DOI: 10.48305/jhsr.v21i1.1584 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 21, No. 1, Spring

Received: 05.12.2023 Accepted: 26.05.2024 Published: 04.04.2025

Evaluation of the Physicochemical, Antioxidant, and Sensory Properties of Sponge Cake Enriched with Ganoderma Lucidum Mushroom Powder

Nika Alsafh[1], Mansooreh Sadat Mojani-Qomi[2], Alireza Faraji[3]

Original Article

Abstract

Background: Given the widespread appeal of cake among various societal groups, attention to its formulation has a special place in producing a health-oriented product. Ganoderma lucidum mushroom is a valuable plant that can enhance the nutritional value of cake.

Methods: Ganoderma lucidum mushroom powder was substituted for sponge cake wheat flour at four different levels: 0% (as a control sample), 2%, 4%, and 8% w/w treatments. Then, the produced cakes were evaluated in terms of physicochemical, textural, and sensory characteristics.

Findings: As the proportion of Ganoderma mushroom powder increased in the sponge cake formulation, the values for ash, fiber, moisture, specific volume, and porosity also increased ($P < 0.05$), so that the amount of fiber in the sample containing 8% mushroom powder was more than three times that of the control sample. However, the amount of protein in the control sample was higher compared to the other treatments (7% more than the sample containing 8% mushroom powder). Regarding the color indices, the L^* index decreased with a rising mushroom percentage in both the crust and crumb, while the color indices a^*, b^*, and ΔE showed an increase ($P < 0.05$). The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) antioxidant activity increased significantly with an increase in the percentage of mushroom powder, so that the half-maximal inhibitory concentration (IC50) index of the 8% sample decreased by about 47% compared to the control sample. An increase in the percentage of mushroom powder resulted in increased hardness of the texture, viscosity, springiness, and adhesiveness of the cake. The sample containing 2% mushroom powder received the highest score in terms of sensory properties evaluation.

Conclusion: Given the potential of Ganoderma lucidum mushrooms in increasing fiber content and enhancing the antioxidant properties of sponge cakes, while also preserving their texture and sensory characteristics, it is feasible to enrich sponge cakes with Ganoderma lucidum mushroom powder with the minimum percentage used in this research.

Keywords: Antioxidants; Dietary fiber; Ganoderma lucidum; Sponge cake

Citation: Alsafh N, Mojani-Qomi MS, Faraji A. **Evaluation of the Physicochemical, Antioxidant, and Sensory Properties of Sponge Cake Enriched with Ganoderma Lucidum Mushroom Powder.** J Health Syst Res 2025; 21(1): 73-81.

1- MSc Student, Department of Food Science and Technology, School of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, School of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Department of Organic Chemistry, School of Pharmaceutical Chemistry, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Corresponding Author: Mansooreh Sadat Mojani-Qomi; Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, School of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran; Email: mansooreh.moujani@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.v21i1.1584 Published by Vesnu Publications

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و حسی کیک اسفنجی غنی شده با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم

نیکا الصفح[۱]، منصوره سادات موجانی قمی[۲]، علیرضا فرجی[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: با توجه به محبوبیت مصرف کیک در اقشار مختلف جامعه، توجه به فرمولاسیون آن در جهت تولید یک محصول سلامت محور، جایگاه ویژه‌ای دارد. قارچ گانودرما لوسیدوم به عنوان گیاهی ارزشمند، می‌تواند گزینه مناسبی به منظور بهبود ارزش غذایی کیک به کار رود.

روش‌ها: پودر قارچ گانودرما لوسیدوم در چهار سطح صفر درصد (نمونه شاهد) و تیمارهای ۲، ۴ و ۸ درصد وزنی/ وزنی جایگزین آرد گندم در کیک اسفنجی گردید. سپس کیک‌های تولید شده از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: با افزایش درصد جایگزینی پودر قارچ گانودرما، مقادیر خاکستر، رطوبت، فیبر، حجم مخصوص و تخلخل افزایش یافت ($P < ۰/۰۵$)؛ به طوری که مقدار فیبر نمونه حاوی ۸ درصد پودر قارچ بیش از سه برابر نمونه شاهد بود، اما مقدار پروتئین نمونه شاهد در مقایسه با سایر تیمارها بالاتر گزارش شد (۷ درصد بیشتر از نمونه حاوی ۸ درصد پودر قارچ). در رابطه با شاخص‌های رنگ، اندیس L^* با افزودن درصد قارچ در پوسته و مغز کاهش و شاخص‌های رنگی a^*، b^* و ΔE افزایش یافت ($P < ۰/۰۵$). فعالیت ضد رادیکالی 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) با افزایش درصد پودر قارچ، افزایش معنی‌داری را نشان داد؛ به طوری که شاخص IC_{50} نمونه ۸ درصد تا حدود ۴۷ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش داشت. افزایش درصد پودر قارچ، منجر به افزایش سختی بافت، صمغیت، فنریت و چسبندگی کیک گردید. نمونه حاوی ۲ درصد پودر قارچ بیشترین امتیاز را از لحاظ ارزیابی خصوصیات حسی به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به قابلیت قارچ گانودرما لوسیدوم در بهبود مقدار فیبر و ارتقای خاصیت آنتی‌اکسیدانی کیک‌های اسفنجی و همچنین، حفظ بافت و ویژگی‌های حسی، غنی‌سازی کیک اسفنجی با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم با حداقل درصد استفاده شده در تحقیق حاضر امکان‌پذیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان‌ها؛ فیبر خوراکی؛ گانودرما لوسیدوم؛ کیک اسفنجی

ارجاع: الصفح نیکا، موجانی قمی منصوره سادات، فرجی علیرضا. **ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و حسی کیک اسفنجی غنی شده با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۴؛ ۲۱ (۱): ۸۱-۷۳

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۹/۱۴ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۳/۶ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱/۱۵

مقدمه

قارچ‌ها از دسته موادی هستند که هم به دلیل طعم و مزه مطبوع و هم به دلیل خواص زیستی خاص، مورد توجه بشر بودند. قارچ گانودرما لوسیدوم (*Ganoderma Lucidum Karst*)، قارچی یک ساله از تیره *Ganodermataceae* و دارای سابقه طولانی استفاده در کشورهای چین، ژاپن و برخی کشورهای آسیایی می‌باشد و هم‌اکنون در کشور ایران نیز مورد توجه واقع شده است. گانودرما قارچی بزرگ و تیره با نمای بیرونی براق و بافت چوبی (شکل ۱) و دارای خواص درمانی بالقوه‌ای از جمله اثرات کنترل وزن (۱)، کاهش قند خون (۲)، اثرات ضد التهابی (۳) و آنتی‌اکسیدانی (۴) می‌باشد. این ماده غذایی حاوی بیش از ۴۰۰ ترکیب زیست فعال از جمله ترپنوئیدها، استرول‌ها، استروئیدها، اسیدهای چرب، ترکیبات فنلی، اسیدهای آمینه ضروری و پلی‌ساکاریدهای مفید است (۵). بر اساس یافته‌های پژوهش‌های پیشین، قارچ گانودرما حاوی بیش از ۵۰ درصد فیبر غذایی می‌باشد (۶).

افزودن فیبر غذایی از امتیازاتی است که امکان دارد یک ماده غذایی را به یک غذای عمل‌گرا تبدیل کند. رژیم‌های غذایی با فیبر بالا، برای حفظ میکروبیوم روده از اهمیت خاصی برخوردار هستند (۷). حداقل مصرف فیبر برای یک فرد بزرگسال حدود ۳۰ گرم در روز است، اما پیشنهاد می‌شود این مقدار تا ۵۰ گرم در روز و تا مرحله‌ای که انسان توانایی تحمل مصرف آن را دارد، افزایش یابد (۸). نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده است که مصرف ناکافی فیبر غذایی با طیف گسترده‌ای از بیماری‌ها مانند آترواسکلروز، دیورتیکلوز، سرطان روده بزرگ و... مرتبط است. بنابراین، فیبرهای گیاهی اغلب به منظور کاهش بروز این بیماری‌ها و کاهش کل کالری دریافتی در مواد غذایی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار، گروه شیمی آلی، دانشکده شیمی دارویی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
نویسنده مسؤول: منصوره سادات موجانی قمی؛ استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
Email: mansooreh.moujani@gmail.com

مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۰، ۹).

شکل ۱. قارچ گانودرما لوسیدوم

با استناد به منابع خبری مختلف، سرانه مصرف محصولات کیک، کلوچه، بیسکوییت و ویفر در کشور ایران حدود سالانه ۱۰ کیلوگرم در سال برای هر نفر تخمین زده شده است که البته با توجه به فرهنگ تغذیه‌ای، می‌تواند در افراد مختلف متفاوت باشد (۱۱). بنابراین، با توجه به محبوبیت این محصولات در اقشار مختلف جامعه، این قبیل مواد غذایی می‌تواند حامل‌های مناسبی برای غنی‌سازی آن‌ها باشد. با توجه به عدم ایجاد تخلخل مناسب در کیک اسفنجی به دنبال استفاده از آردهای سبوس‌دار در فرمولاسیون کیک، کاربرد قارچ‌های خوراکی جهت افزایش فیبر در این صنعت مورد توجه قرار گرفته است. صالحی و همکاران در تحقیق خود به بررسی خصوصیات کیفی کیک اسفنجی با نسبت‌های مختلف پودر قارچ دکمه‌ای پرداختند و دریافتند که افزودن پودر قارچ، منجر به افزایش میزان پروتئین و خاکستر کیک‌ها شد ($P < ۰/۰۵$) و خواص کیفی و حسی کیک‌ها در جایگزینی با نسبت ۱۰ درصد پودر قارچ به آرد کیک حفظ گردید (۱۲). در پژوهشی بتاگلوکان‌های استخراج شده از قارچ گانودرما جایگزین چربی کیک شد و نتایج نشان داد که پلی‌ساکاریدهای استخراج شده قادر به حفظ رطوبت، فعالیت آبی و رنگ مطلوب در کیک‌های تولید شده بودند و امکان استفاده از بتاگلوکان قارچ تا ۴۰ درصد به جای چربی مورد استفاده مقدور بود (۱۳). در همین راستا، به نظر می‌رسد که استفاده از قارچ‌ها به ویژه گانودرما لوسیدوم در فرمولاسیون مواد غذایی، می‌تواند گام ارزنده‌ای در تولید غذاهای فراسودمند به منظور پیشگیری از طیف وسیعی از بیماری‌ها باشد. مطالعات قبادی و همکاران (۱۴) و Tie و همکاران (۱۵)، اثر کاربرد گانودرما لوسیدوم در محصولات غذایی مختلف را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که امکان استفاده این قارچ در مواد غذایی با درصدهای مختلف وجود دارد. بنابراین، هدف از انجام تحقیق حاضر، استفاده از پودر قارچ گانودرما لوسیدوم در فرمولاسیون کیک اسفنجی به منظور تولید ماده غذایی با ارزش تغذیه‌ای مطلوب‌تر بود. در کیک مورد نظر، آزمون‌های لازم جهت بررسی خصوصیات کیفی و تغذیه‌ای صورت گرفت.

روش‌ها

مواد اولیه: برای تهیه کیک، از آرد نول ممتاز (خوشه) (با رطوبت ۱۴ درصد، ۰/۳۸ تا ۰/۵۸ درصد خاکستر، گلوتن مرطوب ۲۰ درصد، اسیدیته ۲/۴، pH = ۶/۵-۶)، پودر قارچ گانودرما لوسیدوم لیوفیلیزه (کد تجاری Ganoderma Lucidum ASMA2، شرکت سارین فام سبز، ایران)، شکر (درخشان دریانی)، تخم‌مرغ (مرواریدی)، بیکینگ‌پودر (رامک)، شیر کم‌چرب (مزرعه ماهشام) و روغن مایع آفتابگردان (غنچه) استفاده گردید. همچنین، به منظور اجرای آزمون‌های کیک، از متانول، اسید سولفوریک (۹۸ درصد)، بروموکروزول سبز (Bromocresol green یا BCG)، متیل رد، سولفات مس، سولفات سدیم، اکسید سلنیوم، هیدروکسید سدیم، اکتانول، Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)، دی‌سدیم هیدروژن فسفات، اسید هیدروکلریدریک و هیدروکسید پتاسیم با برند تجاری Merck (آلمان) و ۲،۲-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) با برند تجاری Sigma-Aldrich (آمریکا) استفاده شد.

تهیه کیک: روش اختلاط بر اساس روش شکر- خمیر بود (۱۶). ابتدا روغن و شکر توسط همزن برقی (مدل Electra M-230EK، ژاپن) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط گردید تا مخلوط کرم‌رنگ روشن به دست آید. سپس تخم‌مرغ در ۴ یا ۵ نوبت به مخلوط اضافه شد و هر بار عمل هم زدن به مدت ۴ دقیقه ادامه یافت و به تدریج سایر مواد اولیه اضافه شدند. برای تهیه تیمارهای مختلف، درصدهای متفاوتی از پودر قارچ گانودرما لوسیدوم (۲، ۴ و ۸ درصد وزنی- وزنی) جایگزین آرد گندم گردید و برای یکنواخت شدن، مخلوط نهایی به مدت یک دقیقه با همزن مخلوط شد. پس از تهیه خمیر، نمونه‌ها در وزن مشخص ۳۵ گرم به کاغذهای مخصوص کیک درون قالب‌ها ریخته شد. فرایند پخت توسط فر در دمای ۵ ± ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد و پدیدار شدن پوسته قهوه‌ای رنگ در سطح فوقانی کیک نشانه پایان زمان پخت بود. پس از پایان پخت، کیک‌ها در محیط اتاق خنک و تا زمان انجام آزمون‌ها، درکیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. آزمون‌های بافت جهت کنترل بیاتی در روز اول و سوم پس از پخت تکرار گردید.

تعیین ترکیبات شیمیایی: میزان رطوبت و خاکستر کیک‌ها با روش‌های استاندارد American Association of Cereal Chemists (AACC)، به ترتیب شماره‌های ۱۶-۴۴ و ۰۱-۰۸ تعیین شد (۱۷). میزان خاکستر پودر گانودرما لوسیدوم و کیک‌ها نیز با روش AACC، شماره ۰۸-۰۱ و میزان پروتئین هر دو مورد با استفاده از دستگاه کلدال و انجام مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون مقادیر ازت کل و سپس پروتئین محاسبه گردید (استاندارد AACC، شماره ۱۲-۴۶). میزان فیبر خام پودر قارچ و کیک‌های تیمار شده با استاندارد AACC، شماره ۱۰-۳۲ انجام گردید (۱۷).

تعیین خاصیت آنتی‌اکسیدانی: جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودر قارچ و نمونه‌های کیک از روش مهار رادیکال آزاد DPPH استفاده شد. به منظور ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ابتدااز پودر قارچ و نمونه‌های کیک عصاره متانولی تهیه گردید. بدین ترتیب که ۱ گرم نمونه مورد نظر در ۹ میلی‌لیتر متانول حل شد و نمونه‌ها درون لوله آزمایش به مدت ۲ تا ۳ دقیقه روی شیکر قرار گرفت. سپس محلول به دست آمده با سرعت ۱۷۸۹ ×g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ گردید. برای سنجش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، غلظت‌های ۲۵ ماکرولیتر از سوپرناتانت حاصل شده با ۲ میلی‌لیتر از محلول D PPH ۰/۰۰۴ گرم با ۱۰۰ سی‌سی متانول مخلوط شد. محلول‌های به دست آمده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در فضای تاریک انکوبه شدند و سپس

جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد و درصد بازدارندگی نمونه‌ها طبق رابطه ۱ محاسبه گردید (۱۱) که در آن، A0 جذب بلانک و A1 جذب نمونه بود.

رابطه ۱ درصد مهار DPPH = [(A0-A1)/A0] × ۱۰۰

ارزیابی رنگ مغز و پوسته: ارزیابی رنگ مغز و پوسته کیک‌های اسفنجی به وسیله دستگاه Hunter Lab انجام شد و مقادیر L^* (فاکتور روشنایی)، a^* (میزان قرمزی) و b^* (میزان زردی) برای مغز و پوسته نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس از رابطه ۲ اختلاف رنگ ΔE به دست آمد.

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

رابطه ۲

ارزیابی حجم مخصوص، تخلخل و بافت: اندازه‌گیری حجم مخصوص با استفاده از روش جابه‌جایی دانه کلزا طبق استاندارد AACC ۲۰۰۰ به شماره ۱۰-۰۵ صورت پذیرفت (۱۷). به منظور ارزیابی میزان تخلخل کیک در فاصله زمانی ۱۲ ساعت پس از پخت، برشی از مغز کیک با استفاده از اسکنر شارپ (مدل MX-M453N، شرکت Sharp Electronic Corporation، چین) با وضوح ۱۲۰۰ پیکسل از مقاطع کیک انجام شد و با استفاده از نرم‌افزار ImageJ درصد تخلخل بافت نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که پس از ایجاد تصاویر خاکستری، شاخص تخلخل با نسبت نور به نقاط تاریک تصاویر مشخص گردید و نسبت بیشتر بیانگر تعداد منافذ و تخلخل بالاتر بود (۱۸). ارزیابی ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها، ۲۴ و ۷۲ ساعت بعد از خنک شدن نمونه‌های کیک و نگهداری در دمای اتاق با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (Texture analyzer) (Brookfield engineering middleton, CT3) به روش آنالیز پروفایل بافت (Texture profile analysis یا TPA) انجام شد. کیک‌ها با ابعاد یکسان (۲۵ × ۲۵ × ۲۵ میلی‌متر) و سطوح یکنواخت برش خورد و توسط پروب استوانه‌ای مخصوص آزمون فشار، با سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه و میزان حساسیت ۶/۸ گرم تا رسیدن به ۵۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده شد. بیشترین نیروی وارد شده به نمونه‌ها در پایان عمل فشردن بر حسب نیوتن ثبت گردید. میزان سختی بافت نیز با استفاده از آزمون برش به وسیله پروب TA/۵۳ انجام شد. نیروی برش به مقدار ۱۵ میلی‌متر پس از برداشتن پوسته از سطح نمونه‌ها اعمال شد (۱۹).

ارزیابی حسی: ویژگی‌های حسی توسط ۱۵ نفر ارزیاب مصرف‌کننده کیک خانگی (زن و مرد با محدوده سنی ۴۰-۲۵ سال) با مقیاس هدونیک پنج نقطه‌ای ارزیابی شد. ویژگی‌های رنگ، طعم، بافت، شکل ظاهری، بو و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت (۲۰).

برای هر تیمار آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی در سه تکرار انجام شد. ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها به کمک آزمون Kolmogorov-Smirnov سنجیده شد. مقایسه معنی‌داری میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون One-way ANOVA تحت آزمون تعقیبی Duncan و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید. مقایسه اختلاف معنی‌داری بین روز اول و سوم برای هر تیمار نیز با آزمون Paired t انجام گردید. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ (version 24, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

ویژگی‌های پودر قارچ گانودرما لوسیدوم: نتایج حاصل از آنالیز پودر قارچ گانودرما لوسیدوم مورد استفاده در تهیه کیک اسفنجی در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های پودر قارچ گانودرما لوسیدوم

ویژگی	میانگین ± انحراف معیار
رطوبت (درصد)	۳۸/۲۳ ± ۰/۰۱
پروتئین (درصد)	۶/۳۹ ± ۰/۸۰
خاکستر (درصد)	۶/۱۴ ± ۰/۳۰
آنتی‌اکسیدان (درصد)	۹۵/۷۳ ± ۰/۴۴
فیبر (درصد)	۴۳/۲۰ ± ۱/۰۸

خصوصیات فیزیکوشیمیایی: نتایج حاصل از آزمون‌های فیزیکوشیمیایی تیمارهای مختلف کیک تهیه شده با پودر قارچ گانودرما و نمونه‌های شاهد در جدول ۲ ارایه شده است. جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ، سبب افزایش معنی‌دار میزان رطوبت نمونه‌ها شد. مقدار رطوبت در نمونه ۸ درصد پودر قارچ تا ۱۳/۴ درصد افزایش یافت، اما مقدار پروتئین با افزودن پودر قارچ کاهش یافت ($P < ۰/۰۵$) (۱۳/۶۸ درصد در نمونه شاهد در برابر ۱۲/۹۲ درصد در نمونه ۸ درصد پودر قارچ). جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ گانودرما، منجر به افزایش معنی‌دار مقادیر خاکستر و فیبر نمونه‌های کیک شد و کیک اسفنجی حاوی ۸ درصد پودر قارچ، بیشترین مقدار خاکستر (۱۰/۸ درصد بیش از نمونه شاهد) و فیبر (تا بیش از ۳ برابر نمونه شاهد) را داشت ($P < ۰/۰۵$).

از سایر تغییرات فیزیکی کیک‌های حاوی پودر قارچ گانودرما، افزایش معنی‌دار حجم مخصوص و تخلخل متناسب با افزودن پودر قارچ بود. مقدار تخلخل در نمونه ۸ درصد بیش از ۱۳ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. شاخص‌های رنگی پوسته و مغز نمونه‌های کیک با افزودن درصد پودر قارچ نیز تغییر معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). شاخص روشنایی پوسته (L^*) در نمونه‌های حاوی ۴ و ۸ درصد پودر قارچ کاهش پیدا کرد ($P < ۰/۰۵$). شاخص‌های a^* و b^* نیز در تیمارهای مذکور افزایش چشمگیری داشت. بنابراین، شاخص ΔE در نمونه حاوی ۸ درصد پودر قارچ در مقایسه با سایر تیمارها در بالاترین مقدار بود ($P < ۰/۰۵$). در رابطه به شاخص‌های رنگی مغز کیک نیز با افزودن پودر قارچ، شاخص L^* کاهش و شاخص‌های a^*، b^* و ΔE افزایش قابل توجهی را نشان داد ($P < ۰/۰۵$).

بر اساس شکل ۲، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد در رابطه با فعالیت ضد رادیکالی DPPH وجود داشت. با افزودن پودر قارچ گانودرما، شاخص IC_{50} نمونه‌ها کاهش یافت ($P < ۰/۰۵$). اگرچه با گذشت زمان، شاخص IC_{50} در نمونه‌های شاهد، ۲ و ۴ درصد حاوی پودر قارچ افزایش معنی‌داری را نشان داد، اما همچنان سطح IC_{50} در روز سوم در نمونه‌های حاوی درصد بالاتری از پودر قارچ، پایین‌تر بود ($P < ۰/۰۵$).

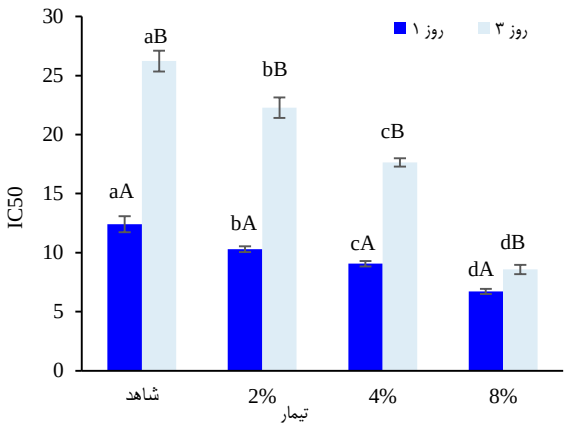
خصوصیات بافتی: در پژوهش حاضر، ویژگی‌های بافتی نمونه‌های کیک در روزهای اول و سوم پس از تولید بررسی گردید (شکل ۲).

جدول ۲. بررسی اثر جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی

ویژگی	تیمار			
	شاهد	۲ درصد	۴ درصد	۸ درصد
رطوبت (درصد)	۱۸/۶۸ ± ۰/۱۱^{c}	۱۸/۹۳ ± ۰/۴۲^{c}	۱۹/۸۸ ± ۰/۴۱^{b}	۲۱/۱۶ ± ۰/۵۲^{a}
پروتئین (درصد)	۱۳/۸۵ ± ۰/۰۵^{c}	۱۳/۵۹ ± ۰/۰۵^{c}	۱۳/۳۰ ± ۰/۰۸^{b}	۱۲/۹۲ ± ۰/۰۵^{a}
خاکستر (درصد)	۱/۷۳ ± ۰/۰۵^{c}	۱/۷۷ ± ۰/۰۳^{bc}	۱/۸۲ ± ۰/۰۲^{ab}	۱/۸۷ ± ۰/۰۱^{a}
فیبر (درصد)	۲/۲۵ ± ۰/۳۶^{d}	۳/۰۴ ± ۰/۲۰^{c}	۴/۹۸ ± ۰/۰۸^{b}	۷/۲۲ ± ۰/۱۵^{a}
حجم مخصوص (سانتی‌متر مکعب در گرم)	۲/۷۳ ± ۰/۰۲^{b}	۲/۷۷ ± ۰/۰۱^{b}	۲/۹۲ ± ۰/۰۳^{a}	۲/۸۷ ± ۰/۰۴^{a}
تخلخل	۲۶/۳۳ ± ۰/۲۵^{c}	۲۸/۱۳ ± ۰/۶۱^{b}	۲۹/۹۳ ± ۰/۹۳^{a}	۲۹/۹۰ ± ۰/۴۶^{a}
رنگ پوسته				
شاخص L*	۶۳/۴۱ ± ۰/۹۹^{a}	۶۳/۷۷ ± ۰/۷۰^{a}	۶۱/۵۳ ± ۰/۴۸^{b}	۵۹/۱۱ ± ۰/۶۳^{c}
شاخص a*	۷/۴۹ ± ۰/۷۳^{c}	۸/۸۲ ± ۰/۳۲^{b}	۹/۹۱ ± ۰/۱۸^{a}	۱۰/۳۸ ± ۰/۱۱^{a}
شاخص b*	۱/۱۶ ± ۱۲/۴۹^{c}	۱۵/۱۶ ± ۰/۶۳^{b}	۱۶/۳۲ ± ۱/۳۰^{ab}	۱۸/۰۲ ± ۱/۹۲^{a}
ΔE	–	۴/۳۰ ± ۱/۵۵^{b}	۵/۰۶ ± ۱/۶۸^{b}	۷/۶۴ ± ۱/۰۹^{a}
رنگ مغز				
شاخص L*	۶۶/۴۸ ± ۰/۱۷^{a}	۶۵/۳۶ ± ۰/۱۴^{b}	۶۳/۷۷ ± ۰/۴۱^{c}	۶۱/۸۳ ± ۰/۴۸^{d}
شاخص a*	۴/۶۷ ± ۰/۱۸^{d}	۵/۸۱ ± ۰/۱۷^{c}	۶/۶۷ ± ۰/۲۲^{b}	۷/۹۶ ± ۰/۴۲^{a}
شاخص b*	۱۰/۶۹ ± ۰/۲۶^{c}	۱۱/۵۳ ± ۰/۳۵^{b}	۱۲/۲۷ ± ۰/۴۲^{ab}	۱۳/۲۱ ± ۰/۲۱^{a}
ΔE	-	۱/۸۱ ± ۰/۲۹^{c}	۳/۷۴ ± ۰/۰۶^{b}	۶/۲۴ ± ۰/۶۲^{a}

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

حروف لاتین کوچک مختلف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون Duncan در سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ می‌باشد.



شکل ۲. اثر جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم بر خواص آنتی‌اکسیدانی کیک اسفنجی

حروف لاتین کوچک مختلف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون Duncan در سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ و حروف لاتین بزرگ مختلف بیانگر تفاوت معنی‌دار در روزهای اول و سوم ماندگاری بر اساس آزمون t در سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ می‌باشد.

کلیه نتایج خصوصیات بافتی در جدول ۳ ارایه شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قابلیت ارتجاعی و یکپارچگی نمونه‌های کیک حاوی پودر قارچ نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت ($P < ۰/۰۵$). صمغیت، قابلیت جویدن و سختی، رابطه مستقیمی با افزایش درصد پودر قارچ استفاده شده داشت و این شاخص‌ها در نمونه حاوی ۸ درصد پودر قارچ در بالاترین مقدار بود. قابلیت جویدن، صمغیت، فنریت و چسبندگی کیک دارای ۲ درصد پودر قارچ، بیشترین شباهت را به نمونه شاهد داشت. دوره ماندگاری تأثیر قابل توجهی بر تمامی ویژگی‌های بافتی تیمارهای مختلف داشت ($P < ۰/۰۵$).

ارزیابی حسی: نتایج مقایسه ویژگی‌های حسی در شکل ۳ نشان داده شده است. امتیاز عطر و بوی نمونه‌های حاوی ۲ و ۴ درصد، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت. همچنین، امتیاز طعم و مزه و رنگ نمونه ۲ درصد با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در ارزیابی حسی متغیر بافت نیز تفاوتی بین تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$). از لحاظ پذیرش کلی، بین همه تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما امتیاز پذیرش کلی نمونه حاوی ۲ درصد پودر قارچ کمترین اختلاف را با نمونه شاهد داشت.

بحث

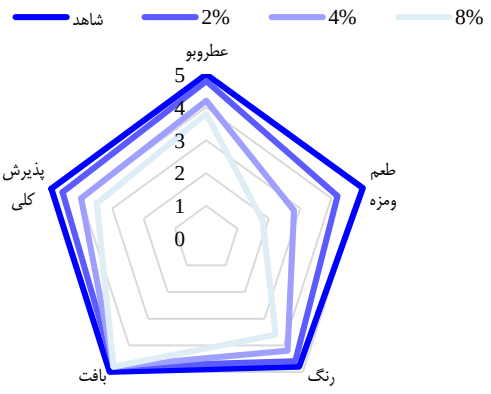
هدف از انجام پژوهش حاضر، تولید کیک اسفنجی غنی شده با قارچ گانودرما لوسیدوم با خواص حسی و بافتی مطلوب بود. بر اساس ارزیابی اولیه، مقدار فیبر پودر قارچ گانودرما لوسیدم حدود ۴۳ درصد گزارش شده است که تأثیر معنی‌داری بر سطح فیبر کیک‌های اسفنجی داشت. با توجه به قابلیت جذب رطوبت توسط فیبرها و قابلیت نگهداری آب، به کارگیری پودر قارچ در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی، سبب شد تا مقدار رطوبت نمونه‌ها متناسب با افزایش مقدار فیبر، افزایش چشمگیری یابد.

جدول ۳. اثر جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم بر خواص بافتی کیک اسفنجی

خواص بافتی	تیمار			
	شاهد	۲ درصد	۴ درصد	۸ درصد
چسبندگی				
روز اول	۰/۵۳ ± ۰/۰۵^{aB}	۰/۶۷ ± ۰/۰۸^{aB}	۰/۴۲ ± ۰/۰۳^{bB}	۰/۴۳ ± ۰/۰۲^{bB}
روز سوم	۰/۸۳ ± ۰/۰۴^{aA}	۰/۸۳ ± ۰/۰۶^{aA}	۰/۷۱ ± ۰/۰۶^{aA}	۰/۷۰ ± ۰/۰۳^{aA}
ارتجاعی				
روز اول	۰/۱۲ ± ۰/۰۱^{bB}	۰/۹۷ ± ۰^{aA}	۰/۹۱ ± ۰/۰۶^{aA}	۱/۱۴ ± ۰/۰۱^{aA}
روز سوم	۰/۸۳ ± ۰/۰۴^{aA}	۰/۶۷ ± ۰/۰۱^{aB}	۰/۷۳ ± ۰/۰۱^{aB}	۱/۱۴ ± ۰/۰۳^{aA}
یکپارچگی				
روز اول	۰/۳۳ ± ۰/۰۴^{aA}	۰/۳۰ ± ۰/۰۱^{aA}	۰/۳۲ ± ۰/۰۲^{aA}	۰/۳۵ ± ۰/۰۳^{aB}
روز سوم	۰/۲۷ ± ۰/۰۲^{aB}	۰/۲۳ ± ۰^{aB}	۰/۲۹ ± ۰/۰۲^{aB}	۰/۴۱ ± ۰/۰۱^{aA}
فنریت				
روز اول	۸/۵۹ ± ۰/۰۵^{aB}	۱۰/۵۸ ± ۰/۰۴^{aB}	۹/۳۸ ± ۰/۴۶^{aB}	۱۱/۵۳ ± ۰/۰۴^{aB}
روز سوم	۱۳/۷۲ ± ۰/۴۲^{aA}	۱۲/۶۳ ± ۰/۲۶^{aA}	۱۲/۶۲ ± ۰/۲۵^{aA}	۱۲/۸۱ ± ۰/۰۶^{aA}
صمغیت				
روز اول	۰/۷۱ ± ۰/۰۱^{cB}	۰/۸۰ ± ۰/۰۱^{bcB}	۱/۱۰ ± ۰/۰۸^{bB}	۱/۵۱ ± ۰/۰۹^{aB}
روز سوم	۰/۸۳ ± ۰/۰۶^{cA}	۱/۰۷ ± ۰/۰۱^{bA}	۲/۶۹ ± ۰/۰۴^{aA}	۲/۵۱ ± ۰/۰۶^{aA}
قابلیت جویدن				
روز اول	۶/۱۷ ± ۱/۵۷^{bB}	۸/۴۷ ± ۲/۰۱^{bB}	۱۲/۸۰ ± ۱/۵۹^{aB}	۱۷/۴۳ ± ۱/۶۸^{aB}
روز سوم	۱۱/۳۰ ± ۳/۳۰^{bA}	۱۳/۴۰ ± ۲/۱۵^{bA}	۳۳/۴۰ ± ۶/۲۴^{aA}	۳۲/۴۷ ± ۵/۰۶^{aA}
سختی				
روز اول	۱/۹۱ ± ۰/۲۷^{dB}	۲/۴۳ ± ۰/۴۸^{cB}	۲/۶۴ ± ۰/۲۸^{bB}	۴/۰۰ ± ۰/۱۲^{aB}
روز سوم	۲/۸۲ ± ۰/۴۸^{cB}	۴/۳۲ ± ۰/۳۴^{aA}	۸/۴۴ ± ۰/۹۲^{aA}	۵/۶۲ ± ۰/۳۳^{aA}

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

حروف لاتین کوچک مختلف در ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون Duncan در سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ و حروف لاتین بزرگ مختلف در ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در روزهای اول و سوم ماندگاری بر اساس آزمون t در سطح معنی‌داری $P < ۰/۰۵$ می‌باشد.



شکل ۳. اثر جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم بر خواص حسی کیک اسفنجی

در مطالعات پیشین نیز افزودن فیبر گریپ فروت و باگاس، سبب افزایش معنی‌دار سطح رطوبت نمونه‌های کیک‌های تولید شده گردید (۲۲، ۲۱). علت کاهش میزان پروتئین نمونه‌ها با افزایش درصد پودر قارچ در فرمولاسیون کیک، می‌تواند مربوط به سطح پایین مقدار پروتئین پودر قارچ باشد. محتوای پروتئینی آرد گندم ایرانی در نمونه‌های مختلف حدود ۱۱ درصد گزارش شده است (۲۳)؛ در حالی که در یافته‌های تحقیق حاضر (جدول ۱)، مقدار پروتئین پودر قارچ، ۶/۳۹ در هر ۱۰۰ گرم بود. لازم به ذکر است که مقایسه میزان پروتئین نمونه شاهد با نمونه حاوی ۸ درصد پودر قارچ نشان داد که تنها مقدار ۶/۸ درصد سطح پروتئین کاهش یافته است (۰/۰۵ ± ۱۳/۸۵ در برابر ۰/۰۵ ± ۱۲/۹۲) که با وجود کاهش مقدار پروتئین از لحاظ آماری، کاهش این مقدار پروتئین به لحاظ ارزش تغذیه‌ای چندان ارزشمند نمی‌باشد. در پژوهش Fu و همکاران که بر روی سوسیس مرغ جایگزین شده با مقادیر مختلف قارچ Agaricus bisporus انجام گردید، میزان پروتئین سوسیس‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۴) که حاکی از مقادیر پایین‌تر پروتئین قارچ نسبت به سینه مرغ استفاده شده در

سوسیس‌های مذکور می‌باشد و با یافته‌های بررسی حاضر همخوانی داشت. پودر قارچ گانودرما لوسیدوم دارای مقادیر بالایی از مواد معدنی و در نتیجه، مقادیر بالای خاکستر می‌باشد (۲۵) که همین عامل سبب افزایش معنی‌دار محتوای خاکستر در نمونه‌های حاوی درصد بالاتر پودر قارچ شد. در همین راستا، Hasan در مطالعه خود نشان داد که افزودن پودر قارچ گانودرما به بیسکوئیت‌های تهیه شده با این قارچ، سبب افزایش معنی‌دار مقدار خاکستر نمونه‌ها شد (۲۶).

به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد قارچ‌ها و وجود فیبرهای خوراکی و قابل هضم در پودر قارچ، ایجاد پایداری در ساختار کیک امکان‌پذیر است. همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان شد، قارچ‌ها قابلیت جذب رطوبت دارند. به نظر می‌رسد افزودن قارچ به علت محتوای بالایی از گلوکان‌ها، منجر به افزایش حجم مخصوص کیک‌های اسفنجی شده است. محتوای بتاگلوکان‌ها در برخی از نمونه‌های قارچ تا میزان ۴۵ درصد می‌رسد (۲۷). در تحقیقی گزارش شد که بتاگلوکان‌های تجاری استخراج شده از قارچ گانودرما لوسیدوم به عنوان جایگزین‌کننده چربی در فرمولاسیون کیک اسفنجی، توانست به حفظ حجم کیک مطابق با نمونه شاهد بینجامد (۱۳). افزایش میزان تخلخل نمونه‌ها نیز با قابلیت جذب رطوبت توسط فیبر پودر قارچ گانودرما لوسیدوم ارتباط دارد که باعث بیشتر به دام انداختن حباب‌های گاز تولید شده درون شبکه گلوتنی می‌شود. نتایج پژوهش حاج‌محمدی و همکاران، به افزایش میزان تخلخل متناسب با به کارگیری بتاگلوکان‌های یولاف در کیک اسفنجی (۲۸) نیز تأییدی بر یافته مطالعه حاضر است.

به طور کلی، تغییرات رنگ مغز و بافت کیک می‌تواند تحت تأثیر فرایندهای مختلف، مواد شیمیایی و یا برهم‌کنش مواد تشکیل دهنده آن باشد. تغییرات رنگ مغز کیک به طور عمده به علت ترکیبات تشکیل دهنده فرمولاسیون کیک است. کاهش شدت روشنایی در مغز نمونه‌های حاضر، می‌تواند به دلیل حضور رنگدانه‌ها و ترکیبات پلی‌فنلی پودر قارچ گانودرما باشد (۲۹). همچنین، متناسب با جایگزینی چربی توسط بتاگلوکان‌های استخراج شده از قارچ گانودرما، شاخص روشنایی کیک کم‌کالری کاهش و شاخص‌های a^* و b^* افزایش یافت (۱۳). اگرچه واکنش کاراملیزاسیون و میلارد نیز می‌تواند به تغییرات رنگ پوسته کیک منتهی شود که البته در نمونه شاهد و سایر تیمارها نیز رخ می‌دهد.

با توجه به نوع پلی‌ساکاریدهای قارچ گانودرما، ترکیبات فنولیک موجود و سطح بالای آلفاتوکوفرول و بتاکاروتن در آن (۲۹)، این ماده غذایی یک ترکیب ارزشمند آنتی‌اکسیدان محسوب می‌شود. پیش‌تر پلی‌ساکاریدهای گانودرما فعالیت‌های مهار رادیکال‌های آزاد بالایی از روش DPPH، O^- و OH^- را نشان داده بودند (۳۰). بنابراین، بالا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی کیک‌های حاوی درصد بالاتر قارچ گانودرما دور از انتظار نبود، اما جالب توجه این بود که خاصیت آنتی‌اکسیدانی حتی پس از حرارت پخت و در طول مدت نگهداری نیز حفظ شد. در تحقیقات پیشین نیز افزودن قارچ گانودرما، سبب افزایش قابلیت آنتی‌اکسیدانی سوسیس‌های نوع امولسیونی در طول دوره نگهداری (۱۴) و سس مایونز (۳۱) گردید. همچنین، مخلوط قارچ گانودرما لوسیدوم و قارچ دیگری با نام Cordyceps militaris در شرایط آزمایشگاهی، مهار آنتی‌اکسیدانی قوی و اثر محافظتی در برابر استرس اکسیداتیو ناشی از H_2O_2 بود (۳۲).

در رابطه با ویژگی‌های بافتی، تغییرات سختی بافت به طور قابل توجهی با ترکیبات تشکیل دهنده کیک و به طور غیر مستقیم با حجم کیک مرتبط است (۳۳). افزایش سختی بافت در نمونه‌های حاوی درصد بیشتر قارچ نسبت به نمونه شاهد، می‌تواند به علت مقادیر بالای فیبر باشد. فیبرها حاوی گروه‌های هیدروکسیل هستند که موجب برهم‌کنش آبی به واسطه پیوندهای هیدروژنی می‌شوند (۳۴). از طرف دیگر، علت سخت شدن نمونه‌ها به واسطه مدت زمان نگهداری، می‌تواند به دلایل جذب بیشتر رطوبت توسط فیبرهای پودر قارچ گانودرما، دوباره کریستاله شدن نشاسته و مهاجرت رطوبت از مغز بافت کیک به سمت پوسته کیک باشد. پژوهش‌های زارع‌نژاد و همکاران (۳۴) و دالاندار و همکاران (۳۵) با یافته‌های به دست آمده از مطالعه حاضر نیز مطابقت داشت. حیدریان و گلی نیز با انجام تحقیقی به این نتیجه رسیدند که در مسقطی‌های رژیمی تولید شده با پودر گانودرما، قابلیت جویدن به طور معنی‌داری افزایش یافت (۳۶) که به حضور بتاگلوکان‌های موجود در گانودرما نسبت داده می‌شود (۱۳) و با یافته‌های بررسی حاضر همسو بود. یکپارچگی، مقاومت درونی بافت غذا را می‌سنجد و فنریت با تعیین میزان بازیابی بین فشرده‌سازی اول و دوم اندازه‌گیری می‌شود که برای هر دو مورد با جایگزینی پودر قارچ (حتی تا میزان ۸ درصد) تفاوت معنی‌داری گزارش نشد. عدم تغییر فنریت با نتایج پژوهش‌های صالحی و همکاران (۱۲) و Lindarte Artunduaga و Gutiérrez (۱۳) هم‌راستا بود. حیدریان و گلی در مطالعه خود دریافتند که متناسب با افزودن درصد گانودرما، چسبندگی بافت کاهش یافت (۳۶) که با یافته‌های تحقیق حاضر همسو بود و احتمالاً بتوان به افزایش جذب آب توسط فیبر قارچ و جذب رطوبت حاصل از فرایند رتروگراداسیون زنجیره‌های نشاسته نسبت داد (۳۷). صمغیت از ضرب سختی و یکپارچگی محاسبه می‌شود که قابلیت جویدن، صمغیت و یکپارچگی نمونه‌های بررسی حاضر با نتایج پژوهش Lu و همکاران (۳۸) همخوانی داشت. قابلیت ارتجاعی نیز که ویژگی یک محصول برای بازیابی شکل و اندازه اصلی دوباره خود است، در نمونه‌های حاوی پودر قارچ تغییر معنی‌داری نداشت، اما از نمونه شاهد بیشتر بود.

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین هدف مطالعه حاضر، بهبود ارزش تغذیه‌ای کیک‌های اسفنجی به عنوان یکی از محصولات قنادی پرمصرف بود. بدین ترتیب، فرمولاسیون جدیدی از کیک اسفنجی با جایگزینی درصد آرد گندم با پودر قارچ گانودرما لوسیدوم گزارش شد. بالاترین مقبولیت در کیک‌های مورد بررسی، به نمونه حاوی ۲ درصد پودر قارچ تعلق داشت. نتایج نشان داد که بافت کیک‌های حاوی قارچ گانودرما به لحاظ دارا بودن فیبر بیشتر و در نتیجه حضور پلی‌ساکاریدهای مؤثر آن، حاوی مقدار رطوبت بیشتری بود. با افزودن پودر، قارچ مقدار خاکستر، حجم مخصوص و تخلخل کیک افزایش یافت؛ به طوری که میزان تخلخل در نمونه حاوی ۸ درصد تا حدود ۱۳/۵ درصد افزایش پیدا کرد. با توجه به روند کاهشی مقدار پروتئین، هنوز محتوای پروتئین کیک‌ها مورد پذیرش بود.

در ارتباط با شاخص‌های رنگ مغز و پوسته کیک، در بیشتر موارد تفاوت معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد وجود داشت و تنها شاخص L^* پوسته نمونه ۲ درصد با نمونه شاهد تفاوتی را نشان نداد. تیمارهای حاوی پودر قارچ حتی پس از تحمل دمای پخت و پس از سه روز ماندگاری، قابلیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. ارزیابی ویژگی‌های بافتی کیک نشان داد که قابلیت جویدن، صمغیت، فنریت و چسبندگی کیک دارای ۲ درصد پودر قارچ، بیشترین شباهت را به نمونه شاهد داشت و سختی بافت متناسب با افزایش پودر قارچ، بیشتر شد. در مجموع، می‌توان از پودر قارچ گانودرما حتی با جایگزینی ۲ درصد در مقدار آرد

مصرف شده برای تهیه کیک اسفنجی با ارزش تغذیه‌ای بالا بهره برد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۲۱۲۰۷، مصوب دانشگاه آزاد اسلامی علوم پزشکی تهران می‌باشد. بدین وسیله از تمامی افرادی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Babamiri S, Mojani Qomi MS, Shiehmorteza M. The Efficacy of Ganoderma lucidum in overweight individuals: A randomized placebo-controlled trial. Mediterr J Nutr Metab 2022; 15(2): 263-71.
2. Mojani Qomi MS, Hatami M. Effects of powder, extracts, and components of Ganoderma lucidum in treatment of diabetes. J Guilan Univ Med Sci 2021; 29(4): 86-101. [In Persian].
3. Cao C, Liao Y, Yu Q, Zhang D, Huang J, Su Y, et al. Structural characterization of a galactoglucomannan with anti-neuroinflammatory activity from Ganoderma lucidum. Carbohydr Polym 2024; 334: 122030.
4. Cör D, Knez Ž, Knez Hrnčič M. Antitumour, Antimicrobial, Antioxidant and Antiacetylcholinesterase Effect of Ganoderma Lucidum Terpenoids and Polysaccharides: A Review. Molecules 2018; 23(3): 649.
5. Lakshmi B, Ajith T, Jose N, Janardhanan K. Antimutagenic activity of methanolic extract of Ganoderma lucidum and its effect on hepatic damage caused by benzo [a] pyrene. J Ethnopharmacol 2006; 107(2): 297-303.
6. Mau J-L, Lin H-C, Chen C-C. Non-volatile components of several medicinal mushrooms. Food Res Int 2001; 34(6): 521-6.
7. Sonnenburg JL, Bäckhed F. Diet–microbiota interactions as moderators of human metabolism. Nature 2016; 535(7610): 56-64.
8. O'Keefe SJ, Li JV, Lahti L, Ou J, Carbonero F, Mohammed K, et al. Fat, fibre and cancer risk in African Americans and rural Africans. Nat Commun 2015; 6: 6342.
9. Templeton AW, Strate LL. Updates in Diverticular Disease. Curr Gastroenterol Rep 2013; 15(8): 339.
10. Soliman GA. Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. Nutrients 2019; 11(5).
11. Pasqualone A, Bianco AM, Paradiso VM, Summo C, Gambacorta G, Caponio F. Physico-chemical, sensory and volatile profiles of biscuits enriched with grape marc extract. Food Res Int 2014; 65: 385-93.
12. Salehi F, Kashaninejad M, Asadi F, Najafi A. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. J Food Sci Technol 2016; 53(3): 1418-23.
13. Lindarte Artunduaga J, Gutiérrez LF. Effects of replacing fat by betaglucans from Ganoderma lucidum on batter and cake properties. J Food Sci Technol 2019; 56(1): 451-61.
14. Ghobadi R, Mohammadi R, Chabavizade J, Sami M. Effect of Ganoderma lucidum Powder on Oxidative Stability, Microbial and Sensory Properties of Emulsion Type Sausage. Adv Biomed Res 2018; 7(1): 24.
15. Tie L, Yang HQ, An Y, Liu SQ, Han J, Xu Y, et al. Ganoderma lucidum polysaccharide accelerates refractory wound healing by inhibition of mitochondrial oxidative stress in type 1 diabetes. Cell Physiol Biochem 2012; 29(3-4): 583-94.
16. Raei P, Peighambardoust S, Azadmard-Damirchi S, Ghaffari A. Effect of replacement of sucrose with date syrup on the quality characteristics of sponge cake. Iran J Nutr Sci Food Technol 2016; 11(1): 87-94.
17. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods Committee. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10st ed. St. Paul, Minn: AACC; 2000.
18. Sahraiyan B, Mazaheri Tehrani M, Naghipour F, Ghiafeh Davoodi M, Soleimani M. The effect of mixing wheat flour with rice bran and soybean flour on physicochemical and sensory properties of baguettes. Iran J Nutr Sci Food Technol 2013; 8(3): 229-40. [In Persian].
19. Ataei Nukabadi F, Hojjatoleslamy M, Abbasi H. Measurement of quercetin and 4-Hydroxyisoleucine in cakes fortified with nettle and fenugreek seed and study of their physicochemical properties using mixture design approach. J Food Process Preserv 2022; 46(5): e16527.
20. Sarmasti M, Mojani-Qomi MS, Zolfaghari MS. Preparation and quality characteristics of gluten-free sponge cake using alfalfa seed (Medicago sativa L.) flour. J Food Bioprocess Eng 2023; 6(1): 43-8.
21. Nasrabadi M, Nori TH, Azadfar E, Ghazi Z. Effect of replacing wheat flour with grapefruit fibers on physicochemical and sensory characteristics of sponge cake. J Food SciTechno Nutr 2020; 17(2): 69-80. [In Persian].
22. Khodadadzadeh M, Nasehi B. Evaluation of physicochemical properties, sensory and textural sponge cake enriched with bagasse fiber powder. J Food Sci Technol 2018; 15(79): 9-21. [In Persian].
23. Sahari MA, Gavlighi HA, Tabrizzad MHA. Classification of protein content and technological properties of

eighteen wheat varieties grown in Iran. Int J Food Sci Tech 2006; 41: 6-11.
24. Fu Q, Yang J, Lv L, Shen T, Peng Y, Zhang W. Effects of replacing chicken breast meat with Agaricus bisporus mushrooms on the qualities of emulsion-type sausages. LWT 2023; 184: 114983.
25. Rašeta M, Karaman M, Jakšić M, Šibul F, Kebert M, Novaković A, et al. Mineral composition, antioxidant and cytotoxic biopotentials of wild-growing Ganoderma species (Serbia): G. lucidum (Curtis) P. Karst vs. G. applanatum (Pers.) Pat. Int J Food Sci Tech 2016; 51(12): 2583-90.
26. Hasan MZ. Proximate and mineral analysis of most widely used mushroom cultivated in Chattogram and developed mushroom biscuits. [Thesis]. Chattogram, Bangladesh: Chattogram Veterinary and Animal Sciences University; 2020.
27. Machmudah S, Kodama S, Wahyudiono HK, Goto M. Integrated Process for β-glucan Concentrate from Ganoderma lucidum by Extraction and Micronization. Am Chem Sci J 2016; 11(4): 1-8.
28. Haj Mohamadi A, Karamat J, Hojjatoleslamy M, Molavi H. Investigating the effect of oat beta-glucan enrichment on the physical properties of sponge cake. Iran Food Sci Technol Res J 2013; 9(3): 253-9. [In Persian].
29. Mohsin M, Negi PS, Ahmed Z. Determination of the antioxidant activity and polyphenol contents of wild Lingzhi or Reishi medicinal mushroom, Ganoderma lucidum (W.Curt. Fr.) P. Karst. (Higher Basidiomycetes) from central Himalayan hills of India. Int J Med Mushrooms 2011; 13(6): 535-44.
30. XiaoPing C, Yan C, ShuiBing L, YouGuo C, JianYun L, LanPing L. Free radical scavenging of Ganoderma lucidum polysaccharides and its effect on antioxidant enzymes and immunity activities in cervical carcinoma rats. Carbohydr Polym 2009; 77(2): 389-93.
31. Hajishaabani F, Rahman A, Ghasemi Pirbalouti A. Preparation and formulation of beneficial mayonnaise based on the antioxidant properties of green algae and Ganoderma lucidum and evaluation of its qualitative and physicochemical properties. J Med Herb 2019; 10(2): 65-79. [In Persian].
32. Nguyen KD, Nguyen CM, Le DA, Huynh HT, Tran MT, Truong AT, et al. The mixture of Ganoderma lucidum and Cordyceps militaris: Chemical composition and protective effect against oxidative stress. J Agric Food Res 2024; 15: 101045.
33. Kamel B, Rasper V. Effects of emulsifiers, sorbitol, polydextrose, and crystalline cellulose on the texture of reduced-calorie cakes. J Texture Stud 1988; 19(3): 307-20.
34. Zarenejad F, Azadmard-Damirchi S, Peighambardoust SH, Nemati M, Rafat SA. Functional components and some chemical characteristics changes in cakes fortified with wheat germ. J Res Innov Food Sci Technol 2013; 2(2): 153-66. [In Persian].
35. Dalandar KM, Azadmard-Damirchi S, Gharekhani M. Production of sponge cakes incorporated with black cumin seed powder and assessment of their qualitative properties during storage. Iran J Nutr Sci Food Technol 2020; 15(2): 83-93. [In Persian].
36. Heidarian M, Goli M. Production of Masghati sweets formulation containing Ganoderma locidum by replacing sucrose and wheat starch with sucralose-isomalt and potato starch by response surface methodology. Iran Food Sci Technol Res J 2021; 17(5): 701-16. [In Persian].
37. Mortazavinezhad S, Abbasi H, Jahadi M. Optimizing the components of the sponge cake containing acara. J Res Innov Food Sci Technol 2016; 1(5): 1-14. [In Persian].
38. Lu T-M, Lee C-C, Mau J-L, Lin S-D. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. Food Chem 2010; 119(3): 1090-5.