، اما به دلیل عدم وجود کوتیکول، سرعت بالای تنفس، رطوبت زیاد و فعالیت شدید آنزیمی، به سرعت فاسد و بلافاصله پس از برداشت، تغییر رنگ آن‌ها آغاز می‌شود.

روش‌ها: پژوهش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار شامل «شاهد، کیتوزان ۲ درصد، کیتوزان + اسانس دارچین (۲ درصد)، کیتوزان + اسانس گلپر (۲۰۰ppm)، کیتوزان + اسانس دارچین + اسانس گلپر» در سه تکرار اجرا گردید و خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی قارچ تکمه‌ای در روزهای صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: بیشترین میزان فلاونوئید در روز ۷ انبارمانی تحت تیمار پوشش‌دهی کیتوزان + اسانس گلپر و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار شاهد در روز ۲۱ انبارمانی مشاهده گردید. رطوبت اندام باردهی در روز ۷ انبارمانی تحت تیمار پوشش‌دهی کیتوزان + اسانس گلپر و کیتوزان + اسانس دارچین و در روز ۱۴ انبارمانی در تیمار کیتوزان + اسانس گلپر در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد. بیشترین شاخص قهوه‌ای شدن در روز ۱۴ انبارمانی در تیمارهای کیتوزان و کیتوزان + گلپر + دارچین حاصل شد. بیشترین سفتی بافت در روز صفر در تیمار شاهد و کمترین میزان در روز ۲۱ در تیمارهای شاهد، کیتوزان و کیتوزان + گلپر + دارچین بود.

نتیجه‌گیری: تیمارهای مورد بررسی نتایج متفاوتی را بر خصوصیات بیوشیمیایی و ماندگاری پس از برداشت قارچ تکمه‌ای نشان دادند. به طور کلی، اسانس‌های دارچین و گلپر هر یک به تنهایی در ترکیب با کیتوزان در طول دوره انبارمانی بر ویژگی‌های کیفی قارچ تکمه‌ای تأثیرگذار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دارچین؛ اسانس؛ کیتوزان؛ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی؛ فلاونوئیدها؛ قارچ‌ها

ارجاع: نجفیان جزی مرضیه، جعفرپور مهرداد. **تأثیر اسانس‌های دارچین و گلپر به همراه پوشش کیتوزان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ماندگاری پس از برداشت قارچ Agaricus bisporus**. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۱؛ ۱۸ (۳): ۱۹۵-۱۸۶

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۳/۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۷/۱۵

مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها فرآورده‌های به شدت فسادپذیری می‌باشند و بعد از برداشت در معرض خسارت‌های قابل توجهی قرار می‌گیرند (۱). در قرن حاضر، حفظ ایمنی ماده غذایی و کیفیت آن در دوره انبارمانی، امری است که نه تنها توجه متخصصان صنعت غذا و مسؤولان سلامت کشورها را به خود جلب کرده است، بلکه بی‌توجهی به آن می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری را به جامعه وارد کند (۲). امروزه فرایند پس از برداشت، از مهم‌ترین چالش‌های مهندسان و محققان به شمار می‌رود. یکی از این چالش‌ها، در اختیار قرار دادن میوه‌ها و سبزی‌های تازه و بدون ضایعات به دست مصرف‌کننده و همچنین، حفظ ماندگاری بیشتر آن‌ها می‌باشد (۳). قارچ تکمه‌ای با نام علمی Agaricus bisporus، از راسته Agaricales و تیره Agaricaceae، یکی از محصولات ارزشمند در بخش کشاورزی است که در میان قارچ‌های خوراکی، بیشترین میزان تولید را در سطح جهانی به خود اختصاص داده است (۴). رنگ روشن و سفید، داشتن کلاهک گرد و براق و فقدان لکه‌های قهوه‌ای و بی‌رنگ روی اندام باردهی، سبب ایجاد بازارپسندی و افزایش تعداد مصرف‌کنندگان این قارچ شده است (۵). عمر انبارمانی قارچ تازه در دمای معمولی بین ۱ تا ۳ روز و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بین ۴ تا ۷ روز متغیر است. به دلیل عدم وجود کوتیکول، سرعت بالای تنفس، رطوبت زیاد و فعالیت شدید آنزیمی، این محصول دارای ماندگاری کمتری نسبت به سایر سبزی‌ها می‌باشد و به همین دلیل به سرعت فاسد و بلافاصله پس از برداشت، تغییر رنگ آن آغاز می‌شود (۶). قهوه‌ای شدن آنزیمی در میوه‌ها و سبزی‌ها، سبب تغییرات نامطلوب کیفی در هنگام جابه‌جایی، بسته‌بندی و انبارمانی می‌گردد. این واکنش‌ها بیشتر در اثر فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز انجام می‌شود. بنابراین، همواره راهی برای جلوگیری و کنترل این آلودگی‌ها مورد نیاز است (۷).

تیمارهای پس از برداشت به منظور حفظ کیفیت و یا بهبود وضعیت ظاهری فرآورده‌های باغبانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به منظور افزایش عمر پس از برداشت، باید روش‌ها و ترکیبات مناسبی انتخاب شود که اثر نامطلوبی روی کیفیت اندام باردهی نداشته و برای مصرف‌کننده نیز مفید باشد (۸). با توجه به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، مرکز تحقیقات قارچ‌های خوراکی و دارویی و گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: مهرداد جعفرپور؛ دانشیار، مرکز تحقیقات قارچ‌های خوراکی و دارویی و گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
Email: mehrdad.jafarpour@gmail.com

افـزایش نگرانی‌هـا از بـه مخـاطره افتـادن سـلامت مصـرف‌کنندگان ناشـی از باقی‌مانده سموم شیمیایی روی محصولات باغبانی و افزایش مقاومت قارچها به ایـن سـموم، دانشـمندان بـه فکـر اسـتفاده از اسـانس‌های گیـاهی در کنتـرل بیماری‌های پس از برداشت محصولات به عنوان روش جدید و جایگزین سـموم شیمیایی افتاده‌اند (۹). گلپـر ایرانـی بـا نـام علمـی Heracleum persicum، نوعی گیاهی علفی چندسـاله و از خـانواده Umbllifierea اسـت. در مطالعـات فیتوشیمیایی گلپر، ترکیباتی مانند اسانس، آلکالوئیدها، ترپنوئیـدها، تری‌ترپن‌هـا، فورانوکومارین‌ها، استات هکسیلیک، استات استیک، بوتیرات متیلیـک، بـوتیرات اتیلیک استات، آنتول، ترپینولن، گامـاترپینن، لیمـونن و بتـاپینن در قسـمت‌های مختلف گیاه گزارش شده است (۱۰) و خاصـیت ضـد قـارچی و ضـد باکتریـایی اسانس در مطالعات مختلف به اثبات رسیده اسـت (۱۱). دارچـین بـا نـام علمـی Cinnamomum zeylanicum، درختچـه‌ای از خـانواده Lauraceae و جنس Cinnamomum، یکی از قدیمی‌ترین گیاهـان دارویـی مـورد اسـتفاده می‌باشد (۱۲). سینامالدئید، سینامیل استات، سینامیک آلدهید، بنزآلدهید، اوژنول، کاریوفیلن، لینالول، آلفا تریپنئول، کومارین، ۸ و ۱-سینئول، ترپینن ۴-ال و دیگر ترکیبات اسانس شامل از ترکیبات اصلی دارچین هستند (۱۳). یکی از مهم‌تـرین ترکیبـات اسـانس دارچـین، سـینامالدئید اسـت کـه خاصـیت ضـد میکروبـی و آنتی‌اکسیدانی آن توسط محققان زیادی به اثبات رسیده است (۱۴).

اعمال پوشش‌های خوراکی همراه بـا خصوصـیات ضـد میکروبـی، روشـی کاربردی جهت ارتقـای ایمنـی محصـولات اسـت و سـرعت انتشـار مـواد ضـد میکروبی در سطح محصول را طـی زمـان انبارمـانی کنتـرل می‌کنـد (۱۶، ۱۵). کیتوزان با نام علمی پلی (بتا-(۱←۴)-۲-آمینو-۲دی‌اکسی-D-گلوکوپیرانوز) و فرمول شیمیایی $(C_6H_{11}NO_5)_n$، ترکیبی مشتق شده از کیتین می‌باشد که پس از حذف گروه استیل کیتین به دست می‌آید. کیتوزان به دلیل خواص بیولوژیـک مطلوب خود از جمله تجزیه بیولوژیکی، فعالیت ضد میکروبـی و آنتی‌اکسـیدانی، دامنه کاربردی بسیاری دارد (۱۷). کیتوزان از طریق به دام انداختن رادیکال‌های آزاد اکسیژن، به صورت آنتی‌اکسیدان عمل می‌نماید و علت آن قدرت دهنـدگی بالای اتم هیدروژن کیتوزان می‌باشد (۱۸). اثر ضد میکروبی کیتوزان به عوامـل زیادی مانند وزن مولکولی، درجه داستیله بودن، حلالیت، مقدار بـار مثبـت، pH، غلظت، ظرفیت کلات‌کنندگی و نوع میکروارگانیسم‌ها بستگی دارد (۱۹).

در پژوهشی، خصوصیات کیفی قارچ تکمه‌ای توسط پوششی بر پایه آلژینات حاوی نانواملسیون اسانس دارچین مورد ارزیابی قـرار گرفـت. کیفیـت قارچهـا، کاهش سـرعت تـنفس، کـاهش وزن، فعالیـت آنـزیم پلی‌فنـل اکسـیداز، تعـداد سودوموناس، افزایش حفظ سـفتی بافـت، شـاخص‌های رنگـی، پلی‌فنـل کـل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچها تحت پوشش نانواملسیون حاوی سـینامالدهید در مقایسه با گروه شاهد به طور قابل توجهی بهبود یافت (۲۰). در مطالعه دیگـری، تأثیر پوشش نانوذرات کیتـوزان حـاوی اسـانس گلپـر بـر خصوصـیات کیفـی و ماندگاری میوه فلفل دلمه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایـان دوره انبارمـانی، کمترین تغییـرات در رنـگ، سـفتی و وزن و بیشـترین میـزان ترکیبـات فنلـی، فلاونوئیدها و اسید آسکوربیک در نمونه‌های بسته‌بندی شده با نانوذرات کیتوزان حاوی اسانس گلپر حاصل شد (۲۱).

با توجه به اهمیت اسانس‌ها در تولید مواد غذایی با ایمنی بـالا و گسـترش محصولات جدید با خواص بیولوژیکی مطلوب در صنایع غذایی و همچنـین، بـا توجه به اهمیت تغذیه‌ای، درمانی و اقتصادی قارچ تکمه‌ای، به جهت نگهـداری محصول در بالاترین کیفیت تا زمان ارایه به بـازار و رسـیدن بـه مصـرف‌کننده، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر اسانس‌های روغنی دارچین و گلپر در ترکیب با پوشش پلی‌ساکاریدی کیتوزان تحت شرایط نوع بسته‌بندی و شرایط دمـایی بـر عمر انبارمانی و برخی خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی قارچ تکمه‌ای انجام شد.

روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۰ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار شامل شاهد (قارچهای سـالم عـاری از هرگونه آلودگی انتخاب، سپس با آب شستشـو و بعـد از حـذف رطوبـت اضـافی بسته‌بندی شدند)، کیتوزان (۲ درصد)، کیتـوزان + اسـانس دارچـین (۲ درصـد)، کیتوزان + اسانس گلپر (۲۰۰ppm)، کیتوزان + اسـانس دارچـین (۲ درصـد) + اسانس گلپر (۲۰۰ppm) و در سه تکرار بر خصوصیات کیفی و مانـدگاری قـارچ تکمه‌ای انجام گردید. در نهایت، ۱۵ پلات آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفت که در هر پلات ۱۰۰ گرم قارچ تکمـه‌ای قـرار داده شـد. بـدین منظـور، قارچهـای تکمه‌ای خریداری و یک ساعت پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل گردید و تـا زمان اجرای طرح به منظور حفظ رطوبت اندام باردهی، اطراف ظـروف قـارچ بـا پوشش پلی‌ونیل کلراید پوشانده شد. سـپس قارچهـا بـا انـدازه یکنواخـت (قطـر کلاهک حدود ۴ سانتی‌متر)، سالم و عاری از هرگونه آسیب مکانیکی جداسـازی و مدت زمان کوتاهی (۲-۱ دقیقه) در آب خیسانده شد و بعد از آن به سرعت بـا آب سرد به آرامی شستشو داده شد. قارچهای دارای کلاهک کاملاً بسته و بدون آسیب‌دیدگی انتخاب شدند.

در مـورد تیمارهـای بـا پوشـش کیتـوزان، محلـول کیتـوزان (شـرکت Sigma-Aldrich، آمریکا) با وزن مولکولی متوسط ۲ درصد (وزنـی/ حجمـی) درون اسید اسـتیک (شـرکت Sigma-Aldrich، آمریکـا) ۱ درصـد (حجمـی/ حجمی) تهیه شـد. سـپس بـه آن بـه انـدازه ۰/۷۵ درصـد گلیسـرول (شـرکت Sigma-Aldrich، آمریکا) به عنوان پلاستی سایزر اضـافه گردیـد. در مرحلـه بعد، pH محلول با سود ۱ نرمـال بـه ۵ رسـانده شـد و در نهایـت، ۰/۲ درصـد (حجمی/ حجمی) پلی‌سوربات به محلول اضافه شد. بعد از تهیه محلول کیتوزان، نمونه‌ها ۱/۵ دقیقه در محلول آماده شده غوطه‌ور شدند (۲۲). همچنین، اسـانس گلپر خریداری و در غلظت ۲۰۰ppm با استفاده از توئین ۸۰ بـه میـزان ۵ تـا ۶ سی‌سی به عنوان امولسیفایر و در محیط آبی تهیه گردید و مـورد اسـتفاده قـرار گرفت. برای تهیه پوشش به همراه اسانس دارچین با غلظت ۲ درصد (حجمـی/ حجمی)، ۲ میلی‌لیتر اسانس با ۱ گرم توئین ۸۰ حل و به امولسیون افزوده شـد. اعمال تیمار به صورت غوطه‌وری سریع به مدت ۲ دقیقه انجام گرفت.

جهت شناسایی اجزای تشکیل دهنده اسانس، از دستگاه گاز فام‌نگار جفت شده با طیف‌سنج جرمـی (Gas chromatography-mass spectrometry یا GC/MS) شامل رديابِ جرمـی (Aglient 5975C) بـا منبـع یونیزاسـیون الکترونی کوپل شده با دستگاه کروماتوگرافی گـازی (Aglient 7890) کـه از ستون HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر با ضـخامت لایـه فـاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر، استفاده شد. پس از اعمال همـه تیمارهـا بـر نمونـه‌ها و خشـک شـدن در دمـای محـیط، نمونـه‌ها در ظـروف بسـته‌بندی ۱۰۰ گرمـی مخصوص (دارای پوشش معمولی سلوفان) قرار داده شد و بـه مـدت ۲۰ روز در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس نمونه‌برداری در روزهای صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ برای انجام آزمون‌های حسی و بیوشیمیایی انجام شد.

روش‌های ارزیابی ویژگی‌های کیفی

فلاونوئید: محتوای فلاونوئیدی بر حسب میلی‌گرم کوئرسیتین بر گرم وزن تر بر طبق روش آلومینیوم کلراید ارزیابی و میزان جذب در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرائت شد (۲۳).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: بدین منظور، یک گرم از قارچ تکمه‌ای هموژنیزه شده به ۲۰ میلی‌لیتر محلول یک به یک آب و اتانول ۸۰ درصد اضافه و با استفاده از دستگاه ورتکس، یک محلول کاملاً همگنی تهیه شد. سپس محلول به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه، سانتریفوژ و ۰/۱ میلی‌لیتر محلول به ۳/۹ میلی‌لیتر 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) متانولی (۰/۰۳ گرم بر لیتر) (شرکت Sigma-Aldrich، آمریکا) اضافه گردید. در نهایت، طیف جذبی محلول به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با توجه به رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه ۱ جذب نمونه–جذب DPPH/ جذب DPPH × ۱۰۰ (۲۴)

درصد رطوبت: اندام باردهی قارچ به تکه‌های کوچک با ضخامت کم برش داده شد و روی فویل‌های آلومینیومی در دستگاه آون در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. درصد رطوبت قارچها بر طبق رابطه ۲ محاسبه گردید.

رابطه ۲ وزن تر-وزن خشک/ وزن تر × ۱۰۰) (۲۵)

آزمون بافت‌سنجی: آزمون ضریب نفوذ در کلاهک قارچ تکمه‌ای با استفاده از یک تحلیل‌گر بافت انجام شد. بنابراین، یک پروب استوانه‌ای ۵ میلی‌متری با سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه تا عمق ۵ میلی‌متری در کلاهک نفوذ و میزان نیروی وارد شده در واحد زمان به وسیله نرم‌افزار سنجش بافت ثبت گردید (۲۶).

شاخص قهوه‌ای شدن (Browning index یا BI): این شاخص توسط دستگاه AvaSpec-ULS2048CL-EVO (ساخت هلند) و از طریق رابطه ۳ ارزیابی شد.

$$BI = 100\,(X-0.31)]/0.172 \qquad \text{رابطه ۳}$$
$$X = (a^* + 1.75\,L^*)/(5.645\,L^* + a^* - 3.012\,b^*)$$

L* نشان دهنده روشنایی می‌باشد و بین صفر و ۱۰۰ متغیر است و شاخص‌های a* (از سبز تا قرمز) و b* (از آبی تا زرد) اجزای رنگی و بین ۱۲۰- تا ۱۲۰ متغیر هستند (۲۴).

داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای Duncan در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها نیز در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۸ رسم شد.

یافته‌ها

نتایج تجزیه ترکیبات تشکیل دهنده اسانس‌های دارچین و گلپر در جداول ۱ و ۲ ارایه شده است.

فلاونوئید: با افزایش مدت زمان انبارمانی از روز ۷ به روز ۲۱، میزان فلاونوئید اندام باردهی تحت تیمارهای مورد بررسی کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < ۰/۰۵$). بیشترین میزان فلاونوئید در روز ۷ انبارمانی تحت تیمار پوشش‌دهی کیتوزان + اسانس گلپر با میزان ۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد.

جدول ۱. نتایج تجزیه ترکیبات بیوشیمیایی اسانس دارچین

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس	میزان (درصد)
Linalool	۱۷/۳۵
cis-Cinnamaldehyde	۱٤/۹٤
Eugenyl acetate	۱۳/٤۸
Cineole	۱۲/۲۳
Isocaryophyllene	۷/۷۵
m-Cymene	٤/٤۵
α-Pinene	۳/٤۰
2(10)-Pinene	۲/۸۳
delta.-Cadinene	۲/۵٦
Humulene	۲/٤٤
Benzyl benzoate	۲/۱۱

در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱، کمترین میزان فلاونوئید در تیمار شاهد در بازه ۰/۰۶ تا ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردید. بین برخی از تیمارها نیز در سطح ۵ درصد آزمون Duncan تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۲. نتایج تجزیه ترکیبات بیوشیمیایی اسانس گلپر

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس	میزان (درصد)
1-Propanol, 3-ethoxy-	۲۷/۲۷
Stigmast-5-En-3-Ol	۱۰/۹۰
Dibutyl phthalate	۸/۸۱
beta-Methyl xyloside	۵/۵۹
Hexadecanoic acid, ethyl ester	٤/۸۳
7,10,13-Hexadecatrienoic acid, methyl ester	٤/٦۳

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: با افزایش مدت زمان انبارمانی از روز صفر به روز ۲۱، در گروه شاهد و تحت تیمارهای مورد بررسی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P < ۰/۰۵$). بر طبق نتایج، بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار شاهد در روز ۲۱ انبارمانی با میزان ۷۲/۵۳ درصد مشاهده شد. در بین تیمارها نیز بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در روز ۲۱ تحت تیمار کیتوزان غنی شده با اسانس گلپر و دارچین با میزان ۵۵/۵۷ درصد نشان داده شد. کمترین میزان این ویژگی در روز ۷ انبارمانی تحت تیمارهای کیتوزان + دارچین، کیتوزان + گلپر، کیتوزان + گلپر + دارچین و کیتوزان به ترتیب با میزان ۲۴/۹۷، ۲۵/۲۷، ۲۷/۰۰ و ۲۸/۷۷ درصد گزارش گردید. بین برخی از تیمارها در سطح ۵ درصد آزمون Duncan تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

رطوبت اندام باردهی: بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش مدت زمان انبارمانی، میزان رطوبت اندام باردهی کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < ۰/۰۵$). رطوبت اندام باردهی در روز ۷ انبارمانی تحت تیمار پوشش‌دهی کیتوزان + اسانس گلپر و کیتوزان + اسانس دارچین به ترتیب با میزان ۹۴/۵۲ و ۹۳/۵۲ درصد و در روز ۱۴ انبارمانی در تیمار کیتوزان + اسانس گلپر با میزان ۹۳/۵۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت.

http://hsr.mui.ac.ir

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر زمان نگهداری و تیمار بر برخی از ویژگی‌های قارچ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		فلاونوئید	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	رطوبت اندام باردهی	سفتی بافت	BI
زمان	۳	۰/۰۰۶**	۱۰۱۵**	۱۴۰/۵۰**	۳۱۱/۹۰**	۶۳۸۰۶۰**
تیمار	٤	۰/۰۰۶**	۱۱٤۸**	۱۰۹/۹۰**	۳/۵۲**	٤۰۲۱۵**
زمان × تیمار	۱۲	۰/۰۰۱**	۱٤٤/۳**	۱۸/۸۳**	۵/۲۸**	۲٦۵۹۷**
خطا	٤۰	۰/۰۰۰۱**	٤/۲۵	۰/٤۷	۰/۸۷	۷۰۹۹
ضریب تغییرات (درصد)		٤/٤۰	٤/۷۲	۰/۷٦	۱۳/٤۳	۲۷/۳٤

**معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۱

BI: Browning index

کمترین میزان رطوبت نیز در روز ۲۱ انبارمانی در تیمار شاهد با میزان ۷۹/۵۰ درصد گزارش گردید (جدول ۴).

سفتی بافت: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارمانی به روز ۲۱، میزان سفتی بافت نیز کاهش معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۵$). بیشترین سفتی بافت در روز صفر در تیمار شاهد با میزان ۱۲/۹۰ نیوتن و کمترین میزان در روز ۲۱ انبارمانی در تیمارهای شاهد، کیتوزان و کیتوزان + گلپر + دارچین به ترتیب با ۰/۶۰، ۱/۱۷ و ۱/۷۳ نیوتن مشاهده شد. روز ۷ انبارمانی تیمار کیتوزان و روز ۲۱ انبارمانی تیمار کیتوزان + گلپر در مقایسه با دیگر تیمارها بیشترین سفتی بافت را نشان دادند. بین برخی از تیمارها نیز در سطح ۵ درصد آزمون Duncan تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

BI: بر طبق یافته‌ها، با افزایش مدت زمان انبارمانی تا روز ۱۴، در تیمار شاهد BI در مقایسه با روز صفر افزایش و پس از آن در روز ۲۱ کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < ۰/۰۵$). بیشترین BI در روز ۱۴ انبارمانی در تیمارهای کیتوزان و کیتوزان + گلپر + دارچین به ترتیب با میزان ۵۹۶/۰۲ و ۵۸۷/۰۲ مشاهده شد. کمترین BI در تیمار شاهد در روز صفر با میزان ۱۹/۱۸ به دست آمد. در روز ۲۱ انبارمانی تحت تأثیر تیمارهای کیتوزان + گلپر و کیتوزان + دارچین در مقایسه با تیمارهای کیتوزان و کیتوزان + گلپر + دارچین، کمترین BI مشاهده گردید (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل زمان و تیمار بر خصوصیات بیوشیمیایی و کیفی قارچ تکمه‌ای

زمان (روز)	تیمار	فلاونوئید (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)	رطوبت اندام باردهی (درصد)	سفتی بافت	BI
صفر	شاهد	^{g}۰/۰۸	^{ef}٤٦/۱۰	^{b}۹۲/۳۰	^{a}۱۲/۹۰	^{h}۱۹/۱۸
	شاهد	^{ij}۰/۰٦	^{c}۵۸/۷۷	^{d}۸۷/٤۸	^{cd}۷/۰۰	^{cde}٤۱۹/٤۲
۷	کیتوزان	^{c}۰/۱٤	^{j}۲۸/۷۷	^{b}۹۱/۸۵	^{b}۹/۸۷	^{abc}٤۹۱/۵۲
	کیتوزان + گلپر	^{a}۰/۱٦	^{k}۲۵/۲۷	^{a}۹٤/۵۲	^{c}۸/۰۷	$^{b-e}$٤٤۱/٦۵
	کیتوزان + دارچین	^{b}۰/۱۵	^{k}۲٤/۹۷	^{a}۹۳/۵۲	^{cd}۷/۲۳	$^{a-d}$٤٦٤/۳۰
	کیتوزان + گلپر + دارچین	^{f}۰/۰۹	^{jk}۲۷/۰۰	^{b}۹۲/۲۳	^{ef}۵/۳۷	^{fg}۲۲۹/۸۹
	شاهد	^{i}۰/۰۷	^{b}٦٤/۸۷	^{f}۸۲/۳۱	^{fg}٤/٦۲	^{ef}۳۰۲/۳۷
	کیتوزان	^{f}۰/۰۹	^{h}۳۷/۹۳	^{c}۸۹/٦۸	^{gh}۳/۲۳	^{a}۵۹٦/۰۲
۱٤	کیتوزان + گلپر	^{d}۰/۱۳	^{i}۳۳/۵۰	^{a}۹۳/۵۰	^{def}۵/۸۷	^{abc}٤۸۳/۲۷
	کیتوزان + دارچین	^{d}۰/۱۳	^{i}۳٤/٦۳	^{b}۹۱/۷۷	^{de}٦/٤۲	^{abc}٤۹۱/۹۷
	کیتوزان + گلپر + دارچین	^{gh}۰/۰۸	^{fg}٤۳/۳۰	^{e}۸٦/۲۷	^{cde}٦/۸۳	^{ab}۵۸۷/۰۲
	شاهد	^{ij}۰/۰٦	^{a}۷۲/۵۳	^{h}۷۹/۵۰	^{j}۰/٦۰	^{gh}۱۳۳/۲۱
	کیتوزان	^{h}۰/۰۷	^{e}٤۹/۱۰	^{d}۸۷/٦۵	^{j}۱/۱۷	^{cde}٤۰۷/۱۲
۲۱	کیتوزان + گلپر	^{e}۰/۱۱	^{g}٤۱/٤۷	^{c}۹۰/۵۲	^{gh}۳/٦۷	^{fg}۲۵۷/٦۲
	کیتوزان + دارچین	^{f}۰/۰۹	^{f}٤٤/۸۷	^{c}۹۰/٤۵	^{hi}۲/۹۷	^{def}۳۱۹/۳۲
	کیتوزان + گلپر + دارچین	^{j}۰/۰٦	^{d}۵۵/۵۷	^{g}۸۰/۷۳	^{ij}۱/۷۳	$^{b-e}$٤٤۲/۲۹

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند، در سطح ۵ درصد آزمون Duncan اختلاف معنی‌داری دارند.

BI: Browning index

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پوشش‌دهی کیتوزان + اسانس گلپر، سبب افزایش میزان فلاونوئید اندام باردهی قارچ تکمه‌ای در روز ۷ انبارمانی می‌شود. به طور کلی، با افزایش مدت زمان انبارمانی از روز ۷ به روز ۲۱، میزان فلاونوئید اندام باردهی تحت تیمارهای مورد بررسی کاهش معنی‌داری را نشان داد. فلاونوئیدها از متابولیت‌های ثانویه مهم گیاهی هستند که نقش مهمی در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند. کاهش فلاونوئیدها در طی انبارداری، نشانه افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در پاسخ به تنش‌های فیزیولوژیک ضمن رسیدن و پیری است (۲۷). بنابراین، فلاونوئیدها ممکن است طی اکسید شدن، توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن تخریب شوند. رفتار و تغییرات فلاونوئیدها در طول انبارمانی خیلی مشخص نیست و مقدار آن‌ها در طول انبار کردن می‌تواند کاهش یا افزایش یابد و یا تغییری نکند. همچنین، این تغییرات در مورد انواع مختلف فلاونوئیدها می‌تواند متفاوت باشد (۲۸). علاوه بر این، تجمع ترکیبات فلاونوئیدی به طور معنی‌داری تحت تأثیر ژنوتیپ می‌باشد و علت اصلی تغییر در مقدار این ترکیبات را می‌توان به تفاوت در فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز نسبت داد که آنزیم اولیه در مسیر بیوسنتز ترکیبات فنلی می‌باشد (۲۹). به نظر می‌رسد که تجمع این ترکیب در روز ۷ انبارمانی در اندام باردهی قارچ به عنوان یک مکانیسم دفاعی در برابر شرایط محیطی است. همچنین، می‌توان گفت که محرک‌هایی مانند کیتوزان ممکن است ژن‌های جدیدی را فعال کنند که آنزیم‌ها و در نهایت، مسیرهای بیوسنتزی مختلفی را راه‌اندازی نمایند و باعث تشکیل متابولیت‌های ثانویه شوند (۳۰). گزارش شده است که کاربرد کیتوزان محتوای فلاونوئیدها را در گیاهان گوجه فرنگی افزایش داده است (۳۱). نتایج به دست آمده مبنی بر کاهش میزان فلاونوئید با افزایش مدت زمان انبارمانی با نتایج مطالعه Jiang و همکاران روی قارچ شیتاکه (۲۸) مطابقت داشت.

روند تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شده طی دوره انبارمانی، شاید به تغییر میزان ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط می‌شود که نتیجه تغییرات فعالیت‌های متابولیکی و شدت تنفس طی دوره انبارمانی است (۳۲). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول مدت زمان انبارمانی، می‌تواند در اثر تشکیل ترکیب‌های جدید دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی همچون فرآورده‌های واکنش میلارد که البته در انبارهای کمی طولانی مدت اتفاق می‌افتد، باشد (۳۳). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار شاهد در طول مدت زمان انبارمانی را در اثر تشکیل ترکیب‌های قهوه‌ای رنگ با وزن مولکولی بالا می‌دانند که پس از مراحل واکنش میلارد پدیدار می‌شود (۳۴). کیتوزان نیز فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در سطوح بالاتری حفظ می‌نماید. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در خنثی و سرکوب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در بافت‌های گیاه و در نتیجه، کاهش تنش‌های اکسیداتیو که توسط میکروارگانیسم‌ها ایجاد می‌شوند، تأثیرگذار است (۳۵). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که عصاره‌های گیاهی در اغلب موارد فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی دارند. به طور کلی، واکس‌ها و پوشش‌های خوراکی با تغییر اتمسفر درونی میوه، میزان متابولیت‌های ثانویه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تولید اتیلن را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۳۶). همچنین، می‌تواند بین مقدار ترکیبات فنلی موجود در اسانس‌های دارچین و گلپر و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندام باردهی قارچ، همبستگی وجود داشته باشد. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مبنی بر افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در اندام باردهی قارچ تکمه‌ای با نتایج مطالعه Khojah و همکاران بر روی قارچ تکمه‌ای (۲۷) همسو بود.

رطوبت یکی از شاخص‌های مهم و تأثیرگذار بر افزایش عمر ماندگاری و کیفیت پس از برداشت قارچ تکمه‌ای می‌باشد. کاهش میزان رطوبت اندام باردهی قارچ تکمه‌ای در پایان دوره انبارمانی، به دلیل کاهش نیروی چسبندگی میان مولکول‌های هیدروفیل و غیر فعال شدن پروتئین‌های مسؤول حفظ غشای کلاهک می‌باشد (۳۷). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمار کیتوزان + اسانس گلپر و کیتوزان + اسانس دارچین در روز ۷ انبارمانی و تیمار کیتوزان + اسانس گلپر در روز ۱۴ انبارمانی، سبب افزایش رطوبت اندام باردهی می‌شود. می‌توان بیان نمود که اسانس دارچین به دلیل دارا بودن ویژگی آب‌گریزی هرچند که باعث کاهش میزان جذب رطوبت پوشش کیتوزان شد، اما به دلیل قرارگیری در بین رشته‌های بیوپلیمر و کاهش انسجام شبکه، مانند نرم‌کننده عمل می‌کند و باعث افزایش نفوذپذیری پوشش کیتوزان نسبت به بخار آب و رطوبت می‌شود. در مورد تأثیر افزودن اسانس به فیلم‌های بیوپلیمری مختلف، نتایج مشابهی گزارش شده است (۳۷). در نتیجه، اندام باردهی قارچ تیمار شده با پوشش کیتوزان + اسانس دارچین و کیتوزان + اسانس گلپر، بالاترین درصد رطوبت را نشان داد.

سفتی بافت یکی از شاخص‌های مهم تعیین‌کننده کیفیت قارچ است و نشان دهنده تغییرات متابولیکی و تغییرات محتوای بافت قارچ است. با پیشرفت مراحل رسیدگی و عمر میوه، شدت تنفس محصول افزایش پیدا می‌کند که سبب ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در بافت محصول می‌شود. تخریب دیواره سلولی و نرم شدن بافت میوه، از مهم‌ترین این تغییرات هستند (۳۸). با افزایش مدت زمان انبارمانی به روز ۲۱، میزان سفتی بافت نیز کاهش معنی‌داری را نشان داد. نرم شدن و یا کاهش سفتی در طول دوره پس از برداشت اندام باردهی قارچ تکمه‌ای به دلیل ایجاد تغییراتی است که در غشا اتفاق می‌افتد. تغییرات بافت وابسته به تخریب پروتئین و پلی‌ساکاریدها، شکستن واکوئل‌ها و گسترش مواد ذخیره شده در واکوئل در فضای بین سلولی است (۳۹). علاوه بر این، نرمی بافت میوه به علت تغییرات بخش‌های ساختاری دیواره سلولی شامل کاهش همی‌سلولز، گالاکتوز و حل شدن و دپلیمریزه شدن پکتین صورت می‌گیرد که در نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده دیواره سلولی مانند پلی‌گالاکتوروناز، پکتین متیل استراز و بتاگلوکوزیداز می‌باشد (۴۰).

سطوح پایین اکسیژن و سطوح بالای دی‌اکسید کربن ارایه شده توسط پوشش کیتوزان در روز ۷ انبارمانی ممکن است فعالیت این آنزیم‌ها را محدود و امکان حفظ استحکام در طول انبارمانی را فراهم کند (۳۵). در قارچ‌های تیمار شده با کیتوزان + اسانس گلپر به دلیل فعالیت ضد قارچی و پوشاندن کوتیکول و عدسک، تنفس و سایر فرایندهای رسیدن در طول ذخیره‌سازی کاهش یافت (۴۱). محمدی و همکاران در پژوهش خود، کاهش تعرق و احتباس آب در میوه خیار پس از استفاده از پوشش کیتوزان حاوی اسانس را گزارش نمودند (۴۲) که با نتایج بررسی حاضر در روز ۷ انبارمانی مطابقت دارد. اسانس گلپر در روز ۲۱ انبارمانی با کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های عامل فساد به ویژه باکتری‌ها، به طور مؤثر در مقایسه با دیگر تیمارها از کاهش سفتی بافت ممانعت کرده است (۴۳). علاوه بر این، استفاده از اسانس‌های روغنی می‌تواند تا حدی از فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی جلوگیری کند. Jiang و همکاران تأثیر مثبت اسانس آویشن و میخک هندی را بر حفظ سفتی کلاهک قارچ تکمه‌ای گزارش نمودند (۴۴). در مطالعه دیگری، میوه‌های انار تیمار شده با اسانس

میخک و دارچین در طی دوره انبارمانی از بافت سفت‌تری در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده برخوردار بودند (۴۵). اسانس گلپر در شرایط انبار به دلیل حفظ ترکیبات فنلی و کاهش تولید پراکسید هیدروژن، سبب حفظ پایداری غشای سلولی در میوه گردید و در نتیجه، از نرم شدن بافت میوه جلوگیری کرد (۴۶). همچنین، اسانس‌ها از فعالیت آنزیم‌های نرم‌کننده دیواره سلولی مانند پلی‌گالاکتوروناز و گالاکتوز اکسیداز می‌کاهد و باعث حفظ سفتی اندام باردهی قارچ می‌گردد (۴۷). نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر مبنی بر افزایش سفتی بافت اندام باردهی قارچ تکمه‌ای تحت تأثیر تیمارهای کیتوزان و کیتوزان + اسانس گلپر با نتایج پژوهش‌های انجام شده روی قارچ تکمه‌ای (۴۶، ۴۳) همخوانی داشت.

از شاخص‌های مهم در عرضه محصول قارچ تکمه‌ای در بازار، رنگ کلاهک قارچ‌ها است که هرچه سفیدتر باشد بازارپسندی بیشتری دارد. نتایج BI کلاهک قارچ‌ها در بسته‌بندی‌ها نشان داد که قهوه‌ای شدن در تمام تیمارها با افزایش دوره نگهداری افزایش یافت (۴۸). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارمانی تا روز ۱۴، BI در مقایسه با روز صفر افزایش پیدا کرد. به طور کلی، با گذشت زمان، رنگ سطح کلاهک قارچ تکمه‌ای از سفید به قهوه‌ای تغییر می‌کند که دلیل آن افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و ایجاد لکه‌های قهوه‌ای روی سطح کلاهک قارچ است (۳۹). قهوه‌ای شدن قارچ‌ها در نتیجه دو مکانیسم متفاوت از اکسیداسیون فنل شامل الف) فعال شدن تیروزیناز که آنزیمی متعلق به خانواده پلی‌فنل اکسیداز است و ب) اکسیداسیون خود به خودی (۴۹) رخ می‌دهد. آسیب اکسایشی نیز فرایند اولیه‌ای است که در نتیجه ترکیب شدن یک ماده با اکسیژن در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی‌فنل اکسیداز ایجاد می‌شود. اکسیداسیون فنل‌ها منجر به قهوه‌ای شدن می‌شود (۵۰). تخریب سلولی و خروج ترکیبات فنلی از واکوئل به سیتوپلاسم که مکان حضور این آنزیم است و فراهم شدن اکسیژن، شرایط افزایش فعالیت این آنزیم و سپس اکسید شدن ترکیبات فنلی و تجمع ترکیبات قهوه‌ای رنگ ملانین را فراهم می‌آورد (۵۱).

در روز ۷ انبارمانی، تیمار کیتوزان + گلپر + دارچین در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد، کمترین BI را نشان داد. به نظر می‌رسد ترکیبات فنلی موجود در اسانس‌های دارچین و گلپر، باعث واسرشتی آنزیم‌ها می‌شوند. همچنین، ترکیبات پلی‌فنلی در اثر واکنش با جایگاه فعال آنزیم، منجر به مهار آنزیم پلی فنل اکسیداز می‌گردد (۵۲)؛ بدین صورت که این ترکیبات از طریق گروه هیدروکسیل خود به جایگاه فعال آنزیم متصل می‌شوند و یا توسط گروه آلدهیدی خود از طریق تشکیل باز شیف، باعث کمپلکس کردن فلز مس (کوفاکتور آنزیم پلی‌فنل اکسیداز) می‌شوند (۴۳). از طرف دیگر، کاهش میزان قهوه‌ای شدن اندام باردهی قارچ تکمه‌ای در اثر کاربرد اسانس‌های دارچین و گلپر در روز ۷ انبارمانی را می‌توان به وجود ترکیبات آلدئیدی در اسانس و عمل بازدارندگی این ترکیبات علیه آنزیم‌های دخیل در قهوه‌ای شدن مرتبط دانست.

علاوه بر این، فعالیت بازدارندگی گروهی از ترکیبات معطر با گروه‌های شیمیایی مختلف همچون اسیدهای کربوکسیلیک حلقوی، الکل‌ها و آلدئیدها علیه آنزیم پلی‌فنل اکسیداز توسط Kajiwara و همکاران (۵۳) تأیید شده است.

ترکیبات آلدئیدی نسبت به الکل‌ها و ترکیبات آلدئیدی با جایگاه آلفا- بتا غیر اشباع شده نسبت به ترکیبات با جایگاه بتا- گاما غیر اشباع شده و اشباع شده از قدرت بازدارندگی بیشتری برخوردار بودند (۵۴). همچنین، فعالیت ضد قهوه‌ای شدن کیتوزان تنها در اثر کاهش سطوح اکسیژن نیست و با جلوگیری از اثرات آنزیم‌هایی مانند آسکوربات پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز نیز ارتباط دارد (۵۵). همچنین، دلیل کاهش رنگ در نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان غنی شده با اسانس را می‌توان به تأثیر کیتوزان بر باکتری‌ها مربوط دانست. دلیل دیگر که بسیار قابل توجه است، وجود ترکیبات مهارکننده تیروزیناز در کیتوزان غنی شده با اسانس‌های گیاهی است (۳۹). با توجه به این که تیروزیناز در قهوه‌ای شدن قارچ نقش کلیدی دارد، استفاده از پوشش کیتوزان به دلیل داشتن ترکیبات بالقوه ممانعت‌کننده از فعالیت این آنزیم، می‌تواند قهوه‌ای شدن قارچ و فساد این محصول حساس را به تأخیر اندازد (۴۱).

نتیجه‌گیری

به دلیل فسادپذیری و قهوه‌ای شدن قارچ تکمه‌ای، نگهداری آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عمر نگهداری کوتاه قارچ، مانعی برای توزیع و فروش آن است و افزایش مدت نگهداری قارچ و حفظ کیفیت آن برای مصرف‌کنندگان بسیار حایز اهمیت می‌باشد. به طور کلی، با افزایش مدت زمان انبارمانی به ۲۱ روز، بسیاری از خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی اندام باردهی قارچ تکمه‌ای تحت تأثیر قرار گرفت. در بین تیمارهای مورد بررسی، بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در روز ۲۱ تحت تیمار کیتوزان غنی شده با اسانس گلپر و دارچین نشان داده شد. پوشش‌های کیتوزان + اسانس گلپر و کیتوزان + اسانس دارچین بیشترین تأثیر را در افزایش میزان فلاونوئید و رطوبت اندام باردهی نشان دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که بررسی غلظت‌های دیگر اسانس‌های دارچین و گلپر و ارزیابی اثر اسانس‌های روغنی به تنهایی بر خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی قارچ تکمه‌ای ممکن است بتواند نتایج متفاوت‌تری را ارایه دهد که بتوان به تولیدکنندگان این صنعت پیشنهاد نمود.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۱۷۵۲۹۲۴۹۱۱۱۳۵۰۳۱۴۰۰۱۶۲۴۲۵۸۴۸، مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) می‌باشد. بدین وسیله از همکاری‌های علمی و عملی این واحد دانشگاهی در جهت اجرای این تحقیق، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Zhang K, Pu YY, Sun DW. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (Agaricus bisporus): A review. Trends Food Sci Technol 2018; 78: 72-82.
2. Wang T, Yun J, Zhang Y, Bi Y, Zhao F, Niu Y. Effects of ozone fumigation combined with nano-film packaging on the postharvest storage quality and antioxidant capacity of button mushrooms (Agaricus bisporus). Postharvest Biol Technol 2021; 176: 111501.
3. Tabatabai R, Ebrahimian A, Hashemi SJ. Investigation on the effect of temperature, packaging material and

modified atmosphere on the quality of tomato. J Food Sci Technol 2016; 13(51): 1-13. [In Persian].
4. Zhang H, Liang Y, Li X, Kang H. Effect of chitosan-gelatin coating containing nano-encapsulated tarragon essential oil on the preservation of pork slices. Meat Science 2020; 166: 108137.
5. Lagnika C, Zhang M, Mothibe KJ. Effects of ultrasound and high pressure argon on physico-chemical properties of white mushrooms (Agaricus bisporus) during postharvest storage. Postharvest Biol Technol 2013; 82: 87-94.
6. Liu G, Ye J, Li W, Zhang J, Wang Q, Zhu Xa, et al. Extraction, structural characterization, and immunobiological activity of ABP Ia polysaccharide from Agaricus bisporus. Int J Biol Macromol 2020; 162: 975-84.
7. Hosseinzadeh S, Jafarikukhdan A, Hosseini A, Armand R. The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: A review of Thymus vulgaris. Int J Clin Med 2015; 6(9): 635-42.
8. Song Y, Hu Q, Wu Y, Pei F, Kimatu BM, Su A, et al. Storage time assessment and shelf-life prediction models for postharvest Agaricus bisporus. LWT 2019; 101: 360-5.
9. Nawawi WMFW, Lee KY, Kontturi E, Bismarck A, Mautner A. Surface properties of chitin-glucan nanopapers from Agaricus bisporus. Int J Biol Macromol 2020; 148: 677-87.
10. Changxing L, Dongfang D, Lixue Z, Saeed M, Alagawany M, Farag MR, et al. Heracleum persicum: Chemical composition, biological activities and potential uses in poultry nutrition. Worlds Poult Sci J 2019; 75(2): 207-18.
11. Roshanaei K, Dadkhah A, Fatemi F, Dini S. The protective effects of Iranian Golpar (Heracleum persicum) essential oil in liver damages induced by CCL4 in wistar rats. J Med Plant 2017; 16(Suppl 10): 110-22. [In Persian].
12. Hosseinpor H, Khaledi A, Esmaeili D. The properties of nanofiber scaffolds of polyurethane-Cinnamomum zeylanicum against pathogens of Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus. Polymer Bulletin 2021; 78(1): 223-45.
13. Melgarejo-Flores BG, Ortega-Ramirez LA, Silva-Espinoza BA, Gonzalez-Aguilar GA, Miranda MRA, Ayala-Zavala JF. Antifungal protection and antioxidant enhancement of table grapes treated with emulsions, vapors, and coatings of cinnamon leaf oil. Postharvest Biol Technol 2013; 86: 321-8.
14. Yang C, Chen H, Chen H, Zhong B, Luo X, Chun J. Antioxidant and anticancer activities of essential oil from Gannan Navel Orange Peel. Molecules 2017; 22(8): 1391.
15. Alirezalu K, Movlan HS, Yaghoubi M, Pateiro M, Lorenzo JM. ε-polylysine coating with stinging nettle extract for fresh beef preservation. Meat Sci 2021; 176: 108474.
16. Passafiume R, Gaglio R, Sortino G, Farina V. Effect of three different aloe vera gel-based edible coatings on the quality of fresh-cut "Hayward" kiwifruits. Foods 2020; 9(7): 939.
17. Sogut E, Seydim AC. The effects of chitosan- and polycaprolactone-based bilayer films incorporated with grape seed extract and nanocellulose on the quality of chicken breast fillets. LWT 2019; 101: 799-805.
18. Khalifa I, Barakat H, El-Mansy HA, Soliman SA. Improving the shelf-life stability of apple and strawberry fruits applying chitosan-incorporated olive oil processing residues coating. Food Packag Shelf Life 2016; 9: 10-9.
19. Chawla S, Devi R, Jain V. Changes in physicochemical characteristics of guava fruits due to chitosan and calcium chloride treatments during storage. J Pharmacogn Phytochem 2018; 7(3): 1035-44.
20. Louis E, Villalobos-Carvajal R, Reyes-Parra J, Jara-Quijada E, Ruiz C, Andrades P, et al. Preservation of mushrooms (Agaricus bisporus) by an alginate-based-coating containing a cinnamaldehyde essential oil nanoemulsion. Food Packag Shelf Life 2021; 28: 100662.
21. Taheri A, Behnamian M, Dezhsetan S, Karimirad R. Shelf life extension of bell pepper by application of chitosan nanoparticles containing Heracleum persicum fruit essential oil. Postharvest Biology and Technology 2020; 170: 111313.
22. Hassanzadeh P, Tajik H, Razavi Rohani M. Application of chitosan edible coating containing grape seed extract on the quality and shelf life of refrigerated chicken meat. Journal of Food Research 2012; 21(4): 467-82. [In Persian].
23. Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. J Food Drug Anal 2002; 10(3): 178-82.
24. Wu X, Guan W, Yan R, Lei J, Xu L, Wang Z. 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 Biol Technol 2016; 118: 51-8.
25. Rehman M, Ali M, Hussain A, Khan W, Khan A. Effect of different casing materials on the production of button mushroom (Agaricus bisporous L.). J Environ Agric Sci 2313-8629 2016; 7: 55-61.
26. Gao M, Feng L, Jiang T. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (Agaricus bisporus) by essential oils fumigation treatment. Food Chem 2014; 149: 107-13.
27. Khojah E, Sami R, Helal M, Elhakem A, Benajiba N, Alharbi M, et al. Effect of coatings using titanium dioxide

nanoparticles and chitosan films on oxidation during storage on white button mushroom. Crystals 2021; 11(6): 603.
28. Jiang T, Feng L, Zheng X. Effect of chitosan coating enriched with thyme oil on postharvest quality and shelf life of shiitake mushroom (Lentinus edodes). J Agric Food Chem 2012; 60(1): 188-96.
29. Jiang T, Feng L, Li J. Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (Lentinus edodes) treated with chitosan□glucose complex coating under cold storage. Food Chem 2012; 131(3): 780-6.
30. Zhu D, Guo R, Li W, Song J, Cheng F. Improved postharvest preservation effects of Pholiota nameko mushroom by sodium alginate□based edible composite coating. Food Bioproc Tech 2019; 12(4): 587-98.
31. Coqueiro DSO, Maraschin M, Piero RMD. Chitosan reduces bacterial spot severity and acts in phenylpropanoid metabolism in tomato plants. J Phytopathol 2011; 159(7-8): 488-94.
32. Li Y, Rokayya S, Jia F, Nie X, Xu J, Elhakem A, et al. Shelf-life, quality, safety evaluations of blueberry fruits coated with chitosan nano-material films. Sci Rep 2021; 11(1): 55.
33. Sami R, Elhakem A, Alharbi M, Almatrafi M, Benajiba N, Ahmed Mohamed T, et al. In-vitro evaluation of the antioxidant and anti-inflammatory activity of volatile compounds and minerals in five different onion varieties. Separations 2021; 8(5): 1-9.
34. Xu Y, Tian Y, Ma R, Liu Q, Zhang J. Effect of plasma activated water on the postharvest quality of button mushrooms, Agaricus bisporus. Food Chem 2016; 197(Pt A): 436-44.
35. Rokayya S, Khojah E, Elhakem A, Benajiba N, Chavali M, Vivek K, et al. Investigating the nano-films effect on physical, mechanical properties, chemical changes, and microbial load contamination of white button mushrooms during storage. Coatings 2021; 11(1): 44.
36. Lu Y, Zhang J, Wang X, Lin Q, Liu W, Xie X, et al. Effects of UV-C irradiation on the physiological and antioxidant responses of button mushrooms (Agaricus bisporus) during storage. Int J Food Sci Technol 2016; 51(6): 1502-8.
37. Barzegar H, Azizi M, Barzegar M, Hamidi Esfahani Z. Effect of potassium sorbate on antimicrobial and physical properties of starch□Çôclay nanocomposite films. Carbohydr Polym 2014; 110: 26□31.
38. Khan ZU, Bu J, Khan NM, Khan RU, Jiang Z, Mou W, et al. Integrated treatment of CaCl2, citric acid and sorbitol reduces loss of quality of button mushroom (Agaricus bisporus) during postharvest storage. J Food Process Preserv 2015; 39(6): 2008-16.
39. Ding Y, Zhu Z, Zhao J, Nie Y, Zhang Y, Sheng J, et al. Effects of postharvest brassinolide treatment on the metabolism of white button mushroom (Agaricus bisporus) in relation to development of browning during storage. Food Bioproc Tech 2016; 9(8): 1327-34.
40. Gholami R, Ahmadi E, Farris S. Shelf life extension of white mushrooms (Agaricus bisporus) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material. Food Packag Shelf Life 2017; 14: 88-95.
41. Singh S, Gaikwad K, Lee M, Lee YS. Thermally buffered corrugated packaging for preserving the postharvest freshness of mushrooms (Agaricus bispours). J Food Eng 2017; 216: 11-9.
42. Mohammadi A, Hashemi M, Hosseini SM. Chitosan nanoparticles loaded with Cinnamomum zeylanicum essential oil enhance the shelf life of cucumber during cold storage. Postharvest Biol Technol 2015; 110: 203-13.
43. Nasiri M, Barzegar M, Sahari MA, Niakousari M. 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). Int J Biol Macromol 2018; 106: 218-26.
44. Jiang T, Luo Z, Ying T. Fumigation with essential oils improves sensory quality and enhanced antioxidant ability of shiitake mushroom (Lentinus edodes). Food Chem 2015; 172: 692-8.
45. Ghafouri M, Soleimani A, Rabiei V. Effect of application of Clove and Cinnamon essential oils on maintain quality post-harvest of Pomegranate. J Crop Improv 2016; 18(2): 389-401.
46. Farokhian F, Jafarpour M, Goli M, Askari-Khorasgani O. Quality preservation of air-dried sliced button mushroom (Agaricus bisporus) by lavender (Lavendula angustifolia Mill.) essential oil. J Food Process Eng 2017; 40(3): e12432.
47. Chu Y, Gao C, Liu X, Zhang N, Xu T, Feng X, et al. Improvement of storage quality of strawberries by pullulan coatings incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsion. LWT 2020; 122: 109054.
48. Rathore H, Prasad S, Sharma S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. PharmaNutrition 2017; 5(2): 35-46.
49. Qu T, Li B, Huang X, Li X, Ding Y, Chen J, et al. Effect of peppermint oil on the storage quality of white button mushrooms (Agaricus bisporus). Food Bioprocess Tech 2020; 13(3): 404-18.

50. Nur Sakinah MJ, Misran A, Mahmud TMM, Abdullah S, Azhar M. Evaluation of storage temperature, packaging system and storage duration on postharvest quality of straw mushroom (Volvariella volvacea). Food Research 2020; 4(3): 679-89.
51. Walkowiak-Tomczak D, Idaszewska N, Bieńczak K, Komoch W. The effect of mechanical actions occurring during transport on physicochemical changes in Agaricus bisporus mushrooms. Sustainability 2020; 12(12): 4993.
52. Lin X, Sun DW. Research advances in browning of button mushroom (Agaricus bisporus): Affecting factors and controlling methods. Trends Food Sci Technol 2019; 90: 63-75.
53. Kajiwara T, Matsui K, Akakabe Y, Murakawa T, Arai C. Antimicrobial browning-inhibitory effect of flavor compounds in seaweeds. J Appl Phycol 2006; 18(3): 413-22.
54. Ruthes AC, Smiderle FR, Iacomini M. Mushroom heteropolysaccharides: A review on their sources, structure and biological effects. Carbohydr Polym 2016; 136: 358-75.
55. Wrona M, Bentayeb K, Nerin C. A novel active packaging for extending the shelf-life of fresh mushrooms (Agaricus bisporus). Food Control 2015; 54: 200-7.