SJKUMS
Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences
No.4/ Sep-Oct 2026;31(4): 359-369
DOI: 10.22034/31.4.359
https://sjku.muk.ac.ir

Original Article

Bee Bread as Natural Fermented Superfood: Physicochemical and antioxidant Properties

Seyed Jamaledin Ebrahimi[1,2], Sholeh Darvishi[3*], Sirwan Mohammadiazar[4]

1. PhD Candidate in Food Biotechnology, Department of Food Sciences and Technology, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
2. Vice-Chancellor of Education, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran
3. Associate Professor, Department of Food Sciences and Technology, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
4. Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Article history:
Received: January 19, 2026
Revised: July 20, 2026
Accepted: August 11, 2026

*Corresponding author: Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

E-mail: sho.darvishi@ iausdj.ac.ir

Abstract

Background and Aim: Bee bread is a product obtained from bee pollen fermentation in the hive. This study aimed to compare the physicochemical and antioxidant properties of natural Kurdistan bee bread with a sample produced in the laboratory using *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus* and *Streptococcus salvarius subspecies thermophilus*.
Materials and Methods: Natural samples of bee bread were collected from Saral, Avalan and Sarshiv areas of Kurdistan province and compared with laboratory fermented samples. Data were analyzed using SPSS sogtware (version 24) and appropriate statistical tests.
Results: The results showed that natural and laboratory samples were rich in protein, total phenols, and total flavonoids, and the laboratory-produced sample had the potential to replace natural bee bread in terms of nutritional and antioxidant compounds.
Conclusion: Bee bread produced with selected strains demonstrates the potential for producing a high-quality alternative with nutritional and antioxidant characteristics comparable to natural bee bread.

Keywords: Antioxidant activity, Bee bread, Fermentation, Kurdistan, Lactic acid bacteria

Please cite this article as follows: Ebrahimi SJ, Darvishi SH, Mohammadiazar S. Bee Bread as Natural Fermented Superfood: Physicochemical and antioxidant properties. SJKUMS. 2026;31(4):359-369. DOI: 10.22034/31.4.359

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

Copyright © 2026 Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

SJKUMS
مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان
دوره ۳۱، شماره ۴ ، مهر و آبان ۱۴۰۵، صفحات: ۳۵۹-۳۶۹
DOI: 10.22034/31.4.359
https://sjku.muk.ac.ir

مقاله پژوهشی اصیل

نان زنبورعسل؛ یک ابرغذای تخمیرشدهٔ طبیعی: خواص فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی

سیدجمال‌الدین ابراهیمی[۱،۲]، شعله درویشی[۳*]، سیروان محمدی آذر[۴]

۱. دانشجوی دکتری زیست فناوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
۲. معاونت آموزشی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
۴. استادیار، گروه شیمی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۲۹
ویرایش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۹
پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۰

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی کردستان محفوظ است.

***نویسنده مسئول:** شعله درویشی، دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

ایمیل: sho.darvishi@ iausdj.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: نان زنبورعسل فراورده‌ای حاصل از تخمیر گردهٔ زنبورعسل در کندو است. هدف این مطالعه، مقایسهٔ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی نان زنبورعسل طبیعی کردستان با نمونهٔ تولیدشده در آزمایشگاه با استفاده از *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونهٔ *بولگاریکوس* و *استرپتوکوکوس سالواریوس* زیرگونهٔ *ترموفیلوس* بود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی از مناطق سارال، اوالان و سرشیو استان کردستان جمع‌آوری و با نمونهٔ تخمیرشدهٔ آزمایشگاهی مقایسه شدند. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۴ و آزمون‌های آماری مناسب تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان داد نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی و آزمایشگاهی از نظر پروتئین، فنل کل و فلاونوئیدکل غنی هستند و نمونهٔ تولیدشده در آزمایشگاه از نظر ترکیبات تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی، قابلیت جایگزینی با نان زنبورعسل طبیعی را دارد.

نتیجه‌گیری: نان زنبورعسل تولیدشده با سویه‌های منتخب، قابلیت تولید جایگزینی با کیفیت تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی مشابه نان زنبورعسل طبیعی را دارد.

واژگان کلیدی: نان زنبورعسل، تخمیر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، باکتری‌های لاکتیک، کردستان

استناد: ابراهیمی، سیدجمال‌الدین؛ درویشی، شعله؛ محمدی آذر، سیروان. نان زنبورعسل؛ یک ابرغذای تخمیرشدهٔ طبیعی: خواص فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، پاییز ۱۴۰۵؛۳۱(۴): ۳۵۹-۳۶۹.

مقدمه

درحال‌حاضر، یکی از مهم‌ترین مسائل در پیشگیری از بیماری‌ها و داشتن زندگی سالم، مصرف مواد غذایی سالم با این ایده است که «شما همان چیزی هستید که می‌خورید» [۱]. امروزه، مفهوم «غذا به‌عنوان دارو و دارو به‌عنوان غذا»، که به بقراط منصوب شده است، به‌طور فزاینده‌ای در بخش مواد غذایی رایج است؛ جایی که تولید غذاهای عملکردی بخش مهمی از سبک زندگی انسان است [۲]. با توجه به افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات طبیعی، علاقهٔ زیادی به محصولات زنبورعسل وجود دارد [۳]. آن‌ها به‌عنوان منبع بالقوهٔ آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در نظر گرفته می‌شوند که می‌توانند آثار استرس اکسیداتیو را، که زمینه‌ساز بسیاری از بیماری‌هاست، خنثی کنند [۴]. محصولات زنبورعسل، مانند بره موم، نان زنبورعسل، گردهٔ گل، عسل، ژل رویال یا زهر زنبورعسل، منابع امیدبخش آنتی‌اکسیدان هستند؛ زیرا سرشار از ترکیبات فعال زیستی، مانند فلاونوئیدها (مانند کامفرول، کورستین، نارینژنین) و همچنین ترکیبات فنولی، ازجمله مشتقات سینامیک و اسید بنزوئیک هستند [۵].

نان زنبورعسل محصولی با خواص منحصربه‌فرد برای انسان و زنبورعسل است که از طریق تخمیر گردهٔ زنبورعسل در لانهٔ زنبورعسل تولید می‌شود و عمدتاً با *باکتری‌های اسید لاکتیک* (Lactic Acid Bacteria ,LAB) و سویه‌های مخمر موجود در محیط ایجاد می‌شود [۶]. تخمیر برای اصلاح بافت، ایجاد

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

طعم‌های منحصربه‌فرد و بهبود خواص تغذیه‌ای مواد غذایی با تجزیهٔ مواد مغذی موجود در مواد تخمیرشده و تبدیل به مواد مغذی مفید مؤثر است [۷]. در نتیجهٔ تخمیر، اسید لاکتیک با غلظت حداقل ۳ درصد تولید می‌شود که بیشتر به حفظ نان زنبورعسل کمک می‌کند[۸]. هم تخمیر و هم تبدیل زیستی با آنزیم‌های گوارشی زنبورعسل باعث تجزیهٔ گرده و شهد می‌شوند [۹]. در شرایط بی‌هوازی، همراه با دما و رطوبت مناسب در کلنی، میکروب‌های موجود در گرده و آنزیم‌های ترشح‌شده توسط زنبورها با هم کار می‌کنند تا نان زنبورعسل تولید کنند. نان زنبوری، که به‌خوبی ساخته شده است، سرشار از پروتئین (۱۵ تا ۲۸ درصد)، آنزیم‌ها، قندها (۲۴ تا ۳۵ درصد)، لیپیدها (۳ تا ۹ درصد)، ویتامین‌ها و مواد معدنی (۳ تا ۵ درصد) و مواد مغذی دیگر است[۱۰]. همچنین، نان زنبورعسل دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، کاهش چربی خون، محافظ کبد، ضدسرطان، ضدمیکروبی و ضدویروسی به‌دلیل محتوای بالای پروتئین، قند و چربی است [۱۱].

هنگام جمع‌آوری گرده، زنبورهای عسل برای مرطوب‌کردن گرده از شهد و عسل برگشت‌داده‌شده استفاده می‌کنند، درحالی‌که ترشحات غدد بزاقی آن‌ها، که سرشار از آنزیم‌هایی مانند آمیلاز، اینورتاز و گلوکوزیداز است، به آگلوتیناسیون گرده و بسته‌بندی آن کمک می‌کند [۱۲]. این عمل به تشکیل گلوله‌ای از دانه‌های گرده منجر می‌شود که اندازهٔ آن بین ۱/۴ تا ۴/۰ میلی‌متر است [۱۳]. نان زنبورعسل حاوی دانه‌های گرده‌ای است که لایه‌ای بیرونی و به‌دنبال آن، لایه‌ایی از اگزین و اینتین دارد. اگزین، که از اسپورپولنین ساخته شده است، سخت‌ترین عنصر دانهٔ گرده برای تجزیه در طول پردازش آن است [۱۴]. تخمیر گردهٔ زنبورعسل به‌دلیل ریخت‌شناسی گرده و جدار اگزین تا شکسته شدن دیواره و آزادشدن محتویات گرده به فعالیت آنزیمی مؤثر نیاز دارد [۱۵].

اخیراً، نان زنبورعسل در مقایسه با گردهٔ زنبورعسل، به‌عنوان مکمل غذایی مطلوب‌تر مورد توجه قرار گرفته که به افزایش تولید و جمع‌آوری آن از کندو منجر شده است [۱۶]. برای مثال، اسیدهای آمینهٔ برخی ویتامین‌ها، مثلاً ویتامین K، فعالیت میکروبی و سطح اسیدیتهٔ آزاد در نان زنبورعسل در مقایسه با گردهٔ زنبورعسل بالاترند و علاوه‌بر این، سرعت هضم نان زنبورعسل بیشتر از گردهٔ زنبورعسل است؛ زیرا دیوارهٔ دو لایهٔ گردهٔ زنبورعسل تا حدی با آنزیم‌های باکتری هضم شده است. قابلیت هضم پروتئین برای گردهٔ زنبورعسل ۶۹ و برای نان زنبورعسل ۷۶ درصد محاسبه شده است [۱۷]. بااین‌حال، ویژگی‌های عملکردی و ترکیب شیمیایی نان زنبورعسل و گردهٔ زنبورعسل بسته به عواملی مانند منشأ گیاهی گرده، آب‌وهوا، نحوهٔ جمع‌آوری، نوع خاک، ذخیره‌سازی، شرایط جغرافیایی و درجهٔ فراوری متفاوت است [۳].

ازآنجاکه جمع‌آوری نان زنبورعسل از کندو بسیار پرهزینه و زمان‌بر است، خرید آن برای مصرف انسان محدود است. علاوه‌بر این، زنبورداران در استخراج گردهٔ زنبورعسل با استفاده از تله احساس راحتی بیشتری می‌کنند که در این روش، خطر رشد کپک‌های مضر به‌دلیل رطوبت زیاد وجود دارد. علاوه‌بر این، برای جلوگیری از فساد عملیات ذخیره‌سازی مورد نیاز است [۲]. بنابراین، فرصت‌های جایگزین باید برای غلبه بر این موانع در نظر گرفته شود. فرصت منحصربه‌فرد، تخمیر بیوتکنولوژیک BP است که فرایند طبیعی در کندو را شبیه سازی می‌کند و به تولید محصولی با خواص تغذیه‌ای بالا، مانند نان زنبورعسل، منجر می‌شود [۱۸]. گردهٔ زنبورعسل با استفاده از تله‌های گرده در ورودی کندو جمع‌آوری می‌شود، درحالی‌که نان زنبورعسل از قاب‌های داخل کندو استخراج می‌شود. جداسازی نان زنبورعسل از شانهٔ موم نیازمند روش انجماد قبلی قاب‌ها (۲۴ ساعت) پس از له‌شدن مکانیکی موم است. پس از فرایند جمع‌آوری گردهٔ زنبورعسل، نان زنبورعسل به‌صورت دستی از بقایای موم و قطعات مردهٔ زنبورعسل جدا می‌شود و سپس لیوفیلیز و تا زمان استفاده در فریزر (۲۰- درجه سلسیوس) نگهداری می‌شوند [۱۹]. بنابراین، هدف این مطالعه مقایسهٔ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی نان زنبورعسل طبیعی مناطق اصلی تولید عسل در استان کردستان و نان زنبورعسل تولیدشده در شرایط آزمایشگاهی بود.

روش کار

نمونه‌های نان زنبورعسل و گردهٔ زنبورعسل

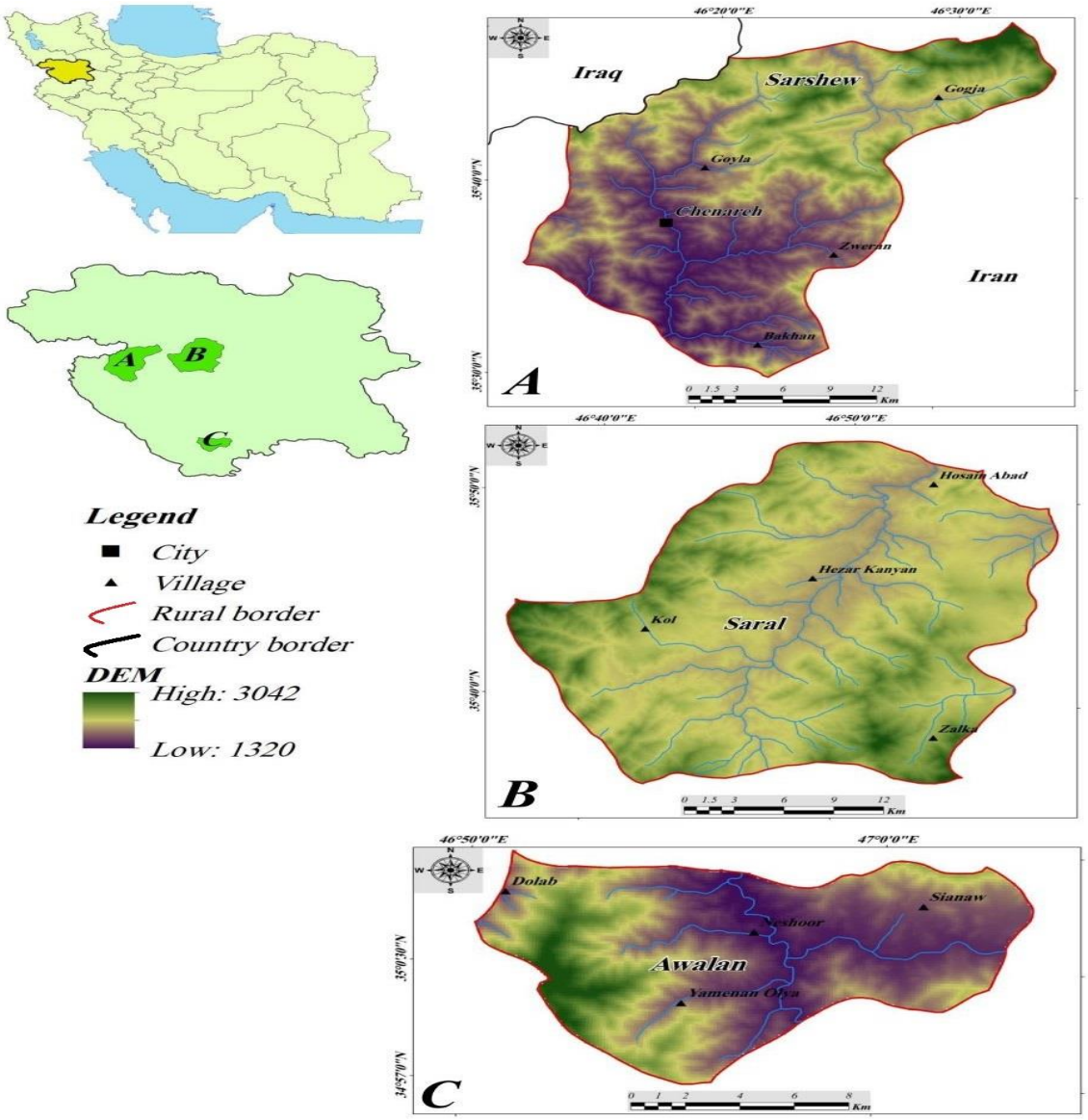
مطالعهٔ حاضر از نوع توصیفی‌تحلیلی است که برای انجام آن، یک نمونهٔ گردهٔ زنبورعسل از زنبوردار محلی در غرب استان کردستان (منطقهٔ اوالان) تهیه شد و نُه نمونهٔ نان زنبورعسل طبیعی از زنبورداران حرفه‌ای سه منطقهٔ اصلی تولیدکنندهٔ عسل در استان کردستان (ایران)، شامل سارال، سرشیو و اوالان (سه کندو از هر منطقهٔ جغرافیایی) طی خرداد ماه ۱۴۰۳ تهیه شد. نمونه‌ها تا انجام آزمایش‌ها در یخچال با دمای ۵+ درجهٔ سلسیوس حداکثر به‌مدت دو هفته نگهداری شد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری نان زنبورعسل طبیعی در مطالعهٔ حاضر را نشان می‌دهد. این مناطق به ترتیب در مختصات جغرافیایی سارال 46°40′0″E،35°40′0″N تا 46°50′0″E، 35°50′0″N، سرشیو 46°20′0″E، 35°30′0″N تا 46°30′0″E، 35°40′0″N و اوالان 47°0′0″E، 35°0′30″N تا 46°50′0″E، 34°57′0″N واقع شده‌اند.

میکروارگانیسم‌ها

باکتری‌های *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونهٔ *بولگاریکوس* (PTCC No:1737) و *استرپتوکوکوس سالواریوس* زیرگونهٔ *ترموفیلوس* (PTCC No:1738) به‌عنوان مایهٔ میکروبی تخمیر از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران (سازمان

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

پژوهش‌های علمی صنعتی ایران) به‌صورت لیوفیلیزه تهیه شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری از نان زنبورعسل

(این تصویر موقعیت جغرافیایی محل نمونه‌برداری را نشان می‌دهد که شامل سه منطقهٔ سارال، آوالان و سرشیو استان کردستان است.)

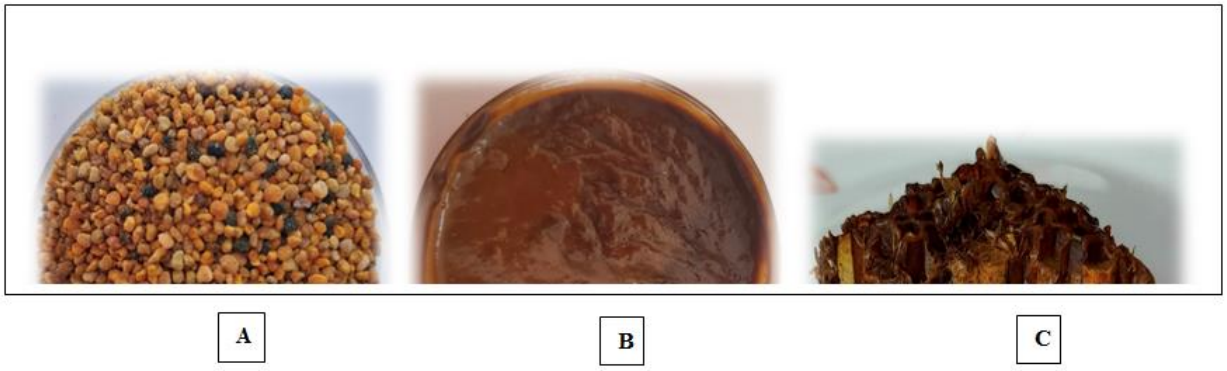
فرایند تخمیر گردهٔ زنبورعسل و تولید نان زنبورعسل در آزمایشگاه

برای تخمیر گرده‌های زنبورعسل براساس روش ذکرشده توسط آداسکویسیوت و همکاران گرده‌های زنبورعسل قبل از انجام آزمایش‌ها و مراحل آماده‌سازی عصاره با یک هاون چینی همگن شد. باکتری‌ها به‌طور ایستا در محیط کشت ام‌آراس براث در دمای ۳۷ درجهٔ سلسیوس کشت داده شد، تا زمانی که چگالی سلولی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۶۰۰ نانومتر به ۰/۷۳ ($۲/۹۲\times۱۰^{۹}$ واحدهای شکل کلنی بر میلی‌لیتر) رسید. این کشت به‌عنوان مایهٔ تلقیح برای تخمیر میکروبی گردهٔ زنبورعسل استفاده شد [۲۰]. ترکیبات محیط کشت MRS به‌عنوان محیط کشت مرجع، که به‌صورت آماده در دسترس است، شامل مخلوط پپتون ۱۰ گرم بر لیتر، عصارهٔ مخمر ۵ گرم بر لیتر، عصارهٔ گوشت ۷/۵ گرم بر لیتر، گلوکز ۲۰ گرم بر لیتر، فسفات دی‌پتاسیم ۲ گرم بر لیتر، استات سدیم ۵ گرم بر لیتر، سیترات آمونیوم ۲ گرم بر لیتر، سولفات منیزیوم ۰/۵۸ گرم بر لیتر، سولفات منگنز ۰/۲۵ گرم بر لیتر و ماده Tween ۸۰ به میزان ۱ گرم بر لیتر است [۲۱]. سپس ۶ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به ۳۰ گرم گردهٔ زنبورعسل همگن اضافه و نگهداری شد تا زمانی که متورم شد. ۱۰ میلی‌لیتر محلول عسل ۶۰ درصد (وزنی/حجمی) جوشانده و سردشده به گردهٔ زنبورعسل اضافه شد.

دو مجموعهٔ یکسان از نمونه‌های مخلوط تخمیر تولید شد. نمونه‌های مجموعهٔ اول با ۶۰۰ میکرولیتر *لاکتوباسیلوس دلبروکی* و *استرپتوکوکوس سالواریوس* زیرگونهٔ *ترموفیلوس* ($۲/۹۲\times۱۰^{۹}$ واحدهای شکل کلنی بر میلی‌لیتر) غنی شد،

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

درحالی‌که نمونه‌های مجموعهٔ دوم بدون تلقیح مایهٔ میکروبی تخمیر به‌عنوان شاهد نگهداری شد. نمونه‌ها به پلیت‌های ۲۲ میلی‌لیتری، که ۲۰ تا ۲۵ درصد فضای بالای آن‌ها خالی گذاشته شده بود، اضافه شد و با توجه به شرایط لازم برای تخمیر توسط باکتری‌های لاکتیک در انکوباتور با دمای ۳۲ درجه سلسیوس به‌مدت دوازده روز در شرایط بی‌هوازی نگهداری شد. پس از دوازده روز، گردهٔ زنبورعسل تخمیرشده و نمونه‌های مجموعهٔ شاهد با روش‌های آزمایشگاهی، آزمایش شدند [۲۲]. شکل ۲ نمونهٔ گردهٔ زنبورعسل، نان زنبورعسل تولیدشده طی فرایند تخمیر در آزمایشگاه و نان زنبورعسل طبیعی تخمیرشده در کندو را نشان می‌دهد.



شکل ۲. A. نمونهٔ گردهٔ زنبورعسل؛ B. نمونهٔ نان زنبورعسل تولیدشده در آزمایشگاه؛ C. نمونهٔ نان زنبورعسل طبیعی
(این تصویر نمونهٔ گرده زنبورعسل تهیه‌شده برای انجام فرایند تخمیر، نان زنبورعسل تولیدشده طی فرایند تخمیر در روز دوازدهم در آزمایشگاه و نان زنبورعسل طبیعی برداشت‌شده از زنبورستان‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.)

آنالیزهای فیزیکوشیمیایی

آماده‌سازی و تهیهٔ عصارهٔ نان زنبورعسل

برای آماده‌سازی و تهیهٔ عصارهٔ نان زنبورعسل براساس مطالعهٔ زاولوگا و همکاران، حدود ۱ گرم از نمونهٔ نان زنبورعسل در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری با ۳۰ میلی‌لیتر اتانول (۹۶ درصد حجم / حجم) مخلوط شد. بشر پوشانده و محتویات آن با سرعت کم به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی هم زده شد. محلول با استفاده از کاغذ صافی واتمن فیلترشده و با اتانول (۹۶ درصد) به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد [۱۸].

pH و اسیدیته آزاد

سنجش pH و اسیدیتهٔ آزاد با افزودن ۲ گرم نان زنبورعسل به ۵ میلی‌لیتر آب فوق خالص (دیونایز) انجام شد. pH با استفاده از pH متر (مدل HQD ساخت شرکت Hach آمریکا) تعیین شد و تیتراسیون با هیدروکسید سدیم نیم‌مولار تا رسیدن به pH ۸/۵ ادامه یافت [۲۳].

ترکیبات غذایی و ارزش غذایی نان زنبورعسل

آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش‌های انجمن رسمی شیمی‌دانان تحلیلی انجام شد و بر این اساس، میزان پروتئین کل، چربی کل و خاکستر تعیین مقدار شد و میزان کل کربوهیدارات‌ها و انرژی طبق روابط زیر محاسبه شد [۲۴]:

کربوهیدرات‌ها (گرم) = (گرم خاکستر+گرم پروتئین+گرم چربی+گرم رطوبت) - ۱۰۰ گرم

انرژی (کیلو کالری بر ۱۰۰ گرم) = ۴× (گرم پروتئین+گرم کربوهیدرات)+۹× (گرم چربی)

برای تعیین میزان رطوبت ۳ گرم از نمونه با استفاده از آون (Memmert) در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت حرارت داده شد (AOAC 950.46). خاکستر نمونه‌ها (AOAC 923.03) با استفاده از کورهٔ الکتریکی (مدل SF-05، کشور کرهٔ جنوبی) انجام شد. لیپید کل با دستگاه سوکسله (مدل SOX406 محصول کمپانی Hanon) تعیین شد که در آن، لیپیدها از ماتریس مواد غذایی با کشیدن حلال استخراج می‌شود. سپس، حلال با حرارت‌دادن از لیپیدها جدا شد (AOAC 991.36). سنجش پروتئین با با استفاده از روش کجلدال (AOAC 981.10) با تغییرات وینکلر انجام شد. اسید بوریک برای تعیین مقدار نیتروژن در نمونه با استفاده از ضریب تبدیل ۶/۲۵ (N x 6.25) به کار گرفته شد.

توان احیاکنندگی

به‌منظور سنجش توان احیاکنندگی نمونه‌ها طبق روش ارتسون و همکاران [۱]، حجمی معادل ۰/۲۵ میلی‌لیتر (۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) از عصارهٔ نان زنبورعسل با ۱/۲۵ میلی‌لیتر بافر فسفات (۰/۲ مولار، pH=۶/۶) و ۱/۲۵ میلی‌لیتر پتاسیم فری‌سیانید ۱ درصد مخلوط شد. محلول به‌مدت بیست دقیقه در حمام آب با دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس قرار داده شد. سپس، ۱/۲۵ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۱۰ درصد به مخلوط اضافه و به‌مدت ده دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۱/۲۵ میلی‌لیتر از لایهٔ بالایی با ۱/۲۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه و

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

۰/۲۵ میلی‌لیتر FeCl3 با غلظت ۰/۱ درصد مخلوط شد. جذب در طول موج ۷۰۰ نانومتر قرائت شد و نتایج به‌صورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر گرم وزن خشک نمونه (میلی‌گرم GAE/g) بیان شد.

فنل کل

میزان فنل کل با استفاده از روش فولین-سیوکالتو (Folin-Ciocalteu) به‌کاررفته در مطالعهٔ آیلانک و همکاران [۲۵] تعیین شد. در این روش، ۰/۵ میلی‌لیتر عصارهٔ اتانولی (۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) با ۰/۲۵ میلی‌لیتر از معرف Folin-Ciocalteu مخلوط شد پس از سه دقیقه، ۱ میلی لیتر Na2CO3 ۲۰ درصد اضافه شد و حجم نهایی با افزودن ۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه تنظیم شد. محلول‌ها به‌مدت ده دقیقه در بنماری با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس قرار گرفتند. سپس، به‌مدت سی دقیقه در تاریکی باقی ماندند تا خنک شدند. جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر Hach-UV/Visible ساخت کشور آلمان در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد و مقدار کل ترکیبات فنلی نمونهٔ نان زنبورعسل به‌صورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر گرم از نمونه بیان شد.

سنجش میزان فلاونوئیدکل

میزان فلاونوئید کل برطبق روشی که آیلی و همکاران [۲۶] به کار برده‌اند، با استفاده از روش کلرید آلومینیوم سنجش شد. در این روش، پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر محلول نمونه یا استاندارد با غلظت‌های مختلف و ۱۰ میلی‌لیتر استات سدیم ۱۰ درصد، محلول فیلتر شد. محلول فیلترشده (۵ میلی‌لیتر) به ۳ میلی‌لیتر محلول ۲/۵ درصد تری‌کلرید آلومینیم اضافه شد و در یک فلاسک حجمی ۲۵ میلی‌لیتری با اتانول ریخته شد. پس از هم‌زدن، این محلول در تاریکی و در دمای اتاق به‌مدت ۴۵ دقیقه انکوبه شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۳۰ نانومتر با استفاده از کووت‌های شیشه‌ای ۱ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. استاندارد تحلیلی برای منحنی کالیبراسیون کوئرستین با غلظت‌های مختلف بود. میزان فلاونوئیدکل برحسب میلی‌گرم کورستین بر گرم نان زنبور بیان شد و با استفاده از منحنی کالیبراسیون به‌دست‌آمده برای غلظت‌های کوئرستین، که بین ۰ و ۰/۱۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر متغیر است، محاسبه شد. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی رادیکال DPPH (۲ و ۲ دی‌فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی رادیکال DPPH برطبق روش میگول و همکاران [۲۷]، محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف عصاره تهیه شد و ۲۵ میکرولیتر از هر محلول به ۱۵۰ میکرولیتر محلول DPPH (63.4 µM) و ۱۲۵ میکرولیتر اتانول ۹۶ درصد اضافه شد. مخلوط به‌مدت یک ساعت در تاریکی در دمای اتاق باقی ماند. کاهش مقدار رادیکال DPPH موجود با استفاده از کاهش مقدار جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت عصارهٔ فراهم‌کننده ۵۰ درصد بازدارندگی (IC50) با استفاده از نمودار درصد اثر مهار در برابر غلظت عصاره محاسبه شد.

درصد اثر مهار از فرمول [(A0-A1/A0)*100] محاسبه شد که در آن A0 جذب یک کنترل منفی است (نمونهٔ شاهد حاوی همان مقدار حلال و محلول DPPH است) و A1 جذب نمونه است. درصد در برابر غلظت عصاره رسم و مقادیر IC50 تعیین می‌شود (غلظت عصاره قادر به حذف ۵۰ درصد رادیکال آزاد DPPH است). هیدروکسی تولوئن بوتیله (BHT) به‌عنوان کنترل مثبت استفاده شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۴ انجام شد، قبل از بررسی فرضیات، آزمون تست نرمالیتهٔ کولموگروف اسمیرنوف انجام شد. برای متغیرهایی که توزیع نرمال نداشتند، از آزمون کروسکال والیس و به‌منظور بررسی فرضیات برای متغیرهایی که توزیع نرمال داشتند، از آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد. تمام آنالیزها در سه تکرار آزمایشگاهی انجام شد و نتایج به‌عنوان میانگین و انحراف معیار برای هر مجموعه از نتایج محاسبه شد.

نتایج

آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها

نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی و نان زنبورعسل تولیدشده طی فرایند تخمیر گردهٔ زنبورعسل در آزمایشگاه در جدول۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، میزان پی‌اچ نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی در محدودهٔ ۴/۲۵±۰/۰۳ تا ۴/۲۸±۰/۰۴۶ و پی‌اچ نمونهٔ نان زنبورعسل تولیدی معادل ۴/۲۲±۰/۰۷ بود و براساس نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه، بین پی‌اچ نمونه‌ها تفاوت آماری معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان کربوهیدرات نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی به‌ترتیب به منطقهٔ اوالان (۶۷/۶۳±۱/۴۷) و منطقهٔ سارال (۱± ۶۲/۲) مربوط بود. میزان کربوهیدرات نان زنبورعسل تولیدی ۱± ۶۵/۶۸ گرم در ۱۰۰ گرم بود و بین میانگین کربوهیدرات نمونهٔ نان زنبورعسل منطقهٔ سارال با بقیهٔ نمونه‌ها اختلاف معناداری وجود داشت (p<۰/۰۵). میزان پروتئین نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی در محدودهٔ ۱۸/۱۷ ±۰/۶ تا ۲۴/۸۵ ± ۰/۶ گرم در ۱۰۰ گرم بود، درحالی‌که پروتئین نان زنبورعسل تولیدی ۲۰/۲۳ ± ۰/۴۸ گرم

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

در ۱۰۰ گرم بود.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌ها

	سارال	سرشیو	آوالان	FBP	سطح معنی داری
pH	۴/۲۶ ± ۰/۰۶	۴/۲۵ ± ۰/۰۳	۴/۲۸ ± ۰/۰۵	۴/۲ ± ۰/۰۷	۰/۶۰۷
کربوهیدرات (g/100g)	۶۲/۲ ± ۱	۶۵/۹ ± ۰/۶	۶۷/۶ ± ۱/۲	۶۵/۷ ± ۰/۸	۰/۰۰۲
پروتئین (g/100g)	(۲۴/۲۴-۲/۹)۲۴/۹۴	(۱۸/۱۹-۳/۳)۱۹/۳	(۱۷/۱۷-۸/۸)۱۷/۸	(۱۹/۱۹-۹۸/۹۸)۱۹/۹۸	۰/۰۳۸
چربی (g/100g)	۶/۷۷ ± ۰/۳۷	۸/۹ ± ۰/۳	۷/۸۵ ± ۰/۷۶	۷/۸ ± ۰/۱	۰/۰۰۹
Total ash (g/100g)	۲/۴ ± ۰/۱۵	۲/۳۳ ± ۰/۱۵	۲/۴ ± ۰/۱۴	۲/۴۴ ± ۰/۱	۰/۸۳۶
فیبر (g/100g)	۳/۸ ± ۰/۳	۳/۸۴ ± ۰/۱	۳/۹۴ ± ۰/۱۳	۳/۸۵ ± ۰/۱۸	۰/۹۱۹
انرژی (Kcal/100g)	۴۰۹/۱±۲/۹	۴۱۹/۱±۷/۹	۴۱۳/۴±۸/۸	۴۱۳/۱±۸/۳	۰/۰۱۲

(در مواردی که متغیرها از توزیع نرمال پیروی می‌کردند، میانگین ± انحراف معیار شاخص‌ها محاسبه شده است و در متغیرهایی که از توزیع نرمال پیروی نکردند، از میانه و IQR استفاده شده است. برای مقایسه از آزمون‌های آنالیزواریانس یک‌طرفه و کروسکال والیس استفاده شده است. مقدار P کمتر از ۰/۰۵ به‌عنوان سطح معنی‌داری آماری در نظر گرفته شده است)

براساس آزمون کروسکال والیس، میانهٔ پروتئین نمونه‌های منطقهٔ سارال بالاتر از نمونه‌های مناطق سرشیو و آوالان و نان زنبورعسل تولیدی در آزمایشگاه بود. میزان چربی نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی برداشت‌شده از زنبورستان‌های سه منطقه در محدودهٔ ۰/۳۷ ± ۶/۷۷ تا ۰/۳ ± ۸/۹ گرم در ۱۰۰ گرم بود و میزان چربی نمونهٔ نان زنبورعسل تولیدی در آزمایشگاه برابر با ۰/۱۳± ۷/۸ گرم در ۱۰۰ گرم بود و براساس نتایج آزمون آنالیزواریانس یک‌طرفه، بین میانگین چربی نمونه‌ها در سه منطقه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین میانگین چربی نمونهٔ منطقهٔ سارال با نمونهٔ منطقهٔ سرشیو اختلاف معناداری وجود دارد (p<۰/۰۵).

میزان خاکستر کل نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی در محدودهٔ ۰/۱۵± ۲/۳۳ تا ۰/۱۷± ۲/۴۲ گرم در ۱۰۰ گرم و میزان خاکستر نان زنبورعسل تولیدشده در آزمایشگاه ۰/۱۴± ۲/۴۴ گرم در ۱۰۰ گرم بود و بین میزان خاکستر نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی و نان زنبورعسل تولیدشده در آزمایشگاه اختلاف معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۵). میزان فیبر نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی در محدودهٔ ۰/۳۶± ۳/۸۲ تا ۰/۱۶ ± ۳/۹۴ گرم در ۱۰۰ گرم بود، درحالی‌که میزان فیبر نان زنبورعسل تولیدی در آزمایشگاه ۰/۲۲± ۳/۸۵ گرم در ۱۰۰ گرم بود و بین میانگین فیبر نمونه‌ها اختلاف معناداری وجود نداشت (p>۰/۰۵). میزان انرژی نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی برداشت‌شده از زنبورستان‌های مناطق سارال، سرشیو و اوالان در محدودهٔ ۱/۵۵± ۴۰۹/۲ تا ۱/۵۷± ۴۱۹/۷۴ کیلوکالری و میانگین انرژی نان زنبورعسل تولیدی در آزمایشگاه ۱/۳ ± ۴۱۳/۸ بود. براساس آزمون آنالیزواریانس یک‌طرفه، بین انرژی نان زنبورعسل مناطق تفاوت معنی‌داری وجود دارد. آزمون تعقیبی توکی نشان داد بین میانگین انرژی نمونهٔ نان زنبورعسل طبیعی منطقهٔ سارال و نمونهٔ منطقهٔ سرشیو تفاوت معناداری وجود داشت (p<۰/۰۵).

سنجش آنتی‌اکسیدان

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار DPPH، توان احیاکنندگی، فلاونوئیدکل و فنل کل موجود در نمونه‌های نان زنبورعسل برداشت‌شده از زنبورستان‌های مناطق سه‌گانه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان DPPH مربوط به نمونهٔ نان زنبورعسل برداشت‌شده از زنبورستان‌های منطقهٔ سارال ۰/۰۵±۰/۳۷ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم و کمترین مربوط به نمونهٔ برداشت‌شده از زنبورستان‌های منطقهٔ سرشیو ۰/۰۳±۰/۲۱ بود. برطبق آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه، تفاوت بین میزان DPPH نمونه‌ها معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). برای مقایسه‌های دودویی، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. نتایج نشان داد که بین میزان DPPH نمونهٔ نان زنبورعسل منطقهٔ سارال با نمونه‌های نان زنبورعسل مناطق سرشیو و اوالان، تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار DPPH، توان احیاکنندگی، فلاونوئیدکل و فنل کل نمونه‌ها

	اوالان	سرشیو	سارال	FBP	سطح معنی داری
DPPH	۰/۲۳±۰/۰۴	۰/۲۱±۰/۰۳	۰/۳۷±۰/۰۵	۰/۳۱±۰/۰۳	۰/۰۰۵
فلاونوئیدکل	۱/۵۳ ± ۰/۰۵	۲/۱±۰/۱۵	۴/۱۱ ±۰/۱۴	۳/۵±۰/۱۵	۰/۰۰۰
توان احیاکنندگی	(۴/۴-۳۳/۳۵)۴/۳۵	(۲/۰۵-۲/۲۰)۲/۲۰	(۲/۱۶-۲/۳۱)۲/۳۱	(۲/۴۵-۲/۵۴)۲/۵۴	۰/۰۲۲
فنل کل	(۱۳/۷۷-۱۴/۱۱)۱۴/۱۱	(۸/۱۵-۸/۴۲)۸/۴۲	(۵/۸۹-۶/۳۳)۶/۳۳	(۸/۷۸-۸/۸۶)۸/۸۶	۰/۰۱۶

(در مواردی که متغیرها از توزیع نرمال پیروی می‌کردند، میانگین ± انحراف معیار شاخص‌ها محاسبه شده و در متغیرهایی که از توزیع نرمال پیروی نکردند، از میانه و IQR استفاده شده است. برای مقایسه از آزمون‌های آنالیزواریانس یک‌طرفه و کروسکال والیس استفاده شده است. مقدار P کمتر از ۰/۰۵ به‌عنوان سطح معنی‌داری آماری در نظر گرفته شده است.)

در مطالعهٔ حاضر، میزان فلاونوئیدکل شناسایی‌شده در نمونه‌های مناطق مختلف، متفاوت بود. بیشترین میزان فلاونوئید

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

کل در نمونهٔ نان زنبورعسل برداشت‌شده از زنبورستان‌های منطقهٔ سارال ۰/۱۴± ۴/۱۱ و کمترین ۰/۰۵ ± ۱/۵۳ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم در نان زنبورعسل منطقهٔ اوالان مشاهده شد و برطبق آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه، تفاوت بین میزان فلاونوئید کل موجود در نمونه‌ها معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). بیشترین میانه مربوط به توان احیاکنندگی (RP) مربوط به نمونهٔ نان زنبورعسل منطقهٔ سارال ۴/۳۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم و کمترین مربوط به نان زنبورعسل منطقهٔ سرشیو ۲/۲۰ بود و برطبق آزمون کروسکال والیس، تفاوت بین میزان توان احیاکنندگی نمونه‌ها معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین میانهٔ فنل کل موجود در نمونه‌های بررسی‌شده به‌ترتیب مربوط به منطقهٔ سارال (۱۴/۱۱)، سرشیو (۸/۴۲) و اوالان (۶/۳۳) میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم بود. برطبق آزمون کروسکال والیس، تفاوت بین میزان فنل کل نمونه‌ها معنی‌دار بود (p<۰/۰۵).

بحث

در پژوهش حاضر، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی کردستان و نان زنبورعسل تولیدشده در آزمایشگاه بررسی شد. میزان کربوهیدرات نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی و نان زنبورعسل تولیدی با میزان کربوهیدرات موجود در نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی در مطالعهٔ کولایلی و همکاران [۲۸] (۰/۴۴±۶۱/۵۲ تا ۰/۰۵±۷۳/۹۳) و آیلانک و همکاران [۱۷] ۱/۵±۶۵/۶ گرم در ۱۰۰ گرم مطابقت داشت، اما با میزان کربوهیدرات نمونهٔ نان زنبورعسل مطالعهٔ کلیسیزیک و همکاران [۲۹] ۲۴ تا ۳۴ درصد گرم بر ۱۰۰ گرم مطابقت نداشت؛ علت این مطابقت‌نداشتن را می‌توان ناشی از تنوع گیاهی و منبع گرده دانست. نان زنبورعسل از گرده‌های گیاهی مختلف تشکیل می‌شود و ترکیب قندی آن به‌شدت تحت‌تأثیر گونه‌های گیاهی غالب منطقه است.

برخی گیاهان گرده‌ای با قندهای ساده و قابل‌هضم بیشتر تولید می‌کنند، درحالی‌که برخی دیگر ترکیب کربوهیدراتی پیچیده‌تری دارند. بنابراین، تفاوت ترکیب فلور منطقهٔ کردستان با مناطق دیگر مورد مطالعه می‌تواند از دیگر دلایل تفاوت میزان کربوهیدرات نمونه‌ها باشد. فرایند تخمیر میکروبی به‌عنوان کلیدی‌ترین مرحله در تولید نان زنبورعسل، در تغییرات ترکیبات ماکرومغذی‌ها نقشی تعیین‌کننده ایفا می‌کند. تفاوت در گونه‌های میکروبی، زمان تخمیر و شرایط محیطی (دما و رطوبت)، باعث می‌شود که میزان کربوهیدرات و پروتئین، بسته به شدت فعالیت‌های آنزیمی و تخمیری، نوسان داشته باشد. همچنین، تفاوت در روش‌های استخراج (حلال‌های مورداستفاده) و پروتکل‌های اندازه‌گیری، مانند روش‌های رنگ‌سنجی در برابر روش‌های کروماتوگرافی، در مطالعات مختلف، از عوامل تکنیکی مؤثر در تفاوت در میزان کربوهیدرات و پروتئین موجود در نان زنبورعسل مناطق مختلف محسوب می‌شود. میزان پروتئین شناسایی‌شده در نمونه‌های نان زنبورعسل مطالعهٔ حاضر با میزان پروتئین نمونه‌های نان زنبورعسل مالزی در مطالعهٔ محمد و همکاران [۳۰] ۷/۳۳±۲۱/۲۳ گرم در ۱۰۰ گرم و میزان پروتئین نمونهٔ نان زنبورعسل ایران (شهر شیراز) در مطالعهٔ فلاح و همکاران [۳۱] ۵۰/۴±۱۸/۱ گرم در ۱۰۰ گرم مشابهت داشت.

میزان انرژی نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی و نمونهٔ نان زنبورعسل تولیدی در آزمایشگاه با میزان انرژی نان زنبورعسل طبیعی مطالعهٔ باکور و همکاران [۳۲] ۰/۴ ± ۳۹۶/۲ کیلوکالری در ۱۰۰ گرم مشابهت داشت، اما با مقدار چربی و خاکستر نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی مطالعهٔ باکور و همکاران (به‌ترتیب ۱/۹۰ ± ۰/۰۸۶ گرم در ۱۰۰ گرم و ۰/۰۸ ± ۳/۳۲ گرم در ۱۰۰ گرم) مشابهت نداشت. مشابهت‌نداشتن در میزان چربی نمونه‌ها را می‌توان ناشی از عوامل مختلفی دانست؛ ازجمله وجود چربی بیشتر در برخی گرده‌ها، نحوهٔ استخراج چربی (نوع حلال، مدت استخراج و آماده‌سازی نمونه در نتیجه اثر دارد)، تغییرات ناشی از تخمیر (برخی لیپیدها در طول تخمیر تغییر می‌کنند یا به ترکیبات دیگر تبدیل می‌شوند)، اکسیداسیون در طول نگهداری (اگر نمونه مدت بیشتری نگهداری شده باشد، ممکن است بخشی از لیپیدها اکسید شوند و مقدار قابل‌سنجش تغییر کند).

گیاهانی که گرده تولید می‌کنند، مواد معدنی را از خاک جذب می‌کنند. بنابراین، نوع خاک، pH، میزان بارندگی و شرایط اقلیمی همگی در ترکیب معدنی گرده و در نتیجه، خاکستر اثر می‌گذارند. وجود ذرات مومی، بقایای گیاهی، یا ناخالصی‌های محیطی نیز می‌تواند مقدار خاکستر را تغییر دهد. در مطالعهٔ کان و همکاران [۳۳] بیشترین و کمترین میزان فلاونوئیدکل در نمونه‌های نان زنبورعسل طبیعی به‌ترتیب معادل ۰/۱۰۴ ± ۳/۵۰۴ و ۰/۰۳۹ ± ۰/۶۸۱ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم، بیشترین و کمترین مقدار فنل کل به‌ترتیب ۰/۲۱۶ ± ۱۴/۹۱۷ و ۰/۰۶۳ ± ۴/۳۹۳ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم بود که با نتایج مطالعهٔ حاضر مطابقت داشت.

برطبق نتایج مطالعهٔ حاضر، نمونه‌های نان زنبورعسل تولیدشده در مناطق جغرافیایی مورد مطالعه، به‌ویژه منطقهٔ سارال، از نظر مقدار ترکیبات فلاونوئیدی در سطحی بالا قرار دارد که می‌تواند ناشی از چندین عامل بیولوژیکی و محیطی باشد. فلاونوئیدها متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که مقدار آن‌ها به‌شدت به نوع گیاه موجود در منطقه وابسته است. منطقهٔ سارال احتمالاً شامل گونه‌های گیاهی است که برای تولید متابولیت‌های ثانویه (فلاونوئیدها) ظرفیت بیشتری دارد. عوامل استرس‌زای محیطی در مناطق مختلف، ازجمله ارتفاع، شدت تابش آفتاب و میزان رطوبت، می‌توانند مسیرهای سنتز فلاونوئیدها در گیاهان

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

منطقه را تغییر دهند و در نهایت، در نان زنبورعسلی که زنبورها تولید می‌کنند، تغییرات کیفی ایجاد می‌کنند. بیشترین مقدار IC50 نمونه‌ها برای فعالیت مهار رادیکال DPPH برابر با ۲/۸۹۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گالیک اسید بود که بیشتر از نتایج به‌دست‌آمده در مطالعهٔ حاضر بود، درحالی‌که کمترین مقدار DPPH برابر ۰/۲۴۲ بود که با نتایج مطالعهٔ حاضر هم‌خوانی داشت.

کانیزارو و همکاران رژیم‌های غذایی زنبورهای عسل جنگل‌های گرمسیری گینهٔ نو، ازجمله اسیدهای چرب، را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تنوع منابع گرده برای حفظ پروفایل کامل اسیدهای چرب در حفظ سلامت زنبورهای عسل اهمیت ویژه‌ای دارد [۳۴]. برطبق نتایج مطالعهٔ کازلینو و همکاران، پروفایل متابولیتی و میزان ترکیبات زیست‌فعال موجود در گردهٔ زنبورعسل و نان زنبور عسل، به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر منشأ جغرافیایی و گیاه‌شناسی منطقه قرار دارد و پروفایل‌های فنولی می‌توانند برای ارزیابی کیفیت این محصولات به‌عنوان نشانگرهای شیمی‌تاکسونومیک استفاده شوند [۳۵]. در مطالعهٔ الی و همکاران بیشترین میزان فنل کل برحسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم در نمونهٔ BBE8 و BBE10 به‌ترتیب (۰/۰۲۹ ± ۱۸/۳۰ و ۰/۰۵۱ ± ۱۸/۳۰) بود و کمترین میزان در نمونهٔ شمارهٔ BBE2 (۰/۰۰۵ ± ۷/۱۰) بود که با نتایج به‌دست‌آمده در مطالعهٔ حاضر مطابقت داشت [۳۶].

بیشترین میزان فلاونوئید کل در نمونهٔ BBE3 (۰/۵۱۶ ± ۱/۸۶ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم) و کمترین میزان در نمونهٔ BBE7(۰/۰۳۵ ± ۰/۴۵) بود که با نمونهٔ اوالان و سرشیو در مطالعهٔ حاضر مطابقت داشت و از مقدار فلاونوئیدکل در نمونهٔ سارال کمتر بود. در مطالعهٔ گرچک و همکاران، میزان فنل کل بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم (۰/۵۴ ± ۴/۹۶)، فلاونوئیدکل برحسب میلی‌گرم کوئرسیتین بر گرم (۰/۰۲ ± ۰/۸) و مقدار DPPH برحسب میلی‌گرم ترولوکس بر گرم (۱/۰۱ ± ۹/۸۳) بود [۳۶] که به‌ترتیب از نتایج فنل کل و فلاونوئیدکل در مطالعهٔ حاضر کمتر و در مقایسه با DPPH بسیار بیشتر بود. در مطالعهٔ مایدا و همکاران، میزان فلاونوئیدکل برحسب میلی‌گرم کوئرسیتین بر گرم ۰/۰۴۲ ± ۲/۷۲ بود [۳۷] که کمتراز میزان فلاونوئیدکل به‌دست‌آمده در منطقهٔ سارال و نان زنبورعسل تولیدی در آزمایشگاه بود و از فلاونوئیدکل نمونه‌های مناطق سرشیو و اوالان بیشتر بود.

همچنین، میزان DPPH ۰/۱۰۰ ± ۳/۳۷۳ میلی‌گرم TEAC بر گرم بیشتر از نتایج به‌دست‌آمده در مطالعهٔ حاضر بود. وجود تفاوت در میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی این مطالعه با مطالعات دیگر می‌تواند ناشی از اختلاف در ترکیب کیفی پلی‌فنول‌ها باشد؛ زیرا توانایی مهار رادیکال‌های آزاد صرفاً به غلظت کل فنل‌ها وابسته نیست، بلکه به نوع و ساختار شیمیایی ترکیبات فنلی موجود در گرده‌های هر منطقه بستگی دارد.

همچنین، شرایط انبارداری و سطح اکسیداسیون نمونه‌ها پیش از انجام آزمایش، از عوامل محیطی دخیل در کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در برخی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه‌های دیگر است. در این مطالعه، تولید نان زنبورعسل در آزمایشگاه برای اولین بار در کشور انجام شد؛ ضمن اینکه تاکنون پروفایل اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و اسیدهای آلی نان زنبورعسل مناطق مختلف استان کردستان در هیچ مطالعه‌ای بررسی نشده است. بنابراین، نوآوری در انجام این مطالعه و ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه ممتاز در سطح کشور به‌منظور دستیابی به نتایج معتبر و قابل‌اعتماد از دیگر از قوت‌ها و مزایای آن به شمار می‌آید. از محدودیت‌های مطالعه می‌توان به هزینه‌های زیاد تهیهٔ محیط کشت، باکتری‌های مورد استفاده برای تولید نان زنبورعسل، تهیهٔ نان زنبورعسل از مناطق مختلف استان و تعرفه زیاد آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های نان زنبورعسل سه منطقهٔ اصلی تولیدکنندهٔ عسل در استان کردستان با نان زنبورعسل تولیدشده طی فرایند تخمیر گردهٔ زنبورعسل در آزمایشگاه ارزیابی شد. نان زنبورعسل تولیدشده در آزمایشگاه می‌تواند جایگزین مناسبی از مواد مغذی، ازجمله کربوهیدرات، پروتئین، آنتی‌اکسیدان‌ها و فلاونوئیدها، باشد. با توجه به اینکه نان زنبورعسل منبع تغذیه‌ای بسیار باارزشی است و این مطالعه برای اولین بار ویژگی‌های نان زنبورعسل استان کردستان را بررسی کرده است، می‌تواند اطلاعات مفیدی درخصوص نان زنبورعسل کردستان و افزایش دسترسی عموم با تولید آن در شرایط آزمایشگاهی ارائه دهد و در زمینهٔ تولید نان زنبورعسل طبیعی کردستان، پیشگام توسعهٔ مطالعات بیشتر باشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، نان زنبورعسل مناطق دیگر استان با تکرارهای بیولوژیکی بیشتر بررسی شود و تأثیر شرایط آب‌وهوایی و انواع گل‌های مناطق مختلف در میزان مواد مغذی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان زنبورعسل ارزیابی شود.

تشکر و قدردانی

از زحمات مسؤل محترم آزمایشگاه میکروبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج و مسؤلان محترم آزمایشگاه معیار دانش پارس اصفهان تشکر می‌شود

ملاحظات اخلاقی

کد تصویب پایان‌نامه ۱۱۰۰۴۸۹۳۷۳۰۲۰۵۶۳۳۷۰۲۱۱۶۲۷۴۷۹۲۵ است

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

تضاد منافع

هیچ‌کدام از نویسندگان این مطالعه، افراد یا دستگاه‌ها تعارض منافعی برای انتشار این مقاله ندارند.

حمایت مالی

هزینهٔ انجام طرح به‌صورت شخصی تأمین شده و از هیچ سازمانی دریافت نشده است.

REFERENCES

1. Ertosun S, Aylanc V, Falcão SI, Vilas-Boas M. Thermal stability and antioxidant activity of bioactive compounds in bread enriched with bee pollen and bee bread. Antioxidants (Basel). 2023;12(9):1691. [DOI: 10.3390/antiox12091691]
2. Barta DG, Cornea-Cipcigan M, Margaoan R, Vodnar DC. Biotechnological processes simulating the natural fermentation process of bee bread and therapeutic properties: an overview. Front Nutr. 2022;9:871896. [DOI: 10.3389/fnut.2022.871896]
3. Aksoy A, Altunatmaz SS, Aksu F, Tokatlı Demirok N, Yazıcı K, Yıkmış S. Bee bread as a functional product: phenolic compounds, amino acid, sugar, and organic acid profiles. Foods. 2024;13(5):795. [DOI: 10.3390/foods13050795]
4. Martinello M, Mutinelli F. Antioxidant activity in bee products: a review. Antioxidants (Basel). 2021;10(1):71. [DOI: 10.3390/antiox10010071]
5. Urcan AC, Criste AD, Szanto KI, Ștefan R, Zahan M, Muscă AS, et al. Antimicrobial and antiproliferative activity of green synthesized silver nanoparticles using bee bread extracts. Pharmaceutics. 2023;15(7):1797. [DOI: 10.3390/pharmaceutics15071797]
6. Poyraz F, Yalmanci D, İspirli H, Dertli E. Characterization of bee bread produced with defined starter cultures mimicking the natural fermentation process. Fermentation. 2023;9(2):174. [Link]
7. Liu Y, Jiang B, Wang K. A review of fermented bee products: sources, nutritional values, and health benefits. Food Res Int. 2023;174(Pt 1):113506. [DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113506]
8. Miłek M, Mołoń M, Kula-Maximenko M, Sidor E, Zaguła G, Dżugan M. Chemical composition and bioactivity of laboratory-fermented bee pollen in comparison with natural bee bread. Biomolecules. 2023;13(7):1025. [DOI: 10.3390/biom13071025]
9. Pokajewicz K, Lamaka D, Hudz N, Adamchuk L, Wieczorek PP. Volatile profile of bee bread. Sci Rep. 2024;14(1):6870. [DOI: 10.1038/s41598-024-57159-y]
10. Wang Y, Ma L, Xu B. Bee wisdom: exploring bee control strategies for food microflora by comparing the physicochemical characteristics and microbial composition of beebread. Microbiol Spectr. 2023;11(6):e0181823. [DOI: 10.1128/spectrum.01818-23]
11. Miłek M, Mołoń M, Kielar P, Sidor E, Bocian A, Marciniak-Lukasiak K, et al. The comparison of honey enriched with laboratory-fermented pollen vs. natural bee bread in terms of nutritional and antioxidant properties, protein in vitro bioaccessibility, and its genoprotective effect in yeast cells. Molecules. 2023;28(15):5851. [DOI: 10.3390/molecules28155851]
12. Bakour M, Laaroussi H, Ousaaid D, El Ghouizi A, Es-Safi I, Mechchate H, et al. Bee bread as a promising source of bioactive molecules and functional properties: an up-to-date review. Antibiotics (Basel). 2022;11(2):203. [DOI: 10.3390/antibiotics11020203]
13. Svečnjak L, Bošković K, Prđun S, Mrkonjić Fuka M, Tanuwidjaja I. Metric and spectral insight into bee pollen to bee-bread transformation process. Foods. 2023;12(22):4149. [DOI: 10.3390/foods12224149]
14. Mohammad SM, Mahmud-Ab-Rashid NK, Zawawi N. Stingless bee-collected pollen (bee bread): chemical and microbiological properties and health benefits. Molecules. 2021;26(4):957. [DOI: 10.3390/molecules26040957]
15. Zhang Z, Cao H, Chen C, Chen X, Wei Q, Zhao F. Effects of fermentation by Ganoderma lucidum and Saccharomyces cerevisiae on rape pollen morphology and its wall. J Food Sci Technol. 2017;54(12):4026-34. [DOI: 10.1007/s13197-017-2868-1]
16. Baky MH, Abouelela MB, Wang K, Farag MA. Bee pollen and bread as a super-food: a comparative review of their metabolome composition and quality assessment in the context of best recovery conditions. Molecules. 2023;28(2):715. [DOI: 10.3390/molecules28020715]
17. Aylanc V, Falcão SI, Vilas-Boas M. Bee pollen and bee bread nutritional potential: chemical composition and macronutrient digestibility under in vitro gastrointestinal system. Food Chem. 2023;413:135597. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135597]
18. Zuluaga CM, Serrato J, Quicazán M. Chemical, nutritional and bioactive characterization of Colombian bee-bread. Chem Eng Trans. 2015;43:175-80. [Link]
19. Ertosun S, Falcão SI, Aylanc V, et al. The impact of bee product incorporation on the processing properties, nutritional value, sensory acceptance, and microbial stability of bread. Food Meas. 2024;18:451-63. [Link]
20. Adaškevičiute V, Kaškoniene V, Barˇcauskaitė K, Kaškonas P, Maruška A. The impact of fermentation on bee pollen polyphenolic compounds composition. Antioxidants. 2022;11:645. [DOI: 10.3390/antiox11040645]
21. Zhang J, Bu Y, Zhang C, Yi H, Liu D, Jiao J. Development of a low-cost and high-efficiency culture medium for bacteriocin Lac-B23 production by Lactobacillus plantarum J23. Biology (Basel). 2020;9(7):171. [DOI: 10.3390/biology9070171]
22. Kaškonienė V, Katilevičiūtė A, Kaškonas P, Maruška A. The impact of solid-state fermentation on bee pollen phenolic compounds and radical scavenging capacity. Chem Pap. 2018;72:2115-20. [Link]
23. Costa MCA, Morgano MA, Ferreira MMC, Milani RF. Analysis of bee pollen constituents from different Brazilian regions: quantification by NIR spectroscopy and PLS regression. LWT Food Sci Technol. 2017;80:76-83. [Link]
24. AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Horwitz W, editor. Gaithersburg (MD): AOAC International; 2000.[Link]
25. Aylanc V, Tomás A, Russo-Almeida P, Falcão SI, Vilas-Boas M. Assessment of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion of bee pollen and bee bread: bioaccessibility and antioxidant activity. Antioxidants (Basel). 2021;10(5):651. [DOI: 10.3390/antiox10050651]
26. Ilie CI, Oprea E, Geana EI, Spoiala A, Buleandra M, Gradisteanu Pircalabioru G, et al. Bee pollen extracts: chemical composition, antioxidant properties, and effect on the growth of selected probiotic and pathogenic bacteria. Antioxidants (Basel). 2022;11(5):959. [DOI: 10.3390/antiox11050959]
27. Miguel MD, Doughmi O, Aazza S, Antunes D, Lyoussi B. Antioxidant, anti-inflammatory and acetylcholinesterase inhibitory activities of propolis from different regions of Morocco. Food Sci Biotechnol. 2014;23(1):313-22. [Link]
28. Kolayli S, Okumus Yukunc G, Kara Y, Demir Kanbur E, Can Z, Ozkok A, et al. Bee bread from Anatolia: its chemical composition, phenolic and aromatic profiles, and antioxidant properties. J Apic Res. 2025;64(3):944-58. [Link]
29. Kieliszek M, Piwowarek K, Kot AM, Błażejak S, Chlebowska-Śmigiel A, Wolska I. Pollen and bee bread as new health-oriented products: a review. Trends Food Sci Technol. 2018;71:170-80. [Link]
30. Mohammad SM, Mahmud-Ab-Rashid NK, Zawawi N. Botanical origin and nutritional values of bee bread of stingless bee (Heterotrigona itama) from Malaysia. J Food

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]

Qual. 2020;2020:1-12. [Link]
31. Fallah M, Najafi F, Kavoosi Gh. Proximate analysis, nutritional quality and anti-amylase activity of bee propolis, bee bread and royal jelly. Int J Food Sci Technol. 2022;57(5):2944-53. [Link]
32. Bakour M, Fernandes Â, Barros L, Sokovic M, Ferreira ICFR. Bee bread as a functional product: chemical composition and bioactive properties. LWT. 2019;109:276-82. [Link]
33. Can Z, Gıdık B, Kara Y, Kolaylı S. Antioxidant activity and phenolic content of bee breads from different regions of Türkiye by chemometric analysis (PCA and HCA). Eur Food Res Technol. 2024;250(12):2961-71. [Link]
34. Cannizzaro C, Brooks P, Ovah R, Inae K, Wilson R, Kämper W, et al. Floral diversity in tropical landscapes affects fatty acid composition in bee bread. Front Bee Sci. 2026;4:1773714. [Link]
35. Cozzolino R, Albanese G, Matarazzo C, De Nigris A, Ambrosone L, De Cristofaro A, et al. Chemical fingerprint of phenolamides and flavonoid glycosides in bee pollen and bee bread from different altitudes and botanical origins. Food Biosci. 2026:108948. [Link]
36. Ilie CI, Spoiala A, Geana EI, Chircov C, Ficai A, Ditu LM, et al. Bee bread: a promising source of bioactive compounds with antioxidant properties—first report on some antimicrobial features. Antioxidants. 2024;13(3):353. [DOI: 10.3390/antiox13030353]
37. Gerçek YC, Dagsuyu E, Basturk FN, Kırkıncı S, Yıldırım N, Kıskan G, et al. Enzyme inhibitory, physicochemical, and phytochemical properties and botanical sources of honey, bee pollen, bee bread, and propolis obtained from the same apiary. Antioxidants. 2024;13(12):1483. [Link]
38. Mayda N, Özkök A, Bayram NE, Gerçek YC, Sorkun K. Bee bread and bee pollen of different plant sources: determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. J Food Meas Charact. 2020;14:1795-1809. [Link]

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-10-25]