تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد۲٤ / شماره ۷۸/ بهار و تابستان/۱٤۰٤/ ص ۳۸ - ۲۵

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تولید کیک سین بیوتیک بر پایهٔ آرد کینوا و فیبر انبه

فرزاد یزدی[۱]، مهناز هاشمی روان[۲*]، محمدرضا وفایی[۳]، لیلا ناطقی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، تهران، ایران

[۲*]استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، تهران، ایران

[۳]استادیار، گروه بیوسیستم، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۴]استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، تهران، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۴/۱۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۶/۰۲

چکیده

امروزه با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به تغذیهء سالم، استفاده از ترکیبات عملکردی در فرآورده‌های پخت‌پزی با هدف بهبود ارزش تغذیه‌ای و بالابردن سلامت، مورد توجه قرار گرفته است. آرد کینوا به‌عنوان جایگزین مغذی برای آرد گندم و ترکیبات سین‌بیوتیک به‌عنوان تقویت‌کننده عملکرد روده می‌توانند نقش مؤثری در توسعهء محصولات پخت سالم داشته باشند. در این پژوهش، کیک سین‌بیوتیک بر پایهء آرد کینوا با سطوح مختلفی از فیبر انبه (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) و باکتری Bacillus coagulans با تراکم ۱۰۸ CFU/ml تولید شد. نمونه‌ها از نظر رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی، فیبر، رنگ‌سنجی و زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک پس از ٤۸ ساعت نگهداری در دمای ۳۷ درجه سلسیوس با نمونهء شاهد (کیک تهیه شده با آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه و تراکم مشابه باکتری) مقایسه شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل چهار تیمار و یک تیمار شاهد در سه تکرار انجام گرفت. ارزیابی حسی بر اساس آزمون هدونیک ۱۰ امتیازی و با تمرکز بر ویژگی‌های مزه، رنگ پوسته، بو، بافت و پذیرش کلی صورت گرفت. نتایج نشان داد که جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا با میزان مشابه فیبر انبه و باکتری پروبیوتیک منجر به افزایش معنادار ($p<0.05$) در میزان پروتئین، چربی، خاکستر، فیبر، زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک و شاخص رنگی a* و کاهش معنادار ($p<0.05$) در میزان رطوبت و شاخص‌های رنگی L* و b* شد. تیمار (A2B4) کیک سین‌بیوتیک تهیه‌شده با آرد کینوا و ۲ درصد فیبر انبه به‌عنوان تیمار برتر از نظر ترکیب فیزیکوشیمیایی و زنده‌مانی باکتری شناخته شد. همچنین، بر اساس نتایج ارزیابی حسی، تیمار شاهد (A1B4) بالاترین امتیاز پذیرش حسی را کسب کرد و تیمار A2B4در رتبه دوم قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: کیک سین بیوتیک، آرد کینوا، فیبر انبه، باسیلوس کواگولانس

مقدمه

امروزه توجه و علاقه مردم به مصرف برخی فرآورده‌های عملگرا در حال افزایش است. در میان مواد غذایی، کیک یکی از محبوب‌ترین محصولات غذایی است. به طور معمول برای درست کردن کیک برخلاف نان از آرد ضعیف گندم استفاده می‌شود که نیاز به حفظ بخار و گاز زیاد درون بافت خود ندارد استفاده می‌شود، این کار ارزش تغذیه‌ای آن را تا حدی کاهش می‌دهد (Tayibi & Ghorbanpour, 2014). غذاهای فراسودمند غذاهایی هستند که تأثیر آنها مستقیماً برسلامت مصرف‌کننده و خواص مصرفی آنها بالاتر از دارو است (Nematollahi *et al.*, 2013). مواد غذایی فراسودمند در مکمل‌های غذایی، مواد غذایی غنی شده با ویتامین‌ها و مواد معدنی و یا جایگزینی یک یا چند ماده غذایی با ترکیبی مفیدتر در فرمولاسیون تولید یک محصول غذایی،

نویسنده مسئول: **Email:** m_hashemiravan@yahoo.com

http://doi: 10.22092/fooder.2025.360478.1371

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

فرآورده‌های پروبیوتیکی، مواد غذایی شامل آنتی اکسیدان ها و ترکیبات پری بیوتیکی مانند فیبرها و ... موجود است (Vivas, 2013). در فرآورده‌های غذایی از حداقل cfu/ml 10^6، محصول پروبیوتیک در نظر گرفته می‌شود (Granato *et al.*, 2010). *باسیلوس کواگولانس*[1] به دلیل توانایی خود در تشکیل ساختار اسپوری می‌تواند در مقابل دما و فشار و pH از خود مقاومت نشان دهد. این ویژگی‌ها باکتری *باسیلوس کواگولانس* را بسیار مورد پسند در صنعت غذا قرار داده است و سبب تولید محصولی عملگرا با استفاده از این باکتری شده است (Konuray & Erginkaya, 2018). پری بیوتیک ها از کلمه یونانی به معنای پیش زندگی گرفته شده و جز مواد هضم نشدنی هستند (Roberfroid, 2002). محصول سین بیوتیکی در حضور هم‌زمان دو ترکیب پروبیوتیک و پری بیوتیک در ترکیبات محصول گفته می‌شود و حضور ثمربخش خود در فلور روده میزبان و سبب بهبود کلی سلامت میزبان می‌گردند (Rayes *et al.*, 2009). گلوتن بخش پروتئینی آرد است که سبب ایجاد خصلت ویسکوالاستیک در خمیر می‌شود. اما با توجه به افراد حساس به گلوتن یا افراد مبتلا به بیماری سلیاک که در دنیا وجود دارند استفاده از آردهای فاقد گلوتن مانند ارزن، برنج، کینوا و ... به عنوان راه حلی در حفظ این ماده غذایی در رژیم غذایی افراد حساس است (Onoja *et al.*, 2014). در فرآورده‌های آردی فاقد گلوتن، بعضی ترکیبات هیدروکلوئیدی و پلیمری مانند صمغ‌ها یا شبه هیدروکلوئیدی مانند فیبر موجود در بعضی از میوه‌ها در این دسته از ترکیبات حضور دارد (Zannini *et al.*, 2012). کینوا دانه‌ای با قدمت ۵۰۰۰ ساله و سرشار از فیبر، مواد معدنی و اسید آمینه‌های ضروری، آهن و ویتامین E است و پروتئین گلوتن ندارد (Rizzello *et al.*, 2016).

با توجه به مفید بودن این دانه در افراد سلیاکی می‌توان آن را در صنعت غذا استفاده کرد و با استفاده از این دانه به شکل آرد در تولید کیک، بیسکویت، کلوچه و ... در صنعت غذا بهره برد (Abazari and Salehifar, 2022). انبه از میوه‌های منطقه گرمسیری است. فیبر انبه ۴۰ درصد انحلال‌ناپذیر و ۶۰ درصد انحلال‌پذیر و با داشتن ترکیبات آنتی اکسیدانی خود می‌تواند شاخص گلایسمیک را به مقدار کافی کاهش دهد. انبه پکتین و کاروتنوئید دارد و از ویژگی‌های این میوه می‌توان به چربی کم و ظرفیت نگهداری بالای آب در آن اشاره کرد (Ajila *et al.*, 2010). فیبر انبه از فیبرهای پری بیوتیک است که به رشد باکتری‌های مفید در روده کمک می‌کند، منظم بودن روده را بهبود می‌بخشد. در فناوری علوم غذایی، فیبر انبه به عنوان عامل غلیظ کننده، عامل ژل کننده و امولسیفایر در محصولات غذایی مختلف مانند مربا، ژله، مارمالاد و نوشیدنی‌های میوه‌ای استفاده می‌شود. یکی از مزایای اصلی استفاده از فیبر انبه در محصولات غذایی این است که این ماده طبیعی و گیاهی سرشار از فیبر غذایی است، میزان کالری آن پایین و بدون کلسترول است. فیبر انبه ماده‌ای است همه کاره که می‌تواند در طیف وسیعی از محصولات غذایی استفاده شود. این موضوع باعث می‌شود که فیبر انبه به ماده‌ای مناسب برای طیف گسترده‌ای از محصولات غذایی، از دسرها و شیرینی‌ها گرفته تا غذاها و نوشیدنی‌های خوش طعم تبدیل شود (Wongkaew *et al.*, 2021). فیبر انبه همچنین ظرفیت بالایی برای نگهداری آب دارد و آن را به یک ماده عالی برای ایجاد بافت خامه‌ای در محصولات غذایی بدون افزودن چربی یا روغن تبدیل می‌کند (Khaledi *et al.*, 2018). تحقیقات بیشتر در مورد مزایای فیبر انبه ادامه دارد و این ماده احتمالاً در آینده به عنصری محبوب در محصولات غذایی تبدیل خواهد شد. علاوه بر این، فیبر انبه منبع خوبی از آنتی اکسیدان هاست و مشخص شده است که دارای خواص ضد التهابی است. این خواص آن را به ماده‌ای مفید برای محصولاتی تبدیل می‌کند که برای سلامت روده و سلامت

[1] *Bacillus coagulans*

کلی بدن به بازار عرضه می‌شوند (Hong, Mei Yin *et al.*, 2022). در هر ۱۰۰ گرم فیبر انبه مواد زیر وجود دارد: ۱۱ گرم فیبر رژیمی، ۱ گرم پروتئین، ۰/۴ گرم چربی، ۱۱ گرم فیبر رژیمی و ۸۹ گرم کربوهیدرات (Wongkaew *et al.*, 2021). فیبر انبه فیبر غذایی انحلال‌پذیر در آب است، به این معنی که می‌تواند آب را جذب و ماده‌ای ژل مانند ایجاد کند. این خاصیت آن را عاملی غلیظ کننده و ژل کننده در محصولات غذایی مفید تبدیل می‌کند (Shriya, 2022). فیبر انبه را می‌توان به عنوان جایگزین چربی در محصولات غذایی استفاده کرد. ظرفیت بالای نگهداری آب آن می‌تواند بافت خامه‌ای را در محصولات غذایی بدون افزودن چربی یا روغن ایجاد کند. رنگ الیاف انبه، بسته به نوع انبه و روش فرآوری مورد استفاده، می‌تواند متفاوت باشد و از سفید تا زرد تغییر کند (Cristian Torres-León *et al.*, 2016). فیبر انبه طعم و عطر ملایم و شیرین دارد که می‌تواند طعمی طبیعی به محصولات غذایی بدهد. این مطالعه در نظر دارد امکان تولید کیک سین بیوتیک را با استفاده از باکتری *باسیلوس کواگولانس* بر پایهٔ آرد کینوا و فیبر انبه و نیز خواص فیزیکوشیمیایی و حسی آن را در کنار بررسی قابلیت زنده‌مانی باکتری محصول نهایی بررسی کند.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

برای فرمولاسیون تولید کیک اسفنجی مناسب با جدول ۱، بسته‌های ۱۰۰ گرمی آرد کینوا (خراسان جنوبی) خریداری شد. شکر (ریحان)، تخم مرغ (ایران مرغ)، روغن آفتاب گردان (برکت)، وانیل (ریحان)، بیکینگ پودر (گل‌ها) و پودر انبه (جادوکا) از فروشگاه مواد غذایی تهران خریداری و در پایان ۳۰ گرم آب ولرم فراهم شد.

آزمون‌های میکروبیولوژیکی

تهیهٔ باکتری پروبیوتیک *باسیلوس کواگولانس*

باکتری پروبیوتیک *باسیلوس کواگولانس* به صورت آمپول لیوفیلیزه از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران در شهر کرج خریداری و به صورت کشت فعال در محیط MRS Broth کشت داده شد.

تهیهٔ کشت میکروبی تازه

برای تهیهٔ سوسپانسیون باکتری پروبیوتیک از باکتری کشت تازه تهیه شد. بدین منظور، یک لوپ از سویه پروبیوتیک روی MRS Agar کشت داده شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انکوباسیون گردید (Delfan Azari & Grossi, 2015).

مراحل تلقیح میکروارگانیسم‌ها

برای تبدیل کیک اسفنجی به کیک پروبیوتیک، ابتدا کشت میکروبی فعال از باکتری تهیه شد. پس از آن سوسپانسیون میکروبی ۰/۵ مک فارلند مطابق با استاندارد ۰/۵ مک فارلند ساخته شد و سپس داخل تیمارهای کیک تلقیح شد و تیمارها آماده اجرای آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی گردید (Delfan Azari & Grossi, 2015).

تهیهٔ استاندارد ۰/۵ مک فارلند

ابتدا ۰/۵ میلی لیتر از باریم کلرید (۱/۱۷۵ W/V درصد) را به ۹۹/۵ میلی لیتر اسید سولفوریک (۱ V/V درصد) اضافه گردید و کدورت مناسب ایجاد گردید. با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر جذب ۰/۱۲ به دست آمد و تنظیم شد (Delfan Azari & Grossi, 2015).

تهیهٔ سوسپانسیون میکروبی ۰/۵ مک فارلند

چند کلنی از کشت پروبیوتیک مورد نظر داخل مقداری پپتون بافر تلقیح گردید تا جذب آن معادل کدورت ۰/۵ مک فارلند (تراکم باکتری 10^8 cfu/ml) تنظیم شود. و عدد جذب ۰/۱۱ از اسپکتروفتومتر رویت شد (Delfan Azari & Grossi, 2015).

تلقیح سوسپانسیون میکروبی ۰/۵ مک فارلند به کیک

سوسپانسیون میکروبی آماده شده با غلظت نیم مک فارلند بر حسب گرم کیک اسفنجی در مغز کیک به صورت پاششی تلقیح شد. این تلقیح در هنگامی صورت گرفت که

تیمارهای کیک در دمای ۳۵ تا ۴۵ درجه سلسیوس بودند (Delfan Azari & Grossi, 2015).

تولید کیک اسفنجی

بر اساس فرمولاسیون کیک اسفنجی ارائه شده در جدول ۱، ابتدا سفیده تخم‌مرغ به‌مدت ۲ دقیقه در مخلوط‌کن هم زده شد. سپس ۷۲ گرم شکر به آن افزوده و هم‌زدن به‌مدت ۴ دقیقه با استفاده از همزن برقی ادامه یافت. در مرحله بعد، زرده تخم‌مرغ در سه مرحله و طی ۲ دقیقه به مخلوط اضافه شد. پس از آن، ۵۷ گرم روغن افزوده و هم‌زدن برای ۲ دقیقه دیگر ادامه یافت. سپس ۱۰۰ گرم آرد کینوا، ۲ گرم بیکینگ‌پودر و ۰.۵ گرم وانیل به مخلوط اضافه شد. فیبر انبه نیز در سطوح ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد بر اساس وزن کل آرد کینوا به ترکیب افزوده گردید. در پایان، با افزودن ۳۰ گرم آب، فرآیند اختلاط کامل شد. خمیر حاصل در قالب شیشه‌ای گرد ریخته شد و در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۵ دقیقه در فر پخته شد. فرآیند تهیه نمونه شاهد دقیقاً مطابق مراحل فوق و فرمولاسیون جدول ۱ انجام گرفت، با این تفاوت که به‌جای آرد کینوا، از آرد گندم استفاده شد و ۲ درصد فیبر انبه نیز بر اساس وزن کل آرد گندم به مخلوط افزوده شد (ISIRI, NO:2553, 2006).

جدول ۱- فرمولاسیون پایهٔ کیک اسفنجی
Table 1- Sponge cake base formulation

مقدار (گرم) Amount (g)	ترکیب Composition	مقدار (گرم) Amount (g)	ترکیب Composition
100	آرد گندم Wheat flour	100	آرد کینوا Quinoa flour
72	شکر Sugar	57	روغن Oil
0.5	وانیل Vanilla	2	بیکینگ پودر Baking powder
30	آب Water	72	تخم مرغ Egg

اثبات پایداری باکتری (شمارش تراکم باکتری) پس از ۴۸ ساعت

بعد از گذشت ۴۸ ساعت از تلقیح سوسپانسیون نیم مک فارلند به هر تیمار کیک، ۵ گرم از نمونهٔ هر کیک جدا و همگن شد. پس از آن ۴۵cc پپتوان واتر بافر به آن اضافه گردید. از این سوسپانسیون رقت‌های لازم تهیه شد و در MRS Agar کشت پور پلیت داده شد و شمارش ادامه یافت (Delfan Azari & Grossi, 2015).

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

اندازه گیری پروتئین

بر طبق استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲۸۶۳، مقدار ۰/۸۲۶ گرم نمونه داخل کاغذ صافی و داخل لولهٔ مخصوص سوکسله ریخته شد. پنج گرم کاتالیزور ۱۰cc اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد و درون دستگاه سوسکله قرار گرفت و پروسه هضم صورت گرفت. وقتی رنگ نمونه سبز شد دستگاه خاموش شد. دستگاه پروتئین روشن و گرم شد. به لوله حاوی نمونه مقداری آب اضافه شد و درون دستگاه قرار گرفت. درون ارلن ۵۰cc اسید بوریک ۴ درصد و چند قطره متیلن رد اضافه و درون دستگاه گذاشته شد. مقدار ۳۰cc سود ۳۰ درصد به لوله اضافه شد و تقطیر اجرا گردید (حجم ارلن به ۲۵۰cc رسید). سپس محتویات ارلن با اسید کلریدریک ۰/۱N تیتر شد. حجم مصرفی یادداشت شد (ISIRI, NO:2863, 1994).

اندازه گیری چربی

بر طبق استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲۸۶۲، ابتدا نمونه همگن شد. یک بالن رفلاکس را در آون به وزن ثابت رسانده شد. در دسیکاتور خنک و سپس توزین شد. (m_1) مقدار ۵ تا

۱۰ گرم از نمونه همگن و توزین و روی کاغذ صافی ریخته شد. کاغذ صافی داخل واسط سوکسله قرار داده شد و داخل بالن توزین شد که حاوی ۲۰۰ میلی لیتر ماده n-هگزان بود. حدود ۶ تا ۱۰ ساعت (حدود ۳۰ بار سوکسله کامل) سوکسله ادامه یافت. حلال n-هگزان در بالن تبخیر گشت و به مدت ۲ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به‌منظور تبخیر باقی مانده حلال قرار گرفت. زمانی که به وزن ثابت رسید توزین شد (m_2) (ISIRI, NO:2862, 1988).

اندازه گیری رطوبت

بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵، ابتدا نمونه به‌خوبی همگن شد. یک ظرف مناسب تا رسیدن به وزن ثابت در آون قرار داده شده، سپس در دسیکاتور سرد و توزین گردید. مقدار ۵ گرم از نمونه‌ی همگن توزین و در آون با دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه خشک شد. پس از آن، نمونه در دسیکاتور سرد شده و مجدداً توزین شد تفاوت وزن نمونه قبل و بعد از خشک کردن، میزان رطوبت موجود در آن را نشان می‌دهد (ISIRI, NO:2705, 1995).

اندازه گیری خاکستر

اندازه‌گیری خاکستر بر طبق استاندارد AACC 08-01، انجام شد. برای اندازه‌گیری خاکستر کیک، ابتدا کیک را کاملاً خشک کرده و سپس در دمای بالا (معمولاً ۵۵۰-۶۰۰ درجه سانتیگراد) در کوره می‌سوزانند تا تمام مواد آلی آن از بین برود و فقط مواد معدنی به صورت خاکستر باقی بماند (AACC[1], No:08-01, 1999[a]).

اندازه گیری فیبر

بر طبق استاندارد ملی شمارهٔ ۳۱۰۵، مقدار ۰/۶۴ گرم از نمونه درون بالن ریخته شد و ۲۰۰ cc اسید سولفوریک رقیق اضافه و به مدت نیم ساعت رفلاکس شد. به کمک پمپ خلأ و کاغذ صافی که از قبل به دمای ثابت رسید و وزن شد و نمونه صاف گردید. محتویات روی کاغذ صافی را درون بالن ریخته ۲۰۰ cc سود رقیق به آن اضافه شد و دوباره برای نیم ساعت رفلاکس شد. با همان کاغذ صافی و به کمک پمپ خلأ محتویات بالن صاف شد. کاغذهای صافی درون آون گذاشته و خشک شد و پس از سرد شدن در دسیکاتور قرار گرفت. کاغذ صافی درون بوته چینی که از قبل به دمای ثابت رسیده بود و وزن شد. در آخر روی شعله قرار گرفت و سوزانده شد. زمانی که به خاکستر تبدیل شد درون کوره قرار گرفت. بعد از سرد شدن در دسیکاتور، بوته وزن شد و عدد یادداشت شد (ISIRI[2], No: 3105, 1989).

رنگ سنجی

بر حسب استاندارد AACC 10-90، برای رنگ سنجی پوسته و مغز کیک، ابتدا دستگاه لاویباند توسط اسکوپ‌های سفید و سیاه کالیبره شد. نمونه‌هایی از کیک در حجم مشخص از کیک جدا گشت و در قسمت رنگ سنجی دستگاه قرار گرفت. عددهای هر یک از مؤلفه‌های a*، b* و L* یک سمت کیک یادداشت شد (AACC, No:10-90, 1999[b]).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های کیک با استفاده از آزمون هدونیک ۱۰ نقطه‌ای انجام شد؛ به‌طوری‌که عدد ۱ نشان‌دهنده "بسیار ناپسند" و عدد ۹ نشان‌دهنده "بسیار مطلوب" بود. تیمی از ارزیابان آموزش‌دیده، نمونه‌ها را در شرایط کنترل‌شده و بر اساس ویژگی‌های مزه، رنگ پوسته، بو، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار دادند (Salehi *et al.*, 2015).

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت فاکتوریل انجام شد. نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. بررسی تفاوت‌های معنادار بین تیمارها با استفاده از تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد ($p<0.05$)

[1] American Association of Cereal Chemists

[2] Institute of Standards and Industrial Research of Iran

انجام شد. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات رطوبت

نتایج مقایسهٔ میانگین میزان درصد رطوبت تیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا با درصدهای مختلف فیبر انبه در جدول ۲ آمده است. میزان درصد رطوبت بین تیمارها و نمونهٔ شاهد اختلاف معناداری ($p<۰/۰۵$) دارد. افزایش میزان فیبر انبه باعث افزایش میزان درصد رطوبت شده است که از نظر آماری اختلاف معناداری ($p<۰/۰۵$) با هم دارند. بالاترین میزان رطوبت (۱۶/۸۷ درصد) مربوط به تیمار شاهد A1B4 (کیک پروبیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه) و کمترین میزان رطوبت (۱۵/۵۰ درصد) مربوط به تیمار A2B1 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه) است.

اختلاف درصد رطوبت بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها به‌این دلیل است که گندم به واسطه شبکه گلوتنی خود قدرت بالایی در نگهداری آب دارد. آرد کینوا و فیبر انبه نسبت به آرد گندم میزان رطوبت بیشتری دارند و پس از پخته شدن تیمارهای کیک و از دست دادن رطوبت، این اختلاف مشاهده می‌شود. در کیک‌های پخته شده با آرد کینوا، درصد رطوبت بالا به دلیل حضور فیبر موجود در آرد کینوا و فیبر انبه است که در جذب آب به کمک آب کمک می‌کند. صالحی و همکاران (salehi *et al.*, 2015) تأثیر افزایش میزان فیبر پرتقال استفاده شده در نمونه کیک را بررسی کردند که نتایج مشابهی را نشان داد. جلدانی و همکاران (Jaldani *et al.*, 2016) نشان دادند هر چه میزان آرد کامل کینوا بیشتر باشد، جذب رطوبت به طور قابل توجهی ($p<۰/۰۵$) افزایش می‌یابد و جذب آب نیز بالاتر می‌شود.

تغییرات خاکستر

نتایج مقایسهٔ میانگین درصد خاکستر تیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا با درصدهای مختلف فیبر انبه در جدول ۲ آمده است. درصد خاکستر بین تیمارها و نمونه شاهد اختلاف معناداری ($p<۰/۰۵$) دارد. افزایش میزان فیبر انبه باعث افزایش میزان درصد خاکستر شده است که از نظر آماری اختلاف معناداری ($p<۰/۰۵$) با هم دارند. به طوری که بالاترین میزان خاکستر (۱/۹۰ درصد) مربوط به تیمار شاهد A_2B_4 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه) و کمترین میزان درصد خاکستر (۱/۵۱ درصد) مربوط به تیمار A2B1 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه) است.

اختلاف درصد خاکستر کل بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها به دلیل سطح بالاتر مواد معدنی و مغذی موجود در آرد کینوا نسبت به آرد گندم است. اباذری و صالحی فر (Abazari & Salehifar, 2022) و خالدی و همکاران (Khaledi *et al.*, 2018) نشان داده‌اند که آرد کامل کینوا به مقدار بسیار بیشتری فیبر نسبت به آرد کامل گندم و فیبر انبه مجهز است که شامل مقادیر نسبتاً بالای املاح معدنی مانند آهن، کلسیم، پتاسیم و غیره است. با افزایش میزان فیبر، ارزش غذایی و مقدار خاکستر حاصل از املاح نیز افزایش می‌یابد. پژوهش‌های حقایق و صالحی (Haghayegh & Salehi, 2008) و میلانی و همکاران(Milani *et al.*, 2009) در مورد نان نشان می‌دهد جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا، آمارانت و گندم سیاه می‌تواند باعث افزایش مقدار خاکستر کل تیمارها شود.

تغییرات پروتئین

نتایج مقایسهٔ میانگین درصد پروتئین تیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا با درصدهای مختلف فیبر انبه در جدول ۲ آمده است. میزان درصد پروتئین بین تیمارها و نمونهٔ شاهد اختلاف معناداری

(p<۰/۰۵) نشان می‌دهد. افزایش میزان فیبر انبه باعث کاهش میزان درصد پروتئین شده است که از نظر آماری اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) با هم دارند. به طوری که بالاترین میزان پروتئین (۱۵/۸۳ درصد) مربوط به تیمار A2B1 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه) و کمترین میزان درصد پروتئین (۷/۴۴ درصد) مربوط به تیمار شاهد A_1B_4 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایه آردگندم + ۲ درصد فیبر انبه) بود.

اختلاف درصد پروتئین بین تیمار شاهد و سایر تیمارها این است که کینوا به شدت از نظر میزان پروتئین غنی است به طوری که موسسه ملی تغذیه آمریکا این شبه غله را از غنی‌ترین منبع‌های پروتئینی که منشأ گیاهی دارد برشمرده است. این دانه دارای بیشترین میزان اسید آمینه ضروری نسبت به سایر غلات مانند گندم است (Romero *et al.*, 2011). اختلاف درصد پروتئین در بین تیمارهای کیک سین بیوتیک بر پایهٔ آرد کینوا و فیبر انبه این است که مقدار پروتئین فیبر انبه نسبت به پروتئین آردهای کینوا و گندم کمتر است بنابراین با افزایش درصد فیبر انبه در نمونه های کیک تولیدی، مقدار پروتئین کیک‌های تولیدی کاهش یافت. در مطالعات مسعودی و همکاران (Masoodi *et al.*, 2002) روی میزان پروتئین نمونه تیمارهای کیک‌های با پودر سیب مشخص شد با افزایش مقدار پودر سیب درصد پروتئین به طور چشمگیری (p<۰/۰۵) کاهش می‌یابد که دلیل آن بالا بودن میزان پروتئین آرد گندم نسبت به پودر سیب بوده است.

تغییرات چربی

نتایج مقایسهٔ میانگین میزان درصد چربی تیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا با درصدهای مختلف فیبر انبه در جدول ۲ آمده است. میزان درصد چربی بین تیمارها و نمونه شاهد اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) دیده می‌شود. افزایش میزان فیبر انبه باعث کاهش میزان درصد چربی شده است که از نظر آماری اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) با هم دارند. به طوری که بالاترین میزان درصد چربی (۲۴/۶۳ درصد) مربوط به تیمار A2B1 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه) و کمترین میزان درصد چربی (۱۸/۵۶ درصد) مربوط به تیمار شاهد A_1B_4 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایه آردگندم + ۲ درصد فیبر انبه) بود.

اختلاف درصد چربی بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها به‌این دلیل است که کینوا ترکیب بسیار مغذی است دارای چربی بیشتری نسبت به آرد گندم است و اغلب دارای اسیدهای چرب غیراشباع است که ۸۵ درصد از کل اسیدهای چرب را تشکیل می‌دهند و ۱۵ درصد باقیمانده را اسیدهای چرب اشباع تشکیل می‌دهند (Shaker *et al.*, 2013). اسید لینولنیک یکی از مهم‌ترین اسیدهای چربی است که در دانه‌های کینوا یافت می‌شود. مطالعه روی خواص فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی غنی شده با هویج نشان داد که نمونهٔ شاهد حاوی چربی بسیار بیشتری نسبت به سایر تیمارهای غنی شده با پودر هیدروکلوئید مانند پودر هویج است (Vosooghipour, 2014). جلدانی و همکاران(Jaldani *et al.*, 2016) و قاسمی زاده و همکاران (Ghasemizadeh *et al.*, 2016) گزارش کرده‌اند که با افزایش آرد کینوا، مقدار چربی به‌طور قابل توجهی (p<۰/۰۵) افزایش می‌یابد. کینوا مادهٔ غذایی مغذی و چند منظوره‌ای است که می‌تواند برای تهیهٔ انواع غذاها مانند سالاد و کیک به‌کار رود و علاوه بر این خالی از گلوتن است و به‌راحتی آماده می‌شود. می‌توان کینوا را به عنوان جایگزینی برای آرد گندم در خمیرپزی به‌کار برد که می‌تواند مقدار چربی را کاهش دهد در حالی‌که کیفیت و بافت محصول را حفظ می‌کند. کینوا در حال حاضر در سوپرمارکت‌ها و فروشگاه‌های غذای سالم در سراسر جهان به‌طور گسترده عرضه می‌شود.

تغییرات فیبر

نتایج مقایسهٔ میانگین درصد فیبرتیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا با درصدهای مختلف

فیبر انبه در جدول ۲ آمده است. میزان درصد فیبر بین تیمارها و نمونهٔ شاهد اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) وجود دارد. افزایش میزان فیبر انبه باعث افزایش میزان درصد فیبرشده است که از نظر آماری اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) با هم دارند. به طوری که بالاترین میزان درصد فیبر (۲/۷۲ درصد) مربوط به تیمار A2B4 (کیک پخته شده بر پایه آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه) و کمترین درصد فیبر (۰/۹۱٪) مربوط به تیمار A_2B_1 (کیک پخته شده بر پایه آردکینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه) است.

اختلاف درصد فیبردر بین تیمارهای کیک سین بیوتیک بر پایهٔ آرد کینوا و فیبر انبه این است که فیبر انبه دارای دو نوع فیبر انحلال‌پذیر و انحلال‌ناپذیر است که میزان فیبر انحلال‌پذیر از فیبر انحلال‌ناپذیر آن بیشتر است. میزان فیبرهای انحلال‌پذیر و انحلال ناپذیر آن به ترتیب ۵۰ تا ۵۷ درصد و ۴۰ تا ۴۳ درصد است (khuram Wasim Aslam *et al.*, 2014). مؤذنی و همکاران Mozni *et al.*, (2017) در پژوهشی روی اثر جایگزینی آرد کینوا با آرد در درصدهای مختلف روی نمونه تیمارهای نان فاقد گلوتن گزارش دادند میزان کلی فیبر افزایش می‌یابد و بیشترین آن در سطح ۴۰ درصد دیده شده است که به دلیل حضور فیبر کامل در آرد کامل کینوا نسبت داده شده است.

تغییرات شاخص‌های رنگی

نتایج مقایسهٔ میانگین شاخص‌های رنگی تیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا با درصدهای مختلف فیبر انبه در جدول ۳ آمده است. شاخص‌های روشنایی (L*)، قرمزی (a*) و زردی (b*) بین تیمارها و نمونهٔ شاهد (کیک پخته شده بر پایهٔ آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه) اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) دارد. افزایش میزان فیبر باعث افزایش روشنایی (L*)، زردی (b*) و کاهش قرمزی (a*) شده است که از نظر آماری اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) با هم دارند، به طوری که بالاترین روشنایی (L*) (۷۶/۸۷) مربوط به تیمار A1B4 (کیک پروبیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه)، بالاترین قرمزی (a*) (۹/۱۴) مربوط به تیمار A2B1 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه) و بالاترین زردی (b*) (۱۹/۶۹) مربوط به تیمار A1B4 (کیک پروبیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه) و کمترین روشنایی (L*) (۴۴/۶۵) مربوط به تیمار A2B1 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه)، کمترین قرمزی (a*) (-۳/۴۳) مربوط به تیمار A1B4 (کیک پروبیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه) و کمترین زردی (b*) (۱۷/۲۴) مربوط به تیمار A2B1 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه) است.

اختلاف میزان مؤلفه‌های رنگی در بین تیمار شاهد و سایر تیمارها به دلیل اضافه شدن آرد کینوا است که با فرمول پخت کیک، رنگ کیک را تیره‌تر می‌کند. هرچه درصد فیبر انبه در گروه کیک سین بیوتیک پخته شده با آرد کینوا بیشتر شود، رنگ کیک تیره‌تر می‌شود (Khaledi *et al.*, 2018). با کاهش اندازهٔ ذرات و افزایش کل نور بازتابی از سطح نمونه، L* نیز افزایش می‌یابد. به‌رغم به دست آمدن رنگ قهوه‌ای ناشی از واکنش میلارد، میزان رنگ قرمز منتقل شده در پوست کیک افزایش نیافته است، بنابراین شاخص رنگ a* در گروه‌های کیک کینوا روند افزایشی نشان نداد. اباذری و صالحی فر (Abazari & Salehifar, 2022). تأثیر جایگزینی آرد کینوا با آرد گندم را بررسی کردند و نتایج مشابهی به دست آوردند بدین معنا که هرچه آرد کینوا تیره‌تر باشد، تیرگی در محصول نهایی بیشتر خواهد بود و به عبارت دیگر، روشنایی آن کاهش خواهد یافت، که باعث کاهش مؤلفهٔ L* می‌شود. به دلیل ویژگی آرد کینوا و رنگ قهوه‌ای آن، نتیجه آزمون رنگ‌سنجی محصول تولیدی نشان دهنده افزایش در رنگ قرمزی است.

تراکم باکتری باسیلوس کواگولانس

نتایج مقایسهٔ میانگین تراکم باکتری *باسیلوس کواگولانس* تیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا با درصدهای مختلف فیبر انبه در جدول ۳ آمده است. میزان تراکم باکتری *باسیلوس کواگولانس*بین تیمارها و نمونهٔ شاهد اختلاف معناداری (p<۰/۰۵) دارد. افزایش

میزان فیبر انبه باعث افزایش تراکم باکتری *باسیلوس کواگولانس* شده است اما از نظر آماری اختلاف معناداری (p>۰/۰۵) با هم ندارند. نتیجتاً بالاترین میزان تراکم باکتری *باسیلوس کواگولانس* (۷/۵۳log CFU/ml) مربوط به تیمار A2B4 (کیک پخته شده بر پایه آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه) و کمترین تراکم باکتری *باسیلوس کواگولانس* (log ۷/۰۸cfu/ml) مربوط به تیمار شاهد A_1B_4 (کیک پخته شده بر پایهٔ آردگندم + ۲ درصد فیبر انبه) است.

اختلاف تراکم باکتری در بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها به این دلیل است که آرد کینوا خود دارای خاصیت پری بیوتیکی بسیار بالاست که سبب تحریک و رشد بهتر باکتری‌های پروبیوتیکی در تیمارهای کیک می‌گردد (Korus *et al.*, 2006). شرایط مفید زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیکی در محصولات تولیدی از 10^6 CFU/g تا 10^7 CFU/g است (Delfan Azari & Grossi, 2015). در پژوهش‌های حسینی نژاد و همکاران (Hosseininejad *et al.*, 2016) روی درصدهای سوسپانسیون میکروبی پروبیوتیک اضافه شده روی نان نتایج مشابهی نشان داده شده است که جمعیت میکروبی در ابتدا افزایش و بعد از ۷۲ ساعت کاهش یافته است. در تحقیقات پارسا (Parsa, 2019) روی باکتری *باسیلوس کواگولانس* در خمیر کیک اسنفجی، باکتری به صورت پودر لیوفیلیزه به آرد خمیر کیک اضافه شد و باکتری بعد از پخت افت چشمگیری (p<۰/۰۵) در حد 10^5CFU/g پیدا کرد که حد قابل قبول در یک محصول پروبیوتیکی را داشت.

جدول ۲- درصد رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر و خاکستر کل تیمارهای کیک (میانگین± انحراف معیار)

Table 2- Percentage of moisture, protein, fat, fiber and total ash of cake treatments (mean ±standard deviation)

کد تیمار	ترکیبات کیک	پروتئین	چربی	فیبر	خاکستر کل	رطوبت
A_1B_4	آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه (تیمار شاهد) Wheat flour + 2% mango fiber (control)	7.44±0.12^{e}	18.56± 0.30^{e}	2.24± 0.03^{c}	1.73± 0.010^{c}	16.87±0.10a
A_2B_1	آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 0.5% mango fiber	15.83±0.06^{a}	24.63±0.15^{a}	0.91±0.07^{e}	1.51±0.220^{e}	15.50±0.10 ^{e}
A_2B_2	آرد کینوا + ۱ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 1% mango fiber	15.65±0.05^{b}	23.97±0.25^{b}	1.49±0.05^{d}	1.62±0.020^{d}	16.07±۰/۱۵ ^{d}
A_2B_3	آرد کینوا + ۱/۵ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 1.5% mango fiber	15.26±0.14^{c}	22.53±0.30^{c}	2.38±0.05^{b}	1.78±0.015^{b}	16.23±0.58 ^{c}
A_2B_4	آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 2% mango fiber	14.87±0.08^{d}	21.80±0.10^{d}	2.72±0.04^{a}	1.90±0.020^{a}	16.40±0.21 ^{b}

حروف کوچک متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵) در هر ستون است.

جدول ۳- شاخص‌های رنگی a*،b* و L* و تراکم باکتری‌های *باسیلوس کواگولانس* در تیمارهای کیک (میانگین± انحراف معیار)

Table 3- Color indices a*, b* and L* and density of *Bacillus coagulans* bacteria in cake treatments (mean± standard deviation)

کد تیمار	ترکیبات کیک	a*	b*	L*	تراکم باکتری(log cfu/g)
A_1B_4	آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه (تیمار شاهد) Wheat flour + 2% mango fiber (control)	3.43± 0.30^{e}	19.69± 0.134^{a}	76.87 ± 0.60^{a}	7.08±0.3 ^{d}
A_2B_1	آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 0.5% mango fiber	9.14±0.115^{a}	17.24 ±0.211^{e}	44.65 ±0.108^{e}	7.35±0.1 ^{c}
A_2B_2	آرد کینوا + ۱ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 1% mango fiber	8.62±0.030^{b}	17.85 ±0.067^{d}	45.21±0.115^{d}	7.40±0.1 ^{b}
A_2B_3	آرد کینوا + ۱/۵ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 1.5% mango fiber	8.51±0.020^{c}	17.98 ±0.106^{c}	45.75 ±0.089^{c}	7.49±0.2 ^{a}
A_2B_4	آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 2% mango fiber	8.38±0.038^{d}	18.39 ±0.080^{b}	46.46 ±0.107^{b}	7.53±0.2 ^{a}

حروف کوچک متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار (P≤۰/۰۵) در هر ستون است.

جدول 4- امتیاز حسی تیمارهای کیک کیک (انحراف معیار ± میانگین)

Table 4- Sensory score of cake treatments (mean ± standard deviation)

کد تیمار	ترکیبات کیک	مزه	رنگ پوسته	بو	بافت	پذیرش کلی
A_1B_4	آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه (تیمار شاهد) Wheat flour + 2% mango fiber (control)	8.20 ± 1.700[a]	8.10±1.729[a]	9.10 ±1.287[a]	8.40±1.467 [a]	8.30±1.418 [a]
A_2B_1	آرد کینوا + ۰/۵ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 0.5% mango fiber	4.10 ±1.370[d]	6.30±1/494[d]	5.60 ±1.776[d]	7.50 ±1.080 [d]	5.70±1.337[d]
A_2B_2	آرد کینوا + ۱ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 1% mango fiber	6.20 ±1.687[c]	7.50±1.434[c]	6.00 ±1.414[c]	8.10 ±1.287 [c]	6.80±1.619 [c]
A_2B_3	آرد کینوا + ۱/۵ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 1.5% mango fiber	7.00 ±1.700[b]	7.70 ±1.059[b]	7.50 ±1.269[b]	7.80 ± 1.229[b]	7.50 ±1.509 [b]
A_2B_4	آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه Quinoa flour + 2% mango fiber	7.80 ±1.549[a]	7.90±1.449[a]	8.30 ±1.567[a]	8.20 ±1.751 [a]	7.60±1.506 [a]

حروف کوچک متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) در هر ستون است.

نتایج مقایسه میانگین امتیاز فاکتورهای حسی (مزه، رنگ پوسته، بو، بافت و پذیرش کلی) تیمار کیک‌های سین بیوتیک پخته شده بر پایه آرد کینوا با درصدهای مختلف فیبر انبه در جدول ۴ آمده است. افزایش میزان فیبر انبه باعث افزایش امتیاز فاکتورهای حسی شد که از نظر آماری اختلاف معناداری ($p<$۰/۰۵) با هم دارند. امتیاز فاکتورهای حسی بین نمونهٔ شاهد و دیگر تیمارها اختلاف معناداری ($p<$۰/۰۵) مشاهده شد اما بین تیمار شاهد (کیک پخته شده بر پایهٔ آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه) و تیمار A_2B_4 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایهٔ آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه) اختلاف معناداری ($p>$۰/۰۵) مشاهده نشد.

اختلاف امتیاز فاکتورهای حسی در بین تیمارهای کیک سین بیوتیک بر پایهٔ آرد کینوا و فیبر انبه به‌این دلیل است که افزایش فیبر انبه منجر به رنگ روشن‌تر، عطر بهتر، بافت نان بهتر و بهبود نگهداری گاز شده است. یافته‌های مشابهی در مطالعه‌ای در مورد اضافه کردن پودر سیب به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن با استفاده از جایگزین‌های آرد گندم گزارش شده است (khaledi *et al.*, 2018). در مطالعه‌ای در زمینهٔ جایگزین کردن آرد گندم با درصدهای مختلف فیبر انبه در کیک اسفنجی نشان داده شده است کیک با ۲ درصد فیبر میزان پذیرش بالاتری دارد.

نتیجه گیری

در بررسی روی تیمار شاهد (کیک بر پایهٔ آرد گندم) و دیگر تیمارها (کیک بر پایهٔ آرد کینوا) نتیجه بدین گونه حاصل شد که بر اثر اضافه کردن آرد کینوا به جای آرد گندم، درصد پروتئین، چربی، خاکستر، فیبر و مؤلفه‌های رنگی a* و b* افزایش معناداری ($p<$۰/۰۵) می‌یابد و میزان رطوبت و خاکسترو مؤلفه رنگی L* کاهش معناداری ($p<$۰/۰۵) پیدا می‌کند.

در بررسی بین تیمارهای کیک سین بیوتیکی بر پایهٔ آرد و کینوا و فیبر انبه نتیجه بدین گونه حاصل شد که بر اثر افزایش درصد فیبر انبه، میزان رطوبت، خاکستر، فیبر و مؤلفه‌های L* و b* افزایش معناداری ($p<$۰/۰۵) می‌یابد و پروتئین، چربی و مؤلفه a* کاهش معناداری ($p<$۰/۰۵) پیدا می‌کند. ارزیابی حسی تیمارهای کیک تولید شده نشان داد بر اثر اضافه کردن آرد کینوا به جای آرد گندم، امتیاز ارزیابی حسی نمونه‌های کیک کاهش معناداری ($p<$۰/۰۵) نشان داد اما از طرفی با بررسی اثر افزایش درصد فیبر انبه به فرمولاسیون کیک‌های تولیدی بر پایه آرد کینوا مشخص شد که رضایت کلی به طور چشمگیری ($p<$۰/۰۵) افزایش می‌یابد. به طوری که در بررسی نهایی تیمار شاهد و تیمار

کیک سین بیوتیک بر پایه آرد کینوا و ۲ درصد فیبر انبه تفاوت معناداری ($p>۰/۰۵$) دیده نمی شود.

از نتایج کلی آزمون‌های فیزیکوشیمیایی این نتیجه به‌دست آمد که تیمار A_2B_4 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایه آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه) امتیاز بالاتری دارد. نتایج ارزیابی حسی نیز نشان داد که تیمار شاهد A_1B_4 (کیک پخته شده بر پایه آرد گندم + ۲ درصد فیبر انبه) بهترین تیمار و پس از آن تیمار A_2B_4 (کیک سین بیوتیک پخته شده بر پایه آرد کینوا + ۲ درصد فیبر انبه) قرار دارد. در مجموع، تیمار A_2B_4 (کیک سین بیوتیک بر پایه آرد کینوا + ۲ درصد فیبرانبه محیط مناسبی برای رشد باکتری *باسیلوس کواگولانس*و تولید کیک فراسودمند است.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

Abazari, A., & Salehifar, M. (2022). *Production of practical cake powder using quinoa flour and isomalt*. Food Industry Research, 32(1), 1–12. (In Persian)

Ajila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K., & Prasada Rao, U. J. S. (2010). *Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations*. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11(1), 219–224.

American Association of Cereal Chemists (AACC). (1999a). *08-01.01 Ash—Basic Method*. In Approved Methods of Analysis (11th ed.).

American Association of Cereal Chemists (AACC). (1999b). *10-90.01 Baking Quality of Cake Flour*. In Approved Methods of Analysis (11th ed.).

Ariana, M. (2016). *Investigating the production of gluten-free, low-calorie and beneficial cake using apple pomace powder and xanthan gum* [Master's thesis, Azad University of Quds]. (In Persian)

Aslam, H. K. W., Ur Raheem, M. I., Ramzan, R., Shakeel, A., Shoaib, M., & Arbab Sakandar, H. (2014). *Utilization of mango waste material (peel, kernel) to enhance dietary fiber content and antioxidant properties of biscuit*. Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences, 2(2), 76–81.

Delfan Azari, F., & Grossi, N. (2015). *Enrichment of oil cake with potential probiotic bacilli (Bacillus coagulans)*. In National Conference of New Achievements in Food Industry and Healthy Nutrition (16[54]), 12–18. (In Persian)

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., & Sahin, S. (2011). *Rheological properties of gluten-free bread formulation*. Journal of Food Engineering, 96, 295–303.

Ghasemizadeh, S., Nashi, B., & Naushad, M. (2016). *Optimizing the formula of gluten-free bread made from quinoa, corn, and rice flour*. Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran, 12(1), 59–68. (In Persian)

Gómez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., & Rosell, C. M. (2007). *Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes*. Food Hydrocolloids, 21(2), 167–173.

Granato, D., Branco, G., & Nazzaro, F. (2010). *Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(3), 292–302.

Haghayegh, G., & Ataye Salehi, S. (2017). *Enrichment of gluten-free cookie by quinoa, amaranth and buckwheat flour as semi cereal*. Iranian Journal of Food Science and Technology, 14(70). (In Persian)

Hosseininejad, M., Anuri, H., Zhiyani, M., & Abedfar, A. (2016). *Investigating the effect of using the prebiotic combination of inulin on the sensory evaluation and quality characteristics of Tufton bread*. Journal of Research and Innovation in Food Science and Industry, 185–198. (In Persian)

Houben, A., Höchstötter, A., & Becker, T. (2012). *Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: An overview*. European Food Research and Technology, 235(2), 195–208.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1988). *Cake: The method of measuring the fat of cereals and its products* (National Standard No. 2862). (In Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1989). *Cake: The method of measuring raw fiber of cereals and its products* (National Standard No. 3105). (In Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1994). *Cake: The method of measuring the crude protein of cereals and its products* (National Standard No. 2863). (In Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1995). *Cake: The method of measuring the moisture content of grain and its products* (National Standard No. 2705). (In Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2006). *Cake: Characteristics and test methods* (National Standard No. 2553). (In Persian)

Jafari, M. (2013). *Production of cake enriched with apple and potato fibers and evaluation of its physical and chemical properties* [Research report, Research Institute of Information Science and Technology of Iran]. (In Persian)

Jaldani, S., Nashi, B., Barzegar, H., & Sephond, N. A. (2016). *Investigating the effect of adding whole quinoa flour and xanthan gum on the chemical and sensory characteristics of Berberi bread using the response surface method*. Iranian Journal of Food Science and Industry, 14(70), 79–89. (In Persian)

Javaheripour, N., Shahsoni, Y., Mahdikhani, Sh., & Inanlu, Y. (2021). *The effect of adding quinoa flour and sprouted wheat flour on the physicochemical, microbial and sensory characteristics of sponge cake*. Iranian Journal of Food Science and Industry, 18(119), 375–392. (In Persian)

Kaur, M., & Singh Sandhu, K. (2010). *Functional, thermal and pasting characteristics of flours from different lentil (Lens culinaris) cultivars*. Journal of Food Science and Technology-Mysore, 47(3), 273–278.

Khaledi, S., Movahed, S., & Shakuri, M. (2018). *The effect of adding mango fiber on the quality properties of sponge cake*. Iran Food Science and Industry, 16(89), 165–175. (In Persian)

Konuray, G., & Erginkaya, Z. (2018). *Potential use of Bacillus coagulans in the food industry*. Foods, 7(6), 92.

Lu, T. M., Lee, C. C., Mau, J. L., & Lin, S. D. (2010). *Quality and antioxidant property of green tea sponge cake*. Food Chemistry, 119(3), 1090–1095.

Lundberg, B. (2005). *Using highly expanded citrus fiber to improve the quality and nutritional properties of food*. Cereal Foods World, 50(5), 248–252.

Masoodi, F. A., Sharma, B., & Chauhan, G. S. (2002). *Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes*. Plant Foods for Human Nutrition, 57(2), 121–128.

Milani, E., Pourazarang, H., & Mortazavi, S. A. (2009). *Effect of rice bran addition on dough rheology and textural properties of Barbary bread*. Journal of Food Science and Technology, 1(1), 23–31.

Mozni, M., Zarin Qalami, S., & Ganjlo, A. (2017). *The effect of enriching Berber dough with whole quinoa flour on farinographic characteristics and bread quality*. Food Industry Research (Agricultural Knowledge), 28(4), 103–112. (In Persian)

Nematollahi, A., Sohrab Vandi, S., Mortazavian Farsani, S., & Brarenjadbariki, A. (2013). *The use of fruits and vegetables as a base medium for the production of non-dairy probiotic drinks*. Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran, 7(Suppl. 4), 73–81. (In Persian)

Onoja, U., Akubor, P., Ivoke, N., Atama, C., Onyishi, G., Ekeh, F., & Ejere, V. (2014). *Nutritional composition, functional properties and sensory evaluation of breads based on blends of orarudi (Vigna sp.) and wheat flour*. Scientific Research and Essays, 9(24), 1119–1126.

Parsa, A. (2019). *Investigating the effect of oak flour and oak sap on the physicochemical, antioxidant, textural and sensory properties of probiotic sponge cake* (Master's thesis, Urmia University, Faculty of Agriculture). (In Persian)

Pouresmail, N. (2009). *Formulation and production of gluten-free bread using transaminase enzymes and hydrocolloid from guar and xanthan* (Master's thesis, Tarbiat Modares University, Department of Food Industry). (In Persian)

Rahmani Bilandi, R., Moslem, A., Rahmani Bilandi, M., & Askari, F. (2009). *The effect of food intake during labor on maternal outcomes: A randomized controlled trial*. Ofogh-e-Danesh, 15(2), 17–23.

Rajiv, J., Soumya, C., Indrani, D., & Venkateswara Rao, G. (2011). *Effect of replacement of wheat flour with finger millet flour (Eleusine coracana) on the batter microscopy, rheology and quality characteristics of muffins*. Journal of Texture Studies, 42(6), 478–489.

Rayes, N., Seehofer, D., & Neuhaus, P. (2009). *Prebiotics, probiotics, synbiotics in surgery: Are they only trendy, truly effective or even dangerous?* Langenbeck's Archives of Surgery, 394, 547–555.

Risi, J., & Galwey, N. W. (1984). *The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture*. Advances in Applied Biology, 10, 145–216.

Rizzello, C. G., Lorusso, A., Montemurro, M., & Gobbetti, M. (2016). *Use of sourdough made with quinoa (Chenopodium quinoa) flour and autochthonous selected lactic acid bacteria for enhancing the nutritional, textural and sensory features of white bread*. Food Microbiology.

Roberfroid, M. F. (2002). *Functional food concept and its application to prebiotics*. Digestive and Liver Disease, 34(Suppl. 2), S105–S110.

Romero-Lopez, M. R., Osorio-Diaz, P., Bello-Perez, L. A., Tovar, J., & Bernardino-Nicanor, A. (2011). *Fiber concentrate from orange (Citrus sinensis L.) bagasse: Characterization and application as bakery product ingredient*. International Journal of Molecular Sciences, 12, 2174–2186.

Sabanis, D., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). *Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread*. LWT - Food Science and Technology, 42(8), 1380–1389.

Salehi, F., Kashaninejad, M., & Alipour, N. (2015). *Investigating the physicochemical, sensory and texture characteristics of sponge cake enriched with apple powder*. New Technologies in the Food Industry, 3(11), 39–47. (In Persian)

Shaker, V., Ghayashi Tarzi, B., & Qavami, M. (2013). *The effects of adding wheat germ on the chemical, sensory, cooking and microbial characteristics of pasta*. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industries, 7(3), 89–100. (In Persian)

Tayibi, M., & Ghorbanpour, A. (2014). *Prebiotic cake*. In Proceedings of the First National Snack Conference. (In Persian)

Tavakoli Fadiheh, M. (2016). *Formulation of gluten-free bread using quinoa flour and sorghum flour replacement*. International Conference of Agricultural Sciences, Medicinal Plants and Traditional Medicine, Mashhad. https://civilica.com/doc/740089 (In Persian)

Verbeken, D., Dierckx, S., & Dewettinck, K. (2003). *Exudate gums: Occurrence, production, and applications*. Applied Microbiology and Biotechnology, 63, 10–21.

Vivas, B. M. (2013). *Development of gluten-free bread* (PhD thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain).

Vosooghipour, Z. (2014). *Some physicochemical characteristics of gluten-free dough and cake enriched with carrot pomace powder* (Master's thesis, Shiraz International Campus University, Faculty of Agriculture). (In Persian)

Wongkaew, M., Chaimongkol, P., Leksawasdi, N., & Sommano, S. (2021). *Mango peel pectin: Recovery, functionality and sustainable uses*. Polymers, 13(22), 3898. https://doi.org/10.3390/polym13223898

Zannini, E., Miller-Jones, J., Renzetti, S., & Arendt, E. K. (2012). *Functional replacements for gluten*. Annual Review of Food Science and Technology, 3, 227–245

Food Engineering Research/Vol.24/No.78/ Spring& Summer 2025/P: 25-38

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Synbiotic Cake Production Based on Quinoa Flour and Mango Fiber

Farzad Yazdi[1], Mahnaz Hashemiravan[2*], Mohammadreza Vafaee[3], Leila Nateghi[4]

*** Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, VaP.C., Islamic Azad University, Varamin, Tehran, Iran.
Email: m_hashemiravan@yahoo.com
Received:9 May 2023 **Accepted**: 24 August 2023
http://doi: 10.22092/FOODER.2025.360393.1350

Abstract

Nowadays, with the increasing awareness of consumers regarding healthy nutrition, the use of functional ingredients in baked products has gained attention with the aim of improving nutritional value and promoting health. Quinoa flour, as a nutritious substitute for wheat flour, and synbiotic compounds, as enhancers of gut function, can play an effective role in the development of healthy baked goods. In this study, synbiotic cake based on quinoa flour was produced with different levels of mango fiber (0.5%, 1%, 1.5%, and 2%) and *Bacillus coagulans* bacteria at a concentration of 10^8 CFU/ml. The samples were evaluated for moisture, ash, protein, fat, fiber, colorimetry, and probiotic bacterial viability after 48 hours of storage at 37°C and compared to the control sample (cake made with wheat flour + 2% mango fiber and the same bacterial concentration). Statistical analysis of the data was performed using Duncan's test in a completely randomized design including four treatments and one control in three replications. Sensory evaluation was conducted using a 10-point hedonic test focusing on aroma, crust color, taste, and overall acceptability. The results showed that replacing wheat flour with quinoa flour, at the same levels of mango fiber and probiotic bacteria, led to a significant increase ($p<0.05$) in protein, fat, ash, fiber, probiotic viability, and a* color index, and a significant decrease ($p<0.05$) in moisture and L* and b* color indices. The A_2B_4 treatment (synbiotic cake made with quinoa flour and 2% mango fiber) was identified as the superior treatment in terms of physicochemical composition and probiotic viability. Additionally, based on sensory evaluation results, the control treatment (A_1B_4) received the highest sensory acceptance score, followed by treatment A_2B_4.

Keywords: Synbiotic cake, Quinoa flour, Mango fiber, *Bacillus coagulans*

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/