تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۸/ شماره ٦٧/پاییز و زمستان ۱۳۹۸/ص ۱۸۲-١٦٧

تأثیر کنجالۀ سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی، بافتی وحسی کیک اسفنجی

حمیده طعنه[۱] و سعیده عربشاهی دلویی[۲*]

۱و ۲-به-ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر، آزادشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱؛ تاریخ پذیرش:۹۸/۵/۲۶

چکیده

کنجالۀ سیاه‌دانه محصول جانبی استخراج روغن از دانه‌های سیاه‌دانه است که حاوی مقادیر بالایی از پروتئین‌های تغذیه‌ای و ترکیبات مطلوبی نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها و فیبر است. در این تحقیق، تأثیر جایگزینی کنجالۀ روغن‌کشی شدۀ سیاه‌دانه *(Nigella sativa)* در مقادیر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی ارزیابی شده است. بررسی ترکیبات شیمیایی کنجالۀ سیاه‌دانه نشان می‌دهد این فرآورده دارای مقادیر بالایی از پروتئین (٤٠ درصد) و فیبر (۱۰ درصد) است به‌طوری که افزایش کنجالۀ سیاه‌دانه در فرمولاسیون از صفر به ۱۵ درصد منجر به افزایش در میزان پروتئین و فیبر نمونه‌ها شده‌است. افزودن کنجالۀ سیاه‌دانه در نمونه‌های کیک سبب کاهش میزان رطوبت و افزایش مقادیر خاکستر و چربی شده ضمن آنکه تغییر معنی‌دار در pH کیک اسفنجی مشاهده نشده‌است. با افزایش میزان کنجاله در فرمولاسیون کیک، شاخص حجم کاهش و چگالی(دانسیته) ظاهری افزایش پیدا کرد. شاخص‌های رنگی a^*،b^* و L^* مغز نمونه‌های کیک دارای کنجالۀ سیاه‌دانه نسبت به نمونۀ بدون کنجاله کاهش یافت. ویژگی‌های بافتی محصول نیز تحت تأثیر حضور کنجالۀ سیاه‌دانه در فرمولاسیون قرار گرفت به طوری که افزایش میزان کنجالۀ سیاه‌دانه در فرمولاسیون از صفر به ۱۵ درصد به کاهش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) سفتی بافت نمونه‌های کیک از ٦٩٢/٤ به ۵۰۹/۸ نیوتن انجامید. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که افزودن کنجالۀ سیاه‌دانه تا ۱۰ درصد، تأثیرات نامطلوب در ویژگی‌های حسی کیک ایجاد نمی‌کند. بنابراین، نتایج این تحقیق بیانگر آن است که افزودن کنجالۀ سیاه‌دانه تا سطح ۱۰ درصد، مناسب‌ترین مقدار برای غنی‌سازی کیک اسفنجی است و افزودن مقادیر بیشتر از آن تغییرات نامطلوبی در خواص حسی و فیزیکی نمونه‌ها ایجاد می‌کند.

کلیدواژه‌ها

ضایعات روغن‌کشی، فرآورده‌های قنادی، فرآورده‌های نانوایی، فرمولاسیون

مقدمه

فراورده‌های نانوایی شامل انواع مختلفی از نان‌ها، کیک‌ها و بیسکویت‌ها (کراکر و کوکی‌ها) است، و آرد به ترکیب اصلی فرمولاسیون این محصولات مسئول ایجاد حجم و ساختار آنهاست (Lai & Lin, 2006). این فراورده‌ها به‌دلیل مصرف گسترده‌ای که در جوامع مختلف دارند پایه‌های مناسبی برای تولید محصولات فراسودمند قلمداد می‌شوند (Birch & Bonwick, 2018). کیک یکی از محصولات پر مصرف صنعت آرد محسوب می‌شود و به لحاظ کالری‌زایی در حدواسط نان و بیسکوئیت قرار دارد (Naghipour *et al.*, 2013). کیک

* نگارنده مسئول: Email:arabshahi.delouee@gmail.com

http://doi. 10.22092/fooder.2020.125043.1196

© 2019,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/).

اسفنجی نوعی کیک هوادهی شده است که ترکیبات اصلی آن آرد گندم، شکر و تخم مرغ است. کیفیت کیک به عواملی مانند ترکیبات تشکیل‌دهندهٔ خمیر، هوادهی و شرایط فرایند بستگی دارد (Chaiya & Pongsawatmanit, 2011). غنی‌سازی در فرمولاسیون کیک با ترکیبات مختلف باعث تغییرات بافتی قابل توجهی در محصول می‌شود. از این نظر غنی‌سازی این فراورده‌ها با پروتئین‌های در دسترس و ارزان‌قیمت که دارای ویژگی‌های تغذیه‌ای و عملکردی مطلوب باشند، با اهمیت است. پسماندهای صنعت غذا منابعی ارزان‌قیمت و در عین حال سرشار از ترکیبات فراسودمند مانند فیبر، پروتئین، مواد معدنی و سایر مواد شیمیایی گیاهی هستند (Belghith Fendri *et al.*, 2016; Ben Jeddou *et al.*, 2017). این پسماندها با توجه به منبع تولید کنندهٔ آنها، طیف گسترده‌ای مانند پوست، ساقه، برگ، بذر و کنجالهٔ روغنی گیاهان را شامل می‌شود که می‌توان از آنها برای غنی‌سازی محصولات غذایی استفاده کرد (Shabeer *et al.*, 2016; Semwal *et al.*, 2016; Marques *et al.*, 2016)

عمده‌ترین کاربرد کنجاله‌ها در تغذیهٔ دام و طیور است هرچند به علت دارا بودن مقادیر بالای فیبر و پروتئین می‌توان از آنها در غنی‌سازی انواع محصولات غذایی و تولید فرآورده‌های فراسودمند استفاده کرد. در این زمینه تحقیقات زیادی در باره غنی سازی انواع کیک‌ها با کنجاله‌های روغنی انجام گرفته است. علیمی وهمکاران (Alimi, 2014) در تحقیقی با بررسی اثر افزودن کنجالهٔ دانهٔ گل مغربی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی نشان داد که با افزایش درصد کنجاله در فرمولاسیون کیک، شاخص حجم کاهش اما چگالی(دانسیته) ظاهری، پروتئین و فیبر نمونه‌ها افزایش می‌یابد. آن‌ها اعلام نمودند

افزودن ۱۵ درصد کنجالهٔ گل مغربی مناسب‌ترین مقدار برای غنی سازی کیک اسفنجی است و تغییرات نامطلوبی در خواص فیزیکوشیمیایی و حسی کیک ایجاد نمی‌کند. بهادران و همکاران (Bahadoran *et al.*, 2018) تأثیر افزودن کنجالهٔ بزرک را بر ویژگی‌های بافتی، تخلخل و رنگ کیک اسفنجی بررسی کردند و نشان دادند که این جایگزینی تا ۱۵ درصد مطلوب است و تأثیر نامطلوبی بر رنگ و تخلخل کیک ندارد. مارچتی و همکاران (Marchetti, *et al.* 2018) از کنجالهٔ گردوی آمریکایی در فرمولاسیون کیک مافین استفاده و گزارش کردند افزودن ۳۰-۲۰ درصد از این کنجاله به‌جای آرد اثرهایی مطلوب در فرمولاسیون فراورده‌ای مانند مافین به همراه دارد. سیاه دانه با نام علمی *Nigella Sativa* گیاه علفی یکساله از تیرهٔ آلاله‌ها است. دانه‌ها و روغن حاصل از دانه این گیاه دارای سابقهٔ مصرف تاریخی در زمینه‌های پزشکی و غذایی است و به‌طور گسترده به عنوان کاهندهٔ فشار خون، ضد اسهال، ضد درد، ضد باکتری و در درمان اختلالات پوستی کاربرد دارد (Ahmad, *et al.* 2013). گزارش شده است که سیاه دانه سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع مانند لینولئیک اسید (۶۰-۵۰ درصد)، اولئیک اسید (۲۰ درصد)، دی هومولینولئیک اسید[1] (۱۰ درصد) و ایکودادی انوئیک اسید[2] (۳ درصد) است. آلفا سیتواسترول نیز استرول اصلی (۵۴-۴۴ درصد) روغن سیاه‌دانه محسوب می‌شود (Ahmad *et al.* 2013) . ضایعات باقی مانده از روغن کشی سیاه‌دانه را کنجالهٔ سیاه‌دانه گویند که حاوی ۳۴/۰۲ درصد پروتئین، ۲۴/۲۵ درصد چربی و ۵/۵۲ درصد رطوبت است و مقدار انرژی قابل متابولیسم آن ۲۲۰۹

1- Dihomolinoleic acid

2- Eicodadienoic acid

کیلوکالری بر کیلوگرم است (Zeweil 1996). با توجه به بالا بودن مقدار پروتئین و انرژی تولیدی کنجالهٔ سیاه‌دانه در مقایسه با کنجالهٔ سویا و ذرت و قیمت پایین‌تر آن، به نظر می‌رسد استفاده از آن در جیرهٔ غذایی و تولید فراورده‌های فراسودمند بر پایهٔ این کنجاله اقتصادی خواهد بود (Mousapour & Salarmoini, 2014).

هدف از این تحقیق، استفادهٔ مفید از مواد مغذی موجود در کنجالهٔ سیاه‌دانه با افزودن آن به فرمولاسیون کیک اسفنجی و بررسی تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی، بافتی و حسی فرآورده است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

کنجالهٔ روغن‌کشی شده سیاه‌دانه از شرکت داروسازی و کشت و صنعت گیاه اسانس گرگان تهیه شد. آرد سفید قنادی (آرد نول) از کارخانهٔ آسیاب شاهکوه (استان گلستان) و موادی مانند کره، روغن، شکر، تخم‌مرغ، بیکینگ پودر، وانیل و شیر از فروشگاه‌های موادغذایی شهر آق قلا خریداری شد. پترولیوم اتر از شرکت کیان کاوه آزما (ایران) و سایر موادشیمیایی با درجهٔ آزمایشگاهی از نمایندگی شرکت مرک آلمان تهیه شد.

آماده سازی کنجاله

برای حذف روغن باقی مانده در کنجاله، کنجاله به نسبت ۱ به ۴ با هگزان مخلوط، به مدت ۲۴ ساعت نگهداری و سپس توسط صافی حلال از کنجاله جداسازی شد (Abbaszadeh *et al.*, 2017). محصول نهایی به مدت ۲۴ ساعت زیر هود برای تبخیر شدن باقیماندهٔ حلال نگهداری و پس از خشک کردن در آون آسیاب شد؛ ذرات از الک با مش ۸۰ عبور داده شدند.

تولید کیک اسفنجی

کیک با استفاده ازروش شکر- خمیر و بر اساس جدول ۱ تولید شد (Peighambardoust, 2010). در این روش، ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه کرم کردن روغن و شکر تا تولید رنگ روشن با همزن (Sencor STM) اجرا شد، پس از آن تخم مرغ‌ها در چند مرحله اضافه شدند. همهٔ مواد پودری باهم الک و به مخلوط اضافه شدند و در پایان شیر اضافه شد و تا به‌دست آمدن خمیری یکنواخت، هم‌زدن ادامه یافت. خمیر آماده شده بلافاصله پس از مخلوط کردن در قالب‌های فلزی به ابعاد ۸×۵×۴ سانتی‌متر ریخته و برای پخت به مدت ۳۰ دقیقه در فر برقی (سینجر SLS5) با دمای ۱۸۰-۱۷۵ درجه سلسیوس قرار داده‌شد. نمونه‌ها پس از پخت، در دمای محیط خنک و در بسته‌های پلی‌پروپیلن عایق در برابر رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند.

جدول ۱- فرمولاسیون کیک اسفنجی

مواد اولیه (گرم)/ سطوح مختلف کنجالهٔ سیاه دانه	صفر	۵	۱۰	۱۵
آرد	۳۰۰	۲۸۵	۲۷۰	۲۵۵
کنجالهٔ سیاه‌دانه	۰	۱۵	۳۰	۴۵
تخم مرغ	۲۱۶	۲۱۶	۲۱۶	۲۱۶
شکر	۲۱۶	۲۱۶	۲۱۶	۲۱۶
روغن	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷
وانیل	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
بکینگ پودر	۴/۰۲	۴/۰۲	۴/۰۲	۴/۰۲
شیر	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵
کره	۱۴۴	۱۴۴	۱۴۴	۱۴۴

ارزیابی ترکیبات شیمیایی آرد سفید، آرد کنجالهٔ سیاه‌دانه و نمونه‌های کیک

مقدار رطوبت نمونه‌ها و فیبر خام بر اساس استاندارد ملی ایران به ترتیب به شماره‌های ۲۷۰۵ و ۳۱۰۵ تعیین شد (ISIRI 1996, 2010a).

مقدار خاکستر نمونه‌ها براساس استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۳۷ با استفاده از کوره الکتریکی محاسبه شد (ISIRI, 2010b).

مقدار پروتئین نمونه‌ها براساس استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۸۶۳ با دستگاه اتومات کلدال (Behr، آلمان)، مقدار چربی نمونه‌ها براساس استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۸۶۲ با دستگاه نیمه اتومات سوکسله (Behr، آلمان) با حلال پترولیوم اتر و pH با pH متر (Knick، آلمان) اندازه گیری شد (ISIRI, 1990, 2010b,c).

ارزیابی رنگ نمونه‌های کیک

شاخص‌های روشنایی (L^*)، میزان تمایل به رنگ قرمز (a^*) و میزان تمایل به رنگ زرد (b^*) پوسته و بافت نمونه‌های کیک با عکس‌برداری (درون جعبه طراحی شده برای عکس برداری) در شرایط ثابت، با دوربین کانن (۱۴/۵ مگاپیکسل) ارزیابی و مقایسه شدند. تصویرها با نرم افزار (Image j) تجزیه و تحلیل شدند (Afshari Jooibari & Farahnaky, 2011)

اندازه‌گیری حجم و چگالی(دانسیته) ظاهری نمونه‌های کیک

حجم کیک‌ها به‌روش جابه‌جایی حجم با استفاده از دانهٔ کلزا محاسبه شد. با قراردادن یک قطعه کیک وزن شده داخل ظرفی با حجم مشخص (V_t)، فضای خالی ظرف با دانه‌های کلزا پر شد. کیک خارج و حجم دانه‌های کلزا (V_s) یادداشت شد. حجم کیک از محاسبه V_t-V_s به دست آمد (Gomez *et al.*, 2007). چگالی (دانسیته) ظاهری نمونه‌ها با اندازه‌گیری نسبت وزن به حجم کیک اندازه‌گیری شد (Kocer *et al.*, 2007).

بافت سنجی

ویژگی‌های بافتی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Stable، انگلستان) و براساس روش روندا و همکاران (Ronda *et al.*, 2005) اندازه‌گیری شد. شاخص‌های مورد مطالعه شامل سفتی (نیوتن)، چسبندگی، فنری شدن، پیوستگی، صمغی شدن (نیوتن)، قابلیت جوندگی و رزیلینس[1] بود. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز کیک، به عنوان شاخص سفتی (بر حسب نیوتن) محاسبه گردید. نقطهٔ شروع و نقطهٔ هدف به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۲۵ میلی‌متر بود (Ronda *et al.*, 2005).

ارزیابی حسی نمونه‌های کیک

پس از آموزش‌های مقدماتی در مورد آزمون حسی، تعداد ۱۰ نفر (مرد و زن) ارزیاب انتخاب شدند. برای ارزیابی حسی نمونه‌ها، از روش هدونیک ۵ امتیازی (۱= بد، ۲= ضعیف، ۳= متوسط، ۴= خوب، ۵= بسیار خوب) استفاده شد. در این مرحله، به ارزیاب‌ها یک نمونه کدگذاری شده به همراه یک لیوان آب و یک فرم امتیازدهی داده شد. بافت، عطر و طعم، رنگ و پذیرش کلی پارامترهای ارزیابی حسی بودندکه ارزیاب‌ها آنها را بررسی کردند (Arshad *et al.*, 2007).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS و در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و

1- Resilience

تحلیل آماری شد. سه تکرار برای هر یک از نمونه‌ها در نظر گرفته شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) مقایسه شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (۲۰۱۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

مقایسهٔ مقادیر رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر و pH آرد سفید و کنجالهٔ سیاه‌دانه در جدول ۲ مشخص شده است.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی نمونه‌های آرد سفید و کنجاله سیاه دانه (درصد بر مبنای وزن‌تر)

نمونه‌ها	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	فیبر (درصد)	pH
آردسفید	۱۱/۵۰ ±۰/۵۰ [a]	۰/۵۰ ±۰/۵۰ [b]	۱۰/۴۵ ±۰/۷۶ [b]	۱/۸۳ ±۰/۲۴ [b]	۰/۰۱ ±۰/۰۰ [b]	۶/۹۶±۰/۰۰ [a]
کنجاله سیاه دانه	۵/۸۳±۱/۸۹ [b]	۶/۰۰±۰/۸۶ [a]	۳۲/۱۱±۱/۰۴ [a]	۵/۸۰±۰/۷۰ [a]	۱۰/۰۴±۰/۵۷ [a]	۶/۷۹±۰/۰۱ [a]

*حروف متفاوت در هر ستون نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P< 0.05$) است.

مقدار رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر و pH نمونه‌های مختلف کیک اسفنجی حاوی درصدهای متفاوت کنجالهٔ سیاه‌دانه در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسهٔ میانگین رطوبت نمونه‌های مختلف کیک حاوی نشان می‌دهد افزودن کنجالهٔ سیاه‌دانه به طور معنی‌داری سبب کاهش میزان رطوبت نمونه‌های کیک می‌شود ($P<۰/۰۵$). عمده‌ترین دلیل برای بروز این حالت، پایین بودن میزان رطوبت اولیهٔ موجود در کنجالهٔ سیاه‌دانه است که رطوبت کل خمیر کیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در خمیر کیک وجود شبکهٔ گلوتنی و اتصال آب با پروتئین‌های آرد موجب می‌شود خروج و یا خروج کمتر رطوبت در خلال پخت کمتر خارج شود یا به‌طور کلی خارج نشود. اما با افزایش کنجالهٔ سیاه‌دانه، به دلیل کاهش میزان پروتئین‌های گلوتنی، شبکه گلوتنی کمتر توسعه پیدا می‌کند و قابلیت خمیر برای حفظ رطوبت کاهش می‌یابد.

نتایج مطالعه در خصوص اضافه کردن آرد سویا در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد با آرد گندم برای تولید بیسکویت غنی شده با قارچ نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر آرد سویا، مقدار رطوبت نمونه‌ها کاهش می‌یابد. (Farzana & Mohajan, 2015) مقایسهٔ خاکستر نمونه‌های مختلف کیک اسفنجی نشان می‌دهد که افزایش درصد کنجالهٔ سیاه‌دانه در فرمولاسیون به افزایش میزان خاکستر ($P<۰/۰۵$) در محصول می‌انجامد. در بین ترکیبات اولیهٔ تشکیل دهندهٔ خمیر کیک، آرد عمده‌ترین منبع تولید خاکستر است که به علت جایگزینی آن با ترکیبی که مقدار خاکستر آن بالاست، مانند کنجالهٔ سیاه‌دانه، مقدار خاکستر محصول نهایی نیز افزایش پیدا می‌کند. نتایج به‌دست آمده در مورد خاکستر نمونه‌ها با نتایج تحقیقات علیمی و همکاران (Alimi *et al.*, 2014) روی استفاده از کنجالهٔ دانهٔ گل مغربی در فرمولاسیون کیک اسفنجی همخوانی دارد.

جدول ۳- تأثیر افزودن مقادیر مختلف کنجالهٔ سیاه‌دانه بر ترکیبات شیمیایی کیک اسفنجی

مقدار کنجاله (درصد)	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	فیبر (درصد)	pH
صفر	۲۴/۵۰±۰/۵۰ [a]	۰/۵۰±۰/۰۰ [b]	۱۱/۵۴±۰/۵۳ [d]	۱۸/۴۹±۰/۲۳ [c]	۰/۰۲±۰/۰۰ [c]	۷/۲۷±۰/۰۴ [a]
۵	۲۲/۶۶±۰/۵۷ [b]	۰/۶۶±۰/۲۸ [b]	۱۲/۱۴±۰/۴۸ [c]	۱۹/۳۳±۰/۰۰ [b]	۰/۳۴±۰/۰۴ [c]	۷/۴۳±۰/۴۰ [a]
۱۰	۲۱/۰۰±۰/۰۰ [b]	۱/۰۰±۰/۵۰ [a]	۱۳/۵۷±۰/۷۳ [b]	۲۰/۱۶±۰/۲۳ [a]	۱/۰۹±۰/۰۲ [b]	۷/۰۰±۰/۰۸ [a]
۱۵	۲۱/۴۴±۰/۶۹ [b]	۱/۱۶±۰/۲۸ [a]	۱۴/۷۰±۰/۶۶ [a]	۲۰/۸۳±۰/۲۴ [a]	۱/۳۴±۰/۰۷ [a]	۷/۰۱±۰/۰۶ [a]

*حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P< 0.05$) است.

نتایج اندازه‌گیری مقدار پروتئین نمونه‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد افزایش میزان کنجالهٔ سیاه‌دانه از صفر به ۱۵ درصد در فرمولاسیون خمیر منتهی به افزایش میزان پروتئین از ۱۱/۵ به ۱۴/۷ درصد شده است (P<۰/۰۵). از آنجا که تنها تغییر در فرمولاسیون خمیر اضافه کردن کنجالهٔ حاوی ۳۱ درصد پروتئین به‌جای آرد با میزان پروتئین ۱۰ درصد بوده بنابراین روشن است تغییرات مقدار پروتئین کیک تابع تغییرات مقدار پروتئین آرد و کنجاله باشد. مطالعات عباس زاده و همکاران (Abbaszadeh *et al.*, 2017) نشان می‌دهد افزودن کنسانترهٔ پروتئین بادام شیرین (۵،۱۰ و ۱۵ درصد) در فرمولاسیون کیک برنجی موجب شده است درصد پروتئین نمونه‌های تولیدی افزایش یابد. فرزانا و موهاجان (Farzana & Mohajan, 2015) با افزودن آرد سویا در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به‌جای آرد گندم در بیسکویت غنی شده با قارچ نشان دادند مقدار پروتئین بیسکویت آرد سویا از ۱۱/۰۷ تا ۱۷/۸۶ درصد افزایش می‌یابد.

جدول ۳ نشان می‌دهد که افزایش میزان کنجاله از صفر به ۱۵ درصد، منجر به افزایش میزان چربی از ۱۸/۴۹ به ۲۰/۸۳ درصد شده است. در مقدار این افزایش بین نمونه‌های ۱۰ و ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود. گفتنی است که آرد مورد استفاده در این پژوهش دارای ۱/۸۳ درصد و کنجالهٔ سیاه‌دانه دارای ۵/۸۰ درصد روغن بود که همین امر سبب افزایش چربی موجود در فرمولاسیون نمونه‌ها شده‌است. نتایج سنجش فیبر نشان می‌دهد افزایش میزان کنجاله در فرمولاسیون کیک‌ها منجر شده است به افزایش میزان فیبر نمونه‌ها (۱/۴۳-۰/۰۲ درصد). از آنجا که در این تحقیق کنجالهٔ سیاه‌دانه ۱۰ درصد و آرد سفید ۰/۵ فیبر داشتند، افزودن کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون خمیر به‌ناچار به افزایش فیبر در محصول نهایی می‌انجامد زیرا مقدار فیبر در محصول نهایی تنها تحت تأثیر مقدار فیبر در فرمولاسیون اولیه (عمدتاً آرد) بوده و در فرایند تغییری در میزان فیبر ایجاد نمی‌شود. علیمی و همکاران (Alimi *et al.*, 2014) گزارش دادند که با افزایش مقدار کنجالهٔ گل مغربی (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) در فرمولاسیون کیک اسفنجی میزان فیبر نمونه‌ها افزایش می‌یابد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که افزودن کنجالهٔ سیاه‌دانه در کیک اسفنجی منجر به کاهش pH کیک می‌شود هر چند این کاهش معنی دار (P<۰/۰۵) نیست، این امر طبیعی به نظر می‌رسد زیرا اختلاف بین pH کنجالهٔ سیاه دانه (۶/۷۹) و pH آرد سفید (۶/۹۶) معنی‌دار نیست. این نتایج با نتایج بررسی‌های علیمی و همکاران (Alimi *et al.*, 2014) روی تأثیر کنجالهٔ دانهٔ گل مغربی بر pH کیک اسفنجی همخوانی دارد.

ویژگی‌های رنگی

نتایج آزمون رنگ سنجی بافت نمونه‌های مختلف کیک حاوی مقادیر مختلف کنجالهٔ سیاه‌دانه در جدول ۴ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود از نظر شاخص‌های رنگی بین نمونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد (P<۰/۰۵). شاخص L^* شاخص تیرگی-روشنی است که بیشتر شدن آن نشان دهندهٔ روشن‌تر بودن و کمتر شدن آن تیرگی رنگ نمونه‌ها را نشان می‌دهد. در بررسی شاخص L^* نمونه‌های مختلف، افزایش میزان کنجاله از صفر به ۱۵ درصد منجر به کاهش معنی‌دار این شاخص (P<۰/۰۵) شده که نشان دهندهٔ تیره‌تر شدن رنگ محصول است. مطالعات صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2016) دربارهٔ افزودن پودر سیب به‌جای آرد گندم در فرمولاسیون

کیک اسفنجی نیز نشان می‌دهد با افزایش درصد پودر سیب میزان روشنایی کاهش می‌یابد و نمونه‌ها تیره‌تر می‌شوند. عوض‌صوفیان و همکاران (Avazsufiyan *et al.*, 2014) در بررسی تأثیر افزودن کنجالهٔ بادام شیرین به کیک بدون گلوتن نشان دادند که با افزودن کنجالهٔ بادام از صفر به ۱۰ درصد، شاخص L^* کاهش می‌یابد و نمونه‌ها تیره‌تر می‌شوند. مطابق با نتایج جدول ۴، میزان شاخص b^* نیز با افزوده شدن سطوح بالاتر کنجالهٔ سیاه‌دانه به محصول به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش پیدا کرده است. نمونهٔ شاهد به دلیل حضور رنگدانه‌های کاروتنوئیدی موجود در آرد، دارای مقادیر بالاتر b^* بود که به دلیل اضافه شدن کنجالهٔ سیاه‌دانه رنگ محصول از زرد به قهوه‌ای روشن متمایل شده و در نتیجه کاهش شاخص b^* را به دنبال داشته‌است. صادقی‌زاده دهکردی و همکاران (Sadeghizadeh Dehkordi *et al.*, 2017) نیز گزارش دادند که با افزودن کنجالهٔ کنجد و آناناس در فرمولاسیون کیک اسفنجی، شاخص‌های رنگی L^* و b^* کاهش می‌یابدکه با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

شاخص a^* نشان دهندهٔ قرمزی-سبزی بودن رنگ نمونه است؛ مقادیر مثبت حاکی از قرمزی و مقادیر منفی نشان دهندهٔ سبزتر بودن رنگ نمونه‌هاست. در بررسی شاخص a^* اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف مشاهده شد به طوری که افزایش مقدار کنجالهٔ سیاه‌دانه منتهی به کاهش معنی‌دار شاخص a^* و سبزتر شدن رنگ محصول گردید که در اثر افزودن ۱۵ درصد کنجاله سیاه دانه ایجاد شده است.

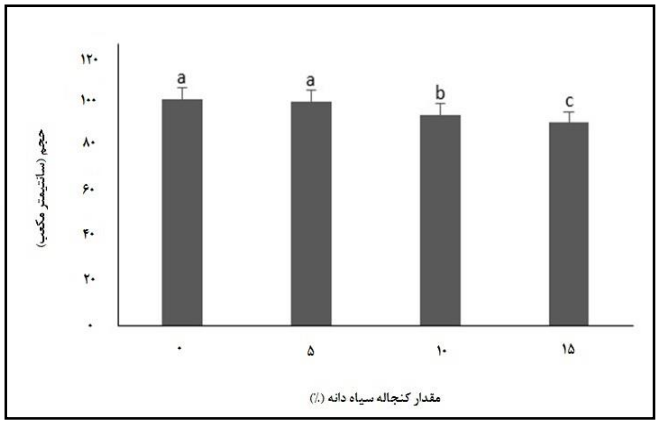
جدول ٤- تأثیر افزودن مقادیر مختلف کنجالهٔ سیاه‌دانه بر ویژگی‌های رنگی بافت کیک اسفنجی

مقدار کنجاله (درصد)	L^*	a^*	b^*
صفر	۵۵/۴۷±۰/۸۴ a	۱۱/۶۹±۰/۲۴ a	۳۵/۲۴±۰/۸۴ a
۵	۴۶/۸۱±۰/۵۰ b	۱/۷۵±۰/۰۹ b	۲۵/۷۰±۰/۵۲ b
۱۰	۴۱/۴۹±۱/۶۵ c	۰/۲۵±۰/۰۱ c	۲۰/۸۱±۰/۹۶ c
۱۵	۳۶/۵۴±۳/۵۴ d	-۰/۱۷±۰/۰۴ d	۱۵/۷۲±۲/۹۲ d

*حروف متفاوت در هر ستون نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P< 0.05$) است.

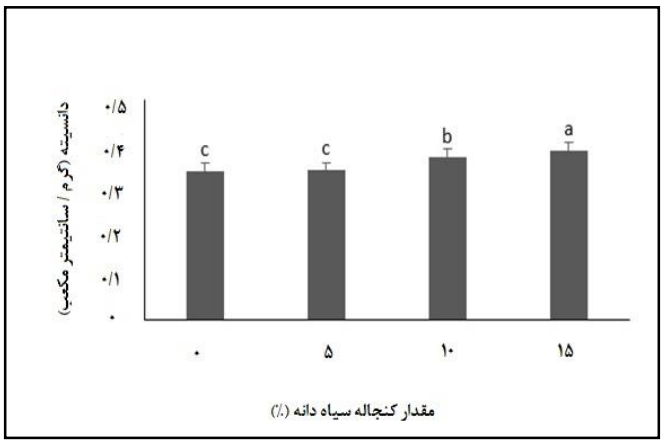
حجم و چگالی(دانسیته) ظاهری

نتایج بررسی حجم نمونه‌های کیک حاوی سطوح مختلف کنجالهٔ سیاه‌دانه در شکل ۱ نشان داده شده است. افزایش میزان کنجالهٔ سیاه‌دانه در فرمولاسیون کیک اسفنجی منجر به کاهش حجم نمونه‌های کیک شده‌است ($P<۰/۰۵$). با استفاده از این کنجاله، میزان پروتئین‌های گلوتنی مؤثر بر تشکیل شبکهٔ یکپارچه پروتئینی کاهش می‌یابد که در پی آن قابلیت خمیر در نگهداری حباب‌های هوا کاسته و منتهی به افت حجم نمونه‌ها می‌شود. تغییرات قوام خمیر نیز به دنبال افزایش میزان کنجالهٔ سیاه‌دانه در فرمولاسیون کیک، میزان حضور حباب‌های هوا را در خمیر کاهش می‌دهد که این امر نیز بر کاهش حجم مؤثر است. مطالعات صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2016) نشان می‌دهد با افزایش درصد پودر سیب به‌جای آرد در فرمولاسیون کیک اسفنجی، حجم نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بهادران و همکاران (Bahadoran *et al.*, 2018) گزارش کردند که افزودن آرد کنجالهٔ بزرک به‌جای آرد گندم باعث کاهش حجم کیک اسفنجی می‌شود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.



شکل ۱- تأثیرمقادیرمختلف (درصد) کنجالۀ سیاه‌دانه برحجم کیک
(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار (P< 0.05) است)

شکل ۲، تأثیر افزودن مقادیر مختلف کنجالۀ سیاه‌دانه را بر چگالی (دانسیته) کیک را نشان می‌دهد. پیشتر گفته شد افزایش میزان کنجاله در فرمولاسیون، حجم نمونه‌های کیک را کاهش می‌دهد و بدیهی است که این تغییر منتهی به افزایش میزان چگالی (دانسیته) شود. افزایش میزان کنجالۀ سیاه‌دانه از صفر به ۱۵ درصد در فرمولاسیون کیک منتهی به افزایش میزان چگالی(دانسیته) از ۰/۳۳ به ۰/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب شده‌است. نتایج پژوهش‌های ایوبی (Ayoubi, 2018) نشان می‌دهد افزایش سطح آرد کتان (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) به‌جای آرد موجب افزایش معنی دار چگالی (دانسیته) کیک می‌شود. بین حجم و چگالی (دانسیته) کیک رابطۀ معکوس وجود دارد و از این رو روشن است با کاهش یافتن حجم نمونه‌ها چگالی (دانسیته) افزایش یابد.



شکل ۲- تأثیر مقادیرمختلف کنجالۀ سیاه‌دانه بر دانسیتۀ کیک
(حروف متفاوت نشان دهندۀ اختلاف معنی‌دار (P< 0.05) است)

ویژگی‌های بافتی

نتایج آزمون بافت سنجی نمونه‌های مختلف کیک حاوی سطوح مختلف (صفر تا ۱۵ درصد) کنجالهٔ سیاه‌دانه در جدول ۵ نشان داده شده است. از لحاظ سفتی بافت، اختلاف معنی‌داری بین کیک‌ها وجود دارد ($P<0/05$)؛ افزایش میزان کنجاله باعث افزایش میزان فیبر محصولات شده که این امر منتهی به کاهش معنی‌دار سفتی بافت از ۶۹۲/۴ به ۵۰۹/۸ نیوتن شده است. مصرف کنجالهٔسیاه دانه به‌جای آرد، هر چند وضعیت محصول از نظر پروتئین‌های تغذیه‌ای بهبود پیدا می‌کند، اما پروتئین‌های موجود در کنجاله قابلیت تشکیل شبکه گلوتنی را ندارند و نمی‌توانند در ایجاد بافت دخالت مستقیمی داشته باشند، بنابراین با وارد شدن کنجالهٔ سیاه‌دانه امکان توسعهٔ شبکه گلوتن کاهش می‌یابد که این امر به‌ویژه در سطوح بالای جایگزینی منجر به ضعیف شدن ساختار کیک و نرم شدن زیاد از حد بافت کیک خواهد شد.

مطالعات مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2018) در زمینهٔ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی غنی شده با فیبر سیب درختی نشان می‌دهد با افزایش سطوح فیبر (۱۰، ۲۰ و ۳۰) در فرمولاسیون، سفتی نمونه‌ها کاهش می‌یابد که با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد. مارچتی و همکاران (Marchetti *et al.*, 2018) نیز گزارش دادند که اضافه کردن کنجالهٔ گردوی آمریکایی به‌جای آرد در فرمولاسیون کیک مافین منجر به کاهش سفتی بافت محصول می‌شود. در بررسی میزان چسبندگی محصول نیز مشاهده شد که افزودن کنجالهٔ سیاه‌دانه در تمامی سطوح به افزایش چسبندگی بافت کیک انجامیده است. دلیل این موضوع را می‌توان حضور پروتئین‌هایی با قابلیت چسبندگی بیشتر در کنجالهٔ سیاه‌دانه و تشکیل نشدن شبکهٔ گلوتنی دانست که منتهی به حضور آزادانهٔ ترکیبات چسبنده در سطح محصول شده است. خداداد زاده و ناصحی (Khodadadzadeh & Nasehi, 2018) گزارش دادند که با افزایش پودر فیبر باگاس در فرمولاسیون کیک اسفنجی، شدت چسبندگی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

جدول ۵- تأثیر مقادیر مختلف (درصد) کنجالهٔ سیاه‌دانه بر ویژگی‌های بافتی کیک اسفنجی

مقدار کنجاله (درصد)	سفتی (نیوتن)	چسبندگی	فنری شدن (میلی متر)	پیوستگی	صمغی شدن	قابلیت جوندگی (نیوتن)	رزیلینس
صفر	۶۹۲/۴۵±۱۱/۸۰^{a}	-۲/۰۶±۰/۶۳^{a}	۰/۸۸±۰/۰۰^{a}	۰/۵۹±۰/۰۰^{a}	۴۱۰/۳۵±۲/۸۳^{a}	۳۶۲/۶۶±۰/۹۷^{a}	۰/۲۳±۰/۰۰^{a}
۵	۶۷۲/۲۱±۵/۲۴^{b}	-۱۰/۶۲±۰/۳۲^{d}	۰/۸۶±۰/۰۱^{b}	۰/۵۶±۰/۰۰^{b}	۳۷۷/۵۲±۰/۲۵^{b}	۳۲۷/۸۱±۵/۹۳^{b}	۰/۲۱±۰/۰۰^{b}
۱۰	۵۷۶/۸۹±۱۹/۵۹^{c}	-۷/۶۹±۱/۲۱^{c}	۰/۸۶±۰/۰۰^{b}	۰/۵۴±۰/۰۰^{c}	۳۱۴/۲۴±۵/۶۴^{c}	۲۷۲/۵۸±۷/۱۸^{c}	۰/۲۰±۰/۰۰^{c}
۱۵	۵۰۹/۸۳±۳۹/۵۸^{d}	-۴/۵۶±۲/۵۰^{b}	۰/۸۴±۰/۰۰^{c}	۰/۵۲±۰/۰۰^{d}	۲۶۵/۷۶±۲۵/۴۱^{d}	۲۲۴/۸۷±۲۲/۳۷^{d}	۰/۱۹±۰/۰۰^{d}

*حروف متفاوت در هر ستون نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P< 0.05$) است.

پیوستگی شاخص میزان فروپاشی مادهٔ غذایی تحت تأثیر فرایندی مکانیکی است (Majzoobi *et al.*, 2014). برابر داده‌های موجود در جدول ۴، افزایش میزان کنجالهٔ سیاه‌دانه در فرمولاسیون کیک منجر به کاهش میزان پیوستگی بافت (۰/۵۹ به ۰/۵۲) و فنری شدن نمونه‌ها (۰/۸۸ به ۰/۸۴ میلی‌متر) شده‌است. بافت محصول هر چه بهتر توسعه پیدا کرده باشد، میزان پیوستگی بافت نیز

بیشتر خواهد بود. بدیهی است که در مقادیر بالاتر افزودن کنجالهٔ سیاه‌دانه به‌جای آرد، بافت به طور ضعیف‌تری توسعه پیدا می‌کند و ریزساختار تشکیل شده در کیک به آسانی تخریب و قابلیت بازیابی کمتری خواهد داشت. بنابراین، در این حالت پس از فشار اول بافت تخریب می‌شود و با برداشته شدن فشار از روی محصول نمی‌تواند به ارتفاع اولیه خود دست پیدا کند. نتایج مطالعات بیتنکورت و همکاران (Bitencourt *et al.*, 2014) نیز نشان می‌دهد افزودن بذر کدوحلوایی (۷/۵، ۱۵ و ۳۰ درصد) در فرمولاسیون کیک منجر به کاهش پیوستگی و چسبندگی کیک می‌شود. فنری شدن یا قابلیت ارتجاعی نشان دهندهٔ میزان برگشت فراورده غذایی به وضعیت اولیه بین زمان جویدن اولیه و ثانویه است (Majzoobi *et al.*, 2014). در اینجا نیز ایجاد ساختار یکپارچه و شبکهٔ گلوتنی مهمترین نقش را دارد و تضعیف ساختار کیک به دنبال افزوده شدن سطوح بالاتر کنجالهٔ سیاه‌دانه منتهی به کاهش قابلیت ارتجاع (۰/۸۸۴-۰/۸۴۶) در محصول شده است. نتایج بررسی‌های عباس زاده و همکاران (Abbaszadeh *et al.*, 2017) نیز نشان می‌دهد که با افزایش مقدار کنسانتره پروتئین بادام شیرین در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، میزان پیوستگی و فنری شدن کاهش می‌یابد. صمغی شدن نشانگر انرژی مورد نیاز جهت خرد کردن فراورده غذایی در دهان و آماده سازی جهت فرایند بلع است (Majzoobi *et al.*, 2014). در بررسی میزان صمغی شدن و قابلیت جویده شدن نیز مشاهده شد که افزایش سطوح کنجالهٔ سیاه‌دانه از صفر به ۱۵ درصد منتهی به کاهش میزان صمغی شدن (۴۱۰/۳۵۶-۲۶۵/۷۶۹) و جوندگی (۳۶۲/۶۶۲-۲۲۴/۸۷۷ نیوتن) نمونه‌ها شده است ($P<0/05$). این دو شاخص به طور مستقیم با میزان سفتی بافت نمونه‌ها در ارتباط هستند و کاهش میزان سفتی بافت منتهی به کاهش میزان صمغی شدن و قابلیت جویده شدن می‌گردد. امیر آبادی و همکاران (Amirabadi *et al.*, 2015) گزارش دادند که افزودن زانتان موجب کاهش صمغی شدن کیک شیفون می‌شود. خاصیت کشسانی (رزیلینس)، قابلیت محصول برای دستیابی به ارتفاع اولیه پس از اعمال اولین فشار است. در بررسی رزیلینس نمونه‌های کیک حاوی مقادیر مختلف کنجالهٔ سیاه‌دانه مشاهده شد که افزایش سطح این کنجاله در فرمولاسیون کیک اسفنجی به کاهش معنی دار ($P<0/05$) میزان رزیلینس (۰/۲۳۲-۰/۱۹۲) می‌انجامد. این پارامتر نیز احتمالاً تحت تأثیر ویژگی‌های شبکهٔ گلوتنی قرار دارد و افزایش سطوح بالاتر کنجالهٔ سیاه‌دانه منجر به کاهش مقادیر رزیلینس نمونه‌ها می‌شود. نتایج مطالعات گومز و همکاران (Gomez *et al.*, 2008) نیز نشان می‌دهد که با افزایش درصد آرد نخود به‌جای آرد در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی و لایه‌ای، مقدار رزیلینس نمونه‌ها کاهش می‌یابد.

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها در جدول ۶ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که افزودن کنجالهٔ سیاه‌دانه، به ویژه در مقادیر بالاتر، باعث تیره‌تر شدن رنگ محصول کیک شده است. این عامل موجب شده مصرف کننده علاقهٔ کمتری به رنگ محصول با ۱۵ درصد کنجالهٔ سیاه‌دانه نشان دهد. ویژگی‌های سطح کیک نیز به طور معنی‌داری ($P<0/05$) تحت تأثیر میزان کنجالهٔ سیاه‌دانه قراردارد، افزودن ۱۵ درصد کنجاله به فرمولاسیون منجر به افت معنی‌دار در امتیاز ویژگی‌های سطحی محصول شده‌است. از لحاظ بافت محصول، تفاوت معنی‌داری ($P<0/05$)

بین نمونهٔ شاهد و سطوح ۵ و ۱۰ درصد کنجالهٔ سیاه‌دانه مشاهده نشد، درحالی که در نمونهٔ کیک اسفنجی حاوی ۱۵ درصد کنجالهٔ سیاه‌دانه امتیاز ویژگی‌های بافتی محصول به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش پیدا کرده‌است. همانطور که گفته شد با کاربرد کنجاله به‌جای آرد گندم، میزان پروتئین‌هایی با قابلیت تشکیل شبکهٔ گلوتنی در محصول کاهش پیدا می‌کند که در این حالت فراورده نرم می‌شود، از این رو در سطوح بالای جایگزینی، مصرف کننده به دلیل تشکیل بافت نامناسب تمایل چندانی به محصول نشان نمی‌دهد. در بررسی عطر و طعم نمونه‌های کیک مشاهده می‌شود که اضافه کردن کنجالهٔ سیاه‌دانه به میزان ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار با نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند. در خصوص احساس دهانی محصول گفتنی است افزودن ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد کنجالهٔ سیاه‌دانه با کاهش مطلوبیت همراه شده‌است. نتایج پذیرش کلی محصول از دیدگاه ارزیاب‌ها نشان می‌دهد استفاده از ۵ و ۱۰ درصد کنجالهٔ سیاه‌دانه تفاوت معنی داری با نمونه شاهد ندارد اما اضافه‌کردن ۱۵ درصد کنجالهٔ سیاه‌دانه در فرمولاسیون کیک به کاهش پارامتر پذیرش کلی فراورده منجر شده‌است ($P<۰/۰۵$). با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی حسی می‌توان گفت که افزودن کنجالهٔ سیاه‌دانه تا ۱۰ درصد به فرمولاسیون کیک، تاثیر منفی در ویژگی‌های حسی کیک ایجاد نمی‌کند و از این رو می‌توان محصولی مناسب با ویژگی‌های تغذیه‌ای مناسب تولید کرد. در تحقیقات علیمی و همکاران (Alimi *et al.*, 2014) روی استفاده از کنجالهٔ دانهٔ گل مغربی در فرمولاسیون کیک اسفنجی، بالاترین امتیاز پذیرش کلی به نمونه کیک حاوی ۱۵ درصد کنجاله داده شده‌است. برخی مطالعات در زمینهٔ ارزیابی حسی کیک‌های فرموله شده با محصولات جانبی صنعت غذا نشان می‌دهد که معمولاً امتیازات عطر و طعم و ویژگی‌های بافتی با افزایش سطوح غنی سازی کاهش می‌یابد. مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2018) با افزایش میزان جایگزینی فیبر سیب (۱۰ ، ۲۰و ۳۰ درصد) در فرمولاسیون کیک اسفنجی نشان دادند که شاخص‌های بافت، طعم، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش می‌یابد.

نتایج بررسی‌های دالیویرا و همکاران (De Oliveira *et al.*, 2016) نشان می‌دهد که افزودن پوست میوهٔ گل ساعتی (پشن فروت) به میزان ۲۰ درصد به فرمولاسیون کیک باعث کاهش پارامترهای حسی کیک مانند ویژگی‌های ظاهری، رنگ، بو، طعم و بافت می‌شود.

جدول ٦- تأثیر مقادیر مختلف (درصد) کنجالهٔ سیاه‌دانه بر ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی

مقدار کنجاله (درصد)	رنگ سطح	ویژگی‌های سطح	رنگ مغز	بافت	عطر و طعم	احساس دهانی	پذیرش کلی
صفر	۴/۵۸±۰/۱۵ ^{a}	۴/۳۳±۰/۳۰ ^{a}	۴/۵۳±۰/۱۵ ^{a}	۴/۶۱±۰/۱۱ ^{a}	۴/۵۳±۰/۵۰ ^{ab}	۴/۶۰±۰/۱۰ ^{a}	۴/۶۰±۰/۰۹ ^{a}
۵	۴/۵۰±۰/۱۰ ^{a}	۴/۲۶±۰/۲۵ ^{ab}	۴/۴۶±۰/۱۱ ^{a}	۴/۵۰±۰/۲۰ ^{a}	۴/۶۳±۰/۱۵ ^{a}	۴/۳۳±۰/۲۵ ^{b}	۴/۵۳±۰/۱۵ ^{a}
۱۰	۴/۴۸±۰/۱۵ ^{a}	۴/۲۲±۰/۱۹ ^{b}	۴/۳۰±۰/۱۷ ^{a}	۴/۴۰±۰/۱۷^{a}	۴/۳۷±۰/۲۱ ^{bc}	۴/۳۰±۰/۲۶ ^{b}	۴/۴۶±۰/۳۲ ^{a}
۱۵	۳/۷۳±۰/۲۵ ^{b}	۳/۸۰±۰/۳۰ ^{c}	۳/۶۰±۰/۱۰ ^{b}	۳/۵۶±۰/۰۵ ^{b}	۴/۲۹±۰/۱۲ ^{c}	۳/۵۶±۰/۰۳ ^{c}	۳/۵۷±۰/۰۸ ^{b}

*حروف متفاوت در هر ستون نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P< 0.05$) است.

نتیجه‌گیری

افزودن کنجالۀ سیاه‌دانه در فرمولاسیون کیک اسفنجی از ۵ تا ۱۵ درصد به‌جای آرد منجر به افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) میزان پروتئین و فیبر نمونه‌ها می‌شود. با افزایش درصد کنجاله در فرمولاسیون، حجم کاهش و چگالی(دانسیته) ظاهری افزایش می‌یابد. بررسی ویژگی‌های رنگی کیک تولیدی نشان می‌دهد کنجالۀ سیاه‌دانه سبب تغییر قابل توجه رنگ می‌شود به‌طوری که در مقادیر بالای جایگزینی، رنگ محصول به طور معنی‌داری نسبت به نمونۀ شاهد تیره‌تر می‌شود. ویژگی‌های بافتی محصول نیز تحت تأثیر حضور کنجالۀ سیاه‌دانه در فرمولاسیون قرار دارد به طوری که بافت نمونه‌های کیک با افزایش میزان کنجاله نرم‌تر می‌شود و قابلیت بافت برای بازیابی ساختار اولیۀ خود پس از اعمال فشار کاهش می‌یابد. نتایج ارزیابی حسی نشان می‌دهد افزودن کنجالۀ سیاه‌دانه تا ۱۰ درصد در فرمولاسیون کیک، تأثیر نامطلوب در ویژگی‌های حسی کیک ایجاد نمی‌کند. بنا بر نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌توان استفاده از کنجالۀ سیاه‌دانه را تا ۱۰ درصد به منظور بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای کیک اسفنجی توصیه کرد.

مراجع

Abbaszadeh, F., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A. R. and Kashaninejad, M. 2017. Influence of sweet almond protein concentrate and xanthan gum on physico-chemical and textural properties of dough and rice cakes. Innovative Food Technologies (JIFT). 4(3): 107-118. (in Persian).

Afshari Jooibari, H. and Farahnaky, A. 2011. Evalution of photoshop Software potential for food colorimetry. Journal of Food Engineering. 106, 107-75. (in Persian).

Ahmad, A., Husain, A., Mujeeb, M., Alam Khan, S., Najmi, A. K., Siddique, N.A., Damanhouri, Z.A. and Anwar, F. 2013. A review on therapeutic potential of Nigella sativa: A miracle herb. Asian Pacific journal of tropical biomedicine. 3(5): 337-52.

Alimi, S., Arabshahi-Delouee, M., Aalami, M. 2014. Use of evening-primroses meal in formulation of sponge cake. 3th Natural Conference on Food Science and Technologu. 17-18 November 2014, Islamic Azad Univercity, Ghoochan Branch, Ghoochan, Iran. (in Persian).

Amirabadi, S., Koocheki, A. and Mohebbi, M. 2015. Effect of xanthan and *Lepidium perfoliatum* seed gums on quality and shelf-life of chiffon cake. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 10(4): 107-118. (in Persian).

Arshad, M. U., Anjum, F. M. and Zahoor, T. 2007. Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. Food Chemistry. 102, 123-128.

Avazsufiyan, A., Aalami, M., Mahoonak, A.R., Ghorbani, M. and Ziaiifar, A. M. 2014. Application of sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology. 3(2): 185-196. (in Persian).

Ayoubi, A. 2018. Effect of flaxseed flour incorporation on physicochemical and sensorial attributes of cupcake. Innovative Food Technologies (JIFT). 78(15): 217-228. (in Persian).

Bahadoran, S., Keramat, J. and Hojjatoleslami, M. 2018. The effect of the addition of flaxseed meal flour on the physical characteristics of sponge cake. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 14(4):671-684. (in Persian).

Belghith Fendri, L., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., EllouzChaabouni, S. and Ghribi-Aydi, D. 2016. Wheat bread enrichment by pea and broad beanpods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. LWT - Food Science andTechnology. 73, 584-591.

Ben Jeddou, K., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni, S., Ellouz-Ghorbel, R. and Nouri-Ellouz, O. 2017. Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. Food Chemistry. 217, 668-677.

Birch C. S., Bonwick G. A. Ensuring the future of functional foods. International Journal of Food Science & Technology. 54(5):1467-85.

Bitencourt, C., Dutra, F. L. G., Pinto, V. Z., Helbig, E. and Borges, L. 2014. Elaboration of cakes enriched by pumpkin seeds: Chemical, physical and sensory assessment. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de A limentos, Curitiba. 32(1): 19-32.

Chaiya, B. and Pongsawatmanit, R. 2011. Quality of batter and sponge cake prepared from wheat-tapioca flour blends. Kasetsart Journal (Natural Science). 45, 305–313.

De Oliveira, V. R., Tweedie Preto, L., De Oliveira Schmidt, H., Komeroski, M., Lima Da Silva, V. and De Oliveira Rios, A. 2016. Physicochemical and sensory evaluation of cakes made with passion fruit and orange residues. Journal of Culinary Science & Technology. 14(2): 166-175.

Farzana, T. and Mohajan, S. 2015. Effect of incorporation of soy flour to wheat flour on nutritional and sensory quality of biscuits fortified with mushroom. Food Science & Nutrition. 3(5): 363-369.

Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C.R., Pando, V. and Fernandez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. LWT - Food Science and Technology. 41(9): 1701-1709.

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

ISIRI. 1990. Method of determination for total fat content cereals and cereal products. ISIRI No. 2862. 1st Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

ISIRI. 1996. Cereal and cereal products- Determination of moisture content ñ Reference method. ISIRI No. 2705. 1st. Revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

ISIRI. 2010a. Agricultural food products – Determination of crude fibre contents – General method. ISIRI No. 3105. 1st. Revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

ISIRI. 2010b. Biscuit-Specifications and test methods. ISIRI No. 37. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

ISIRI. 2010c. Cereals and pulses –Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content –Kjeldahl method. ISIRI No. 2863. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

Khodadadzadeh, M. and Nasehi, B. 2018. Evaluation of physicochemical properties, sensory and textural sponge cake enriched with bagasse fiber powder. Food Science and Technology. 78(15): 21-29. (in Persian).

Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A. and Katnas, S. 2007. Bubble and pore formation of the high ratio cake formulation with poly-dextrose as a sugar and fat replacer. Journal of Food Engineering. 78, 953-964.

Lai, H. M. and Lin, T. C. 2006. Bakery products: Science and technology. In Y. H. Hui (Ed.), Bakery Products: Science and Technology (pp 3-68). Oxford, UK: Blackwell Publishing.

Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S. and Farahnaky, A. 2014. Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. Journal of Food Processing and Preservation. 38, 1164-1170. (in Persian).

Marchetti, L., Califano, A.N. and Andrés, S.C. 2018. Partial replacement of wheat flour by pecan nut expeller meal on bakery products. Effect on muffins quality. LWT - Food Science and Technology. 95, 85-91.

Marques, G. D. A., Sao Jose, J. F. B. D., Silva, D. A. and Silva, E. M. M. D. 2016. Whey protein as a substitute for wheat in the development of no added sugar cookies. LWT - Food Science and Technology. 67, 118-126.

Moradi, P., Goli, M. and Keramat, J. 2018. The effect of addition of apple fiber on nutritional, physico chemical and sensory properties of sponge cake. Food Science and Technology. 77(15), 193-206. (in Persian).

Mousapour, T. and Salarmoini, M. 2014. Effect of using different levels of *Nigella sativa* meal on the growth performance and meat quality of Japanese quails. Iranian Journal of Animal Science Research. 6(1), 17-24 (in Persian).

Naghipour, F., Sahraiyan, B., Mazaheri Tehrani, M. and Sheikholeslami, Z. (2013). Investigation on possibility of replacing the eggs with soy flour and mixing wheat flour with wheat germ in oil cake production. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 8(2): 211-220. (in Persian).

Peighambardoust, S. H. 2010. Technology of Cereal Products. Tabriz University of Medical Sciences Publications. (in Persian).

Ronda, F., Gamez, M., Blanco, C. A. and Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and non digestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. Journal of Food Chemistry. 90, 549-555.

Sadeghizadeh Dehkordi, A., Najaf Abadi, M. F. and Abbasi, H. 2017. Evaluation of technological and visual properties of sponge cake containing sesame and pineapple and

defineding optimal level of these nutritional material. Iranian Journal of Food Science and Tchnology. 14 (69), 255-268. (in Persian).

Salehi, F., Kashaninejad, M. and Alipour, N. 2016. Evaluation of physicochemical, sensory and textural properties of rich sponge cake with dried apples powder. Innovative Food Technologies (JIFT). 3(3), 39-47. (in Persian).

Semwal, S., Chaudhary, N. and Karoulia, S. 2016. Addition of carrot pomace to increasethe nutritional and rheological properties of traditional cake. International Journal of Science and Research. 5, 1412-1416.

Shabeer, M., Sultan, M. T., Abrar, M., Suffyan Saddique, M., Imran, M., SaadHashmi, M. and Sibt-e-Abbas, M. 2016. Utilization of defatted mango kernel in wheat-based cereals products: Nutritional and functional properties. International Journal of Fruit Science. 16(4): 444-460.

Zeweil, H. S. 1996. Evaluation of substituting nigella seed meal for soybean meal on the performance of growing and laying Japanese quails. Egyptian Poultry Science. 16, 451-477.

Food Engineering Research/Vol.18/No.67/Autumn & Winter 2019/P: 167-182

The Effect of Black Cumin Seed *(Nigella sativa)* Meal on Physicochemical, Textural and Sensorial Properties of Sponge Cake

H. Taeneh and S. Arabshahi-Delouee*

* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran. Email: arabshahi.delouee@gmail.com
Received: 21 January 2019, Accepted: 17 August 2019

Abstract

Black cumin seed meal, a by- product of oil extraction, contains high levels of nutritional proteins, as well as desirable compounds such as antioxidants and fiber. In this research work, the effects of replacing wheat flour with black cumin seed (*Nigella sativa*) meal at the levels of 0, 5, 15 and 15% on the physical, chemical and sensory characteristics of sponge cake were investigated. The chemical analysis of black cumin seed meal showed that it had high content of protein (40%) and fiber (10%), so that increasing the level of black cumin seed meal from 0 to 15% in the formulation of sponge cake resulted in a significant ($p<0.05$) increase in the protein and fiber content of the samples. Addition of black cumin seed meal significantly decreased the content of moisture in the cake samples while significantly increased the fat and ash content and did not change the pH values of the cake samples significantly ($p<0.05$). Upon increasing the level of meal in the formulation, the volume and density indices of the samples decreased and increased, respectively. The color indices of L^*, $a^*$and b^* of meal incorporated cake samples decreased, comparing to those of control sample (0% of meal). The results of texture analysis showed that increasing the levels of black cumin seed meal from 0 to 15% in the formulation, reduced ($p<0.05$) the firmness of cake samples. Finally, the results of physicochemical and sensory analyses of the cake samples showed that addition of black cumin seed meal at the level of 10% was the most appropriate amount for enrichment of sponge cake and thus formulating a functional product, since undesirable changes in the mentioned properties of the samples were detected upon addition of higher amount of meal.

Key words: Bakery products, Confectionery products, Formulation, Oil processing by products