



بررسی جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا و صمغ دانه اسفرزه در کیک برنجی بدون گلوتن

پانید یگانه^۱، آریو امامی فر^{۲*}، مصطفی کرمی^۳، فخرالدین صالحی^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری مواد غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
- ۲- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
- ۳- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
- ۴- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف این مطالعه بررسی تأثیر سطوح مختلف (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد وزنی-وزنی) تخم مرغ در جایگزینی با آرد سویا و افزودن صمغ دانه اسفرزه (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزن آرد برنج) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک برنجی بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. جایگزینی تا ۵۰ درصد تخم مرغ با آرد سویا در فرمولاسیون خمیر، ویژگی‌های فناوریانه (رنگ، بافت و تخلخل) و حسی کیک-های تولیدی را به شکل معنی داری بهبود بخشید ($p < 0/05$). با افزایش درصد جایگزینی به بیش از ۵۰ درصد کاهش معنی داری در ویژگی‌های مذکور کیک‌ها مشاهده شد ($p < 0/05$). روند افزایشی تا ۱ درصد صمغ دانه اسفرزه در فرمولاسیون علاوه بر افزایش ویسکوزیته خمیر، سبب افزایش رطوبت، حجم، تخلخل و نرمی کیک‌های تولیدی شد ($p < 0/05$). در مقایسه با نمونه‌های حاوی تخم مرغ کامل و بدون صمغ اسفرزه، به ترتیب بیشترین مقدار رطوبت، تخلخل، حجم و نرمی و امتیاز حسی، در نمونه‌هایی که ۵۰ درصد تخم مرغ آن‌ها با آرد سویا جایگزین شده بود و حاوی ۱ درصد صمغ اسفرزه بودند و کمترین آن‌ها در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد سویا و بدون صمغ اسفرزه مشاهده گردید. کاهش کیفیت رنگ (کاهش مؤلفه L و افزایش مؤلفه a) و همچنین افت ویژگی‌های حسی طعم و رنگ این نمونه‌ها، کاهش معنی داری در مقایسه با نمونه شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد تخم مرغ) نشان داد ($p < 0/05$). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آرد سویا قابلیت جایگزینی با تخم مرغ در کیک‌های بدون گلوتن را دارد و افزودن صمغ دانه اسفرزه به فرمولاسیون خمیر کیک‌های بدون گلوتن با میزان تخم مرغ کاهش یافته در بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی آن‌ها تأثیرگذار است.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۳

کلمات کلیدی:

جایگزین تخم مرغ،

کیک بدون گلوتن،

اسفرزه،

آرد برنج،

آرد سویا.

DOI: 10.22034/FSCT.20.143. 62

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.143.5.7

* مسئول مکاتبات:

a.emamifar@basu.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه به دلیل تغییر شیوه مصرف مواد غذایی به دلیل آگاهی از بروز بسیاری از بیماری‌ها، رژیم‌های غذایی وگان (حذف غذاهایی با منشأ حیوانی)، از جمله رژیم‌های پرطرفدار بر پایه گیاهان هستند [۱]. کیک از جمله محصولات نانوائی پر تقاضا با اجزای سازنده آرد گندم، تخم مرغ، شکر و روغن است. آرد گندم با تشکیل شبکه گلوتنی سبب استحکام و ایجاد بافت در محصول می‌شود [۲]. تخم مرغ نیز در فرمولاسیون کیک به عنوان کف‌کننده، امولسیون‌کننده، بافت دهنده، رنگ‌دهنده و ژل دهنده عمل می‌کند [۳]. سلیاک نوعی بیماری خود ایمن است که در افراد مبتلا با مصرف غذای حاوی گلوتن، ضمن اختلال در جذب غذا، سبب التهاب در روده کوچک، اسهال و تهوع می‌گردد [۴]. گرایش به مصرف تخم مرغ نیز به دلیل کلسترول و اسیدهای چرب اشباع بالا و تأثیر منفی بر سلامت قلب و عروق و بروز واکنش‌های حساسیتی نظیر کهیر، خارش، تهوع و استفراغ در افراد به واسطه پروتئین‌های سفیده تخم مرغ، رو به کاهش است [۳]. انتخاب جایگزین مناسب برای گلوتن گندم و تخم مرغ در فرمولاسیون کیک با هدف تولید محصول سالم همراه با حفظ ویژگی‌های فناورانه آن (بافت، حجم، تخلخل و ویژگی‌های حسی) از اهمیت خاصی برخوردار است [۵]. آردهای برنج، ذرت و سیب‌زمینی از جمله جایگزین‌های مناسب آرد گندم در تولید محصولات نانوائی بدون گلوتن هستند [۶]. الگتی و همکاران (۲۰۱۴) با ترکیب آرد کینوا و آرد برنج نان بدون گلوتنی با بافت نرم و حجم مطلوب تولید کردند [۷]. جایگزینی کامل تخم مرغ در فرمولاسیون انواع کیک با ترکیبات جایگزین تخم مرغ به دلیل عدم توانایی تشکیل کف پایدار، کیفیت فرآورده نهایی را کاهش می‌دهد [۸]. استفاده از جایگزین‌های تخم مرغ در تولید فرآورده‌های نانوائی از سال ۱۹۷۹ میلادی با استفاده از سرم پلاسما

خون گاو در فرمولاسیون کیک آغاز شد [۹]. از جمله جایگزین‌های تخم مرغ در فرآورده‌های نانوائی می‌توان به ایزوله پروتئینی سویا، کنساتره پروتئینی نخود و عدس، آب پخت جو و نخود، پروتئین‌های آب‌پنیر، گلوتن گندم، فیبر چغندر قند، انواع هیدروکلوئیدها و یا برخی امولسیفایرها اشاره کرد [۳]. لوبیای سویا در صنایع غذایی با دو هدف افزایش ارزش تغذیه‌ای و کیفیت فناوری (امولسیون کنندگی، کف‌زایی، تغلیظ کنندگی و جذب رطوبت) در فرمولاسیون‌ها استفاده می‌شود [۱۰ و ۱۱]. هیدروکلوئیدها مجموعه گسترده‌های از انواع قندها و پروتئین‌های محلول در آب هستند که اغلب در غلظت‌های کم ژلی غلیظ تولید می‌کنند [۱۲]. استفاده از آن‌ها در فرآورده‌های نانوائی به دلیل جذب آب مناسب، قوام دهنده‌گی، امولسیون کنندگی، ژل دهنده‌گی، بافت دهنده‌گی و کف کنندگی مورد توجه است [۹]. آشوبنی و همکاران (۲۰۰۹) توانایی پوشش گرانول‌های نشاسته توسط صمغ‌های جایگزین تخم مرغ در فرمولاسیون کیک‌های بدن تخم مرغ را دلیل بهبود کیفیت محصول نهایی بیان کردند [۹]. هدایتی و همکاران (۲۰۱۸) جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا در فرمولاسیون کیک را علت نرمی بافت محصول دانستند [۱۳]. آگراهار موگورکار (۲۰۱۶) با مقایسه آرد دانه چیا، شیر سویا و پودر موز به عنوان جایگزین تخم مرغ در تولید کیک اعلام کردند که کیک حاصل از آرد دانه چیا در مقایسه با بقیه نرمتر و منسجم‌تر بوده است [۱۴]. اسفرزه، گیاهی یکساله و پوشیده از کرک‌های کم و بسیار نرم و با ۲۵۰ گونه گیاهی است که دوگونه موجود در ایران آن با نام‌های علمی (*Plantago ovata L.*) و (*Plantago psyllium L.*) اسفرزه نامیده می‌شوند [۱۵]. دانه‌های تخم مرغی شکل اسفرزه به رنگ خاکستری مایل به قهوه‌ای با ته رنگ صورتی هستند. صمغ پوسته دانه که از آرابینوز، زایلوز و به مقادیر ناچیزی از قند-

پوسته دانه اسفرزه در یک لیتر آب مقطر در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت توزیع و پخش گردید و با سرعت حدود ۶۰۰ دور در دقیقه مخلوط شد. بخش غیر محلول ترکیب به دست آمده پس از عبور از صافی جدا و بخش محلول (کربوهیدرات‌های ژل دهنده) در دمای ۴۰ درجه سلسیوس خشک و آسیاب شد و به‌عنوان پودر صمغ اسفرزه مورد استفاده قرار گرفت [۱۹].

۲-۲-۲- تهیه خمیر و پخت کیک

کیک برنجی بدون گلوتن (نمونه شاهد) بر پایه ۱۰۰ گرم آرد برنج با استفاده از آرد برنج (۱۰۰ گرم)، شکر (۱۰۰ گرم)، تخم‌مرغ (۱۰۰ گرم)، آب (۱۰۰ گرم)، بیکنینگ پودر (۴/۸ گرم) و وانیل (۲/۸ گرم) تهیه گردید. در مرحله اول شکر و تخم‌مرغ طی ۴ دقیقه مخلوط و سپس بیکنینگ پودر و وانیل اضافه شده و تا ۲ دقیقه با سایر اجزا مخلوط گردید. سپس سایر ترکیبات خشک مانند آرد برنج و آرد سویا و پودر صمغ اسفرزه (بسته به نوع کیک) الک شده و به فرمول افزوده و تا ۴ دقیقه مخلوط شدند. خمیر حاصله درون فنجان‌های کاغذی (با حجم ۳۰ میلی‌لیتر) پر شده و برای مرحله پخت درون سینی‌های استیل قرار گرفتند. فنجان‌های حاوی خمیر به فر برقی (F15 851 P IX, Italy) از پیش گرم شده در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس منتقل و عملیات پخت کیک به مدت ۴۰ دقیقه صورت پذیرفت. پس از سرد شدن در دمای محیط ارزیابی‌های لازم بر روی کیک‌های تولیدی انجام شد [۲۰].

۲-۲-۳- ویسکوزیته خمیر

ویسکوزیته فرمولاسیون‌های مختلف خمیر با دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (Brookfield, RV2T, USA) و با استفاده از اسپیندل شماره ۵، در سرعت برشی ۱۰ دور بر ثانیه، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در سه تکرار اندازه‌گیری شد [۲۱].

های دیگر تشکیل شده، سفید رنگ است و با جذب آب تا حدود ۲۰ برابر وزنش، ژلی بی‌رنگ ایجاد می‌کند که از نظر شیمیایی خنثی است و در دستگاه گوارش نیز هضم و جذب نمی‌شود [۱۶]. بیک‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) با مقایسه اثر صمغ اسفرزه با صمغ گزانتان تجاری بر ویژگی‌های کیک روغنی تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های کیفی کیک روغنی گزارش نکردند [۱۷]. نقی پور و همکاران (۲۰۱۵) با افزودن صمغ اسفرزه در فرمولاسیون کیک، سبب افزایش پذیرش کلی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد شدند [۱۸]. حذف آرد گندم و تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک‌ها، اغلب با افت کیفیت محصول، مشتری پسندی آن را کاهش می‌دهد. صمغ دانه اسفرزه به دلیل ژل دهنده‌گی، قیمت پایین و زیست تجزیه پذیری مطلوب و آرد سویا نیز به‌عنوان بافت دهنده در صنایع غذایی مورد استفاده هستند. لذا در این پژوهش به بررسی جایگزینی تخم‌مرغ با آرد سویا و صمغ دانه اسفرزه در بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن پرداخته شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

آرد برنج (رطوبت ۹/۱۱، پروتئین ۸/۱۹ و خاکستر ۰/۷۸ درصد) و آرد سویا (رطوبت ۷/۵۵، پروتئین ۲۹/۱۲، خاکستر ۰/۵۴ و فیبر خام ۲/۳۸ درصد) از بازار محلی تهیه شدند. شکر (شرکت گلها)، روغن مایع آفتابگردان (شرکت لادن)، تخم‌مرغ تازه (شرکت تلاونگ)، بیکنینگ پودر (شرکت گلها) و وانیل (شرکت گلها) مورد استفاده در فرمولاسیون کیک‌های بدون گلوتن از فروشگاه معتبر در شهر تهیه شدند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- استخراج موسیلاژ اسفرزه

استخراج صمغ دانه اسفرزه بر اساس روش احمدی و همکاران (۲۰۱۳) با کمی تغییر انجام شد. ابتدا ۱۰ گرم

۲-۲-۴- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی کیک

۲ ساعت پس از پخت، رطوبت نمونه‌ها با خشک کردن در آون الکتریکی (پارسین تب، ایران) در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد و به روش استاندارد (AACC 44-15)، خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی و به روش استاندارد (AACC 0801)، فیبر خام به روش استاندارد (AACC 3210)، پروتئین به روش استاندارد (AACC 4616)، چربی به روش استاندارد (AACC 3010) و حجم آن‌ها با استفاده از روش جابه‌جایی دانه‌های کلزا (AACC 3210)، اندازه‌گیری شد [۲۲].

۲-۲-۵- تخلخل و رنگ کیک

برای ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک‌ها و رنگ آن‌ها از روش پردازش تصویر استفاده گردید. به این ترتیب که ابتدا برش‌هایی با ابعاد ۲۵ میلی‌متر از مغز نمونه‌ها تهیه گردید و سپس با کمک اسکنر مدل (HP) با وضوح ۳۰۰ پیکسل از نمونه‌ها تصویربرداری شد. تصاویر توسط نرم‌افزار (Image J) بررسی و میزان تخلخل با تبدیل تصاویر به تصاویر خاکستری و سپس تبدیل به تصاویر دودویی و با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها، محاسبه گردید [۲۳]. با فعال کردن فضای رنگی در بخش (Plugins)، فضای (LAB) فعال و شاخصه-های رنگی (L)، (a) و (b) تعیین گردید [۲۴].

۲-۲-۶- سفتی بافت کیک

سفتی بافت کیک با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل ستام (Universal Test Machin, STM50, Iran) ارزیابی گردید. به این ترتیب که ۲ ساعت پس از پخت، نمونه‌ها توسط یک چاقوی بسیار تیز به شکل قطعات مکعب مستطیل با ابعاد ۲ در ۲/۵ در ۲/۵ سانتی‌متر برش داده شدند و سپس توسط یک پروب دایره‌ای شکل به قطر ۱۰ سانتی‌متر و با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه به میزان ۴۰ درصد فشرده شده و نیروی لازم برای فشردن نمونه‌ها به‌عنوان میزان سفتی بر حسب نیوتن گزارش گردید [۲۳].

۲-۲-۷- آزمون حسی

نمونه‌ها ۲ ساعت پس از تولید برش داده و پس از کد-گذاری با کمک ۱۰ نفر از افراد آموزش دیده در خصوص ویژگی‌های رنگ، عطر، بو و طعم، بافت و پذیرش کلی با استفاده از آزمون لذت بخشی (Hedonic Scale) ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این ارزیابی عدد ۵ خیلی خوب، عدد ۴ خوب، عدد ۳ متوسط، عدد ۲ ضعیف و عدد ۱ بسیار ضعیف را نشان داد [۲۴].

۲-۳- آنالیز آماری

این تحقیق بر اساس روش فاکتوریل و بر طبق طرح آماری کاملاً تصادفی با دو عامل جایگزینی تخم مرغ با سطوح مختلف آرد سویا (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد وزنی-وزنی) و افزودن پودر صمغ اسفرزه (در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد وزن آرد) در سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری (SPSS) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویسکوزیته خمیر

تغییرات ویسکوزیته خمیر کیک برنجی بدون گلوتن با جایگزینی تخم مرغ با سطوح مختلف آرد سویا و همچنین افزودن درصد‌های مختلف صمغ دانه اسفرزه در شکل ۱ آورده شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا ویسکوزیته خمیر را به‌طور معنی‌داری افزایش داد ($p < 0/05$). همچنین روند افزایش تا ۱ درصد صمغ دانه اسفرزه در فرمولاسیون خمیر، اثر معنی‌داری بر افزایش ویسکوزیته داشت ($p < 0/05$). مطابق شکل ۱ با افزایش سطح جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا به میزان بیشتر از ۵۰ درصد، روند افزایش ویسکوزیته خمیر به‌صورت چشمگیری افزوده شد ($p < 0/05$). بیشترین ویسکوزیته خمیر با جایگزینی کامل تخم مرغ با آرد سویا

افزایش مقدار فیبرهای محلول، ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهند [۲۶]. البته شدت و مقدار افزایش ویسکوزیته به ساختار شیمیایی صمغ افزوده شده بستگی دارد [۲۷]. مهاجر خراسانی و همکاران (۲۰۱۹) دلیل افزایش ویسکوزیته خمیر کیک بدون گلوتن حاوی ۰/۱۵ درصد صمغ گزانتان را کاهش انتشار مولکول‌های آب و افزایش ظرفیت جذب حباب‌های هوا در فرمولاسیون خمیر بیان کردند [۲۸]. لین و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند ویسکوزیته خمیر کیک‌های بدون تخم‌مرغ حاوی ایزوله پروتئینی سویا و صمغ گزانتان در مقایسه با شاهد به دلیل افزایش ظرفیت جذب آب در خمیر افزایش معنی‌داری یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۲۹].

(۴۶۱۴۱/۹ سانتی پواز) در نمونه‌های حاوی ۱ درصد صمغ اسفرزه در مقایسه با نمونه شاهد حاوی تخم‌مرغ کامل و بدون صمغ اسفرزه (۴۶۶۰/۵۴ سانتی پواز) حاصل شد ($p < 0.05$). آرد سویا به دلیل داشتن پروتئین‌های حاوی گروه‌های دی سولفید، استحکام و ویسکوزیته خمیر نمونه‌ها را به شکل معنی‌داری ($p < 0.05$) افزایش داد [۲۴]. صالحی و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که با افزایش ترکیبات آب‌دوست نظیر پودر ایزوله پروتئینی سویا و صمغ دانه ریحان در فرمولاسیون کیک برنجی، ویسکوزیته خمیر افزایش پیدا می‌کند [۲۵] که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. به‌طورکلی هیدروکلوئیدها و ازجمله صمغ‌ها با افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش پیوندهای هیدروژنی قوی‌تر در خمیر، کاهش تحرک مولکولی در فرمولاسیون و

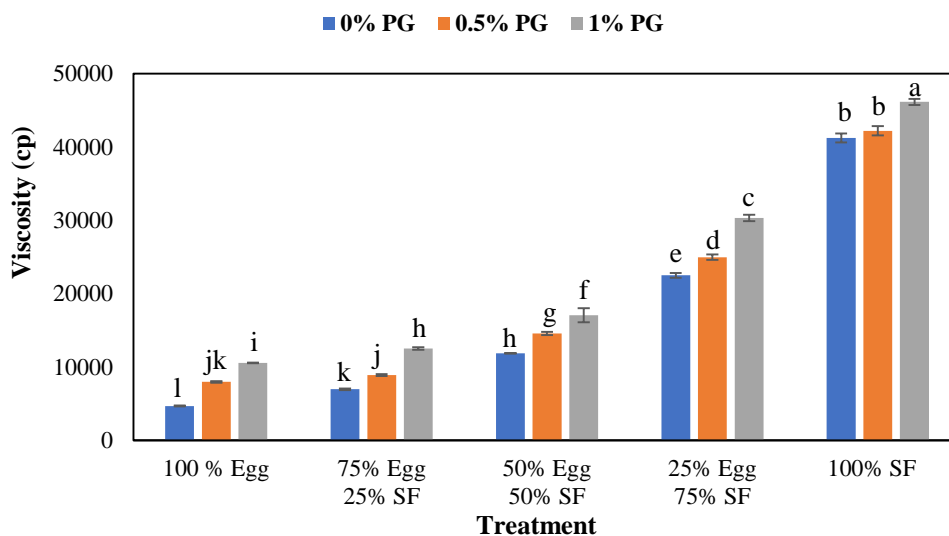


Fig 1. Effect of egg replacement with soy flour (SF) and psyllium gum (PG) on viscosity of gluten-free cake batter. Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

($p < 0.05$). افزودن صمغ دانه اسفرزه نیز میزان رطوبت تمامی تیمارها و شاهد را افزایش داد اما بر مقدار پروتئین، فیبر، خاکستر و چربی آن‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت ($p < 0.05$). افزایش سطح جایگزینی تخم‌مرغ با آرد سویا به میزان بیشتر از ۵۰ درصد رطوبت محصول را به‌صورت چشمگیری کاهش داد ($p < 0.05$). بیشترین مقدار رطوبت در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد تخم‌مرغ و حاوی ۱ درصد

۲-۳- رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و فیبر کیک مطابق جدول ۱ با جایگزینی تخم‌مرغ با سطوح مختلف آرد سویا، مقدار پروتئین، فیبر، خاکستر و چربی محصول نهایی در مقایسه با نمونه شاهد افزایش ولی رطوبت کاهش یافت

سورگوم میزان رطوبت محصول تا ۴ درصد افزایش می‌یابد که با نتایج جدول ۱ منطبق بود [۱۸]. در خصوص افزایش میزان پروتئین، فیبر، خاکستر و چربی محصولات با افزایش سطح جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا، از آنجا که میزان پروتئین، فیبر، خاکستر و چربی آرد سویا در مقایسه با تخم مرغ بیشتر است، افزایش این اجزا در محصول نهایی دور از انتظار نبود. این نتیجه با نتایج فرزانا و موهاجان (۲۰۱۵) [۳۰] و کوانگ و همکاران (۲۰۱۵) در خصوص میزان ترکیبات سازنده تخم مرغ هماهنگی داشت [۳۱].

صمغ اسفرزه (۱۹/۷۲ درصد) و کمترین آن در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد سویا و بدون صمغ اسفرزه (۱۱/۵۴ درصد) اندازه‌گیری شد. از جمله دلایل مهم اختلاف رطوبت نمونه‌ها به بالاتر بودن ماده خشک آرد سویا در مقایسه با تخم مرغ مرتبط بود که با نتایج فرزانا و موهاجان (۲۰۱۵) هم‌راستا بود [۳۰]. افزودن صمغ دانه اسفرزه به فرمولاسیون کیک به دلیل افزایش ماهیت آب‌دوستی هیدروکلوئیدها، رطوبت محصول نهایی را در مقایسه با نمونه‌های بدون صمغ افزود. نقی پور و همکاران (۲۰۱۵) اعلام کردند که با افزودن صمغ اسفرزه تا یک درصد به آرد ترکیبی گندم و

Table 1. Effect of egg replacement with soy flour (SF) and psyllium gum (PG) on physicochemical properties of gluten free cake.

Treatment	PG (%)	(Moisture%)	(Ash%)	(Protein%)	(Fat%)	(Fiber%)
100% Egg	0	17.90 ^c ± 0.17	1.01 ^e ± 0.01	7.43 ^e ± 0.05	20.90 ^e ± 0.32	0.33 ^c ± 0.02
	0.5	18.80 ^b ± 0.09	1.00 ^e ± 0.01	7.40 ^e ± 0.04	21.19 ^e ± 0.57	0.33 ^c ± 0.02
	1	19.72 ^a ± 0.08	1.00 ^e ± 0.05	7.45 ^e ± 0.03	20.96 ^e ± 0.39	0.34 ^c ± 0.01
75% Egg 25% SF	0	17.30 ^d ± 0.15	1.06 ^d ± 0.01	7.76 ^d ± 0.07	22.57 ^d ± 0.33	0.58 ^b ± 0.05
	0.5	17.91 ^c ± 0.12	1.07 ^d ± 0.02	7.75 ^d ± 0.01	22.58 ^d ± 0.30	0.56 ^b ± 0.04
	1	19.03 ^b ± 0.08	1.07 ^d ± 0.02	7.77 ^d ± 0.02	22.68 ^d ± 0.36	0.58 ^b ± 0.02
50% Egg 50% SF	0	17.08 ^d ± 0.12	1.11 ^c ± 0.03	8.15 ^c ± 0.15	23.77 ^c ± 0.47	0.80 ^b ± 0.09
	0.5	17.86 ^c ± 0.19	1.11 ^c ± 0.02	8.19 ^c ± 0.12	23.79 ^c ± 0.26	0.84 ^b ± 0.02
	1	18.85 ^b ± 0.06	1.12 ^c ± 0.02	8.20 ^c ± 0.05	23.74 ^c ± 0.32	0.83 ^b ± 0.04
25% Egg 75% SF	0	14.58 ^g ± 0.05	1.17 ^b ± 0.04	8.47 ^b ± 0.14	24.92 ^b ± 0.08	1.02 ^a ± 0.14
	0.5	15.05 ^f ± 0.02	1.17 ^b ± 0.01	8.46 ^b ± 0.10	24.98 ^b ± 0.16	1.06 ^a ± 0.09
	1	15.52 ^e ± 0.04	1.18 ^b ± 0.02	8.53 ^b ± 0.09	24.96 ^b ± 0.05	1.04 ^a ± 0.08
100% SF	0	11.54 ⁱ ± 0.13	1.25 ^a ± 0.03	9.07 ^a ± 0.02	26.13 ^a ± 0.48	1.35 ^a ± 0.13
	0.5	11.91 ^h ± 0.04	1.26 ^a ± 0.02	9.19 ^a ± 0.01	26.03 ^a ± 0.01	1.34 ^a ± 0.02
	1	12.16 ^h ± 0.01	1.25 ^a ± 0.01	9.35 ^a ± 0.16	26.22 ^a ± 0.15	1.40 ^a ± 0.11

Different letters are significantly different (P<0.05).

افزایش سطح جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا به میزان بیشتر از ۵۰ درصد، کاهش معنی‌داری در حجم نمونه‌ها مشاهده شد (p<۰/۰۵). با افزایش مقدار صمغ دانه اسفرزه در فرمولاسیون خمیر تا ۱ درصد، حجم نمونه‌هایی که در آن‌ها

۳-۳- حجم کیک

نتایج شکل ۲ نشان داد که جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا در فرمولاسیون کیک‌ها (تا ۵۰ درصد)، حجم آن‌ها را به‌صورت معنی‌داری افزایش داده است (p<۰/۰۵). اما با

نشاسته طی پخت، در افزایش حجم کیک مؤثر بود [۳۲] و [۳۳]. ریپوتا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزودن آرد سویا سبب بهبود خصوصیات مکانیکی خمیر و در نتیجه افزایش حجم محصول نهایی در نان بدون گلوتن می‌گردد اما در مقادیر بیشتر از ۲۰ درصد مطلوب نیست که با نتایج این پژوهش هم‌راستا است [۳۴]. دهقان تنها و کریمی (۲۰۱۶) گزارش دادند که صمغ دانه اسفرزه در فرمولاسیون دونات با استحکام بخشیدن و افزایش یکنواخت حباب‌های هوا در خمیر، حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی را افزایش داد [۳۵].

تا ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا جایگزین شده بود در مقایسه با نمونه‌های فاقد صمغ اسفرزه، افزایش یافت. افزودن صمغ دانه اسفرزه در حجم نمونه‌هایی با بیش از ۵۰ درصد آرد سویا تفاوت آماری معنی‌داری ایجاد نکرد ($p > 0.05$). جایگزینی تا ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا و افزودن ۱ درصد صمغ دانه اسفرزه سبب تولید نمونه‌هایی با بیشترین حجم (۴۷/۱۲ سانتی‌متر مکعب) در مقایسه با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد (۳۶/۷۳ سانتی‌متر مکعب) حاوی تخم‌مرغ کامل و بدون صمغ دانه اسفرزه گردید ($p < 0.05$). پروتئین بیشتر آرد سویا در مقایسه با تخم‌مرغ کامل با افزایش استحکام خمیر و افزایش دمای ژلاتینه شده

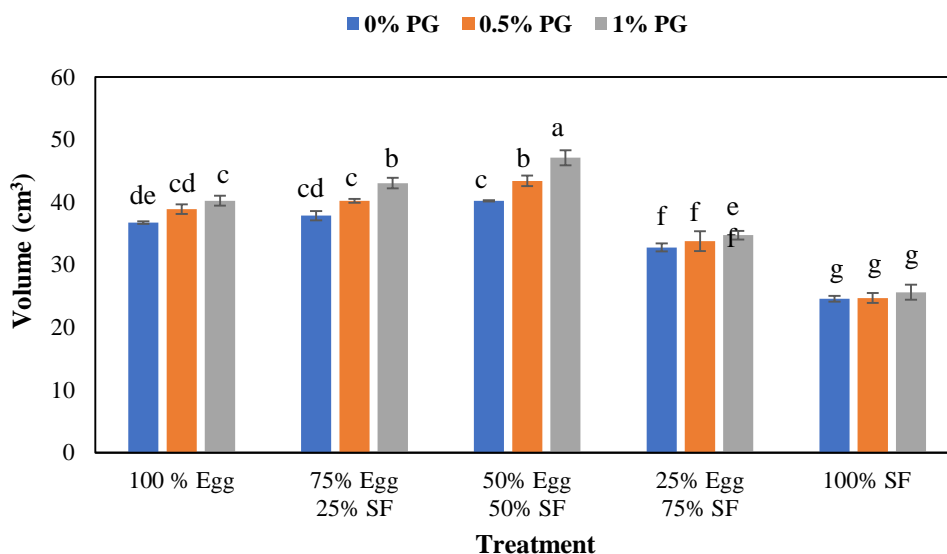


Fig 2. Effect of egg replacement with soy flour (SF) and psyllium gum (PG) on volume of gluten free cake. Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

روند افزایشی معنی‌داری داشت. افزودن صمغ دانه اسفرزه در تخلخل نمونه‌هایی که در آن‌ها بیشتر از ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا جایگزین شده بود، تفاوت آماری معنی‌داری ایجاد نکرد ($p < 0.05$). بیشترین تخلخل در نمونه‌هایی که در آن‌ها تا ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا جایگزین شده (۳۴/۳۲ درصد) در مقایسه با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد (۲۵/۳۶ درصد) حاوی تخم‌مرغ کامل و بدون صمغ دانه اسفرزه اندازه‌گیری شد. سودربرگ (۲۰۱۳) با بررسی جایگزینی پروتئین دانه سویا با تخم‌مرغ در تولید

۳-۴- تخلخل کیک

نتایج شکل ۳ نشان داد که با جایگزینی تا ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا در فرمولاسیون، درصد تخلخل کیک‌های تولیدی به شکل معنی‌داری افزایش یافت ولی با افزایش درصد جایگزینی به بیش از ۵۰ درصد میزان تخلخل نمونه‌ها کاهش یافت ($p < 0.05$). از سوی دیگر درصد تخلخل نمونه‌هایی که در آن‌ها تا ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا جایگزین شده بود، هماهنگ با افزایش نسبت صمغ دانه اسفرزه از صفر تا ۱ درصد در فرمولاسیون خمیر،

همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند با افزایش ویسکوزیته خمیر امکان ورود هوا در بافت خمیر کاهش می‌یابد که در نتیجه به کاهش حجم و تخلخل محصول نهایی ختم می‌گردد که با نتایج این پژوهش در خصوص افزایش ویسکوزیته خمیر با حذف بیش از ۵۰ درصد تخم مرغ هماهنگ بود [۳۸]. آشورینی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که حضور هیدروکلئیدها در فرمولاسیون خمیر محصولات نانوائی بدون تخم مرغ با پوشش گرانول‌های نشاسته، شبکه پروتئینی را نیز یکنواخت می‌کند و همچنین سبب افزایش ضخامت و توزیع یکنواخت سلول‌های هوا در بافت کیک می‌گردد [۹]. بیکزاده و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که افزایش ویسکوزیته خمیر حاوی صمغ‌ها با کند کردن سرعت انتشار گاز و حفظ آن در مراحل اولیه پخت، حجم کیک را افزایش می‌دهند [۱۷].

فرمولاسیون‌هایی غذایی بدون تخم مرغ گزارش کرد که پروتئین سویا از نظر حلالیت و جذب آب و قدرت امولسیفایری با پروتئین‌های تخم مرغ مشابه است اما کف کنندگی و ژل دهندگی در آن ضعیف‌تری دارد. افزایش تخلخل کیک‌های حاوی آرد سویای را می‌توان به افزایش محتوی پروتئین و لسیتین آرد سویا در مقایسه با تخم مرغ مرتبط دانست که با افزایش کف‌زایی خمیر و تشکیل لایه پروتئینی مقاوم در سطح مشترک سلول‌های هوا سبب حفظ حباب هوا در آن می‌گردد [۳۶]. این نتیجه با نتایج پی‌کارلی و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت داشت [۳۷]. کاهش میزان تخلخل با افزایش نسبت جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا به بیش از ۵۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن با کاهش قدرت ساختار دهندگی و ژل کنندگی پروتئین سویا در مقایسه با پروتئین تخم مرغ مرتبط بود [۱۴]. رواندا و

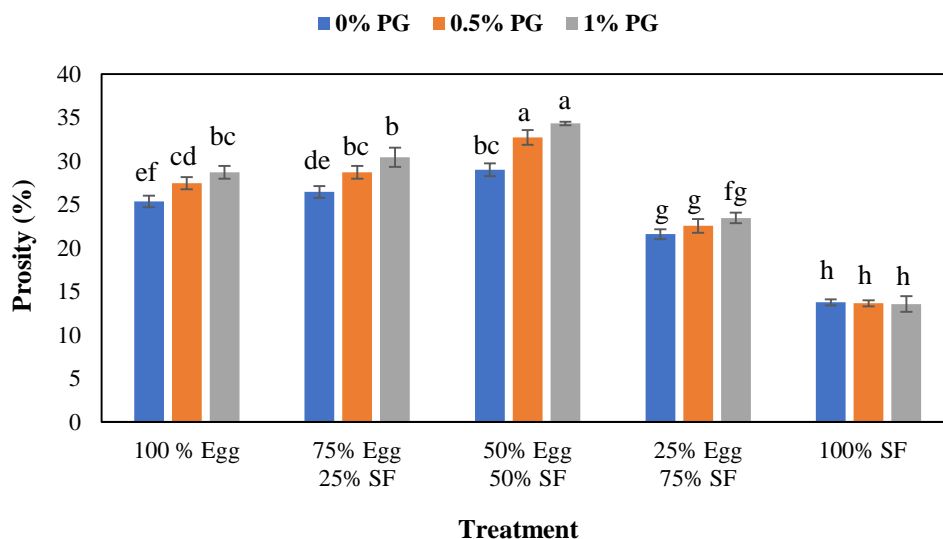


Fig 3. Effect of egg replacement with soy flour (SF) and psyllium gum (PG) on porosity of gluten free cake. Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

تخم مرغ با آرد سویا به میزان بیشتر از ۵۰ درصد افزایش چشمگیری در سفتی نمونه‌ها مشاهده شد ($p < 0.05$). با افزایش مقدار صمغ دانه اسفرزه در فرمولاسیون خمیر تا ۱ درصد، سفتی نمونه‌هایی که در آن‌ها تا ۵۰ درصد تخم مرغ با آرد سویا جایگزین شده بود در مقایسه با نمونه‌های فاقد صمغ اسفرزه کاهش یافت ($p < 0.05$). افزایش سفتی بافت

۳-۵- سفتی بافت کیک

جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا سفتی نمونه‌های تولیدی در مقایسه با شاهد را به شکل معنی‌داری ($p < 0.05$) افزود (شکل ۴). افزودن صمغ اسفرزه در نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها که حاوی آرد سویا به‌عنوان جایگزین تخم مرغ بودند سفتی بافت را کاهش داد. با افزایش سطح جایگزینی

پخت) کاهش می‌یابد که فشرده‌گی بافت و در نهایت سفتی محصول را به دنبال دارد [۱۸]. صمغ اسفرزه با حفظ و ممانعت از انهدام حباب‌های هوای ورودی به بافت خمیر و ایجاد ضخامتی مناسب در دیواره آن‌ها طی فرآیند پخت در نرمی بافت کیک مؤثر است. جاذب الرطوبه بودن صمغ‌ها نیز با حفظ بیشتر رطوبت پس از پخت، از مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته جلوگیری نموده و در افزایش نرمی بافت محصول نقش دارد [۳۹]. ترابی و همکاران (۲۰۰۸) [۲۷] گزارش‌هایی در مورد نقش انواع صمغ‌ها و امولسیفایرها به‌عنوان یک عامل نرم‌کننده و ضدبیاتی در نان و کیک منتشر نمودند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

نمونه‌های حاوی آرد سویای جایگزین تخم‌مرغ را می‌توان به افزایش میزان فیبر و پروتئین در فرمولاسیون خمیر و در نتیجه افزایش استحکام بافت آنها مرتبط دانست. لین و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که با جایگزینی تخم‌مرغ با ایزوله پروتئینی سویا سفتی محصول افزایش یافت [۲۹] که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. حذف کامل تخم‌مرغ در فرمولاسیون سبب حذف پروتئین‌های ژل دهنده لازم جهت حفظ حباب‌های هوای ورودی طی فرآیند هم زدن خمیر و محصول نهایی می‌گردد. در صورت عدم جایگزینی تخم‌مرغ با ترکیبات مناسب، ظرفیت حفظ حباب‌های هوا در بافت خمیر (در طی فرآیند بهم زدن و

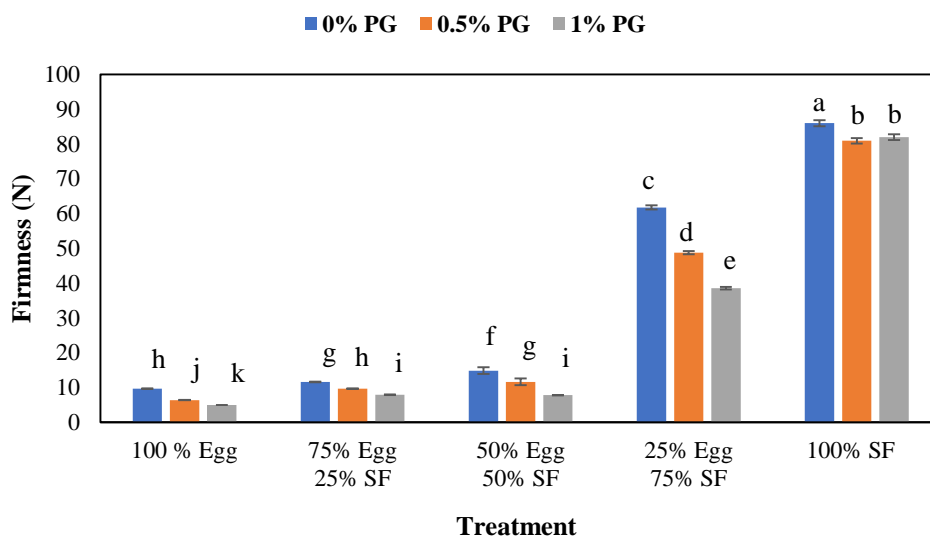


Fig 4. Effect of egg replacement with soy flour (SF) and psyllium gum (PG) on firmness of gluten free cake. Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

تا میزان ۱۵ درصد در گزارش‌های تقدیر و همکاران (۲۰۱۷) نیز آمده است [۴۰]. افزایش میزان پروتئین در فرمولاسیون‌های حاوی آرد سویا در نتیجه تشدید واکنش مایلارد طی پخت کیک دلیل اصلی تیره‌تر شدن رنگ است [۴۰]. افزایش نسبت صمغ دانه اسفرزه از صفر تا ۱ درصد در فرمولاسیون خمیر به شکل معنی‌داری سبب روشن‌تر شدن رنگ نمونه‌ها شد ($p < 0.05$). صالحی و همکاران (۲۰۱۸) افزایش حجم محصول نهایی حاوی صمغ دانه بالنگو در فرمولاسیون خمیر کیک بدون گلوتن را دلیل

۳-۶- رنگ کیک

میانگین مقادیر مؤلفه‌های رنگی در نمونه‌های مختلف در مقایسه با شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. افزایش سطح جایگزینی تخم‌مرغ با مقادیر متفاوت آرد سویا، سبب تیرگی رنگ محصول نهایی و کاهش مقدار مؤلفه (L) تا ۳۷/۰۴ در نمونه بدون تخم‌مرغ و بدون صمغ اسفرزه در مقایسه با شاهد (۵۴/۷۱) گردید ($p < 0.05$). کاهش مقدار مؤلفه (L) تا ۴۶/۷۵ در محصولات نانویی حاوی آرد سویا

کاهش مقدار مؤلفه (L) تا ۶۴/۲۴ و افزایش قرمزی (افزایش مقدار مؤلفه a تا ۱/۱۶) نان‌های بدون گلوتن با جایگزینی ۲۰ درصد آرد برنج با آرد سویا را تأیید کردند [۴۱]. افزودن صمغ دانه اسفرزه در فرمولاسیون خمیر کیک سبب کاهش مؤلفه (a) در تمامی نمونه‌ها گردید و در نمونه‌هایی که در آن‌ها بیش از ۵۰ درصد تخم مرغ حذف شده بود، مؤلفه (b) کاهش یافت. عوض صوفیان و همکاران (۲۰۱۴) کاهش آب آزاد در فرمولاسیون و در نتیجه کاهش شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن را دلیل کاهش مؤلفه (a) در کیک‌های بدن گلوتن حاوی صمغ گزانتان گزارش کردند [۴۲].

روشن‌تر شدن رنگ محصول بیان کردند [۲۱]. نقی‌پور و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که افزودن صمغ دانه اسفرزه به میزان ۰/۷۵ درصد در فرمولاسیون خمیر کیک روغنی سبب روشن‌تر شدن رنگ مغز و سطح محصول می‌گردد. آن‌ها دلیل روشنی رنگ را حفظ رطوبت در بافت کیک توسط صمغ اسفرزه طی فرایند پخت و در نتیجه جلوگیری از ایجاد سطوح غیریکنواخت و انعکاس بیشتر و بهتر نور از سطح محصول اعلام کردند [۱۸]. با افزایش سطح جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا مؤلفه (a) که با قرمزی رنگ کیک مرتبط است، افزایش معنی‌داری داشت. با حذف تا ۵۰ درصد تخم مرغ در مؤلفه (b) رنگ تغییر معنی‌داری مشاهده نگردید ($p < 0/05$) ولی با افزایش نسبت آرد سویا در مقایسه با تخم مرغ تا ۱۰۰ درصد، مؤلفه (b) روند کاهش معنی‌داری نشان داد ($p < 0/05$). ملکی و همکاران (۲۰۱۶)

Table 2. Effect of egg replacement with soy flour (SF) and psyllium gum (PG) on color of gluten free cake

Treatment	PG (%)	(L)	(a)	(b)
100% Egg	0	54.71 ^{def} ± 1.35	8.82 ^f ± 0.22	41.02 ^a ± 0.95
	0.5	63.19 ^b ± 1.54	6.41 ^h ± 0.16	40.99 ^a ± 0.99
	1	70.16 ^a ± 1.71	4.60 ⁱ ± 0.12	40.13 ^a ± 0.06
75% Egg 25% SF	0	51.09 ^{fg} ± 1.24	10.02 ^e ± 0.26	39.12 ^a ± 0.07
	0.5	56.59 ^{cde} ± 1.38	7.60 ^g ± 0.19	40.25 ^a ± 0.11
	1	60.32 ^{bc} ± 3.52	5.35 ⁱ ± 0.13	41.45 ^a ± 1.05
50% Egg 50% SF	0	47.29 ^{gh} ± 1.15	12.25 ^d ± 0.31	39.67 ^a ± 0.54
	0.5	53.57 ^{ef} ± 1.30	9.37 ^{ef} ± 0.24	40.05 ^a ± 1.33
	1	58.59 ^{bcd} ± 1.43	7.57 ^g ± 0.19	39.31 ^a ± 0.59
25% Egg 75% SF	0	42.27 ^{ij} ± 1.03	14.91 ^b ± 0.38	30.45 ^{bc} ± 1.70
	0.5	46.32 ^{hi} ± 1.13	14.56 ^b ± 0.25	33.90 ^b ± 0.70
	1	50.34 ^{fgh} ± 1.23	13.50 ^c ± 0.35	32.42 ^{bc} ± 2.16
100% SF	0	37.02 ^k ± 0.96	17.86 ^a ± 0.46	28.22 ^c ± 1.17
	0.5	39.09 ^{jk} ± 1.13	17.13 ^a ± 0.44	29.58 ^{bc} ± 0.90
	1	40.75 ^{jk} ± 0.99	16.96 ^a ± 0.31	28.76 ^c ± 1.66

Different letters are significantly different ($P < 0.05$).

۷-۳- ویژگی‌های حسی کیک

ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) در ویژگی حسی رنگ، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی نمونه‌هایی که تا سطح ۵۰ درصد تخم‌مرغ آن‌ها با آرد سویا جایگزین شده بود مشاهده نکردند (جدول ۳). همچنین افزایش سطح جایگزینی تخم‌مرغ با آرد سویا به بیش از ۵۰ درصد به‌صورت معنی‌داری امتیاز ویژگی‌های حسی کیک‌های تولیدی را کاهش داد ($p < 0.05$). افزایش مقدار صمغ دانه اسفرزه در فرمولاسیون خمیر تا ۱ درصد، ویژگی‌های حسی نمونه‌هایی که در آن‌ها تا ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا جایگزین شده بود را در مقایسه با نمونه‌های فاقد صمغ اسفرزه افزود اما بر ویژگی‌های حسی نمونه‌هایی که در آن‌ها بیش از ۵۰ درصد تخم‌مرغ با آرد سویا جایگزین شده بود تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد ($p < 0.05$). بالاترین امتیاز پذیرش کلی (۴/۸۳) در نمونه‌های حاوی تا ۵۰ درصد آرد سویا و ۱ درصد صمغ اسفرزه در مقایسه با نمونه شاهد (۴/۴۰) که حاوی تخم‌مرغ کامل و بدون صمغ اسفرزه بود، مشاهده شد ($p < 0.05$). کاهش امتیازهای حسی نمونه‌های حاوی بیش از ۵۰ درصد آرد سویا را می‌توان به کاهش رطوبت محصول و از طرفی افت ویژگی‌های بافت و رنگ آن مرتبط دانست. پیغمبر دوست و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که افزایش پذیرش حسی کیک‌های حاوی موسیلاژ ریحان به دلیل نقش صمغ مذکور در حفظ رطوبت و نرمی و عطر و طعم محصول مرتبط است؛ به‌طوری‌که کاهش رطوبت و افزایش سفتی بافت در افت امتیاز حسی

کیک‌ها اثر معنی‌داری داشت که با نتایج این پژوهش مطابقت خوبی داشت. بر طبق جدول ۳ با جایگزینی تخم‌مرغ با آرد سویا، کمترین امتیاز حسی در خصوص ویژگی حسی رنگ و عطر و بو در مقایسه با سایر ویژگی‌های حسی بود که بر امتیاز حسی پذیرش کلی تأثیر منفی داشت. زنگنه و همکاران (۲۰۲۳) کاهش امتیاز حسی رنگ و طعم (به دلیل طعم ذاتی لوبیایی سویا) در کیک‌های بدون گلوتن حاوی آرد سویا را به‌عنوان دو دلیل اصلی در کاهش امتیاز پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد اعلام کردند [۲۴] که با نتایج کاهش امتیاز پذیرش کلی محصولات حاوی آرد سویا در مقایسه با شاهد این پژوهش در جدول ۴ هماهنگ بود.

Table 3. Effect of egg replacement with soy flour (SF) and psyllium gum (PG) on sensory properties of gluten free cake

Treatment	PG (%)	(Color)	(Taste/Odor)	(Texture)	(Overall)
100% Egg	0	4.30 ^{ab} ± 0.21	4.66 ^{bc} ± 0.07	4.29 ^c ± 0.11	4.40 ^{bc} ± 0.21
	0.5	4.53 ^a ± 0.34	4.87 ^{ab} ± 0.02	4.56 ^{abc} ± 0.07	4.59 ^{abc} ± 0.12
	1	4.60 ^a ± 0.25	4.92 ^a ± 0.09	4.67 ^{ab} ± 0.04	4.82 ^{ab} ± 0.14
75% Egg 25% SF	0	4.14 ^{ab} ± 0.08	4.58 ^{cd} ± 0.03	4.48 ^{bc} ± 0.11	4.29 ^c ± 0.22
	0.5	4.18 ^{ab} ± 0.05	4.61 ^{cd} ± 0.11	4.74 ^{ab} ± 0.07	4.51 ^{abc} ± 0.15
	1	4.35 ^{ab} ± 0.11	4.63 ^c ± 0.07	4.86 ^{ab} ± 0.07	4.83 ^{ab} ± 0.12
50% Egg 50% SF	0	3.92 ^b ± 0.01	4.38 ^d ± 0.07	4.56 ^{abc} ± 0.09	4.33 ^c ± 0.23
	0.5	4.15 ^{ab} ± 0.03	4.48 ^{cd} ± 0.01	4.71 ^{ab} ± 0.07	4.52 ^{abc} ± 0.14
	1	4.37 ^{ab} ± 0.12	4.63 ^{ef} ± 0.04	4.89 ^a ± 0.03	4.91 ^a ± 0.06
25% Egg 75% SF	0	3.07 ^c ± 0.04	3.14 ^e ± 0.08	3.21 ^d ± 0.20	2.96 ^{ef} ± 0.10
	0.5	3.05 ^c ± 0.05	3.35 ^e ± 0.05	3.44 ^d ± 0.24	3.28 ^{de} ± 0.14
	1	3.10 ^c ± 0.03	3.36 ^e ± 0.10	3.58 ^d ± 0.18	3.48 ^d ± 0.03
100% SF	0	2.27 ^d ± 0.07	2.01 ^{fg} ± 0.10	2.53 ^e ± 0.06	2.11 ^h ± 0.06
	0.5	2.56 ^d ± 0.09	2.11 ^f ± 0.12	2.51 ^e ± 0.04	2.34 ^g ± 0.07
	1	2.70 ^{cd} ± 0.13	2.23 ^f ± 0.11	2.57 ^e ± 0.02	2.58 ^{fg} ± 0.11

Different letters are significantly different (P<0.05).

۴- نتیجه گیری

با بافت سفت و خشک می شد یکی دیگر از عوامل عدم پذیرش کیک‌هایی با حذف کامل تخم مرغ بود. افزودن صمغ دانه اسفرزه به کیک‌های برنجی بدون گلوتن بدون تخم مرغ، رطوبت، حجم، تخلخل و نرمی نمونه‌ها را بهبود بخشید و از طرف دیگر با بهبود رنگ و روشنایی محصول در افزایش پذیرش حسی و مشتری‌پسندی محصول بدون گلوتن بدون تخم مرغ تأثیر معنی‌داری داشت؛ بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا تا نسبت ۵۰ درصد از نظر ویژگی‌های فناورانه و حسی مورد پذیرش خواهد بود و افزودن صمغ‌هایی نظیر اسفرزه در فرمولاسیون با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و حسی محصول نهایی در افزایش مشتری‌پسندی محصول نقش تعیین‌کننده‌ای خواهد داشت.

در این پژوهش از آرد سویا و پودر صمغ اسفرزه به‌عنوان جایگزین تخم مرغ در تولید کیک برنجی بدون گلوتن با هدف بهبود ویژگی‌های فیزیکی و حسی محصول نهایی استفاده شد. جایگزینی تخم مرغ با آرد سویا در کیک-های برنجی بدون گلوتن باعث افزایش جذب آب و ویسکوزیته خمیر گردید، اما این تأثیر تا نسبت جایگزینی ۵۰ درصد تخم مرغ با آرد سویا مطلوب بود و بیشتر از آن به‌صورت معنی‌داری سبب افت ویژگی‌های فناورانه کیک‌ها (حجم، تخلخل و نرمی) شد و همچنین ویژگی‌های حسی محصول نهایی را نیز کاهش داد. ارزیاب‌ها افت رنگ و طعم لوبیایی را به‌عنوان دلایل کاهش امتیاز ویژگی‌های حسی بیان داشتند. از سوی دیگر کاهش رطوبت فرمول به دلیل حضور آرد سویا که در نهایت منجر به ایجاد محصولی

۵- منابع

- [1] Noguero, A. T., Larrea, V. & Pagán, M.J. (2022). The effect of psyllium (*Plantago ovata* Forsk) fibres on the mechanical and physicochemical characteristics of plant-based sausages. *European Food Research and Technology*, 248, 2483–2496.
- [2] Poursafar, L., Peighambaroust, S. H., Alizadeh Shalchi, L., Shakuoie Bonab, E., & Rafat, S. A. (2012). Effect of the temperature and time of flour heat treatment on the quality characteristics of sponge cake. *Food Processing and Preservation Journal*, 2 (4): 87-104[in Persian].
- [3] Yazici, G. N., & Özer, M. S. (2021). A review of egg replacement in cake production: Effects on batter and cake properties. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 346-359.
- [4] Egea, M.B., De Sousa, T.L., Dos Santos, D.C. et al. (2023). Application of Soy, Corn, and Bean By-products in the Gluten-free Baking Process: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 16, 1429–1450.
- [5] Gulate, M. A., Gómez, M. & Rosell, C. M. (2012). Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. *Food and Bioprocess and Technology*, 5, 3142–3150.
- [6] Yanpi, M., Aalami, M., Mohammadzadeh, J., Sadeghi, A. R., & Kashiri, M. (2018). Effects of the addition of white maize flour and xanthan gum on physical and sensory properties of gluten-free rice cake. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14(73), 319-330 [in Persian].
- [7] Elgeti, D., Nordlohne, S.D., Föste, M., Besl, M., Linden, M., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). "Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59(1),41–47.
- [8] Karazhiyan, H., & Keyhani, V. (2015). The effect of Chubak extract on sponge cake as an egg white substitute. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(1), 63-76.
- [9] Ashwini, A., Jyotsna, R., Indrani, D. (2009). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23, 3, 700-707.
- [10] Zinia, S. A., Nupur, A. H., Karmoker, P., Hossain, A., Jubayer, A. F., Akhter, D., & Mazumder, M. A. R. (2022). Effects of sprouting of soybean on the anti-nutritional, nutritional, textural and sensory quality of tofu. *Heliyon*, 8(10), e10878.
- [11] Naghipour, F., Sahraian, B., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., Hadad Khodaparast, M. H., & Sheikholeslami, Z. (2017). Effect of soy milk powder as a natural additive to improve the technological and sensory properties of sorghum flour-based gluten-free oil cake. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 61(13), 77-86 [in Persian].
- [12] Yademellat, M. , Jooyandeh, H., & Hojjati, M. (2018). Comparison of some physicochemical and sensory properties of low-fat stirred yogurt containing Persian and Balangu-Shirazi gums. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 72(14), 313-326 [in Persian].
- [13] Hedayati, S., & Mazaheri Tehrani, M. (2018). Effect of total replacement of egg bysoymilk and lecithin on physical properties of batter and cake. *Food Sciences and Nutrition*, 6(4), 1154–1161.
- [14] Agrahar-Murugkar, D., Zaidi, A., & Dwivedi, S. (2018). Development of gluten free eggless cake using gluten free composite flours made from sprouted and malted ingredients and its physical, nutritional, textural, rheological and sensory properties evaluation. *Journal of Food Science & Technology*, 55(7), 2621–2630.
- [15] Naghdi Badi, H., Dastpak, A., & Ziai, S. A. (2004). A review of psyllium plant. *Journal of Medical Plants*, 3(9), 5-14.
- [16] Askari, H., Farahnaky, A., Aminlari, M., Majzooobi, M., & Mesbahi, G. (2008). Extraction of mucilage gum (*Plantago ovata* L.) and the study of its rheological properties. *18th National Congress of Food Technology*, 1-13. [in Persian].
- [17] Beikzadeh, S., Peighambaroust, S. H., Azizi, A., Beikzadeh, M., Asghari Jafar-abadi, M., & Homayouni-Rad, A. (2018). Effect of psyllium seed and xanthan gums on physical, sensory and staling properties of sponge cake. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 76(15): 142-152 [in Persian].
- [18] Naqipour, F., Sahraian, B., Habibi Najafi, M. B., & Haddad Khodaparast, M. H. (2015). Investigating the effect of esfarzeh gum on the durability and quality of mixed oil cake (wheat-sorghum). *Journal of Innovation in Food Since and Technology*, 7, 3, 1-9. [in Persian].
- [19] Ahmadi, R., Kalbasi-Ashtari, A., Oromiehie, A., Yarmand, M.S., & Jahandideh, F. (2012). Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). *Journal of Food Engineering*, 109, 4, 745-751.
- [20] Emamifar, A., Zanganeh, Z., Latifian, M., & Arbab, Z. (2020). Physicochemical, textural and sensory properties of containing jujube cake. *Journal*

- of Food Science and Technology (Iran)*, 17 (103), 33-46 [in Persian].
- [21] Salehi, F., Amin Ekhlās, S., Pavee, S., & Zandi, F. (2018). Effect of balangu seed gum on rheological, physical and sensory properties of gluten free rice cake. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 15 (4), 61-68 [in Persian].
- [22] AACC (1999). American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. St. Paul, MN, U.S.A.: AACC International.
- [23] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Hadad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., & Sahraiyān, B. (2013). Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 10 (41), 127-139 [in Persian].
- [24] Zanganeh, Z., Emamifar, A., & Karami, M. (2023). Effect of germinated soybean flour and ultrasonic wave on physicochemical and sensory properties of gluten-free rice cake. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19 (133), 211-224 [in Persian].
- [25] Salehi, F., Amin Ekhlās, S., & Sourī, F. (2018). Investigation of the batter characteristic and sponge cake properties containing soy protein isolate and basil seed gum. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14 (70), 323-315 [in Persian].
- [26] Amirabadi, A., Koocheki, M., & 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, 375-386 [in Persian].
- [27] Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22, 2, 305-312.
- [28] Mohajer Khorasani, S. Alami, M. Kashaninejad, M., Shahiri Tabarestani, H. (2021). Effect of adding millet flour and Xanthan gum on the physicochemical and sensorial properties of gluten-free cake. *Food Processing and Preservation Journal*, 13, 1, 57-70 [in Persian].
- [29] Lin, M., Tay, S. H., Yang, H., Yang, B. & Li, H. (2017). Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. *Food Chemistry*, 229, 663-673.
- [30] Farzana, T., & 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.
- [31] Kuang, H., Yang, F., Zhang, Y., Wang, T., & Chen, G. (2018). The Impact of Egg Nutrient Composition and Its Consumption on Cholesterol Homeostasis. *Cholesterol*, 2018, 6303810.
- [32] Dhen, N., Roman, L., Rejeb, I. B., Martínez, M. M., Garougouri, M., & Gomez, M. (2016). Particle size distribution of soy flour affecting the quality of enriched gluten-free cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 179-185.
- [33] Mizukoshi, M., Maeda, H., & Amano, H. (1980). Model studies of cake baking. 2. Expansion and heat set of cake batter during baking. *Cereal Chemistry*, 57(5), 352–355.
- [34] Ribotta, P. D., Ausar, S. F., Morcillo, M. H., Pérez, G. T., Beltramo, D. M. & León, A. E. (2004). Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1969-1974.
- [35] Dehghan Tanha, L., & Karimi, M. (2016). Application of plantago gum and fungal α -amylase enzyme on physicochemical and organoleptic properties of doughnut. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 52 (13), 101-110 [in Persian].
- [36] Mohammad zadeh Milani, J., Sedighi, N. & Mirzaei, H. (2018). Effect of germinated and nongerminated soybean flour on quality of Barbari bread. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation*. 10(1), 73-84[in Persian].
- [36] Söderberg, J. (2013). Functional properties of legume proteins compared to egg proteins and their potential as egg replacers in vegan food. Uppsala: *Swedish University of Agricultural Sciences*, Corpus ID: 82118666.
- [37] Pycarelle, S. S., Bosmans, G. M., Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2021). Free wheat flour lipids decrease air-liquid interface stability in sponge cake batter. *Food Research International*, 140, 110007.
- [38] Ronda, F., Oliete, B., Gomez, M., Caballero, P. A., & Pando, V. (2011). Rheological study of layer cake batter made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102, 272–277.
- [39] Naghipour, F., Mazaheri Tehrani, M., Sahraiyān, B., Sheikholeslami, Z., & Soleimani, M. (2013). Replacing eggs with soy flour and mixing with wheat flour with wheat germ for oil cake production. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8, 2, 211-220.
- [40] Taghdir, M., Mazloomi, S. M., Honar, N., Sepandi, M., Ashourpour, M., & Saleh, M. (2017). Effect of soy flour on nutritional, physicochemical, and sensory characteristics of gluten-free bread. *Food Science & Nutrition*, 5, 439–445.
- [41] Maleki, G., Mazaheri Tehrani, M. and Shokrollahi, F. (2016). Effect of different concentration of soy flour on the quality of gluten-

free bread containing rice flour. *Journal of Food Science and Technology*, 13(54), 51-62[in Persian].

[42] Avazsufiyan, A., Aalami, M., Sadeghimahoonak, A., Ghorbani, M., & Ziaifar, A. M. (2014). Application of sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(2), 185-196.

[43] Peighambaroudost, S. H., Homayouni Rad, A., Beikzadeh, S., & Asghari Jafar-abadi, M. (2016). Effect of basil seed mucilage on physical, sensory and staling properties of sponge cake. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 47(1), 1-9.

[44] Mashayekh, M., Mahmoodi, M. R., & Entezari, M. H. (2008). Effect of fortification of defatted soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1693–1698.



Investigation on replacing egg with soy flour and Psyllium seed gum in gluten-free rice cake

Paniz Yeganeh¹, Aryou Emamifar^{2*}, Mostafa Karami³ and Fakhreddin Salehi⁴

- 1- M.Sc Student of Food Sciences and technology, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
- 2- Associated professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran (E-mail address: a.emamifar@basu.ac.ir)
- 3- Associated professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
- 4- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of egg replacing with soy flour in different proportions (0, 25, 50, 75 and 100% w/w based on the weight of egg) and incorporation psyllium gum in different proportions (0, 0.5, and 1% w/w based on the weight of rice flour) on the physicochemical and sensory properties of rice cake. A factorial experiment with a completely randomized design with three replications was used for data analysis. The substitution of egg by soy flours up to 50% significantly improved the technological characteristics (color, texture and porosity) and sensory attributes of the samples ($p < 0.05$). Increasing of the proportion of egg by soy flour by more than 50% significantly decreased these properties. The addition of up to 1% psyllium gum to the batter not only increased the batter viscosity, but also improved moisture, volume, porosity and softness of the cake samples. Compared with the sample containing the whole egg and without psyllium gum, the highest and the lowest contents of moisture, volume, porosity, softness, and sensory properties were determined in the samples containing up to 50% soy flour as an egg substitute and incorporated with 1% psyllium gum and the samples containing full soy flour and without psyllium gum, respectively. A higher darkness (L value) and redness (a value) and low sensory scores of tastes and color of compared to the control, were observed in the samples containing up to 50% soy flour as an egg substitute and incorporated with 1% psyllium gum. Therefore, it was found that the egg could be substituted by the soy flour in gluten free cakes and incorporation of psyllium gum to the cake batter formulation with reduced egg can be effective for improving their physicochemical and sensory characteristics.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/6/8

Accepted: 2023/9/25

Keywords:

Egg substitute,
Gluten-free cake,
Psyllium,
Rice flour, Soy flour

DOI: 10.22034/FSCT.20.143.62

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.143.5.7

*Corresponding Author E-Mail:
a.emamifar@basu.ac.ir