

## Maintaining the Quality and Extending Shelf Life of Button Mushroom by Using Essential Oil of Some Medicinal Plants in Packaging Containers

Asma Azizpanah<sup>1</sup>, Mahya Aliakbari<sup>1</sup>, Kousar Mirzaee<sup>2</sup>, Meisam Mohammadi<sup>3\*</sup>, Mohamad Ebrahim Ranjbar<sup>4</sup> and Amir Azizpanah<sup>5</sup>

- 1- Horticulture Intern, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
- 2- B.Sc. Student, Department of Food Science and Industry, Faculty of Para-Veterinary, Ilam University, Ilam, Iran
- 3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
- 4- Ph.D. Graduate, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
- 5- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Bio-systems, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

\*Corresponding author: me.mohamadi@ilam.ac.ir

(Received: 09 March 2023

Revise: 10 April 2023

Accepted: 10 April 2023)

### Extended Abstract

- 1. Introduction:** Button mushroom (*Agaricus bisporus* L.) is considered as valuable source of nutrients and a crop with medicinal characteristics due to its high amounts of vitamins, protein and bio-active compounds. The lack of cuticle layer in button mushroom has made it sensitive to microbial agents and browning disorder. Due to high sensitivity rate of button mushroom to microbial corruption, different methods such as coating, modified atmosphere packaging and treatment with anti-microbial solutions are used to reduce corruption speed and post-harvest wastes. The essential oils of medicinal plants are part of plant secondary metabolites which have anti-microbial, anti-cancer and antioxidant characteristics and can eliminate reactive oxygen species in plant cells and tissues. The positive roles of essential oils of medicinal plants in increasing the maintainability of different crops such as apple, banana and button mushroom during cold storage have been proven in various studies. According to reports using essential oil of some medicinal plants such as *Cinnamomum Zeylanicum*, *Mentha pulegium* and *Zataria multiflora* at post-harvest stage can extend crops shelf-life and maintain their qualitative indices. The purpose of the current study was to evaluate the influence of using the essential oil of some medicinal plants in packaging containers on some of most important post-harvest characteristics of button mushroom.
- 2. Materials and Methods:** The current study was carried out at Ilam University during 2022-2023. In this research, the influence of essential oil of some medicinal plants including *Thymus spicata*, *Mentha piperita* and *Satureja bachtiarica* at different concentrations (0, 500 and 1000 ppm) on some qualitative indices of button mushroom such as tissue firmness, cap opening rate, radical scavenging activity, organoleptic properties and antioxidant enzymes activity was investigated during cold storage at 4 °C. The post-harvest characteristics were evaluated at three different storage durations including 0, 4 and 8 d after harvesting.
- 3. Results and Discussion:** According to obtained results, the weight loss increased and tissue firmness, total soluble solid content and total acidity decreased with increasing storage duration. All treatments could significantly reduce weight loss and maintain tissue firmness, total soluble solid content and total acidity of mushrooms except *T. spicata* treatment at 1000 ppm concentration. The recorded data on 8 d, showed that the highest H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content and the lowest radical scavenging activity was related to *T. spicata* treatment and control while the mushrooms treated with *S. bachtiarica* at 1000 ppm concentration had the lowest H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content and the highest radical scavenging activity. Results demonstrated that cap opening remarkably decreased and tissue firmness and marketability of mushrooms maintained by using essential oils of *S. bachtiarica* at two concentrations of 500 and 1000 ppm and *M. piperita* at concentration of 500 ppm. Results of organoleptic test indicated that using essential oil of *S. bachtiarica* and *M. piperita* at concentration of 500 ppm led to enhance marketability and acceptability of mushrooms as well as improved their taste and odor. The lowest evaluated acceptability rate by panel members was related to mushrooms treated with essential oil of *T. spicata* and *M. piperita* due to change in their taste and

appearance of brown spots. In this study, maintaining qualitative characteristics of button mushroom induced by treatment with essential oil of medicinal plants could be related to two main factors included anti-microbial and antioxidant characteristics of essential oils. Based on several reports, anti-microbial properties of essential oil and extract of medicinal plants can cause lower respiration rate and water loss in treated crops during storage. Also, the reduced amounts and activity rate of reactive oxygen species was observed in different horticultural crops treated with essential oils during post-harvest stage. In the current study, increasing catalase and peroxidase enzymes activity, maintaining total phenol and water content and decreasing polyphenol oxidase enzyme activity could be considered as main reasons for extending shelf-life of mushrooms treated with essential oil of *S. bachtiarica* and *M. piperita*.

- 4. Conclusion:** Based on obtained results of the present study, using essential oil of *S. bachtiarica* as natural and low-risk compound for maintaining the quality and extending shelf-life of button mushroom during storage at 4 °C is recommendable.

**Keywords:** *Satureja bachtiarica*, Antioxidant enzymes, Cap opening, Total acidity

**Citation:** Azizpanah, A., Aliakbari, M., Mirzaee, K., Mohammadi, M., Ranjbar, M.E. & Azizpanah, A. (2023). Maintaining the quality and extending shelf life of button mushroom by using essential oil of some medicinal plants in packaging containers. *Journal of Vegetables Sciences*, 13(1), 131-147. doi: 10.22034/IUVS.2023.1995797.1274

**Copyrights:**

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





## حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای با کاربرد اسانس برخی از گیاهان دارویی در ظروف بسته‌بندی

اسما عزیزپناه<sup>۱</sup>، محیا علی‌اکبری<sup>۱</sup>، کوثر میرزایی<sup>۲</sup>، میثم محمدی<sup>۳\*</sup>، محمدابراهیم رنجبر<sup>۴</sup> و امیر عزیزپناه<sup>۵</sup>

۱- کارآموز باغبانی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۴- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۵- استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

\*نویسنده مسئول: me.mohamadi@ilam.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۸

### چکیده

عدم وجود لایه کوتیکول در قارچ دکمه‌ای، این محصول را نسبت به عوامل میکروبی و عارضه قهوه‌ای شدن حساس کرده است. در این پژوهش تأثیر اسانس گیاهان دارویی شامل آویشن زوفایی، نعنای فلفلی و مرزه بختیاری بر برخی از شاخص‌های کیفی و کمی قارچ دکمه‌ای در طول دوره پس از برداشت در سال ۱۴۰۰ در دانشگاه ایلام مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با کاربرد اسانس گیاهان مرزه بختیاری و نعنای فلفلی، میزان باز شدن کلاهک و قهوه‌ای شدن به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و سفتی بافت، اسیدیته کل، مواد جامد محلول و بازارپسندی قارچ‌ها حفظ شد. نتایج آزمون حسی نشان داد که استفاده از اسانس گیاهان مرزه بختیاری و نعنای فلفلی در غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث بهبود عطر و طعم قارچ‌ها شد. کمترین شاخص حسی ارزیابی شده مربوط به نمونه‌های تیمار شده با اسانس گیاه آویشن زوفایی و اسانس گیاه نعنای فلفلی با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بود. در روز هشتم پس از برداشت، کمترین محتوای فنول کل مربوط به تیمار آویشن زوفایی (۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) و بیشترین میزان این صفت به ترتیب مربوط به تیمارهای مرزه بختیاری و نعنای فلفلی بود. با افزایش طول دوره انبارمانی، محتوای پراکسید هیدروژن در بافت قارچ‌ها افزایش یافت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز سیر نزولی داشت، ولی تیمارها به‌طور قابل توجهی محتوای پراکسید هیدروژن را کاهش و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به شاهد افزایش دادند. براساس نتایج پژوهش حاضر، استفاده از اسانس مرزه بختیاری به‌عنوان برترین تیمار برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای در طول دوره انباری در دمای چهار درجه سانتی‌گراد پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اسیدیته کل، باز شدن کلاهک، مرزه بختیاری

استناد: عزیزپناه، ا.، علی‌اکبری، م.، میرزایی، ک.، محمدی، م.، رنجبر، م. ا. و عزیزپناه، ا. (۱۴۰۲). حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای با کاربرد اسانس برخی از گیاهان دارویی در ظروف بسته‌بندی. علوم سبزی‌ها، ۱۳(۱)، ۱۳۱-۱۴۷.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

اسانس‌های گیاهی و ترکیبات موثره آن‌ها جزء متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که در سال‌های اخیر از پرکاربردترین ضد میکروب‌ها و نگهدارنده‌های طبیعی در صنایع مختلف بوده‌اند. خاصیت ضد میکروبی این ترکیبات طی پژوهش‌های مختلف شناخته شده و این مواد کاربردهای زیادی به‌عنوان طعم‌دهنده و نگهدارنده در صنایع غذایی و دارویی دارند (Palmer et al., 2002). اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهان دارویی با برخورداری از ترکیبات ضد میکروبی، ضد سرطانی، آنتی-اکسیدانی و توانایی حذف گونه‌های اکسیژن فعال از قابلیت بالایی جهت بکارگیری به‌عنوان ترکیبات نگهدارنده طبیعی جدید در محافظت از محصولات غذایی از جمله میوه‌ها و سبزی‌ها طی فرآیند جابه‌جایی و انبارداری برخوردار هستند (Hussain et al., 2010).

نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* L. متعلق به خانواده نعناعیان می‌باشد. اسانس این گیاه دارای حداقل پنج درصد استر برحسب منتیل‌استات، حداقل ۵۰ درصد منتول (Menthol) به‌حالت استری یا آزاد و مقدار کمی سینئول (Cineol) و دیگر ترپن‌ها می‌باشد (Jakowienko & Stopczynska, 2010). اسانس این گیاه به‌عنوان طعم‌دهنده در تولید انواع محصولات غذایی بکار گرفته می‌شود و مطالعات انجام گرفته نشانگر اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدویروسی قابل توجه این اسانس و منتول موجود در آن است (Bupesh et al., 2007; Singh et al., 2015). در مطالعه‌ای اثر عصاره نعناع فلفلی بر باکتری‌های گرم مثبت و منفی مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاکی از آن بود که این تیمار توانایی مقابله با این میکروارگانیسم‌ها را دارد (Singh et al., 2015). همچنین، اثرات اسانس و عصاره گیاهان دارویی آویشن زوفایی (*Thymus spicata* L.) و مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge) از دیگر گیاهان خانواده نعناع و بومی منطقه زاگرس، بر طیف گسترده‌ای از عوامل بیماری‌زای گیاهی مورد مطالعه قرار گرفت و

قارچ دکمه‌ای با نام علمی *Agaricus bisporus* L. به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالای پروتئین و ترکیبات زیست‌فعال، به‌عنوان یک منبع غذایی باارزش و برخوردار از خواص دارویی محسوب می‌شود (Wani et al., 2010). عدم وجود لایه کوتیکول، رطوبت زیاد و سرعت تنفس بالای این محصول در مقایسه با سایر میوه‌ها و سبزی‌های تازه، باعث شده است که میزان ضایعات پس از برداشت آن در فرآیند انبارداری و بازاریابی قابل توجه باشد (Simon et al., 2010). عمر پس از برداشت قارچ تازه در دمای اتاق تنها یک تا سه روز و در دمای یخچال (چهار تا شش درجه سانتی‌گراد) حدود پنج تا هفت روز است (Ares et al., 2007). مقدار بالای رطوبت و عدم برخورداری از لایه کوتیکول سطحی باعث شده است که این محصول در برابر هجوم میکروب‌ها و واکنش‌های اکسیداتیو بسیار آسیب‌پذیر باشد (Rahemi, 2010). بطوریکه مطالعات نشان داده است که فعالیت جمعیت باکتریایی در سطح بدون کوتیکول قارچ دکمه‌ای از مهم‌ترین عوامل موثر بر قهوه‌ای شدن بافت، کاهش کیفیت و افزایش ضایعات پس از برداشت آن محسوب می‌شود (Doores et al., 1987). با توجه به حساسیت بالای قارچ دکمه‌ای به آلودگی‌های میکروبی در دوره پس از برداشت، برای کاهش سرعت فساد و میزان ضایعات آن از روش‌هایی مانند پوشش-دهی، بسته‌بندی اصلاح‌شده و تیمار با محلول‌های ضد میکروبی استفاده می‌شود (Zahedi et al., 2010). امروزه به‌دلیل افزایش استفاده از برخی مواد نگهدارنده شیمیایی و واکنش منفی مصرف‌کننده‌ها به استفاده از این مواد، توجه به نگهدارنده‌های طبیعی به‌عنوان جایگزین ترکیبات شیمیایی رو به افزایش است. بسته-بندی، پوشش‌دهی، نگهداری در انبار سرد و غوطه‌وری در سوربیتول نیز از دیگر روش‌های مورد استفاده برای گسترش عمر مفید قارچ‌های خوراکی در زمان پس از برداشت هستند (Gormley & O'Sullivan, 1975).

مؤثری می‌تواند میزان خسارات ناشی از تنش‌های آکسیداتیو در طی دوره انباری را کاهش دهد. Saidi و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر اسانس دارچین بر کیفیت و ماندگاری قارچ دکمه‌ای بیان کردند که اسانس دارچین بر کیفیت و بازارپسندی قارچ اثر مثبت داشته و می‌تواند ضمن حفظ کیفیت، باعث کاهش ضایعات پس از برداشت این محصول شود.

اگرچه تاکنون مطالعات متعددی در زمینه اثرات ضدباکتریایی و قدرت نگهدارندگی اسانس‌های گیاهی در محصولات مختلف صورت پذیرفته است، اما تاکنون بررسی جامعی در زمینه اثر اسانس گیاهان نعناع فلفلی، آویشن زوفایی و مرزه بختیاری بر کیفیت پس از برداشت و حفظ خواص حسی (Organoleptic properties) قارچ دکمه‌ای صورت نگرفته است. لذا در این پژوهش اثر غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسانس گیاهان نعناع فلفلی، آویشن زوفایی و مرزه بختیاری بر برخی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی و حسی قارچ دکمه‌ای طی ۴ و ۸ روز انبارمانی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه ایلام صورت پذیرفت. ابتدا اسانس گیاهان نعناع فلفلی، آویشن زوفایی و مرزه بختیاری استخراج شد (گیاهان از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام تهیه شدند) و سپس قارچ‌های دکمه‌ای به‌مقدار مورد نیاز از یک مرکز تجاری تولید قارچ در استان همدان در صبح زود برداشت و بلافاصله جهت اجرای آزمایش به آزمایشگاه گروه باغبانی منتقل گردیدند.

#### استخراج اسانس و آماده‌سازی تیمارها

ابتدا میزان ۲۰۰ گرم نمونه خشک هر کدام از گیاهان پس از آسیاب کردن در ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌مدت یک ساعت خیسانده شده و سپس هر کدام به‌صورت جداگانه توسط دستگاه کلونجر طی چهار ساعت اسانس-گیری شدند (Palmer et al., 2002). پس از آن،

نتایج حاکی از اثربخش بودن این ترکیبات بود (Mohammadi et al., 2019). بخش عمده ترکیبات موجود در اسانس گیاه آویشن زوفایی به‌ترتیب شامل تیمول (Thymul)، کارواکرول (Carvacrol)، گاما-ترپینن (Terpinene-gamma) و بتا-میرسن (Myrcene-beta) است، درحالی‌که عمده ترکیبات اسانس گیاه مرزه بختیاری کارواکرول، تیمول، آلفا-فارنسیسین (Farnesene-alpha)، گاما-ترپینن، پارا-سیمن (Cymene-P) و آلفا-ترپینن (Terpinene-alpha) می‌باشد (Babadaeye et al., 2015; Mohammadi et al., 2019).

در پژوهش‌های مختلف اثر اسانس‌های طبیعی به‌عنوان عوامل کاهش‌دهنده شدت اثر تنش‌های غیرزنده و افزایش‌دهنده میزان ماندگاری محصولات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهشی اثر برخی از اسانس‌های طبیعی بر میزان ماندگاری قارچ دکمه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج نشان داد میزان قهوه‌ای شدن، باز شدن کلاهک، بار میکروبی و فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌آکسیداز در اثر استفاده از اسانس دارچین (*Cinnamomum Zeylanicum L.*) کاهش یافت، ولی میزان تجمع اسید فولیک و اسید آسکوربیک در اثر کاربرد این اسانس افزایش پیدا کرد (Gao et al., 2014). استفاده از اسانس پونه (*Mentha pulegium L.*) در ظروف بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای در یخچال نشان داد که با افزایش غلظت اسانس، باز شدن کلاهک و میزان قهوه‌ای شدن کاهش یافت، اما سفتی بافت، میزان اسیدیته کل و محتوای مواد جامد محلول نمونه‌ها افزایش یافت (Mirzaee et al., 2013). در پژوهشی اثر پوشش کیتوزان و اسانس لیمو (*Citrus limon L.*) بر ماندگاری قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن بود که پوشش‌دهی قارچ دکمه‌ای با کیتوزان و اسانس لیمو موجب کاهش روند تغییرات وزن و شدت تنفس و همچنین پایداری بیشتر اسیدآسکوربیک و در نهایت تأخیر در فرآیند پیری این محصول گردید (Khazraei et al., 2015). گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد اسانس گیاهان دارویی بطور

گردید (Hosseini, 2017). برای اندازه‌گیری اسیدیته کل مقدار ۱۰ میلی‌لیتر عصاره به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH عصاره به ۸/۱ تیتراسیون شد و میزان NaOH مصرفی به‌عنوان اسید کل قابل تیتراسیون عصاره قرائت گردید (Mohammadi *et al.*, 2019).

### میزان باز شدن کلاهک

برای محاسبه میزان باز شدن کلاهک، برای هر قارچ محیطی دایره‌ای در نظر گرفته شد و به‌کمک آن میزان باز شدن کلاهک تمام قارچ‌های هر بسته با استفاده از مقاله و برحسب درصد محاسبه و گزارش گردید (Ranjbar *et al.*, 2019).

### بررسی خواص حسی

برای مقایسه کیفیت ارگانولپتیکی نمونه‌ها از آزمون هیدونیک (Hedonic Rating test) استفاده گردید. قارچ‌های تیمار شده همراه با نمونه شاهد (بدون اسانس) در اختیار ۱۰ نفر ارزیاب آموزش‌دیده شامل پنج زن و پنج مرد قرار گرفت. از افراد خواسته شد با در نظر گرفتن نمره ۱۰ برای نمونه برتر و نمره سه برای نمونه شاهد، به هر نمونه دریافتی از تیمار بر اساس طعم و عطر و تُردی بافت یک نمره و از نظر ظاهری (رنگ) یک نمره از صفر تا ۱۰ در نظر بگیرند. نمره صفر و ۱۰ به ترتیب برای بدترین و بهترین حالت نسبت به نمونه شاهد در نظر گرفته شد (Mohammadi *et al.*, 2018).

### اندازه‌گیری محتوای فنول کل، ظرفیت آنتی-اکسیدانی و میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز

محتوای فنول کل با استفاده از روش Tunc-Ozdemir و همکاران (۲۰۰۹) اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ۰/۵ گرم از بافت قارچ در پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد ساییده شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی نگهداری شد، سپس به یک میلی‌لیتر از محلول رویی یک میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه شد و حجم آن با آب مقطر به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و به آن ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سـیو کالچو (-Folin

دیسک‌هایی از جنس چوب پنبه با ابعاد ۳×۳ سانتی‌متر تهیه و به جداره درونی درب ظروف بسته‌بندی توسط چسب متصل شدند. دیسک‌های چوب‌پنبه‌ای به دو غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام از اسانس‌های تهیه‌شده آغشته شدند. سپس درون هر ظرف بسته‌بندی دربار (به ابعاد ۸×۱۴×۲۴ سانتی‌متر) ۱۵ عدد قارچ با کلاهک کاملاً بسته و بدون آسیب‌دیدگی قرار داده شد و در دستگاه انکوباتور با دمای چهار درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد نگهداری شدند. در روز برداشت (روز صفر)، روز چهارم و روز هشتم صفات مختلف قارچ-های دکمه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت.

### اندازه‌گیری میزان کاهش وزن

میزان اختلاف وزن اولیه و ثانویه هر نمونه در پایان دور انباری بر حسب گرم به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و بر اساس رابطه (۱) محاسبه گردید (Ranjbar *et al.*, 2019):

$$\text{رابطه ۱} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 = \text{کاهش وزن (گرم)}$$

$w_1$ : وزن قارچ در زمان بسته‌بندی

$w_2$ : وزن قارچ در روزهای ۴ و ۸

### اندازه‌گیری میزان سفتی بافت

مقدار نیروی لازم بر حسب نیوتن برای نفوذ یک پراب با قطر هشت میلی‌متر به عمق یک سانتی‌متر درون بافت نمونه‌های قارچ توسط دستگاه سفتی‌سنج مدل FT011 ساخت کشور ژاپن سنجیده و به‌عنوان ملاک سفتی بافت نمونه‌ها در نظر گرفته شد (Simon & Gonzalez, 2010). در هر قارچ پنج مرتبه میزان سفتی بافت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و میانگین آن‌ها به‌عنوان سفتی بافت هر نمونه در نظر گرفته شد.

### مواد جامد محلول و اسیدیته کل

ابتدا عصاره قارچ توسط خردکن استخراج شد و بلافاصله برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول و اسیدیته کل مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفاکتومتر دستی (ATAGO مدل ATC-1e ساخت کشور ژاپن) استفاده شد. برای این منظور، یک تا دو قطره از عصاره قارچ روی لنز دستگاه قرار داده شد و پس از قرائت عدد برحسب درصد بریکس گزارش

شد. در این روش ۰/۵ گرم از بافت قارچ در دو میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد ساییده شد. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس به ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره رویی ۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم (۱۰۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷) و دو میلی‌لیتر یدید پتاسیم یک مولار اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت یک ساعت در تاریکی و دمای آزمایشگاه قرار داده شد، سپس جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در دمای ۳۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه غلظت پراکسید هیدروژن از منحنی استاندارد پراکسید هیدروژن استفاده شد. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس اندازه‌گیری تجزیه پراکسید هیدروژن و کاهش جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر صورت گرفت. مخلوط واکنش (سه میلی‌لیتر) شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار، آب اکسیژنه ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. با افزودن پراکسید هیدروژن به مخلوط واکنش، واکنش شروع و کاهش در جذب پراکسید هیدروژن در مدت یک دقیقه در مدت ۲۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. برای محاسبه واحد آنزیمی از ضریب خاموشی معادل  $(39/4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1})$  استفاده شد (Dhindsa et al., 1981). برای سنجش آنزیم پراکسیداز، فعالیت آنزیم گایاکل پراکسیداز با استفاده از پیش ماده گایاکول اندازه‌گیری شد. در این روش سه میلی‌لیتر مخلوط واکنش دارای ۲/۷۷ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم (۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷)، ۱۰۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن یک درصد، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکل دو درصد و ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. افزایش جذب به دلیل اکسیداسیون گایاکل در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شد. مقدار تترآگایاکل تولید شده با استفاده از ضریب خاموشی  $25/5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  محاسبه شد. هر واحد آنزیمی معادل یک میلی‌مول تترآگایاکل تولید شده در یک دقیقه در نظر گرفته شد (Plewa et al., 1991).

#### طرح آزمایشی و تجزیه آماری

*Ciocalteu*) ۵۰ درصد و یک میلی‌لیتر سدیم کربنات پنج درصد اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت یک ساعت در تاریکی نگهداری شد و سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید و بر اساس استاندارد اسید گالیک غلظت ترکیبات فنولی کل برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر محاسبه گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید. برای این منظور، ۰/۵ گرم از بافت قارچ به وسیله نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر متانول خالص به آن اضافه گردید و پس از هم‌زدن و یکنواخت شدن محلول به مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار گرفت و پس از گذراندن از کاغذ صافی در ۱۰۰۰۰ دور در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. پس از آن ۱۰ میکرولیتر عصاره متانولی به ۱۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH اضافه شد و بلافاصله بهم زده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی تا رسیدن محلول به حالت یکنواخت نگه داشته شد و پس از آن جذب نمونه‌ها در ۵۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Scinco (مدل S-3100) قرائت شد. در پایان، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه شد (Zhang et al., 2013). برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز از پیروگالل به عنوان پیش ماده آنزیم استفاده شد. در این روش سه میلی‌لیتر مخلوط واکنش دارای ۲/۷۷ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم (۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷)، ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۲۰ خوانده شد و ضریب خاموشی برای محاسبه واحد آنزیمی  $6/2 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  در نظر گرفته شد (Kar & Mishra, 1976).

#### اندازه‌گیری محتوای پراکسید هیدروژن و میزان

#### فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز

مقدار پراکسید هیدروژن براساس واکنش پراکسید هیدروژن با یدید پتاسیم (KI) براساس روش پیشنهادی Alexieva و همکاران (۲۰۱۱) اندازه‌گیری

پژوهش حاضر تیمارهای آزمایشی احتمالاً با کاهش بار میکروبی سطح نمونه‌ها باعث کاهش تنفس و تعرق شده، که عوامل مؤثر بر حفظ رطوبت نمونه‌ها و سفتی بافت در طول دوره پس از برداشت هستند. معمولاً از دست دادن رطوبت باعث کاهش استحکام سلولی و به دنبال آن کاهش میزان سفتی بافت می‌شود که تیمارها در این پژوهش بخوبی منجر به حفظ سفتی بافت نمونه‌ها شدند. همچنین کاهش تنفس ناشی از تیمار با اسانس، عامل مهمی در کاهش مصرف قندها (مواد جامد محلول) و اکسایش اسیدها در چرخه کربس و حفظ آن-ها در فرآیند پس از برداشت در این پژوهش بود (Wani *et al.*, 2010). نتایج پژوهش صورت پذیرفته توسط Mahidashti و Kamiab (۲۰۱۸) نشان داد که تیمار میوه موز (*Musa sapientum* L.) با عصاره گیاه نعناع (*Mentha spp.*) (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث جلوگیری از کاهش وزن میوه و حفظ مواد جامد محلول و سفتی بافت میوه در طول دوره انباری شد، که با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌راستا است. آن‌ها خاصیت ضد باکتریایی و ضد قارچی ماده منتول را که در بافت گیاه نعناع به میزان قابل توجهی وجود دارد، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش عمر انباری میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد دانستند. براساس گزارش Nxumalo و همکاران (۲۰۲۱)، کم شدن نرخ کاهش وزن محصولات باغبانی در اثر کاربرد اسانس گیاهان دارویی در بسته‌بندی این محصولات می‌تواند به‌علت خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی این مواد باشد که در نهایت منجر به تولید گاز اتیلن کم‌تر، تأخیر در فرآیند پیری و جلوگیری از کاهش شدید وزن محصول در طول دوره پس از برداشت می‌شود. میزان سفتی بافت قارچ با میزان رطوبت داخلی آن و همچنین میزان آسیب‌دیدگی غشای سلول‌ها در ارتباط است. از دست دادن رطوبت و آسیب دیدن غشای سلول‌ها توسط عوامل اکسیداتیو دو عامل عمده مؤثر بر کاهش سفتی بافت در طول دوره انباری هستند (Wani *et al.*, 2010). نتایج حاصل از مطالعه صورت پذیرفته بر روی تأثیر بکارگیری عصاره گیاه پونه بر خصوصیات پس از برداشت قارچ دکمه‌ای

این آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان (با فاکتور اصلی زمان (صفر، ۴ و ۸ روز) و فاکتور فرعی تیمارهای آزمایش (شاهد، غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام نعناع فلفلی، آویشن زوفایی و مرزه بختیاری) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ آنالیز شد و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها به صورت نمودار توسط نرم‌افزار Excel نسخه ۱۰ رسم شد.

## نتایج و بحث

### اثر تیمارها بر کاهش وزن، سفتی بافت، مواد جامد

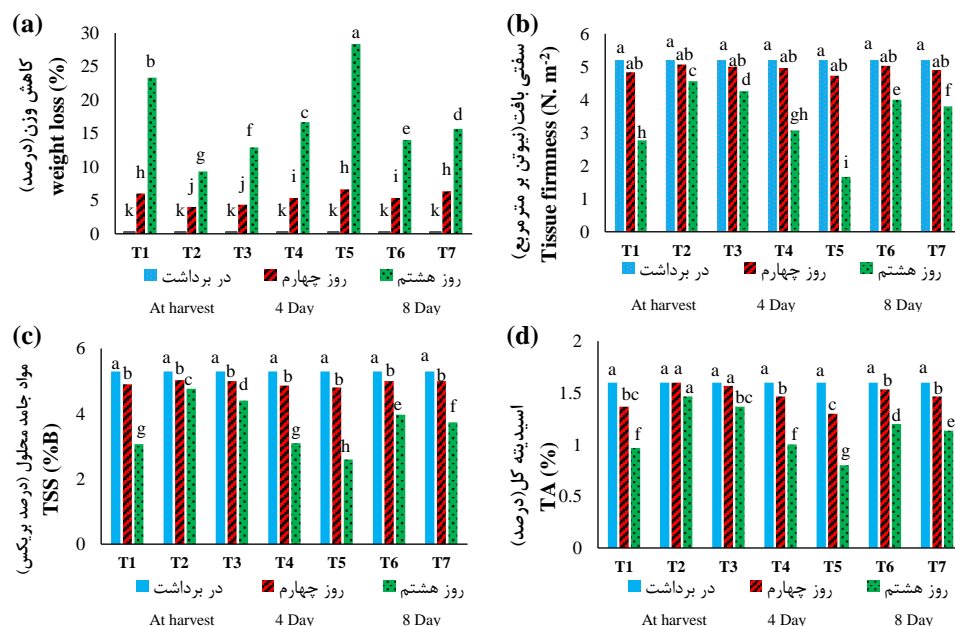
#### محلول و اسیددیده کل نمونه‌ها

نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، نرخ کاهش وزن نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۱a) و از سوی دیگر میزان سفتی بافت، مواد جامد محلول و اسیددیده کل دچار کاهش شد (شکل ۱b,c,d). همه تیمارهای آزمایش به‌استثنای آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بطور قابل توجهی باعث جلوگیری از افت وزن نمونه‌ها و حفظ سفتی بافت، مواد جامد محلول و اسیددیده کل نسبت به نمونه‌های شاهد شدند. در روز هشتم نگهداری بیشترین میزان کاهش وزن و کمترین سفتی بافت، مواد جامد محلول و اسیددیده کل مربوط به تیمار آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و سپس نمونه شاهد بود. هرچند غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام آویشن زوفایی نیز از نظر سفتی بافت، مواد جامد محلول و اسیددیده کل با نمونه شاهد فاقد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین در این دوره از انباری، تیمارهای مرزه بختیاری ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و نعناع فلفلی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام به ترتیب دارای کمترین کاهش وزن و بیشترین مقدار سفتی بافت، مواد جامد محلول و اسیددیده کل بودند.

کاهش وزن به دلیل افزایش تنفس و تعرق، یک فرآیند طبیعی در طی دوره پس از برداشت است که روند پیری محصول را نشان می‌دهد (Mohammadi & Khademi, 2016; Shahbazi *et al.*, 2023). در

در (Simon & Gonzalez-Fandos, 2010). پژوهشی مشابه، Hamzeh و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که تیمار قارچ دکمه‌ای با اسانس گیاه خوشاریزه (*Echinophora sibthorpiana*) با تأثیر بر ترکیب اتمسفر درون بسته‌بندی و کاهش تبادلات گازی منجر به حفظ محتوای اسیدی قارچ‌ها و تعویق در فرآیند پیری محصول گردید که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش هم‌سو است.

نشان داد که کم‌ترین میزان سفتی بافت مربوط به قارچ‌های گروه شاهد بود و از سوی دیگر، تیمار قارچ‌ها با عصاره گیاه پونه با تأثیر بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ‌ها و حفظ رطوبت آن‌ها منجر به حفظ سفتی بافت نمونه‌ها در طول دوره انباری شد (Mirzaee *et al.*, 2013). کاهش در محتوای اسید کل محصول در طول دوره انباری بیانگر رسیدن و زوال آن است و یا به‌عبارت دیگر، حفظ محتوای اسید کل در محصول ذخیره‌شده در انبار بیانگر ماندگاری مناسب و تعویق در فساد آن می‌باشد



شکل ۱- اثر اسانس گیاهان دارویی بر (a) میزان کاهش وزن، (b) میزان سفتی بافت، (c) مواد جامد محلول و (d) اسیدیته کل در نمونه‌های قارچ دکمه‌ای طی هشت روز نگهداری. T1 تا T7 به ترتیب شاهد (بدون اسانس)، اسانس مرزه بختیاری ۵۰۰ پی‌پی‌ام، مرزه بختیاری ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۵۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، نعناع فلفلی ۵۰۰ پی‌پی‌ام و نعناع فلفلی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام را نشان می‌دهند. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون توکی می‌باشند.

Figure 1. Effect of essential oil of medicinal plants on (a) weight loss, (b) tissue firmness, (c) total soluble solid content (TSS) and (d) total acidity (TA) in button mushroom samples during 8 days of storage. T1 to T7 are respectively represent control (without essential oil), essential oil of *Satureja bachtiarica* at 500 ppm, *Satureja bachtiarica* at 1000 ppm, *Thymbra spicata* at 500 ppm, *Thymbra spicata* at 1000 ppm, *Mentha piperita* at 500 ppm and *Mentha piperita* at 1000 ppm. Columns with at least one same letter are not significantly different at 5% probability level according to Tukey's test.

نتایج نشان داد که با افزایش طول دوره پس از برداشت میزان باز شدن کلاهک قارچ‌ها افزایش یافت، بطوریکه پس از گذشت هشت روز، بیشترین میزان باز شدن

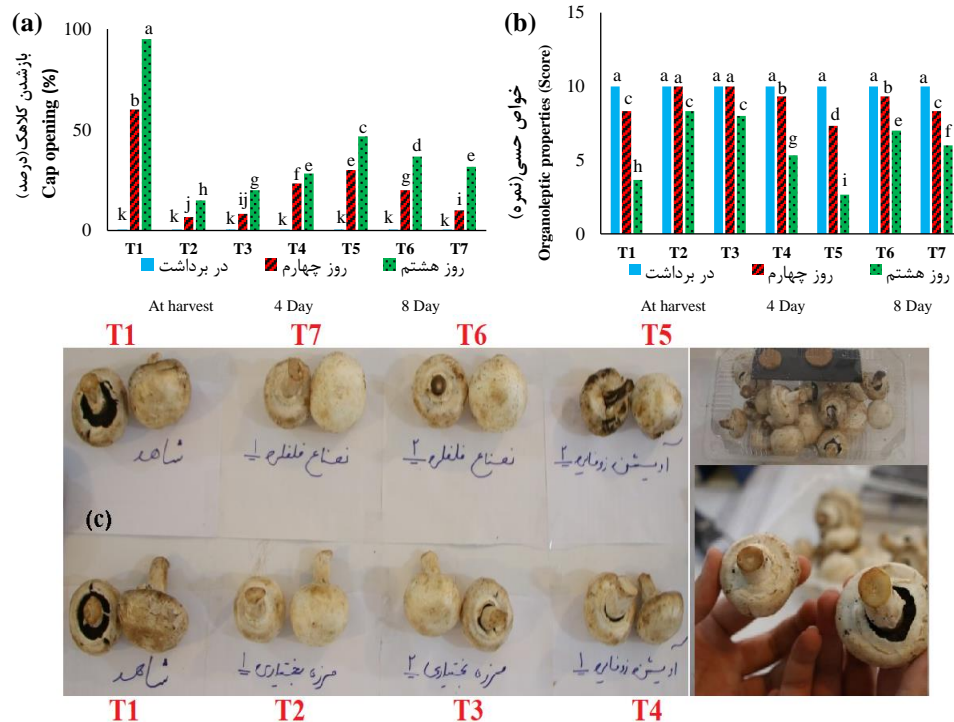
اثر تیمارها بر میزان باز شدن کلاهک، خواص حسی و ریخت‌شناسی نمونه‌ها

دارد. با طولانی شدن دوره پس از برداشت میزان بازشدگی کلاهک به دلایلی همچون کاهش محتوای آب محصول و افزایش میزان آسیب‌دیدگی غشای سلولی و نشت یونی افزایش می‌یابد (Ranjabr *et al.*, 2019). گمان می‌رود که اسانس گیاهان مورد استفاده در این پژوهش با تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی قارچ‌های برداشت شده میزان آسیب‌دیدگی غشای سلولی را کاهش داده و منجر به کند شدن فرآیند پیری و باز شدن کلاهک قارچ‌ها شدند. همچنین همانطور که در نتایج این مطالعه به ثبت رسید، بکارگیری اسانس گیاهان مورد استفاده در این پژوهش منجر به کم شدن نرخ کاهش وزن محصول گردید که این موضوع می‌تواند دلیل دیگری برای کاهش میزان باز شدن کلاهک قارچ در طول دوره پس از برداشت باشد. در پژوهشی تأثیر پوشش‌دهی با صمغ کتیرا که حاوی اسانس آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss) و مرزه خوزستانی بود، بر برخی از مهم‌ترین خصوصیات ریخت-شناسی، فیزیولوژیکی و حسی قارچ دکمه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که میزان باز شدن کلاهک در قارچ‌های تیمارشده با صمغ حاوی اسانس آویشن و مرزه به‌طور معنی‌داری کمتر از قارچ-های تیمارشده با صمغ بدون اسانس و قارچ‌های گروه شاهد بود. در نتایج این تحقیق مهم‌ترین عامل موثر بر بازشدگی کلاهک، کاهش میزان رطوبت داخلی قارچ عنوان گردید. اسانس گیاهان آویشن و مرزه با تأثیر بر میزان تنفس منجر به کاهش آفت میزان رطوبت داخلی و به‌دنبال آن کاهش بازشدگی کلاهک قارچ‌های تیمار شده شدند (Nasiri *et al.*, 2017).

کلاهک در نمونه شاهد و سپس قارچ‌های تیمارشده با اسانس آویشن زوفایی ۱۰۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد. این در حالی بود که کمترین میزان باز شدن کلاهک به ترتیب مربوط به تیمارهای مرزه بختیاری ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و سپس نعنای فلفلی ۱۰۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام بود (شکل ۲a).

نتایج مربوط به خواص حسی نشان داد که عطر، طعم و تردی بافت نمونه‌ها با افزایش مدت نگهداری کاهش یافت. در روزهای چهارم و هشتم، کمترین مقبولیت از نظر خواص حسی از طرف گروه ارزیاب مربوط به تیمار آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و سپس نمونه شاهد بود، هرچند که غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام آویشن زوفایی دارای مقبولیت بیشتری نسبت به نمونه شاهد بود. همچنین در پایان هشت روز نگهداری، بیشترین سطح کیفی قارچ‌ها از نظر خواص حسی مربوط به تیمارهای مرزه بختیاری بود و بین غلظت‌های آن نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمارهای نعنای فلفلی نیز از نظر خواص حسی غلظت کمتر آن یعنی ۵۰۰ پی‌پی‌ام از وضعیت بهتری نسبت به غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام برخوردار بود، هرچند که میزان مقبولیت آن‌ها کماکان کمتر از تیمارهای مرزه بختیاری و بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۲b). بررسی ریخت‌شناسی قارچ‌ها در روز هشتم پس از برداشت نیز بیانگر این موضوع بود که قارچ‌های تیمارشده با مرزه بختیاری ۵۰۰ پی‌پی‌ام از نظر ظاهری از وضعیت بهتری نسبت به سایر قارچ‌ها برخوردار بودند (شکل ۲c).

میزان باز شدن کلاهک قارچ با میزان پیشرفت فرآیند پیری رابطه مستقیم دارد. بسته بودن کلاهک یکی از شاخص‌های مهم تجاری قارچ دکمه‌ای بوده که تأثیر بسزایی در افزایش میزان بازارپسندی این محصول



شکل ۲- اثر اسانس گیاهان دارویی بر (a) میزان باز شدن کلاهک، (b) خواص حسی و (c) صفات ریخت‌شناسی نمونه‌های قارچ دکمه‌ای طی هشت روز نگهداری. T1 تا T7 به ترتیب شاهد (بدون اسانس)، اسانس مرزه بختیاری ۵۰۰ پی‌پی‌ام، مرزه بختیاری ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۵۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، نعنای فلفلی ۵۰۰ پی‌پی‌ام و نعنای فلفلی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام را نشان می‌دهند. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون توکی می‌باشند.

**Figure 2.** Effect of essential oil of medicinal plants on (a) cap opening rate, (b) organoleptic properties and (c) morphological characteristics of button mushroom samples during 8 days of storage. T1 to T7 are respectively represent control (without essential oil), essential oil of *Satureja bachtiarica* at 500 ppm, *Satureja bachtiarica* at 1000 ppm, *Thymbra spicata* at 500 ppm, *Thymbra spicata* at 1000 ppm, *Mentha piperita* at 500 ppm and *Mentha piperita* at 1000 ppm. Columns with at least one same letter are not significantly different at 5% probability level according to Tukey's test.

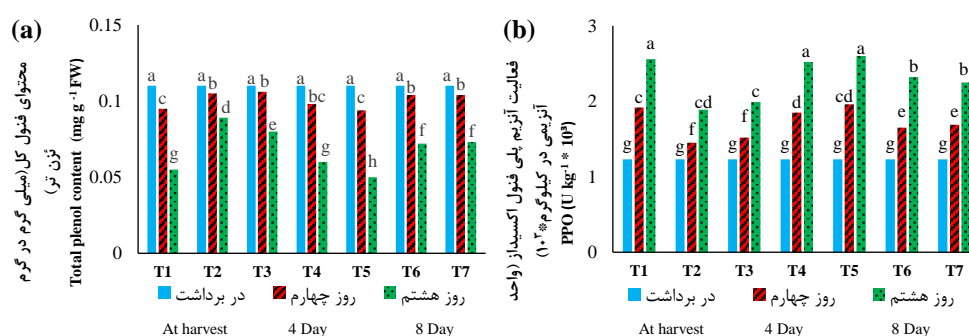
مختلف نعنای فلفلی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳a). نتایج مربوط به فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز نشان داد که با افزایش زمان ماندگاری قارچ‌ها در انبار فعالیت این آنزیم افزایش یافت، بطوریکه بیشترین فعالیت این آنزیم در نمونه‌ها پس از هشت روز نگهداری دیده شد. در روز هشتم نگهداری بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز در تیمارهای آویشن زوفایی و شاهد دیده شد و بین آن‌ها نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در این زمان، کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز به ترتیب در تیمارهای مرزه بختیاری و نعنای فلفلی مشاهده شد و

### اثر تیمارها بر محتوای فنول کل و میزان فعالیت

#### آنزیم پلی‌فنول اکسیداز

نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری قارچ‌ها محتوای فنول کل کاهش (شکل ۳a) و میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز افزایش یافت (شکل ۳b). پس از هشت روز نگهداری، کمترین محتوای فنول کل مربوط به تیمار آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و سپس نمونه شاهد بود، هرچند اختلاف آن با غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام آویشن زوفایی معنی‌دار نبود. در این زمان، بیشترین محتوای فنول کل به ترتیب مربوط به تیمارهای مرزه بختیاری ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و سپس تیمارهای نعنای فلفلی بود که بین غلظت‌های

بین غلظت‌های مختلف این تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳b). براساس گزارش Nxumalo و همکاران (۲۰۲۱)، ترکیبات فنولی از جمله مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ضدآکسایش در قارچ‌ها هستند. عصاره و اسانس گیاهانی همچون دارچین، مرزه، نعناع، آویشن و سرخارگل (*Echinacea angustifolia* DC.) با ایجاد تنش خفیف موجب القا و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها شده که این موضوع منجر به حفظ ترکیبات فنولی می‌گردد. در پژوهشی تأثیر کاربرد عصاره گیاهان میخک (*Dianthus caryophyllus* L.) و آویشن بر میزان قهوه‌ای شدن و برخی از مهم‌ترین خصوصیات پس از برداشت قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پس از سپری شدن ۱۶ روز از زمان برداشت، محتوای ترکیبات فنولی در قارچ‌های تیمار شده با عصاره گیاهان میخک و آویشن به‌طور معنی‌داری از قارچ‌های گروه شاهد بیشتر بود (Gao et al., 2014). همچنین در پژوهشی دیگر، در طول ۲۰ روز دوره انباری، میزان فنول کل در بافت سیب‌های (*Malus domestica* Borkh.) تیمار شده با اسانس گیاهان مرزه و نعناع به‌طور قابل توجهی بیشتر از سیب‌های گروه شاهد بود.



شکل ۳- اثر اسانس گیاهان دارویی بر (a) محتوای فنول کل و (b) میزان فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز در نمونه‌های قارچ دکمه‌ای طی هشت روز نگهداری. T1 تا T7 به ترتیب شاهد (بدون اسانس)، اسانس مرزه بختیاری ۵۰۰ پی‌پی‌ام، مرزه بختیاری ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۵۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، نعناع لفللی ۵۰۰ پی‌پی‌ام و نعناع لفللی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام را نشان می‌دهند. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون توکی می‌باشند.

Figure 3. Effect of essential oil of medicinal plants on (a) total phenol content and (b) activity rate of polyphenol oxidase enzyme (PPO) in button mushroom samples during 8 days of storage. T1 to T7 are respectively represent control (without essential oil), essential oil of *Satureja bachtiarica* at 500 ppm, *Satureja*

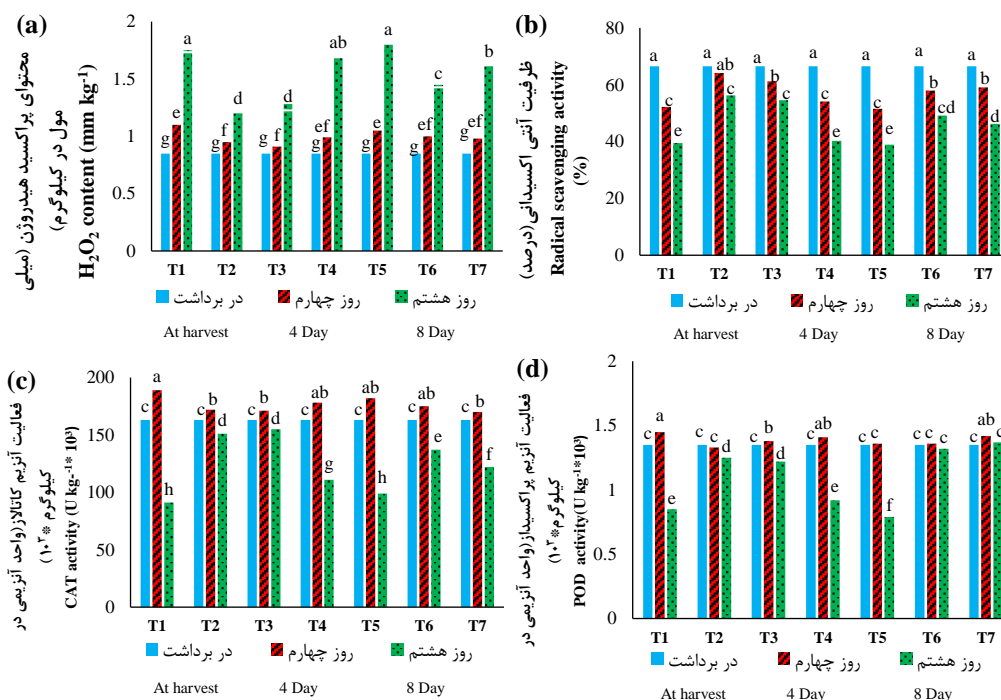
*bachtiarica* at 1000 ppm, *Thymbra spicata* at 500 ppm, *Thymbra spicata* at 1000 ppm, *Mentha piperita* at 500 ppm and *Mentha piperita* at 1000 ppm. Columns with at least one same letter are not significantly different at 5% probability level according to Tukey's test.

هشتم انباری بودند و پس از آن‌ها تیمارهای نعناع فلفلی قرار داشتند (شکل ۴c,d).

در نتایج حاصل از پژوهش صورت پذیرفته توسط Ehteshamnia و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده شد که کاربرد اسانس گیاه مرزه موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برخی از محصولات باغی در دوره پس از برداشت خواهد شد. آن‌ها ماده کارواکرول موجود در اسانس این گیاه را به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب فعال زیستی موثر بر بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی محصولات معرفی نمودند. یافته‌های این پژوهش در مورد تأثیر مثبت اسانس گیاهانی نظیر مرزه بختیاری و نعناع فلفلی بر بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی قارچ دکمه‌ای در طول دوره انباری با گزارش‌های منتشر شده توسط Gao و همکاران (۲۰۱۴) در یک راستا قرار دارد. آن‌ها اینگونه گزارش کردند که اسانس‌ها تأثیر مثبتی بر تولید متابولیت‌های ثانویه در بافت محصول در طول دوره پس از برداشت دارند و می‌توانند با تأثیر بر میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیا لیاز منجر به افزایش بیوسنتز آنتی‌اکسیدان‌هایی همچون فنول‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها شوند.

### اثر تیمارها بر محتوای پراکسید هیدروژن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز

بررسی نتایج نشان داد که با افزایش طول دوره انباری، محتوای پراکسید هیدروژن در بافت قارچ‌ها افزایش یافت (شکل ۴a) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز سیر نزولی داشت (شکل ۴b,c,d). نتایج در روز هشتم نشان داد که بیشترین محتوای پراکسید هیدروژن و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمارهای آویشن زوفایی و شاهد مشاهده شد و بین آن‌ها نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در حالیکه در همین زمان، تیمارهای مرزه بختیاری بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر از کمترین محتوای پراکسید هیدروژن و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برخوردار بودند. همچنین تیمارهای نعناع فلفلی نیز دارای وضعیت برتری نسبت به نمونه‌های شاهد بودند (شکل ۴a,b). نتایج مربوط به فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نیز نشان داد که فعالیت این آنزیم‌ها در روز چهارم نسبت به زمان برداشت ابتدا مقداری افزایش و سپس در روز هشتم کاهش یافت. در روز هشتم انباری تیمار آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بدون اختلاف معنی‌دار با شاهد دارای کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز بود، در حالیکه در این زمان تیمار آویشن زوفایی به‌تنهایی دارای کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز بود. همچنین تیمارهای مرزه بختیاری نیز بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر دارای بیشترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در روز



شکل ۴- اثر اسانس گیاهان دارویی بر (a) محتوای پراکسید هیدروژن، (b) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (c) و پراکسیداز (d) در نمونه‌های قارچ دکمه‌ای طی هشت روز نگهداری. T1 تا T7 به ترتیب شاهد (بدون اسانس)، اسانس مرزه بختیاری ۵۰۰ پی‌پی‌ام، مرزه بختیاری ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۵۰۰ پی‌پی‌ام، آویشن زوفایی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، نعناع فلفلی ۵۰۰ پی‌پی‌ام و نعناع فلفلی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام را نشان می‌دهند. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون توکی می‌باشند.

**Figure 4.** Effect of essential oil of medicinal plants on (a) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content, (b) radical scavenging activity and activity rate of catalase (CAT) (c) and peroxidase (PPO) (d) enzymes in button mushroom samples during 8 days of storage. T1 to T7 are respectively represent control (without essential oil), essential oil of *Satureja bachtiarica* at 500 ppm, *Satureja bachtiarica* at 1000 ppm, *Thymbra spicata* at 500 ppm, *Thymbra spicata* at 1000 ppm, *Mentha piperita* at 500 ppm and *Mentha piperita* at 1000 ppm. Columns with at least one same letter are not significantly different at 5% probability level according to Tukey's test.

### نتیجه‌گیری کلی

دوره انباری بود که احتمالاً این موضوع می‌تواند با عدم بهینه بودن غلظت مورد استفاده در ارتباط باشد. نتایج کلی به دست آمده از این پژوهش نشان داد که یکی از راهکارهای سودمند برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای، استفاده از اسانس گیاهان دارویی نظیر مرزه بختیاری و نعناع فلفلی در بسته‌بندی محصول در دوره پس از برداشت است.

### سپاسگزاری

نویسندگان از همکاری گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه ایلام در انجام این پروژه تشکر می‌کنند.

در پژوهش حاضر کاربرد اسانس مرزه بختیاری و نعناع فلفلی منجر به حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری قارچ دکمه‌ای در طول دوره پس از برداشت گردید که این موضوع می‌تواند به دلیل خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی قوی این اسانس‌های گیاهی باشد. در بیشتر موارد غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام مرزه بختیاری تأثیرگذاری بیشتری نسبت به سایر تیمارها بر حفظ کیفیت قارچ‌ها داشت و از طرفی دیگر، اسانس آویشن زوفایی دارای تأثیرات منفی بر کیفیت قارچ‌ها در طی

## References

- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant Cell and Environment*, 24, 1337-1344.
- Amin, A. (2016). Determination of some essential oils effects on the quality traits of the Egyptian anna apple fruit during its shelf life. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 8(1), 35-45.
- Ares, G., Lareo, C. & Lema, P. (2007). Modified atmosphere packaging for postharvest storage of mushrooms. *Fresh Produce Journal*, 1, 32-40.
- Bupesh, G., Amutha, C., Nandagopal, S., Ganeshkumar, A., Sureshkumar, P. & Saravanamurali, K. (2007). Antibacterial activity of *Mentha piperita* L. (peppermint) from leaf extracts – a medicinal plant. *Acta Agriculturae Slovenica*, 89, 73 -79.
- Dhindsa, R. S., Plumb-Dhinds, D. & Thorpe, T. A. (1981). Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Experimental Botany*, 32, 93-101.
- Doores, S., Keamer, S., & Beelman, R. B. (1987). Evaluation a bacterial populations associated with fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). In: Wues, P.J., Royce, D. L., Beelman, R. B. (Eds), *cultivating edible fungi: Developments in crop science*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 238-294.
- Ehteshamnia, A., Rezaeinezhad, A. H., Mousavizadeh, S. J. & Alikhani Koopaei, M. (2011). Investigation of peroxidase enzyme activity in some fruits by application of thyme, myrtle and savoury essential oils. *Journal of Plant Production Technology*, 11(2), 33-42. (In Farsi)
- Gao, M., Feng, L. & Jiang, T. (2014). Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. *Food Chemistry*, 149, 107-113.
- Gormley, T. R. & O'Sullivan, L. (1975). Use of a simple reflectometer to test mushroom quality. *The Mushroom Journal*, 34, 344-346.
- Hamzeh, S., Bodaghi, H. & Ghasimi-Hagh, Z. (2015). Effect of essential oil coating of prickly parsnip and packaging films on qualitative and quantitative post-harvest characteristics of white button mushroom under modified atmosphere. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Shahrood University of Technology, Iran. (In Farsi)
- Hosseini, Z. (2017). Common methods in foods analysis. Shiraz University Press. (In Farsi)
- Jakowienko, P. & Stopczynska, B. (2010). Influence of essential oils from different varieties of peppermint (*Mentha × piperita* L.) on growth of some filamentous fungi. *Kerla Plonica*, 4, 60-70.
- Kar, M. & Mishra, D. (1976). Catalase, peroxidase, polyphenol oxidase activities during rice senescence. *Plant Physiology*, 57, 315-319.
- Khazraei, M., Jahadi, M., Fazel, M. & Allameh, A. (2015). Effect of chitosan coating-lasting essential oils of lemon on the button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Food Sciences and Nutrition*, 3, 35-46.

- Lopez-Reyes, J. G., Spadaro, D., Gullino, M. L. & Garibaldi, A. (2010). Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rot caused by fungi on four cultivars of apples in vivo. *Flavour and Fragrance Journal*, 25, 171-177.
- Mahidashti, F. & Kamiab, F. (2018). Interaction of salicylic acid and *Mentha* extraction on increasing of postharvest life and decreasing of post-harvest rots of banana (*Musa sapientum* cv. Dwarf Cavendish). *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(1), 1-15. (In Farsi)
- Mirzaee, M., Mohammadi, M., Fatahi, S. & Seidi, M. (2013). Increasing maintainability of button mushroom using antioxidant characteristics of *Mentha pulegium* L. medicinal plant essential oil. In: proceedings of 1<sup>st</sup> National Conference on Agricultural Science and Technologies, 6 Mar., Malayer University, Hamedan, Iran, pp 1-9. (In Farsi)
- Mohammadi, M. & Khademi, O. (2016). Optimization of quality of green bell peppers in storage by pre-harvest spraying of calcium chloride and packaging with cellophane film. *Journal of Vegetables Science*, 2(2), 1-11.
- Mohammadi, M., Seidi, M., Fatahi, S. & Salek, H. (2018). Effect of Thymes essential oil on organoleptic characteristics and control of button mushroom tissue browning at post-harvest. In: proceedings of 1<sup>st</sup> International Congress on Biotechnology of Medicinal Plants and Mushrooms. 19 Sep., Ilam University, Ilam, Iran, pp 1-15. (In Farsi)
- Mohammadi, M., Aelaei, M. & Saidi, M. (2019). Effects of extract and essential oil of *Thymbra spicata* L. and *Satureja bachtari* L. on improving quality and vase life of cut flower *Gerbera jamesoni* L.. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 35(4), 617-634.
- Nasiri, M., Barzegar, M., Sahari, M. A. & Niakousari, M. (2017). Increasing edible mushroom shelf life using natural preservatives. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University, Iran. (In Farsi)
- Nxumalo, K. A., Aremu, A. O. & Fawole, O. A. (2021). Potentials of medicinal plant extracts as an alternative to synthetic chemicals in postharvest protection and preservation of horticultural crops: A Review. *Sustainability*, 13(11), 5897.
- Palmer, A., Stewart, J. & Fyfel, F. (2002). The Potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Journal of Food Microbiology*, 1, 463-470.
- Plewa, M. J., Smith, S. R. & Wanger, E. D. (1991). Diethyl dithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutation Research*, 247, 57-64.
- Ranjbar, M.E., Ghahremani, Z. & Carrasco, J. (2019). Effect of compost formulation and postharvest management on quality parameters of button mushroom. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 507-513.
- Rahemi, M. (2010). Post-harvest physiology. Shiraz University Press. (In Farsi)
- Singh, R., Shushni, M. & Belkheir, A. (2015). Antimicrobial and antioxidant of *mentha piperita*.

- Arabian Journal of Chemistry*, 8, 322-328.
- Seidi, M., Mohammadi, M., Salek, H. & Fatahi, S. (2018). Optimization of factors related to quality and marketability of button mushroom using cinnamon essential oil during packaging and storage processes. In: proceedings of *1<sup>st</sup> International Congress on Biotechnology of Medicinal Plants and Mushrooms*. 19 Sep., Ilam University, Ilam, Iran, pp 1-10. (In Farsi)
  - Shahbazi, S., Hatamnia, A. A. & Malekzadeh, P. (2023). Effect of melatonin treatment on post-harvest life of broccoli during storage. *Journal of Vegetables Science*, 6(2), 57-72.
  - Simon, A. & Gonzalez-Fandos, E. (2010). Effect of washing with citric acid or sodium hypochlorite on the visual & microbiological quality of mushrooms (*Agaricus bisporus* L.). *Journal of Food Quality*, 33, 273-285.
  - Tunc-Ozdemir, M., Miller, G., Song, L., Kim, J., Sodek, A., Koussevitzky, Sh., Narayan Misra, A., Mittler, R. & Shintani, D. (2009). Thiamin confers enhanced tolerance to oxidative stress in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 151, 421-432.
  - Wani, B. A., Wrtta, T. & Jang, G. (2010). Nutritional & medicinal importance of mushrooms. *Journal of medicinal plants research*, 4, 2598-604.
  - Zahedi, Y., Ghanbarzadeh, B. & Sedaghat, N. (2010). Physical properties of edible emulsified films based on pistachio globulin protein and fatty acids. *Journal of Food Engineering*, 100, 102-08.
  - Zhang, Z., Huber, D. J. & Rao, J. (2013). Antioxidant systems of ripening avocado (*Persea americana* Mill.) fruit following treatment at the pre-climacteric stage with aqueous 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 58-64.