

تأثیر کنجاله سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی

حمیده طعنه^۱ و سعیده عربشاهی دلویی^{۲*}

۱ و 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: ۹۷/۱/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۲۶

چکیده

کنجاله 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 کنجاله روغن‌کشی شده سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) در مقادیر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی ارزیابی شده است. بررسی ترکیبات شیمیایی کنجاله سیاه‌دانه نشان می‌دهد این فرآورده دارای مقادیر بالایی از پروتئین (۴۰ درصد) و فیبر (۱۰ درصد) است به طوری که افزایش کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون از صفر به ۱۵ درصد منجر به افزایش در میزان پروتئین و فیبر نمونه‌ها شده است. افزودن کنجاله سیاه‌دانه در نمونه‌های کیک سبب کاهش میزان رطوبت و افزایش مقادیر خاکستر و چربی شده ضمن آنکه تغییر معنی‌دار در pH کیک اسفنجی مشاهده نشده است. 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 کنجاله سیاه‌دانه نسبت به نمونه بدون کنجاله کاهش یافت. ویژگی‌های بافتی محصول نیز تحت تأثیر حضور کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون قرار گرفت به طوری که افزایش میزان کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون از صفر به ۱۵ درصد به کاهش معنی‌دار ($p < 0/05$) سفتی بافت نمونه‌های کیک از ۶۹۲/۴ به ۵۰۹/۸ نیوتن انجامید. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که افزودن کنجاله سیاه‌دانه تا ۱۰ درصد، تأثیرات نامطلوب در ویژگی‌های حسی کیک ایجاد نمی‌کند. بنابراین، نتایج این تحقیق بیانگر آن است که افزودن کنجاله 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 نانویی، فرمولاسیون

مقدمه

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

فرآورده‌های نانویی شامل انواع مختلفی از نان‌ها، کیک‌ها و بیسکوئیت‌ها (کراکر و کوکی‌ها) است، و آرد به ترکیب اصلی فرمولاسیون این محصولات مسئول ایجاد حجم و ساختار آنهاست (Lai & Lin, 2006). این فرآورده‌ها به دلیل مصرف گسترده‌ای که در

چگالی (دانسیته) ظاهری، پروتئین و فیبر نمونه‌ها افزایش می‌یابد. آن‌ها اعلام نمودند

افزودن ۱۵ درصد کنجاله گل مغربی مناسب‌ترین مقدار برای غنی سازی یک اسفنجی است و تغییرات نامطلوبی در خواص فیزیکوشیمیایی و حسی یک ایجاد نمی‌کند. بهادران و همکاران (Bahadoran *et al.*, 2018) تأثیر افزودن کنجاله بزرک را بر ویژگی‌های بافتی، تخلخل و رنگ یک اسفنجی بررسی کردند و نشان دادند که این جایگزینی تا ۱۵ درصد مطلوب است و تأثیر نامطلوبی بر رنگ و تخلخل یک ندارد. مارچتی و همکاران (Marchetti, *et al.* 2018) از کنجاله گردوی آمریکایی در فرمولاسیون یک مافین استفاده و گزارش کردند افزودن ۳۰-۲۰ درصد از این کنجاله به جای آرد اثرهایی مطلوب در فرمولاسیون فرآورده‌ای مانند مافین به همراه دارد.

سیاه دانه با نام علمی *Nigella Sativa* گیاه علفی یکساله از تیره آلله‌ها است. دانه‌ها و روغن حاصل از دانه این گیاه دارای سابقه مصرف تاریخی در زمینه‌های پزشکی و غذایی است و به‌طور گسترده به عنوان کاهنده 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^۱ (۱۰ درصد) و ایکودادی انوئیک اسید^۲ (۳ درصد) است. آلفا سیتواسترول نیز استرول اصلی (۴۴-۵۴ درصد) روغن سیاه‌دانه محسوب می‌شود (Ahmad *et al.* 2013). ضایعات باقی مانده از روغن کشی سیاه‌دانه را کنجاله 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

اسفنجی نوعی کیک هوادهی شده است که ترکیبات اصلی آن آرد گندم، شکر و تخم مرغ است. کیفیت کیک به عواملی مانند ترکیبات تشکیل‌دهنده 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 فرآورده‌ها 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 کننده آنها، طیف گسترده‌ای مانند پوست، ساقه، برگ، بذر و کنجاله 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 تغذیه 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 و همکاران (Alimi, 2014) در تحقیقی با بررسی اثر افزودن کنجاله دانه گل مغربی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی نشان داد که با افزایش درصد کنجاله در فرمولاسیون کیک، شاخص حجم کاهش اما

1- Dihomolinoleic acid

2- Eicodadienoic acid

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 باقیمانده حلال نگهداری و پس از خشک کردن در آن آسیاب شد؛ ذرات از الک با مش ۸۰ عبور داده شدند.

تولید کیک اسفنجی

کیک با استفاده از روش شکر-خمیر و بر اساس جدول ۱ تولید شد (Peighambaroust, 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. همه مواد پودری باهم الک و به مخلوط اضافه شدند و در پایان شیر اضافه شد و تا به دست آمدن خمیری یکنواخت، هم‌زدن ادامه یافت. خمیر آماده شده بلافاصله پس از مخلوط کردن در قالب‌های فلزی به ابعاد ۴×۵×۸ سانتی‌متر ریخته و برای پخت به مدت ۳۰ دقیقه در فر برقی (سینجر SLS5) با دمای ۱۷۵-۱۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. نمونه‌ها پس از پخت، در دمای محیط خنک و در بسته‌های پلی‌پروپیلن عایق در برابر رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند.

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

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

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

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

جدول ۱- فرمولاسیون کیک اسفنجی

مواد اولیه (گرم) / سطوح مختلف کنجاله سیاه دانه	صفر	۵	۱۰	۱۵
آرد	۳۰۰	۲۸۵	۲۷۰	۲۵۵
کنجاله 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
بیکینگ پودر	۴/۰۲	۴/۰۲	۴/۰۲	۴/۰۲
شیر	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵
کره	۱۴۴	۱۴۴	۱۴۴	۱۴۴

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 رزیلیانس^۱ 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. نقطه شروع و نقطه 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 بودند که 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

ارزیابی ترکیبات شیمیایی آرد سفید، آرد کنجاله 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 شماره ۳۷ با استفاده از کوره الکتریکی محاسبه شد (ISIRI, 2010b).

مقدار پروتئین نمونه‌ها براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۳ با دستگاه اتومات کلدال (Behr، آلمان)، مقدار چربی نمونه‌ها براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۲ با دستگاه نیمه اتومات سوکسله (Behr، آلمان) با حلال پترولیوم اتر و pH با pH متر (Knick، آلمان) اندازه‌گیری 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 عکس‌برداری) در شرایط ثابت، با دوربین کانن (۱۴/۵ مگاپیکسل) ارزیابی و مقایسه شدند. تصاویر با نرم افزار (Image J) تجزیه و تحلیل شدند (Afshari Jooibari & Farahnaky, 2011).

اندازه‌گیری حجم و چگالی (دانسیته) ظاهری نمونه‌های کیک

حجم کیک‌ها به روش جابه‌جایی حجم با استفاده از دانه 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

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

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

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 ($P < 0.05$) مقایسه شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (۲۰۱۳) استفاده شد.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی نمونه‌های آرد سفید و کنجاله سیاه‌دانه (درصد بر مبنای وزن تر)

نمونه‌ها	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	فیبر (درصد)	pH
آرد سفید	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 سیاه‌دانه	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 دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

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) مقایسه خاکستر نمونه‌های مختلف کیک اسفنجی نشان می‌دهد که افزایش درصد کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون به افزایش میزان خاکستر ($P < 0.05$) در محصول می‌انجامد. در بین ترکیبات اولیه تشکیل دهنده خمیر کیک، آرد عمده‌ترین منبع تولید خاکستر است که به علت جایگزینی آن با ترکیبی که مقدار خاکستر آن بالاست، مانند کنجاله 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 کنجاله دانه گل مغربی در فرمولاسیون کیک اسفنجی همخوانی دارد.

مقدار رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر و pH نمونه‌های مختلف کیک اسفنجی حاوی درصد‌های متفاوت کنجاله سیاه‌دانه در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسه میانگین رطوبت نمونه‌های مختلف کیک حاوی نشان می‌دهد افزودن کنجاله سیاه‌دانه به طور معنی‌داری سبب کاهش میزان رطوبت نمونه‌های کیک می‌شود ($P < 0.05$). عمده‌ترین دلیل برای بروز این حالت، پایین بودن میزان رطوبت اولیه موجود در کنجاله سیاه‌دانه است که رطوبت کل خمیر کیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در خمیر کیک وجود شبکه گلووتنی 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 کنجاله سیاه‌دانه، به دلیل کاهش میزان پروتئین‌های گلووتنی، شبکه گلووتنی کمتر توسعه پیدا می‌کند و قابلیت خمیر برای حفظ رطوبت کاهش می‌یابد.

جدول ۳- تأثیر افزودن مقادیر مختلف کنجاله 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 ± ۰/۰۴ ^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 نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

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 کنجاله گل مغربی (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) در فرمولاسیون کیک اسفنجی میزان فیبر نمونه‌ها افزایش می‌یابد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که افزودن کنجاله سیاه‌دانه در کیک اسفنجی منجر به کاهش pH کیک می‌شود هر چند این کاهش معنی دار ($P < 0.05$) نیست، این امر طبیعی به نظر می‌رسد زیرا اختلاف بین pH کنجاله سیاه‌دانه (۶/۷۹) و pH آرد سفید (۶/۹۶) معنی‌دار نیست. این نتایج با نتایج بررسی‌های علیمی و همکاران (Alimi *et al.*, 2014) روی تأثیر کنجاله دانه گل مغربی بر pH کیک اسفنجی همخوانی دارد.

ویژگی‌های رنگی

نتایج آزمون رنگ سنجی بافت نمونه‌های مختلف کیک حاوی مقادیر مختلف کنجاله 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 ($P < 0.05$). شاخص L^* شاخص تیرگی-روشنی است که بیشتر شدن آن نشان دهنده 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 ($P < 0.05$) شده که نشان دهنده تیره‌تر شدن رنگ محصول است. مطالعات صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2016) درباره افزودن پودر سیب به‌جای آرد گندم در فرمولاسیون

نتایج اندازه‌گیری مقدار پروتئین نمونه‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد افزایش میزان کنجاله سیاه‌دانه از صفر به ۱۵ درصد در فرمولاسیون خمیر منتهی به افزایش میزان پروتئین از ۱۱/۵ به ۱۴/۷ درصد شده است ($P < 0.05$). از آنجا که تنها تغییر در فرمولاسیون خمیر اضافه کردن کنجاله 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 کنسانتره 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 کنجاله سیاه‌دانه دارای ۵/۸۰ درصد روغن بود که همین امر سبب افزایش چربی موجود در فرمولاسیون نمونه‌ها شده است. 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 کنجاله سیاه‌دانه ۱۰ درصد و آرد سفید ۰/۵ فیبر داشتند، افزودن

صادقی‌زاده دهکردی و همکاران (Sadeghizadeh et al., 2017) نیز گزارش دادند که با افزودن کنجاله کنجد و آناناس در فرمولاسیون کیک اسفنجی، شاخص‌های رنگی L^* و b^* کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

شاخص a^* نشان دهنده قرمزی-سبزی بودن رنگ نمونه است؛ مقادیر مثبت حاکی از قرمزی و مقادیر منفی نشان دهنده سبزی بودن رنگ نمونه‌هاست. در بررسی شاخص a^* اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) بین تیمارهای مختلف مشاهده شد به طوری که افزایش مقدار کنجاله سیاه‌دانه منتهی به کاهش معنی‌دار شاخص a^* و سبزی‌تر شدن رنگ محصول گردید که در اثر افزودن ۱۵ درصد کنجاله سیاه‌دانه ایجاد شده است.

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 کنجاله بادام شیرین به کیک بدون گلوتن نشان دادند که با افزودن کنجاله 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 کنجاله سیاه‌دانه به محصول به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش پیدا کرده است. نمونه شاهد به دلیل حضور رنگدانه‌های کاروتنوئیدی موجود در آرد، دارای مقادیر بالاتر b^* بود که به دلیل اضافه شدن کنجاله سیاه‌دانه رنگ محصول از زرد به قهوه‌ای روشن متمایل شده و در نتیجه کاهش شاخص b^* را به دنبال داشته‌است.

جدول ۴- تأثیر افزودن مقادیر مختلف کنجاله سیاه‌دانه بر ویژگی‌های رنگی بافت کیک اسفنجی

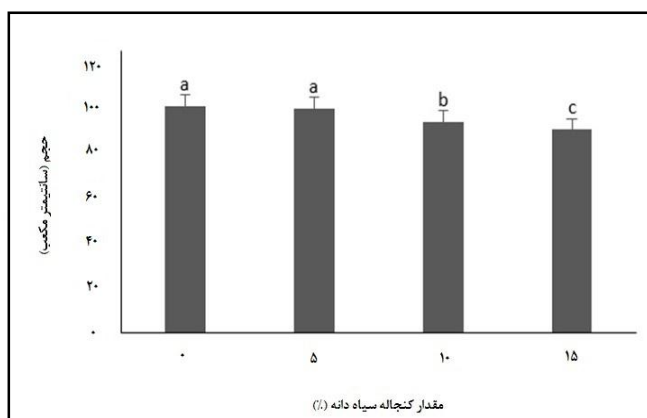
مقدار کنجاله (درصد)	L^*	a^*	b^*
صفر	۵۵/۴۷±۰/۸۴ ^a	۱۱/۶۹±۰/۲۴ ^a	۳۵/۲۴±۰/۸۴ ^a
۵	۴۶/۸۱±۰/۵۰ ^b	۱/۷۵±۰/۰۹ ^b	۲۵/۷۰±۰/۵۲ ^b
۱۰	۴۱/۴۹±۱/۶۵ ^c	۰/۲۵±۰/۰۱ ^c	۲۰/۸۱±۰/۹۶ ^c
۱۵	۳۶/۵۴±۳/۵۴ ^d	-۰/۱۷±۰/۰۴ ^d	۱۵/۷۲±۲/۹۲ ^d

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

کنجاله 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 به جای آرد در فرمولاسیون کیک اسفنجی، حجم نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بهادران و همکاران (Bahadoran et al., 2018) گزارش کردند که افزودن آرد کنجاله بزرک به جای آرد گندم باعث کاهش حجم کیک اسفنجی می‌شود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

حجم و چگالی (دانسیته) ظاهری

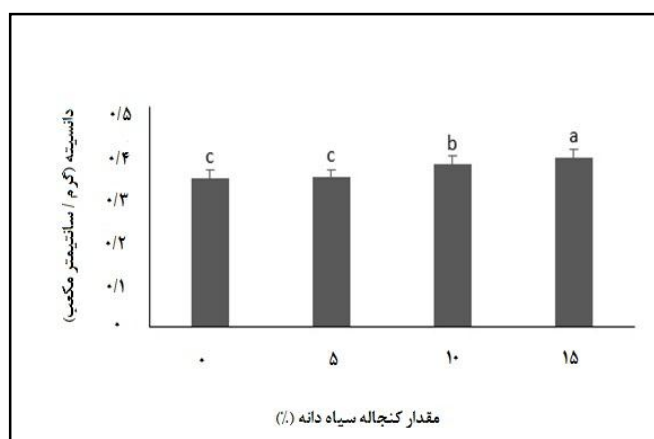
نتایج بررسی حجم نمونه‌های کیک حاوی سطوح مختلف کنجاله سیاه‌دانه در شکل ۱ نشان داده شده است. افزایش میزان کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون کیک اسفنجی منجر به کاهش حجم نمونه‌های کیک شده است ($P < 0.05$). با استفاده از این کنجاله، میزان پروتئین‌های گلوتهنی مؤثر بر تشکیل شبکه یکپارچه پروتئینی کاهش می‌یابد که 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



شکل ۱- تأثیر مقادیر مختلف (درصد) کنجاله سیاه دانه بر حجم کیک (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) است)

شکل ۲، تأثیر افزودن مقادیر مختلف کنجاله سیاه دانه 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 کنجاله سیاه دانه از صفر به ۱۵ درصد در فرمولاسیون کیک منتهی به افزایش میزان چگالی (دانسیته) از ۰/۳۳ به ۰/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب شده است. نتایج پژوهش‌های ایوبی (Ayoubi, 2018) نشان می‌دهد افزایش سطح آرد کتان (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) به جای آرد موجب افزایش معنی دار چگالی (دانسیته) کیک می‌شود. بین حجم و چگالی (دانسیته) کیک رابطه معکوس وجود دارد و از این رو روشن است با کاهش یافتن حجم نمونه‌ها چگالی (دانسیته) افزایش یابد.

شکل ۲- تأثیر مقادیر مختلف کنجاله سیاه دانه بر دانسیته کیک (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) است)



شکل ۲- تأثیر مقادیر مختلف کنجاله سیاه دانه بر دانسیته کیک (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) است)

ویژگی‌های بافتی

یک 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 کنجاله گردوی آمریکایی به جای آرد در فرمولاسیون یک مافین منجر به کاهش سفتی بافت محصول می‌شود. در بررسی میزان چسبندگی محصول نیز مشاهده شد که افزودن کنجاله سیاه‌دانه در تمامی سطوح به افزایش چسبندگی بافت یک انجامیده است. دلیل این موضوع را می‌توان حضور پروتئین‌هایی با قابلیت چسبندگی بیشتر در کنجاله سیاه‌دانه و تشکیل نشدن شبکه گلوتهی دانست که منتهی به حضور آزادانه ترکیبات چسبنده در سطح محصول شده است. خداداد زاده و ناصحی (Khodadadzadeh & Nasehi, 2018) گزارش دادند که با افزایش پودر فیبر باگاس در فرمولاسیون یک اسفنجی، شدت چسبندگی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

نتایج آزمون بافت سنجی نمونه‌های مختلف یک حاوی سطوح مختلف (صفر تا ۱۵ درصد) کنجاله سیاه‌دانه در جدول ۵ نشان داده شده است. از لحاظ سفتی بافت، اختلاف معنی‌داری بین یک‌ها 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 کنجاله سیاه‌دانه به جای آرد، هر چند وضعیت محصول از نظر پروتئین‌های تغذیه‌ای بهبود پیدا می‌کند، اما پروتئین‌های موجود در کنجاله قابلیت تشکیل شبکه گلوتهی را ندارند و نمی‌توانند در ایجاد بافت دخالت مستقیمی داشته باشند، بنابراین با وارد شدن کنجاله سیاه‌دانه امکان توسعه شبکه گلوتهی کاهش می‌یابد که این امر به‌ویژه در سطوح بالای جایگزینی منجر به ضعیف شدن ساختار یک و نرم شدن زیاد از حد بافت یک خواهد شد.

مطالعات مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2018) در زمینه ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی

جدول ۵- تأثیر مقادیر مختلف (درصد) کنجاله سیاه‌دانه بر ویژگی‌های بافتی یک اسفنجی

مقدار کنجاله (درصد)	سفتی (نیوتن)	چسبندگی	فتری شدن (میلی متر)	پیوستگی	صمغی شدن	قابلیت جوندگی (نیوتن)	رزلیانس
صفر	۶۹۲/۴۵±۱۱/۸ ^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	-۱/۰۶±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 دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

منجر به کاهش میزان پیوستگی بافت (۰/۵۹) به ۰/۵۲) و فتری شدن نمونه‌ها (۰/۸۸) به ۰/۸۴ میلی‌متر) شده است. بافت محصول هر چه بهتر توسعه پیدا کرده باشد، میزان پیوستگی بافت نیز

پیوستگی شاخص میزان فروپاشی ماده غذایی تحت تأثیر فرایندی مکانیکی است (Majzoobi *et al.*, 2014). برابر داده‌های موجود در جدول ۴، افزایش میزان کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون یک

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. امیرآبادی 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 کنجاله سیاه‌دانه مشاهده شد که افزایش سطح این کنجاله در فرمولاسیون کیک اسفنجی به کاهش معنی دار ($P < 0/05$) میزان رزیلینس ($0/232-0/192$) می‌انجامد. این پارامتر نیز احتمالاً تحت تأثیر ویژگی‌های شبکه گلوئنی قرار دارد و افزایش سطوح بالاتر کنجاله 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 به جای 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 کنجاله سیاه‌دانه، به ویژه در مقادیر بالاتر، باعث تیره‌تر شدن رنگ محصول کیک شده است. این عامل موجب شده مصرف کننده علاقه کمتری به رنگ محصول با ۱۵ درصد کنجاله سیاه‌دانه نشان دهد. ویژگی‌های سطح کیک نیز به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) تحت تأثیر میزان کنجاله سیاه‌دانه قرار دارد، افزودن ۱۵ درصد کنجاله به فرمولاسیون منجر به افت معنی‌دار در امتیاز ویژگی‌های سطحی محصول شده است. از لحاظ بافت محصول، تفاوت معنی‌داری ($P < 0/05$)

بیشتر خواهد بود. بدیهی است که در مقادیر بالاتر افزودن کنجاله سیاه‌دانه به جای 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 کدو حلوایی (۷/۵، ۱۵ و ۳۰ درصد) در فرمولاسیون کیک منجر به کاهش پیوستگی و چسبندگی کیک می‌شود. فنری شدن یا قابلیت ارتجاعی نشان دهنده میزان برگشت فراورده غذایی به وضعیت اولیه بین زمان جویدن اولیه و ثانویه است (Majzooobi et al., 2014). در اینجا نیز ایجاد ساختار یکپارچه و شبکه گلوئنی مهمترین نقش را دارد و تضعیف ساختار کیک به دنبال افزوده شدن سطوح بالاتر کنجاله سیاه‌دانه منتهی به کاهش قابلیت ارتجاع ($0/884-0/846$) 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 گلوئن، 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 (Majzooobi et al., 2014). در بررسی میزان صمغی شدن و قابلیت جویده شدن نیز مشاهده شد که افزایش سطوح کنجاله سیاه‌دانه از صفر به ۱۵ درصد منتهی به کاهش میزان صمغی شدن ($410/356-224/877-362/662$ نیوتن) و چسبندگی ($265/769$) و چسبندگی ($224/877-362/662$ نیوتن) نمونه‌ها شده است ($P < 0/05$). این دو شاخص به

که افزودن کنجاله 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 کنجاله دانه گل مغربی در فرمولاسیون کیک اسفنجی، بالاترین امتیاز پذیرش کلی به نمونه کیک حاوی ۱۵ درصد کنجاله داده شده‌است. برخی مطالعات در زمینه 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، ۲۰ و 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 میوه 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.

بین نمونه شاهد و سطوح ۵ و ۱۰ درصد کنجاله سیاه‌دانه مشاهده نشد، درحالی که در نمونه کیک اسفنجی حاوی ۱۵ درصد کنجاله سیاه‌دانه امتیاز ویژگی‌های بافتی محصول به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش پیدا کرده‌است. همانطور که گفته شد با کاربرد کنجاله به‌جای آرد گندم، میزان پروتئین‌هایی با قابلیت تشکیل شبکه گلوتمی در محصول کاهش پیدا می‌کند که در این حالت فرآورده 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 کنجاله 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 کنجاله سیاه‌دانه با کاهش مطلوبیت همراه شده‌است. نتایج پذیرش کلی محصول از دیدگاه ارزیاب‌ها نشان می‌دهد استفاده از ۵ و ۱۰ درصد کنجاله سیاه‌دانه تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد ندارد اما اضافه کردن ۱۵ درصد کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون کیک به کاهش پارامتر پذیرش کلی فرآورده منجر شده‌است ($P < 0.05$). با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی حسی می‌توان گفت

جدول ۶- تأثیر مقادیر مختلف (درصد) کنجاله 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±۰/۱۰ ^b	۴/۲۹±۰/۱۲ ^c	۳/۵۶±۰/۰۳ ^c	۳/۵۷±۰/۰۸ ^b

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

نتیجه گیری

بافتی محصول نیز تحت تأثیر حضور کنجاله سیاه‌دانه در فرمولاسیون قرار دارد به طوری که بافت نمونه‌های کیک با افزایش میزان کنجاله نرم‌تر می‌شود و قابلیت بافت برای بازیابی ساختار اولیه خود پس از اعمال فشار کاهش می‌یابد. نتایج ارزیابی حسی نشان می‌دهد افزودن کنجاله 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 کنجاله سیاه‌دانه را تا ۱۰ درصد به منظور بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای کیک اسفنجی توصیه کرد.

افزودن کنجاله 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 کنجاله سیاه‌دانه سبب تغییر قابل توجه رنگ می‌شود به طوری که در مقادیر بالای جایگزینی، رنگ محصول به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد تیره‌تر می‌شود. ویژگی‌های

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 (JIIFT)*. 4(3): 107-118. (in Persian).
- Afshari Jooibari, H. and Farahnaky, A. 2011. Evaluation 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., Damanhoury, 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 University, 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 Ziaifar, 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 and Technology*. 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 Alimentos, 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., Komerowski, 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., Sahraiyani, 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).
- Peighambaroust, 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

- defining optimal level of these nutritional material. Iranian Journal of Food Science and Technology. 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 increase the 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 Sibte-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.

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