



اثر افزودن گرده گل بر خواص فیزیکی-شیمیایی خمیر و کیفیت کیک بدون گلوتن فراسودمند

فاطمه جلیلی^۱، سیدهادی پیغمبردوست^{۱*}، صمد بدبدک^۲، عارف اولاد غفاری^۳

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز.

۲- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، تبریز.

۳- پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، تبریز، تبریز.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۶</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹</p>	<p>در این پژوهش گرده گل جمع آوری شده توسط زنبور عسل (گرده زنبور عسل) در سطوح مختلف (۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد) به کیک بدون گلوتن بر پایه نشاسته ذرت افزوده شد و اثر آن بر ویژگی های فیزیکی-شیمیایی خمیر و خصوصیات تکنولوژیکی کیک بررسی شد. افزودن گرده زنبورعسل اثر معنی داری بر قوام خمیر نداشت ($p > 0.05$) اما موجب کاهش pH و افزایش دانسیته و وزن مخصوص خمیر شد. با افزودن گرده زنبورعسل حجم کیک از ۱۰۴/۷ سانتی متر مکعب در نمونه کنترل (صفر درصد گرده) به ۱۱۲/۳ سانتی متر مکعب در کیک حاوی ۶ درصد گرده افزایش یافت و پس از آن مجدداً به طور معنی داری ($p < 0.05$) کاهش یافت. روند مشابهی در مورد ویژگی حجم ویژه کیک نیز مشاهده شد. ارتفاع قرص کیک از ۵/۲۶ سانتی متر در نمونه کنترل به ۴/۷ سانتی متر در کیک حاوی ۱۵ درصد گرده کاهش یافت. افزودن گرده باعث کاهش میزان افت پخت کیک گردید طوری که نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده کمترین افت پخت را نشان داد. به علاوه، افزودن گرده به فرمول کیک بدون گلوتن با افزایش مقدار رطوبت، خاکستر و شاخص قهوه‌ای شدن پوسته و کاهش فعالیت آبی آن همراه بود. آنالیز تخلخل و ریز ساختار مغز کیک نشان داد که افزودن گرده درصد تخلخل (از ۲۰/۳ به ۳۰/۸ درصد) و میانگین مساحت سلول‌ها نمونه‌ها را (از ۵/۱ به ۱۴/۷ در هر سانتی متر مربع) نسبت به نمونه کنترل افزایش داد. ارزیابی حسی نمونه‌ها مشخص کرد که کیک‌های حاوی ۶ و ۹ درصد گرده زنبورعسل بالاترین امتیازهای پذیرش کلی را نسبت به سایر نمونه‌ها بدست آوردند. بنابراین، می‌توان از سطوح متوسط گرده زنبور عسل برای تولید کیک‌های بدون گلوتن فراسودمند با ویژگی‌های حسی و تکنولوژیکی مطلوب استفاده کرد.</p>
<p>کلمات کلیدی:</p> <p>کیک بدون گلوتن، گرده زنبور عسل، فراسودمند، ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی.</p>	<p>DOI: 10.22034/FSCT.19.128.315 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.26.1</p>
<p>* مسئول مکاتبات: peighambardoust@tabrizu.ac.ir</p>	

۱- مقدمه

کیک نوعی شیرینی آردی با بافت اسفنجی است که مواد تشکیل دهنده اصلی آن آرد، روغن، شکر و تخم مرغ بوده و به سبب طعم مناسب، ارزش غذایی بالا و سهولت مصرف کاربرد زیادی در رژیم غذایی افراد پیدا کرده است [۱]. امروزه بیش از ۲۰ نوع کیک با طعم و ارزش غذایی متنوع تولید می‌شود که حتی برخی از آن‌ها برای افراد خاص از جمله افراد مبتلا به سلیاک تهیه می‌گردند [۲]. بیماری سلیاک، یک اختلال شایع خود ایمنی است که در افراد مستعد از نظر ژنتیکی، با دریافت پروتئین گلوتن گندم، چاودار و جو برانگیخته و منجر به تخریب مخاط روده کوچک می‌شود. این بیماری شامل طیف وسیعی از بی‌علامتی یا علائم خفیف گوارشی یا عصبی تا سوء تغذیه شدید بوده که رژیم غذایی فاقد گلوتن در تسکین این علائم نقش به‌سزایی دارد [۳]. گلوتن مسئول ویژگی‌های ویسکوز و کشسانی خمیر است [۴]. با توجه به اینکه گلوتن پروتئین ساختاری ضروری در اکثر محصولات نانویی بوده و به ساختار مغز و ظاهر آن‌ها کمک می‌کند [۵]، جایگزین کردن ترکیبات دیگر به جای گلوتن عمده‌ترین مشکل تکنولوژیکی در این محصولات است [۶]. از سوی دیگر، به علت استفاده از مواد نشاسته‌ای کیک‌های بدون گلوتن از لحاظ مواد معدنی، پروتئین‌ها و فیبرهای رژیمی دارای کمبود بوده و دارای ارزش تغذیه‌ای پایینی هستند. از این رو می‌توان از ترکیبات فراسودمند برای غنی‌سازی این محصولات استفاده کرد [۷ و ۸].

گرده زنبور عسل به عنوان ماده فراسودمند دارای ترکیبات زیست فعال مختلفی نظیر کاروتنوئیدها، ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها و تربین‌ها است [۹ و ۱۰]. از جمله ترکیبات مهم و فعال زیستی مهم گرده گل می‌توان به اسیدهای آمینه مانند پرولین، لیزین و پروتئین کلاژن [۱۱]، اسیدهای آلی آزاد با ساختار غیرمعمول و کمیاب مانند مونو و هیدروکسی اسیدها و دی‌هیدروکسی کربوکسیلیک اسیدها با ۸ و ۱۰ اتم کربن، ویتامین‌ها و مواد معدنی [۱۲]، نوکلئوتیدها، استیل کولین و ترکیبات هورمونی [۱۳]، گلیکوپروتئین‌ها و پپتیدهای مختلف [۱۴] اشاره کرد. ویژگی آنتی‌اکسیدانی گرده گل مربوط به پروتئین‌های اصلی و ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی آن‌ها است

[۱۵] و دی و تری‌پپتیدهای حاصل از هیدرولیز پروتئینی فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری از خود نشان می‌دهند [۱۱ و ۶]. عملکرد آنتی‌اکسیدانی این پپتیدها مربوط به قابلیت احیاء و فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد، خشی کردن برخی از ترکیبات سمی همانند رادیکال‌های هیدروکسیل و خاصیت شلات‌کنندگی کاتیون‌های فلزی پراکسیدان می‌باشد [۱۷]. ساریچ و همکاران [۱۸] اثر آنتی‌اکسیدانی هفت نوع ترکیب فنولی گرده‌های گل ایسلندی جمع‌آوری شده توسط زنبور عسل را بررسی کردند و نتایج نشان داد که قرص‌های حاوی گرده‌های گل باعث کاهش شاخص اسید تیوباربیتوریک و فعالیت آنزیم‌های اکسید کننده در کبد و مغز موش می‌شود. طبق نتایج پژوهش زلیچ و همکاران [۱۹] گونه‌های مختلف گرده ذرت دارای مقادیر قابل توجهی ترکیبات فلاونوئیدی و فنولی بوده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی از خود نشان دادند. گرده زنبور عسل به عنوان یک ترکیب غذایی با منشاء طبیعی می‌تواند به عنوان یک افزودنی فراسودمند در تولید و غنی‌سازی فراورده‌های غذایی مختلف مورد استفاده قرار گیرد [۹]. لذا هدف از انجام این پژوهش، افزودن مقادیر مختلف گرده زنبور عسل به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه نشاسته ذرتو بررسی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، حسی، تغذیه‌ای آن و ارائه فرمولاسیونی مناسب برای تولید محصولی فراسودمند و با کیفیت است.

۲- مواد و روش‌ها

نشاسته ذرت معمولی (شرکت گلوکوزان، قزوین، ایران)، شیرخشک کم چرب (شرکت رزن، همدان، ایران)، روغن مایع آفتابگردان (شرکت لادن، بهشهر، ایران)، بیکنینگ پودر (شرکت همایش، خوی، ایران)، وانیل پودری (شرکت Polar Bear چین)، پودر شکر (بازار محلی، تبریز، ایران)، تخم مرغ تازه (شرکت عصاره طلائی، تبریز، ایران)، صمغ زانتان و گوار (شرکت رودیا فود، فرانسه)، و گرده زنبور عسل (بازار محلی اهر، ایران) تهیه گردید. ترکیب شیمیایی گرده زنبور عسل و نشاسته ذرت مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1 Chemical composition of bee's pollen and corn starch used

Corn starch	Bee's pollen	Composition
11.50 ± 0.10	16.54 ± 0.10	Moisture (%)
0.13 ± 0.00	4.68 ± 0.15	Ash (%)
0.32 ± 0.03	11.23 ± 0.18	Fat (%)
0.65 ± 0.05	31.62 ± 0.16	Protein (%)
87.40 ± 0.50	35.93 ± 0.20	Carbohydrate (%)

۱-۲- پخت کیک

و عمل همزدن به مدت ۵ دقیقه دیگر ادامه یافت تا یک کرم حاوی حباب‌های یکنواخت هوا ایجاد گردد [۶]. نشاسته ذرت، شیرخشک، بیکنینگ پودر، وانیل، صمغ‌های زانتان و گوار پس از توزین باهم مخلوط و الک شدند و به صورت تدریجی به خمیر افزوده شدند. برای آماده‌سازی گرده زنبورعسل ابتدا آب فرمولاسیون توزین و تمامی گرده مورد نیاز با آب مخلوط شد تا مایعی همگن بدست آید.

برای تهیه خمیر کیک از روش کرم کردن استفاده شد [۲۰]. اجزاء تشکیل دهنده فرمولاسیون نمونه‌های کیک در جدول ۲ آورده شده است. برای تهیه خمیر ابتدا روغن به همراه پودر شکر با همزن برقی (۳۰۶۷، Clatronic KM، آلمان) با سرعت تند (۱۲۰ دور در دقیقه) به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شدند. بعد از آن تخم مرغ کم کم به مایع کیک افزوده شد

Table 2 Gluten-free cake formulation (values are presented in g)

Treatments Composition	Control	3%	6%	9%	12%	15%
Corn starch	100	100	100	100	100	100
Bee's pollen	0	3	6	9	12	15
Vegetable oil	57	57	57	57	57	57
Icing sugar	85	85	85	85	85	85
Vanilla powder	1	1	1	1	1	1
Baking powder	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Milk powder	4	4	4	4	4	4
Water	25.0	25.75	26.5	27.25	28.0	28.75
Egg	74	74	74	74	74	74
Guar gum	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Xanthan gum	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

برای اندازه‌گیری pH ۱۰ گرم نمونه با آب مقطر داخل ارلن به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از کالیبره کردن دستگاه pH متر، pH نمونه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری دانسیته خمیر کیک بلافاصله بعد از تهیه خمیر کم ۳۰ گرم از نمونه با استفاده از استوانه مدرج تعیین شد و میزان دانسیته خمیر از تقسیم وزن بر حجم خمیر محاسبه شد [۲۴].

۲-۳- آزمون های کیک

۲-۳-۱- رطوبت

برای تعیین رطوبت، ۴ تا ۵ گرم نمونه وزن و درون پلیت ریخته شد و در آن (Memmert، آلمان) ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت نگهداری شد. پس از رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت در داخل دسیکاتور، پلیت‌ها توسط ترازو توزین شده و درصد رطوبت (MC^1) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید [۲۵]:

$$MC = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100$$

در رابطه فوق، W_0 وزن اولیه نمونه، W_1 وزن پلیت خالی و W_2 وزن نمونه + پلیت بعد از ۲ ساعت حرارت دهی است.

سپس مایع حاوی گرده زنبور عسل به خمیر حاصل اضافه شد. در نهایت، خمیر به میزان ۵۰ گرم در قالب‌های کوچک به ابعاد $80 \times 40 \times 35$ میلی‌متر حاوی کیسول کاغذی ریخته شد. قالب‌ها در فر آزمایشگاهی (شرکت Voss آلمان) در دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ دقیقه قرار پخته شدند [۲۱]. سپس کیک‌ها از قالب خارج و در دمای اتاق به مدت ۲ ساعت خنک شدند. پس از اندازه‌گیری وزن و افت پخت، حجم و ارتفاع، کیک‌ها در کیسه‌های پلی‌پروپیلنی بسته‌بندی شده و در یخچال معمولی نگهداری شدند.

۲-۲- آزمون‌های خمیر

برای اندازه‌گیری قوام خمیر در قیف با دهانه گشاد ریخته شد و قیف به طور کامل با خمیر پر گردید. وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱۵ ثانیه به عنوان مقدار قوام خمیر در نظر گرفته شد [۲۲].

برای اندازه‌گیری وزن مخصوص از روش نورمحمدی و همکاران [۲۳] استفاده شد. حجم مشابهی از خمیر کیک و آب دو بار تقطیر در یک درجه حرارت یکسان، وزن گردید. با تقسیم وزن خمیر کیک به وزن آب دو بار تقطیر، وزن مخصوص خمیر کیک محاسبه شد.

1. Moisture content (MC)

۲-۳-۲- خاکستر

برای اندازه‌گیری خاکستر کیک، ۳ تا ۵ گرم نمونه کیک پس از سوزانده شدن روی چراغ‌گازی به مدت ۵ الی ۶ ساعت درون کوره الکتریکی (مدل ۱۲۵۲ شرکت Heraeus، آلمان) قرار داده شد و درصد خاکستر با استفاده از رابطه (۲) تعیین شد [۲۶]:

$$Ash = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100$$

در رابطه فوق، W_0 وزن اولیه نمونه، W_1 وزن بوته چینی خالی و W_2 وزن نمونه + بوته چینی بعد از ۵ ساعت حرارت دهی است.

۲-۳-۳- فعالیت آبی

فعالیت آبی مغز کیک‌ها دو ساعت پس از پخت توسط دستگاه سنجش فعالیت آبی (a_w متر) قابل حمل (HP23-AW-A Portable a_w meter ساخت شرکت Rotronic سویس) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد [۲۷].

۲-۳-۴- حجم و حجم ویژه کیک

اندازه‌گیری حجم به روش جایگزینی حجم با استفاده از دانه کلزا انجام شد. در این روش دانه کلزا تا خط نشانه در ظرف فلزی ریخته شد و حجم آن یادداشت گردید. سپس در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، هر یک از نمونه‌های کیک قالبی داخل ظرف فلزی خالی قرار داده شد و با سرعتی یکنواخت دانه کلزا درون آن ریخته و تا خط نشانه پر شد. باقیمانده دانه‌ها را که نشان‌دهنده اختلاف حجم است، درون استوانه مدرج ریخته شد و حجم مخصوص کیک بر حسب میلی‌لیتر تعیین گردید [۲۸]. برای اندازه‌گیری حجم ویژه داده‌های حجم کیک بدست آمده، به وزن کیک تقسیم شد و حجم ویژه بر حسب سانتی متر مکعب بر گرم به دست آمد [۲۹].

۲-۳-۵- ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک از روش هدونیک پنج نقطه‌ای استفاده شد. طی این آزمون از ۱۰ ارزیاب آموزش دیده (۵ نفر خانم و ۵ نفر آقا همگی در محدوده سنی ۲۵ تا ۳۰ سال) خواسته شد تا با بررسی نمونه‌ها به بهترین نمونه امتیاز ۵ (خیلی خوب) و به بدترین نمونه امتیاز ۱ (خیلی بد) داده شود [۳۰].

۲-۳-۶- ارزیابی رنگ

برای ارزیابی تغییرات رنگ پوسته کیک عکس‌های دیجیتالی

در داخل محفظه عکس برداری با مشخصات توضیح داده شده توسط سلطان زاده و همکاران [۳۱] با استفاده از دوربین دیجیتال (Canon SX720, Tokyo, Japan) گرفته شد. عکس‌های گرفته شده از طریق تعیین سه شاخص a^* ، L^* و b^* استخراج شده از نرم افزار Image J و با استفاده از معادلات زیر مورد پردازش قرار گرفت. بر این اساس ضریب X با استفاده از رابطه (۳) به عنوان یک پارامتر مجهول از مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در نرم افزار فوق بدست آمد و با جایگذاری آن در رابطه (۴) اندیس قهوه‌ای شدن^۲ پوسته کیک تعیین شد [۳۲].

$$X = \frac{a^* + 1.75 L^*}{5.645 L^* + [(a^*)^2 - 3.012 b^*]}$$

$$BI = \frac{100 (X - 0.31)}{0.172}$$

۲-۳-۷- ریزساختار و تخلخل

به منظور ارزیابی ریزساختار مغز کیک میزان و تخلخل آن نمونه‌های کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت مورد پردازش تصویری با نرم افزار Image J قرار گرفتند. بدین منظور قطعه‌ای به ابعاد ۳ در ۳ سانتی‌متر از قسمت میانی مغز کیک بریده شد، تصاویر آن‌ها به وسیله دوربین دیجیتال کانن با وضوح ۳۰۰ مگاپیکسل تهیه و در نرم افزار Image J مورد آنالیز قرار گرفت [۳۳].

۲-۴- طرح آماری و نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این تحقیق تاثیر افزودن گرده زنبور عسل در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه نشاسته ذرت، در ۶ سطح مختلف (صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد) بر اساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها به ترتیب با روش ANOVA و آزمون دانکن در سطح ۵ درصد توسط نرم‌افزار IBM SPSS Statistics نسخه ۲۶ انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ رسم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمون‌های خمیر

۳-۱-۱- قوام خمیر

2. Browning index (BI)

جدول ۳ تغییرات وزن مخصوص خمیر کیک بدون گلوتن حاوی گرده زنبور عسل را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، افزودن گرده باعث افزایش معنی دار میزان وزن مخصوص شد ($p > 0.05$). مقادیر وزن مخصوص در محدوده $1.06-1.11$ g قرار داشت که بیشترین مقدار با (1/06 g) مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده زنبور عسل بود، در حالی که کمترین مقدار این شاخص مربوط به نمونه کنترل با وزن مخصوص 1/11 بود. وزن مخصوص خمیر کیک شاخصی جهت ارزیابی قابلیت کلی خمیر برای حفظ هوا می‌باشد [۳۴]. بر اساس نتایج حاصل، گرده زنبور عسل قدرت نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر را کاهش داد [۳۵].

جدول ۳ مقادیر قوام خمیر نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف گرده زنبور عسل را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج افزودن گرده زمانی که با افزودن آب و استاندارد سازی رطوبت و ماده خشک همراه است، اثر معنی‌داری روی میزان قوام نداشت ($p > 0.05$). درصد افزودن گرده نیز قوام خمیر را تحت تاثیر قرار نداد و همه نمونه‌ها از نظر آماری قوام یکسانی داشتند. قوام خمیر وابسته به مقدار آب و در حقیقت مواد جامد فرمولاسیون است و در این تحقیق چون مقدار آب خمیر کیک بر اساس استاندارد مطلوب قوام آن تنظیم گردید لذا تغییر معنی داری در این پارامتر دیده نشد.

۳-۱-۲- وزن مخصوص خمیر

Table 3 Cake batter properties as function of different percentages of bee's pollen (BP)

pH	Specific weight (g/g)	Batter consistency (g/s)	Batter density (g/mL)	Batter properties
				Treatments
6.74±0.02 ^a	1.06±0.001 ^f	0.44±0.02 ^a	1.03±0.08 ^{c*}	Control
6.52±0.03 ^b	1.07±0.001 ^e	0.45±0.04 ^a	1.03±0.04 ^c	3%
6.43±0.02 ^c	1.08±0.001 ^d	0.46±0.03 ^a	1.05±0.06 ^b	6%
6.36±0.05 ^c	1.09±0.004 ^c	0.46±0.02 ^a	1.05±0.07 ^b	9%
6.32±0.01 ^e	1.10±0.003 ^b	0.48±0.04 ^a	1.07±0.08 ^a	12%
6.29±0.03 ^f	1.11±0.001 ^a	0.48±0.03 ^a	1.07±0.05 ^a	15%

* Data are mean of triplicate measurements. Different letters in each column represent significant differences between means at $p < 0.05$.

خمیر اولیه و قابلیت نگهداری حباب‌های هوا طی پخت در درون بافت کیک همراه است. با این وجود، افزایش دانسیته مادامی که تأثیری بر ویژگی‌های حسی محصول نداشته باشد، نمی‌تواند امری نامطلوب تلقی شود اما در دانسیته‌های بسیار زیاد کیک، بافت مغز فشرده شده و از میزان مقبولیت محصول توسط مصرف‌کننده کاسته می‌شود [۳۷].

۳-۲- نتایج آزمون‌های کیک

۳-۲-۱- حجم کیک

نتایج تغییرات حجم کیک در شکل ۱ آمده است. با افزایش مقدار پودر گرده حجم کیک به طور معنی‌داری تغییر یافت ($p < 0.05$). کم‌ترین (98 cm^3) و بیشترین ($112/33 \text{ cm}^3$) مقدار حجم به ترتیب مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد و ۶ درصد گرده زنبور عسل بود. استفاده از گرده زنبور عسل در فرمولاسیون کیک تا ۶ درصد با افزایش حجم همراه بود و پس از آن روند کاهشی مشاهده شد. کاهش حجم و انبساط کیک به دو عامل نسبت داده می‌شود: ۱- در طی پخت، پایداری خمیر به علت کاهش ویسکوزیته و افزایش اندازه حباب‌های هوا کاهش می‌یابد. ۲- به دلیل تغییر در مکانیزم‌هایی است که

۳-۱-۳- pH خمیر

نتایج اندازه گیری pH در جدول ۳ نشان داده شده است. داده‌های حاصل بیانگر اثر معنی‌دار مقدار گرده زنبور عسل مورد استفاده بر pH بود ($p \leq 0.05$) و با افزایش مقدار گرده، pH خمیر کیک کاهش بیشتری داشت. بیشترین مقدار کاهش pH مربوط به کیک بدون گلوتن حاوی ۱۵ درصد گرده بود. دلیل این کاهش مربوط به خاصیت اسیدی گرده زنبور عسل است. pH گرده زنبور عسل خالص مورد استفاده در این تحقیق ۴/۶ بدست آمد. لذا افزودن گرده اسیدی به خمیر کیک در نسبت‌های افزایش‌دهنده باعث کاهش pH خمیر گردید [۳۶].

۳-۱-۴- دانسیته خمیر

همانطوری که در جدول ۳ مشخص است، افزودن گرده زنبور عسل باعث افزایش معنی‌دار میزان دانسیته خمیرها شد ($p \leq 0.05$). بیشترین مقدار دانسیته ($1/071$ گرم بر میلی‌لیتر) مربوط به تیمارهای حاوی ۱۲ و ۱۵ درصد گرده زنبور عسل بود، در حالی که کمترین مقدار این شاخص در نمونه‌های کنترل و حاوی ۳ درصد گرده ($1/03$ گرم بر میلی‌لیتر) به دست آمد. افزایش دانسیته کیک با کاهش میزان هوای موجود در

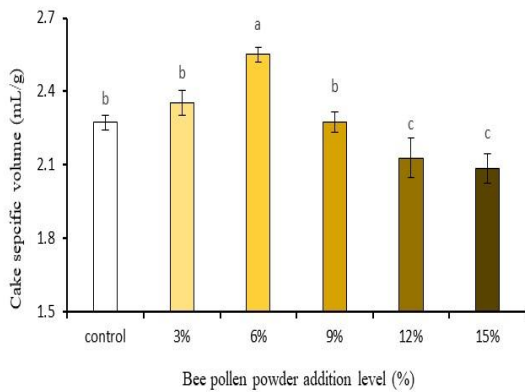


Fig 2 Variation of cake specific volume as function of different levels of bee pollen addition. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values and different alphabetical letters show significant ($p < 0.05$) differences between means.

۳-۲-۳- شاخص قهوه‌ای شدن پوسته کیک

نتایج تغییرات اندیس قهوه ای شدن پوسته کیک در شکل ۳ آمده است. افزایش مقدار افزودن گرده زنبورعسل باعث افزایش معنی‌دار ($p < 0.05$) شاخص قهوه ای شدن پوسته گردید. شاخص قهوه‌ای شدن پوسته کیک از ۸۲/۱۵ درصد در نمونه کنترل به ۱۸۵/۶ درصد در نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده زنبور عسل افزایش یافت. افزایش تیرگی پوسته با افزایش سطح گرده را می‌توان به وجود ترکیبات رنگی در گرده زنبور عسل و تیرگی آن [۴۱] و وجود قندهای احیاکننده مداخله گر در واکنش قهوه ای شدن غیرآنزیمی مایلارد نسبت داد [۴۲].

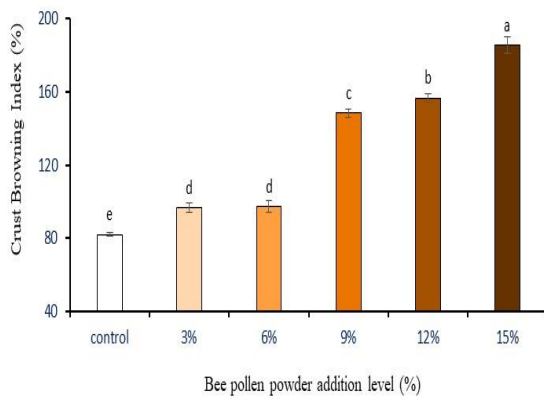


Fig 3 Effect of incorporating different levels of bee pollen addition on cakes' crust browning index. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values and different alphabetical letters show significant ($p < 0.05$) differences between means.

به واسطه بر هم‌کنش میان ترکیبات بافت دهنده، پروتئین‌ها و نشاسته بر دمای ژلاتینه شدن نشاسته و دناتوره شدن پروتئین‌ها اثر می‌کند [۳۸]. فقدان پروتئین‌های تشکیل دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن در کیک فاقد گوتن، موجب کاهش کیفیت تکنولوژیکی کیک و بروز برخی مشکلات کیفی مانند حجم پایین و بافت ضعیف در محصول می‌شود [۳۹].

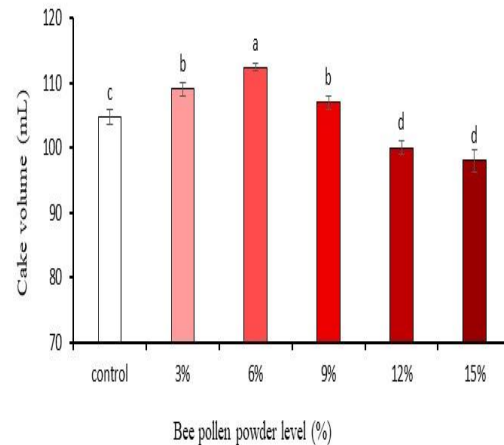


Fig 1 Variation of cake volume as function of different levels of bee pollen addition. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values and different alphabetical letters show significant ($p < 0.05$) differences between means.

۳-۲-۳- حجم ویژه

تغییرات حجم ویژه به ازاء افزودن مقادیر مختلف گرده در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج حجم ویژه مشابه روند تغییرات حجم بود، به‌طوری که بالاترین مقدار حجم ویژه عسل و کمترین این مقدار با میانگین $2/08 \text{ cm}^3/\text{g}$ در نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده مشاهده شد. براساس پژوهش کونته و همکاران [۴۰] افزودن مقادیر یک تا پنج درصد گرده زنبور عسل به نان بدون گلوتن باعث افزایش حجم و حجم ویژه نمونه‌ها شد. دلیل احتمالی افزایش حجم ویژه کیک با افزایش مقدار گرده زنبور عسل تا سطح ۶ درصد تشکیل خمیری با قوام و ویسکوزیته مناسب است که قادر به حفظ حباب‌های هوا به نحو مطلوب‌تری نسبت به نمونه کنترل می‌باشد. با این وجود مقادیر بالاتر گرده (بیش از ۹ درصد) به علت ایجاد چسبندگی زیاد باعث افزایش بیش از حد قوام و سفتی خمیر و کاهش قابلیت نگهداری گاز در آن می‌شود.

۳-۳-ارزیابی حسی

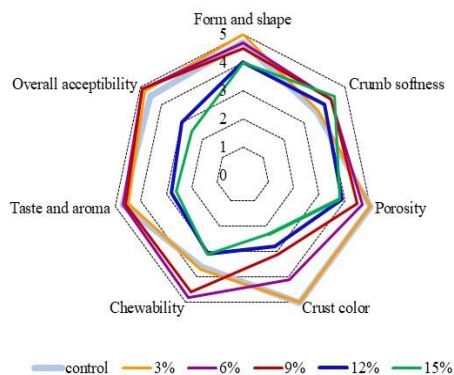


Fig 4 The effect of different amounts of bee pollen powder on sensory evaluation of gluten-free cakes.

Table 4 Sensory evaluation scores of cakes containing different amounts of bee pollen powder.

Treatments	Sensory parameters						
	Form and shape	Crumb softness	Porosity	Crust color	Chewability	Taste and aroma	Overall acceptability
Control	4.7±0.48 ^a	3.6±0.96 ^b	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^a	3.6±0.51 ^b	4.7±0.48 ^a	4.5±0.20 ^b
3%	5.0±0.00 ^a	3.7±0.82 ^{ab}	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^a	3.7±0.48 ^b	4.5±0.52 ^a	4.8±0.20 ^a
6%	4.7±0.48 ^a	4.3±0.67 ^{ab}	4.7±0.48 ^a	4.1±0.31 ^b	4.8±0.42 ^a	4.7±0.48 ^a	4.9±0.10 ^a
9%	4.5±0.70 ^{ab}	4.3±0.67 ^{ab}	4.5±0.52 ^a	3.1±0.56 ^c	4.6±0.51 ^a	4.6±0.69 ^a	4.9±0.10 ^a
12%	4.0±0.66 ^b	4.0±0.05 ^{ab}	3.9±0.73 ^b	2.8±0.63 ^c	3.1±0.19 ^c	2.8±0.13 ^b	3.1±0.13 ^c
15%	4.0±0.66 ^b	4.5±0.84 ^a	3.8±0.78 ^b	2.3±0.94 ^d	3.1±0.19 ^c	2.6±0.17 ^c	2.5±0.17 ^d

*Data are mean±standard deviations (n=3). Different alphabetical letters in each column represent significant ($p < 0.05$) difference between means.

نتایج بدست آمده از طریق اندازه گیری شاخص قهوه ای شدن رنگ پوسته (شکل ۳) بود.

نرمی بافت: امتیاز نرمی بافت در محدوده ۳/۶ تا ۴/۵ قرار داشت و بین نمونه کنترل و نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده تفاوت معنی داری مشاهده شد ($p \leq 0.05$). افزایش مقدار گرده به ۱۵ درصد باعث بهبود نرمی بافت شد و بیشترین امتیاز ارزیابیها (۴/۵) به این نمونه اختصاص یافت. کمترین امتیاز نرمی بافت (۳/۶) نیز مربوط به نمونه کنترل بود.

پوکی و تخلخل: میزان پوکی و تخلخل مغز تا سطح ۳ درصد گرده مورد پسند و مناسب بود و با افزایش بیشتر مقدار گرده زنبورعسل میزان پوکی و تخلخل به دلیل کاهش حجم کاسته شد.

قابلیت جویدن: از نظر قابلیت جویدن امتیاز نمونه حاوی ۶ درصد گرده زنبورعسل برابر با ۴/۸ بود. با افزایش مقدار گرده و کاهش حجم، قابلیت جویدن کیک کاهش یافت و امتیاز نمونه‌های حاوی ۱۲ و ۱۵ درصد به ۳/۶ رسید.

عطر و طعم: از نظر عطر و طعم، نمونه حاوی ۶ درصد

نتایج تأثیر افزودن مقادیر مختلف گرده زنبور عسل بر ویژگی‌های حسی و ظاهری کیک بدون گلوتن در شکل ۴ و نیز در جدول ۴ آمده است. تغییرات بعمل آمده در پارامترهای مختلف حسی کیک ها بصورت ذیل می باشد:

فرم و شکل: افزایش مقدار گرده زنبور عسل تا ۳ درصد امتیاز فرم و شکل کیک مورد ارزیابی را افزایش داد و بالاترین امتیاز (۵) برای این کیک ها اختصاص یافت، در حالی که افزایش بیشتر گرده باعث کاهش امتیاز فرم و شکل شده و بر همین اساس نمونه‌های حاوی ۱۲ و ۱۵ درصد گرده از این نظر حائز کمترین امتیاز حسی (۴) شدند. علت کاهش امتیاز را می توان بیشتر در ارتباط با رنگ و نیز حجم کیک‌ها دانست، زیرا با افزایش بیش از حد مقدار گرده حجم محصولات کاهش یافت. از طرفی، به علت تشدید واکنش‌های مولد پیگمان‌های رنگی، پوسته کیک‌ها تیره‌تر شده و باعث کاهش امتیاز حسی نمونه‌ها شد [۴۴ و ۴۳].

رنگ پوسته: بالاترین امتیاز رنگ پوسته مربوط به نمونه کنترل و نمونه حاوی ۳ درصد گرده با امتیاز ۵ بود و کمترین امتیاز (۲/۳) به نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده اختصاص یافت. افزایش در مقدار گرده زنبورعسل تا ۳ درصد با بهبود رنگ کیک به ویژه رنگ پوسته به دلیل ایجاد رنگ زرد- طلایی مطلوب باعث افزایش در امتیاز حسی شد. نتایج حسی رنگ مشابه

دودویی شده (d) سلول ها شمارش شده را نشان می دهد. درصد تخلخل به صورت نسبت مساحت نقاط تیره به مساحت کل تصویر در حالت دودویی تعریف شده است [۲۳ و ۴۵].

نتایج عددی آنالیز تخلخل، میانگین اندازه سلول های هوا، تعداد سلول ها در هر سانتیمتر مربع در جدول ۵ آمده است. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون چند دامنه‌ای دانکن روی داده‌های حاصل از تصاویر نمونه‌های کیک بدون گلوتن پردازش شده توسط نرم افزار *Image J* نشان داد که افزایش درصد گرده زنبور عسل تأثیر معنی داری بر درصد تخلخل نمونه‌های حاوی گرده در مقایسه با نمونه کنترل داشت. طبق داده‌های جدول ۵، افزایش مقدار گرده زنبور عسل تأثیر معنی داری بر درصد تخلخل نمونه‌های کیک نسبت به تیمار کنترل داشت. درصد تخلخل نمونه‌ها در محدوده ۳۰/۷۷-۲۰/۳۰ درصد قرار داشت و نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده و نمونه کنترل با ۳۰/۷۷ و ۲۰/۳۰ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد تخلخل را داشتند. با افزایش مقدار گرده زنبور عسل تخلخل نمونه‌ها افزایش پیدا کرد. پارامتر تأثیرگذار در مقدار تخلخل نمونه‌ها، نحوه توزیع و نیز متوسط اندازه سلول‌ها می‌باشد. افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش در مقدار میانگین اندازه سلول‌ها و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن‌ها دریافت محصول است (زایوبرو و همکاران، ۲۰۱۲). گرده با تشکیل خمیری یکنواخت با قوام مناسب باعث توزیع یکنواخت حباب‌های گاز می‌شود ولی در مقادیر بالاتر به دلیل افزایش سفتی بافت خمیر ناشی از جذب آب گرده، توزیع یکنواخت حباب‌های گاز دچار اختلال می‌شود [۴۶]. در مورد نشاسته ذرت با گذشت زمان بافت خمیر سفت‌تر و قابلیت توزیع یکنواخت حباب‌های هوا در داخل آن کمتر می‌شود.

گرده زنبور عسل دارای بالاترین امتیاز حسی (۴/۷) در مقایسه با سایر نمونه‌ها بود. علت افزایش امتیاز عطر و طعم نمونه‌ها با افزایش مقدار گرده زنبور عسل را می‌توان به رایحه طبیعی موجود در گرده نسبت داد. با این وجود، در نمونه‌های حاوی ۱۲ و ۱۵ درصد، امتیاز به دلیل غالب شدن طعم تند گرده کاهش یافت که حاکی از طعم مطلوب کیک حاوی سطوح نسبتاً متوسط گرده بود.

پذیرش کلی: نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه‌های حاوی مقادیر کم تا متوسط گرده زنبور عسل (۶ الی ۹ درصد) از لحاظ آماری اختلافی با نمونه کنترل نداشته و بالاترین میزان پذیرش کلی را به خود اختصاص دادند.

۳-۴- تخلخل و ریز ساختار مغز کیک

شکل ۵ تصاویر مغز نمونه ای از کیک بدون گلوتن حاوی گرده زنبور عسل را نشان می دهد. در این شکل برش‌هایی از مغز کیک تیمارهای مختلف با بزرگ‌نمایی ثابت آورده شده است.

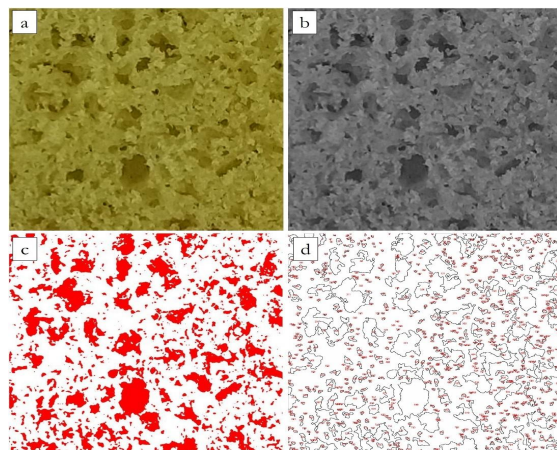


Fig 5 Microstructure analysis of cake a) raw image, b) 8-bit image, c) binary image, and d) cells are counted.

در شکل مزبور (a) تصویر خام (b) تصویر ۸ بیتی (c) تصویر

Table 5 Effect of different percentages of bee pollen powder on porosity, air bubbles number and size in gluten-free cake.

Number of cells per Cm ²	Average area of cells (Cm ²)	Air bubbles number	Porosity (%)	Treatments
9.27±1.6 ^a	5.06±2.0 ^a	985±165.0 ^a	20.30*±1.9 ^b	Control
11.29±3.2 ^a	10.33±8.6 ^a	849.66±212.0 ^a	25.42±7.0 ^{ab}	3%
11.26±3.4 ^a	9.95±6.6 ^a	830±206.4 ^a	25.70±1.7 ^{ab}	6%
11.47±2.12 ^a	9.73±3.1 ^a	812.66±131.5 ^a	26.51±1.6 ^a	9%
12.15±4.3 ^a	14.17±11.5 ^a	813.33±263.9 ^a	30.77±1.8 ^a	12%
12.85±4.7 ^a	14.66±10.4 ^a	786±249.2 ^a	30.61±1.4 ^a	15%

* Data are mean±standard deviations (n=3). Different alphabetical letters in each column represent significant (p < 0.05) difference between means.

به این ترکیب، نتایج بدست آمده تا حدودی قابل پیش‌بینی بود. همچنین این امر می‌تواند علاوه بر متغیر بودن درصد گرده، به دلیل وجود صمغ‌های گوار و زانتان در فرمولاسیون کیک باشد.

۳-۵-۲- خاکستر

داده‌های جدول ۶ نشان داد که افزایش درصد گرده زنبور عسل سبب افزایش معنی‌دار محتوای خاکستر نمونه‌ها نسبت به تیمار کنترل شد ($p \leq 0.05$). نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده و نمونه کنترل با ۰/۸۰ و ۰/۵۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار خاکستر را داشتند. با افزایش مقدار گرده زنبور عسل مقدار خاکستر نمونه‌ها افزایش پیدا کرد. نتایج مشابهی توسط پژوهشگران در مورد افزایش خاکستر بیسکویت‌های غنی شده با گرده زنبور عسل گزارش شده است [۴۷].

۳-۵-۳- فعالیت آبی (a_w)

طبق نتایج جدول ۶، فعالیت آبی نمونه‌های کیک بدون گلوتن حاوی گرده زنبور عسل به طور معنی‌دار کاهش یافت ($p \leq 0.05$). کمترین مقدار فعالیت آبی مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده و بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه کنترل بود. کاهش a_w کیک‌های حاوی گرده به ایجاد پیوند با آب و کاهش میزان آب قابل دسترس نسبت داده شد.

افزودن مقادیر مختلف گرده تغییرات معنی‌داری روی میانگین مساحت سلول‌ها داشت ($p \leq 0.05$). بالاترین میانگین اندازه سلول‌های بافت مغز کیک در نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده و کم‌ترین آن در نمونه کنترل مشاهده گردید. تیمار کنترل که کمترین میانگین اندازه سلول‌ها را داشت، دارای بیشترین تعداد سلول‌ها در سانتی‌متر مربع بود. کونته و همکاران [۴۰] با بررسی ریز ساختار مغز نان بیان کردند که افزودن مقادیر ۳ الی ۴ درصد گرده زنبور عسل به فرمولاسیون نان بدون گلوتن باعث ایجاد بافتی همگن با میانگین اندازه سلول‌های کمتر و نیز افزایش تعداد سلول‌ها می‌گردد که از این جنبه با نتایج بدست آمده در این پژوهش تا حدودی قابل مقایسه است.

۳-۵-۳- نتایج آزمون‌های ترکیبات شیمیایی کیک

۳-۱-۵-۳- رطوبت

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود افزودن گرده زنبور عسل تأثیر معنی‌داری بر مقدار رطوبت نمونه‌های کیک بدون گلوتن داشت ($p \leq 0.05$). رطوبت با افزایش گرده زنبور عسل به شکل معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). کمترین و بیشترین مقدار رطوبت با ۱۸/۲۶ و ۲۲/۴۳٪ به ترتیب مربوط به نمونه کنترل و نمونه حاوی ۱۵ درصد گرده زنبور عسل بود. با توجه به میزان رطوبت نشاسته ذرت، با افزودن رطوبت گرده

Table 6 Effect of different percentages of bee pollen powder on chemical properties of gluten-free cakes.

a_w	Ash (%)	Moisture (%)	
0.78±0.01 ^a	0.53±0.03 ^e	18.26*±0.14 ^d	Control
0.77±0.01 ^b	0.58±0.02 ^d	18.46±0.12 ^d	3%
0.77±0.01 ^b	0.66±0.03 ^c	19.40±0.17 ^c	6%
0.76±0.01 ^c	0.68±0.02 ^c	20.80±0.15 ^b	9%
0.76±0.01 ^c	0.73±0.01 ^b	21.66±0.16 ^a	12%
0.76±0.01 ^c	0.80±0.03 ^a	22.43±0.13 ^a	15%

* Data are mean±standard deviations (n=3). Different alphabetical letters in each column represent significant ($p < 0.05$) difference between means.

نمونه‌های کیک در مقایسه با نمونه کنترل شد. علاوه بر این، حجم کیک و میزان افت پخت در نمونه‌های حاوی گرده نسبت به نمونه کنترل کاهش یافت. در مجموع، نمونه‌های حاوی ۶ و ۹ درصد گرده دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی مطلوبی بودند و به عنوان بهترین تیمار جهت افزودن به کیک بدون گلوتن پیشنهاد شدند.

۵- منابع

[1] Peighambaroust, S.H.; van der Goot, A.J.; Boom, R.M.; Hamer, R.J. Mixing Behaviour

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از گرده زنبور عسل در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن با تغییر ویژگی‌های محصول همراه بود. افزودن گرده به ترکیب خمیر کیک، میزان فعالیت آبی آن را کاهش و رطوبت کیک را افزایش داد که به نوبه خود با متعادل شدن میزان رطوبت باعث تأخیر در بیانی و حفظ حالت تازگی محصول نهایی شد. همچنین، گرده زنبور عسل باعث افزایش وزن مخصوص، دانسیته، pH، میزان خاکستر، درصد تخیل و شاخص قهوه‌ای شدن پوسته

- 359, 129965, doi:10.1016/j.foodchem.2021.129965.
- [11] Karami, Z.; Peighambaroust, S.H.; Hesari, J.; Akbari-Adergani, B.; Andreu, D. Identification and Synthesis of Multifunctional Peptides from Wheat Germ Hydrolysate Fractions Obtained by Proteinase K Digestion. *J. Food Biochem.*2019, 43, e12800, doi:10.1111/jfbc.12800.
- [12] Almaraz-Abarca, N.; Campos, M. da G.; Ávila-Reyes, J.A.; Naranjo-Jiménez, N.; Herrera-Corral, J.; González-Valdez, L.S. Variability of Antioxidant Activity among Honeybee-Collected Pollen of Different Botanical Origin. *Interciencia*2004, 29, 574–578.
- [13] Ramadan, M.F.; Al-Ghamdi, A. Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Royal Jelly: A Review. *J. Funct. Foods*2012, 4, 39–52.
- [14] Collazo, N.; Carpena, M.; Nuñez-Estevez, B.; Otero, P.; Simal-Gandara, J.; Prieto, M.A. Health Promoting Properties of Bee Royal Jelly: Food of the Queens. *Nutrients*2021, 13, 543.
- [15] Ma, C.; Ma, B.; Li, J.; Fang, Y. Changes in Chemical Composition and Antioxidant Activity of Royal Jelly Produced at Different Floral Periods during Migratory Beekeeping. *Food Res. Int.*2022, 155, 111091.
- [16] Li, S.; Tao, L.; Yu, X.; Zheng, H.; Wu, J.; Hu, F. Royal Jelly Proteins and Their Derived Peptides: Preparation, Properties, and Biological Activities. *J. Agric. Food Chem.*2021, 69, 14415–14427.
- [17] Aylanc, V.; Tomás, A.; Russo-Almeida, P.; Falcão, S.I.; Vilas-Boas, M. Assessment of Bioactive Compounds under Simulated Gastrointestinal Digestion of Bee Pollen and Bee Bread: Bioaccessibility and Antioxidant Activity. *Antioxidants*2021, 10, 651.
- [18] Šarić, A.; Balog, T.; Sobčanec, S.; Kušić, B.; Šverko, V.; Rusak, G.; Likić, S.; Bubalo, D.; Pinto, B.; Reali, D. Antioxidant Effects of Flavonoid from Croatian *Cystus Incanus* L. Rich Bee Pollen. *Food Chem. Toxicol.*2009, 47, 547–554.
- [19] Žilić, S.; Vančetović, J.; Janković, M.; Maksimović, V. Chemical Composition, Bioactive Compounds, Antioxidant Capacity and Stability of Floral Maize (*Zea Mays* L.) Pollen. *J. Funct. Foods*2014, 10, 65–74.
- [20] Nourmohammadi, E.; Peighambaroust, H.; Ghaffari, A.O. Feasibility Study of Low- of a Zero-Developed Dough Compared to a Flour-Water Mixture. *J. Cereal Sci.*2006, 44, doi:10.1016/j.jcs.2005.12.011.
- [2] Nourmohammadi, E.; Peighambaroust, S.H. New Concept in Reduced-Calorie Sponge Cake Production by Xylitol and Oligofructose. *J. Food Qual.*2016, doi:10.1111/jfq.12233.
- [3] Banaee Aghdam, N.; Peighambaroust, S.H.; Bodbodak, S.; Olad Ghafari, A. Evaluation the Effect of Incorporating Ajowan Powder (*Carum Copticum*) on Quality Properties of Gluten-Free Cake. *J. food Sci. Technol.*2021, 18, 85–98.
- [4] van der Goot, A.J.J.; Peighambaroust, S.H.H.; Akkermans, C.; Van Oosten-Manski, J.M.M. Creating Novel Structures in Food Materials: The Role of Well-Defined Shear Flow. *Food Biophys.*2008, 3, 120–125, doi:10.1007/s11483-008-9081-8.
- [5] Peighambaroust, S.H.; van der Goot, A.J.; Hamer, R.J.; Boom, R.M. A New Method to Study Simple Shear Processing of Wheat Gluten-Starch Mixtures. *Cereal Chem.*2004, 81, 714–721, doi:10.1094/CCHEM.2004.81.6.714.
- [6] Peighambaroust, S.H.; Hamer, R.J.; Boom, R.M.; van der Goot, A.J. Migration of Gluten under Shear Flow as a Novel Mechanism for Separating Wheat Flour into Gluten and Starch. *J. Cereal Sci.*2008, 48, 327–338, doi:10.1016/j.jcs.2007.10.005.
- [7] Alirezalu, K.; Pateiro, M.; Yaghoubi, M.; Alirezalu, A.; Peighambaroust, S.H.; Lorenzo, J.M. Phytochemical Constituents, Advanced Extraction Technologies and Techno-Functional Properties of Selected Mediterranean Plants for Use in Meat Products. A Comprehensive Review. *Trends Food Sci. Technol.*2020, 100, 292–306, doi:10.1016/j.tifs.2020.04.010.
- [8] Peighambaroust, S.H.; Karami, Z.; Pateiro, M.; Lorenzo, J.M. A Review on Health-Promoting, Biological, and Functional Aspects of Bioactive Peptides in Food Applications. *Biomolecules*2021, 11, 631, doi:10.3390/biom11050631.
- [9] Thakur, M.; Nanda, V. Composition and Functionality of Bee Pollen: A Review. *Trends Food Sci. Technol.*2020, 98, 82–106.
- [10] Akbarbaglu, Z.; Peighambaroust, S.H.; Sarabandi, K.; Jafari, S.M. Spray Drying Encapsulation of Bioactive Compounds within Protein-Based Carriers; Different Options and Applications. *Food Chem.*2021,

- [29] Ronda, F.; Gómez, M.; Blanco, C.A.; Caballero, P.A. Effects of Polyols and Nondigestible Oligosaccharides on the Quality of Sugar-Free Sponge Cakes. *Food Chem.* 2005, 90, 549–555.
- [30] Mashkour, M.; Azari, A.; Hashemi Shahraki, M.; Raeisi, M.; Ebrahimi, M. Effect of Green Tea Powder on Physicochemical Properties and Glycemic Potential of Sponge Cake. *J. Food Qual.* 2022, 2022.
- [31] Soltanzadeh, M.; Peighambaroust, S.H.; Ghanbarzadeh, B.; Amjadi, S.; Mohammadi, M.; Lorenzo, J.M.; Hamishehkar, H. Active Gelatin/Cress Seed Gum-Based Films Reinforced with Chitosan Nanoparticles Encapsulating Pomegranate Peel Extract: Preparation and Characterization. *Food Hydrocoll.* 2022, 129, 107620, doi:10.1016/j.foodhyd.2022.107620.
- [32] Nazari, Z.; Ehtiati, A. Evaluation of the Effect of Fat Replacer Gel on Physicochemical and Rheological Properties of Low-Calorie Cake Dough and Texture. *J. food Sci. Technol.* 2022, 19, 209–220.
- [33] Beikzadeh, M.; Peighambaroust, S.H.; Beikzadeh, S.; Homayouni-Rad, A. Effect of Inulin, Oligofructose and Oligofructose-Enriched Inulin on Physicochemical, Staling, and Sensory Properties of Prebiotic Cake. *J. Agric. Sci. Technol.* 2017, 19.
- [34] Golshan Tafti, A.; Peighambaroust, S.H.; Hesari, J.; Bahrami, A.; Shakuoie Bonab, E. Physico-Chemical and Functional Properties of Spray-Dried Sourdough in Breadmaking. *Food Sci. Technol. Int.* 2013, 19, 271–278, doi:10.1177%2F1082013212452415.
- [35] Bustillos, M.A.; Jonchere, C.; Garnier, C.; Réguerre, A.L.; Della Valle, G. Rheological and Microstructural Characterization of Batters and Sponge Cakes Fortified with Pea Proteins. *Food Hydrocoll.* 2020, 101, 105553.
- [36] Anjos, O.; Fernandes, R.; Cardoso, S.M.; Delgado, T.; Farinha, N.; Paula, V.; Estevinho, L.M.; Carpes, S.T. Bee Pollen as a Natural Antioxidant Source to Prevent Lipid Oxidation in Black Pudding. *LWT* 2019, 111, 869–875.
- [37] Majzoobi, M.; Habibi, M.; Hedayati, S.; Ghiasi, F.; Farahnaky, A. Effects of Commercial Oat Fiber on Characteristics of Batter and Sponge Cake. 2018.
- [38] Peighambaroust, S.H.; Fallah, E.; Hamer, R.J.; van der Goot, A.J. Aeration of Calorie Cake Preparation with Erythritol and Oligo-Fructose. *Iran. J. Nutr. Sci. Food Technol.* 2012, 7, 85–92.
- [21] Raei, P.; Peighambaroust, S.H.; Azadmard-Damirchi, S.; Ghaffari, A.O. Effect of Replacement of Sucrose with Date Syrup on the Quality Characteristics of Sponge Cake. *Iran. J. Nutr. Sci. Food Technol.* 2016, 11, 87–94.
- [22] Beikzadeh, S.; Peighambaroust, S.H.; Beikzadeh, M.; Javar-Abadi, M.A.; Homayouni-Rad, A. Effect of Psyllium Husk on Physical, Nutritional, Sensory, and Staling Properties of Dietary Prebiotic Sponge Cake. *Czech J. Food Sci.* 2016, doi:10.17221/551/2015-CJFS.
- [23] Nourmohammadi, E.; Peighambaroust, S.H. A Comprehensive Study on the Effect of Maltitol and Oligofructose as Alternative Sweeteners in Sponge Cakes. *Int. J. Food Eng.* 2015, doi:10.1515/ijfe-2014-0289.
- [24] SHAKOUIE, B.E.; Peighambaroust, S.H.; AZADMARD, D.S.; Hesari, J.; Rafat, S.A. Effects of Different Levels of Xylitol on Physical and Sensory Characteristics of Sugar-Free Cake. 2013.
- [25] Beikzadeh, S.; Peighambaroust, S.H.; Homayouni-Rad, A.; Beikzadeh, M. Effects of Psyllium and Marve Seed Mucilages on Physical, Sensory and Staling Properties of Sponge Cake. *J. Agric. Sci. Technol.* 2017, 19.
- [26] Soltanzadeh, M.; Peighambaroust, S.H.; Ghanbarzadeh, B.; Mohammadi, M.; Lorenzo, J.M. Chitosan Nanoparticles as a Promising Nanomaterial for Encapsulation of Pomegranate (*Punica Granatum L.*) Peel Extract as a Natural Source of Antioxidants. *Nanomaterials* 2021, 11, 1439, doi:10.3390/nano11061439.
- [27] Soltanzadeh, M.; Peighambaroust, S.H.; Ghanbarzadeh, B.; Mohammadi, M.; Lorenzo, J.M. Chitosan Nanoparticles Encapsulating Lemongrass (*Cymbopogon Commutatus*) Essential Oil: Physicochemical, Structural, Antimicrobial and in-Vitro Release Properties. *Int. J. Biol. Macromol.* 2021, 192, 1084–1097, doi:10.1016/J.IJBIOMAC.2021.10.070.
- [28] Beikzadeh, S.; Peighambaroust, S.H.; Beikzadeh, M.; Asghari Javar-abadi, M. Effect of Psyllium Seed and Xanthan Gums on Physical, Sensory and Staling Properties of Sponge Cake. *J. food Sci. Technol.* 2018, 15, 141–152.

- [44] Nottagh, S.; Hesari, J.; Peighambardoust, S.H.; Rezaei-Mokarram, R.; Jafarizadeh-Malmiri, H. Effectiveness of Edible Coating Based on Chitosan and Natamycin on Biological, Physico-Chemical and Organoleptic Attributes of Iranian Ultra-Filtrated Cheese. *Biologia (Bratisl)*.2020, 75, 605–611, doi:<https://doi.org/10.2478/s11756-019-00378-w>.
- [45] Sarabandi, K.; Peighambardoust, S.H.; Mahoonak, A.S.; Samaei, S.P. Effect of Carrier Types and Compositions on the Production Yield, Microstructure and Physical Characteristics of Spray Dried Sour Cherry Juice Concentrate. *J. Food Meas. Charact*.2017, 11, 1602–1612, doi:[10.1007/s11694-017-9540-3](https://doi.org/10.1007/s11694-017-9540-3).
- [46] Foroutan, R.; Peighambardoust, S.J.; Peighambardoust, S.H.; Pateiro, M.; Lorenzo, J.M. Adsorption of Crystal Violet Dye Using Activated Carbon of Lemon Wood and Activated Carbon/Fe₃O₄ Magnetic Nanocomposite from Aqueous Solutions: A Kinetic, Equilibrium and Thermodynamic Study. *Mol.* 2021, 26.
- [47] Krystyan, M.; Gumul, D.; Ziobro, R.; Korus, A. The Fortification of Biscuits with Bee Pollen and Its Effect on Physicochemical and Antioxidant Properties in Biscuits. *LWT-Food Sci. Technol*.2015, 63, 640–646.
- Bread Dough Influenced by Different Way of Processing. *J. Cereal Sci*.2010, 51, 89–95, doi:[10.1016/j.jcs.2009.10.002](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.10.002).
- [39] Das, A.B.; Bhattacharya, S. Characterization of the Batter and Gluten-Free Cake from Extruded Red Rice Flour. *LWT*2019, 102, 197–204.
- [40] Conte, P.; Del Caro, A.; Balestra, F.; Piga, A.; Fadda, C. Bee Pollen as a Functional Ingredient in Gluten-Free Bread: A Physical-Chemical, Technological and Sensory Approach. *LWT*2018, 90, 1–7.
- [41] Sakooei-Vayghan, R.; Peighambardoust, S.H.; Hesari, J.; Peressini, D. Effects of Osmotic Dehydration (with and without Sonication) and Pectin-Based Coating Pretreatments on Functional Properties and Color of Hot-Air Dried Apricot Cubes. *Food Chem*.2020, 311, 125978, doi:[10.1016/j.foodchem.2019.125978](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125978).
- [42] Golshan Tafti, A.; Peighambardoust, S.H.; Behnam, F.; Bahrami, A.; Aghagholizadeh, R.; Ghamari, M.; Rafat, S.A. Effects of Spray-Dried Sourdough on Flour Characteristics and Rheological Properties of Dough. *Czech J. Food Sci*.2013, 31, 361–367.
- [43] Aghamirzaei, M.; Peighambardoust, S.H.; Azadmard-Damirchi, S.; Majzoobi, M. Effects of Grape Seed Powder as a Functional Ingredient on Flour Physicochemical Characteristics and Dough Rheological Properties. *J. Agric. Sci. Technol*.2015, 17, 365–373.



Effect of incorporating bee pollen on batter physicochemical properties and quality of functional gluten-free cake

Jalili, F. ¹, Peighamardoust, S. H. ^{1*}, Bodbodak, S. ², Olad Ghaffari, A. ³

1. Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2. Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Ahar, Iran.

3. Food and Agriculture Research Institute, Standard Research Institute, Tabriz, Iran .

ABSTRACT

In this study, bee pollen at different levels (3, 6, 9, 12 and 15%) was added to the gluten-free cake containing corn starch and the samples were evaluated in terms of physiochemical and technological properties. The results showed that the addition of bee pollen had no significant effect on the consistency of the batter ($p < 0.05$). However, it reduced the pH and increased the density and specific gravity of the batter. Cake volume was increased from 104.7 mL in the control to 112.3 mL in 6% pollen sample and then decreased significantly ($p < 0.05$). A similar trend was observed for specific volume. The height of cake loaf was 5.3 cm in control that was decreased to 4.7 cm in 15% pollen cake. Incorporating bee pollen reduced baking loss, so the sample with 15% pollen had the lowest baking loss. Moreover, adding pollen to the gluten-free cake was associated with an increase in moisture, ash and browning index values and a decrease in its water activity. The porosity and microstructure analysis showed that addition of bee pollen increased cake porosity (from 20.3 to 30.8%) and the average cell area of the samples (from 5.1 to 14.7 per cm²) in comparison with control sample. In addition, sensory analysis showed that cakes containing 6 and 9% pollen had the highest overall acceptance compared to other samples. Therefore, medium levels of bee pollen can be used to produce functional gluten-free cakes with desirable sensory and technological characteristics.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 06/ 27

Accepted 2022/ 08/20

Keywords:

Gluten-free cake,
Bee pollen,
Functional,
Physiochemical properties.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.315

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.26.1

*Corresponding Author E-Mail:
peighamardoust@tabrizu.ac.ir