تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۹/ شماره ۶۸/بهار و تابستان ۱۳۹۹/ص ۱۳۶-۱۲۹
سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر افزودن پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر خصوصیات کمی و کیفی کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول ترکیبی (گندم – نخودفرنگی)

سمانه میرزا آقابیگ[۱]، علیرضا فرجی[۲*] و فریبا نقی‌پور[۳]

۱ و۲- به ترتیب: دانشجوی کارشناسی ارشد؛ و استاد علوم و صنایع غذایی گرایش فناوری مواد غذایی، دانشکده علوم و فن‌آوری‌های نوین، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت:۹۸/۳/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش:۹۸/۱۱/۴

چکیده

روغن و تخم‌مرغ از اجزای ضروری در فرمولاسیون کیک روغنی هستند و حذف کامل این ترکیبات به‌دلیل ویژگی‌های عملکردی آنها امکان‌پذیر نیست. هدف از این تحقیق، بررسی امکان تولید کیک روغنی با حذف نیمی از روغن و تخم‌مرغ موجود در فرمولاسیون با استفاده از جایگزینی آرد گندم با آرد نخود فرنگی (در سه سطح صفر، ۵ و ۳۰ درصد) و افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) و پروتئین ایزوله سویا (SPI)، هریک به میزان ۱۰ درصد وزن آرد است (P<0.05). براساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که با افزایش میزان آرد نخود فرنگی تا سطح ۳۰ درصد به جای آرد گندم و افزودن WPC و SPI، رطوبت محصول نهایی افزایش می‌یابد. از طرفی، افزودن آرد نخود فرنگی تا سطح ۱۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان حجم مخصوص و تخلخل محصول ندارد. در حالی که افزودن منابع پروتئینی سبب بهبود این ویژگی‌ها می‌شود. کیک روغنی با افزودن ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و افزودن WPC کمترین میزان سفتی بافت را به دست آورد. از سوی دیگر، نتایج بررسی‌ها گویای آن است که با افزودن آرد نخود فرنگی و منابع پروتئینی، میزان دو مؤلفه L* و a* پوسته محصول به‌ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. در بخش ارزیابی حسی، داوران چشایی با ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌ای را بهترین نمونه معرفی کردند که ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی داشت و WPC به آن افزوده شده بود. با مقایسه این نمونه با شاهد مشخص گردید که کیک رژیمی تولیدی سفتی بافت و چربی کمتر (۴۵ درصد کمتر) و پروتئین بالاتر (تا ۱۸ درصد) دارد و پذیرش حسی آن نیز نسبت به نمونه شاهد بیشتر است.

واژه‌های کلیدی

آرد نخود فرنگی، پروتئین بالا، کیک رژیمی، کیک روغنی، کنسانتره پروتئین

مقدمه

کیک یکی از محصولات صنایع پخت است که با وجود کالری‌زایی حد واسط نان و بیسکوئیت، طرفداران مخصوص به خود را دارد. کالری بالای این محصول مربوط به روغن، تخم‌مرغ و شکر مورد استفاده در فرمولاسیون آن است. بنابراین، حذف و یا جایگزینی حداقل یکی از این مواد اولیه اصلی

* نگارنده مسئول: Email: alireza_ch57@yahoo.com
http://doi: 10.22092/fooder.2018.121713.1144
© 2020,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/).

سبب تولید محصولی خواهد شد که می‌تواند در رژیم غذایی افراد در تمامی گروه‌های سنی قرار گیرد. از این‌رو محققان تلاش می‌کنند جایگزینی کامل یا بخشی از روغن، شکر و تخم‌مرغ را با ترکیباتی مانند انواع صمغ، امولسیفایر، منابع پروتئینی (پروتئین‌های لبنی، آرد سویا و غیره) و یا فروکتوالیگوساکاریدها و غیره محقق کنند. از آنجایی که در تولید کیک، تخم‌مرغ گران‌ترین جزء در فرمولاسیون و مهمترین منبع کلسترول است، تحقیقات برای پیدا کردن ماده مناسب دیگر که جای آن را در محصولات صنایع پخت بگیرد رو به گسترش است. همچنین به نظر می‌رسد حذف کامل یا بخشی از تخم‌مرغ به دلیل مقدار بالای کلسترول و اسیدهای چرب اشباع موجود در آن، حساسیت به سالمونلا، مدت زمان ماندگاری کوتاه، قیمت بالا و نیاز برخی از افراد (مانند گیاهخواران، افرادی که دچار کلسترول بالا هستند و ...) (Turabi *et al.*, 2008) در فرمولاسیون کیک می‌تواند به صنعت نانوایی کمک کند.

اما باید این نکته را در نظر داشت که تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک نقشی کلیدی دارد مانند خاصیت کف‌کنندگی، امولسیفیکاسیون و ایجاد بافت متخلخل؛ از این رو انتخاب ماده‌ای دیگر به جای آن بسیار دشوار به نظر می‌رسد زیرا با انتخاب نامناسب چه به لحاظ میزان و چه به لحاظ نوع ترکیب، ویژگی‌های کمی و کیفی محصول تولیدی مانند بافت، طعم، رنگ و غیره دستخوش تغییراتی چشمگیر خواهد شد (Turabi *et al.*, 2008; Turabi *et al.*, 2012).

از سوی دیگر، با توجه به افزایش سطح آگاهی مصرف‌کنندگان به خطرهای ناشی از ترکیبات و افزودنی‌های مصنوعی و شیمیایی، استفاده از ترکیبات با منشأ طبیعی سر لوحه کار بسیاری از محققان و تولیدکنندگان قرار گرفته است تا ضمن به‌کارگیری این ترکیبات به‌عنوان جانشین یکی از اجزای فرمولاسیون ماده غذایی، صفات تکنولوژی و حسی محصول نهایی و در عین حال ارزش تغذیه‌ای نیز حفظ شود و ارتقا یابد. ایزوله‌های پروتئینی مانند پروتئین آب پنیر و پروتئین سویا از جمله این ترکیبات هستند که می‌توانند جانشینی مناسب برای تخم‌مرغ و روغن موجود در فرمولاسیون محصولات صنایع پخت باشند. در واقع منابع پروتئین به دلیل خاصیت امولسیون کنندگی، غلیظ‌کنندگی، کف‌زایی و ظرفیت مناسب نگهداری آب و روغن، مقلدهای بسیار مناسبی برای ترکیبات اصلی در فرمولاسیون کیک هستند (Marco & Rosell, 2008; Alting *et al.*, 2003). پاور و همکاران (Power *et al.*, 2007) با کاربرد توفو (پنیر تهیه شده از شیر سویا) به‌جای چربی در فرمولاسیون کیک کم‌چرب می‌گویند حذف بیش از ۵۰ درصد از روغن و افزودن توفو به‌جای آن سبب شد تا محصول تولیدی به‌خصوص به لحاظ بو و مزه از جانب ارزیابان حسی پذیرفته نشود. براساس نتایج بررسی‌های این پژوهشگران مشخص گردید که استفاده از توفو به‌عنوان مقلد چربی به شدت بر بافت کیک اثر منفی دارد و بر میزان سفتی آن به‌طور معنی‌داری می‌افزاید. گالاگر و همکاران (Gallager *et al.*, 2003) از Simples (ترکیب پروتئینی) در خمیر بیسکوئیت استفاده و گزارش کردند که استفاده از این ترکیب پروتئینی به میزان ۲۰ درصد در فرمولاسیون خمیر بیسکوئیت جایگزین مناسبی برای چربی است به گونه‌ای که نمونه مطابق با استانداردهای موجود برای این محصول ایجاد می‌شود. از سوی دیگر، نخود فرنگی یکی از منابع

پروتئین محسوب می‌شود که ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد. حضور مقادیر مناسبی از پروتئین‌های انحلال‌پذیر در آب نمک رقیق، مانند آلبومین و گلوبولین، همچنین مواد معدنی مانند منگنز و اسید فولیک و فیبرهای رژیمی، این دانه را منحصر به فرد کرده است. این در حالی است که نخود فرنگی صنایع تبدیلی بسیار ضعیفی دارد که می‌توان از این ترکیب نیز در فرمولاسیون محصولات صنایع پخت استفاده نمود. هدف از این تحقیق بررسی امکان جایگزینی آرد گندم موجود در فرمولاسیون کیک روغنی با سطوح محتلف آرد نخودفرنگی و افزودن ایزوله پروتئینی سویا و آب پنیر به منظور تولید کیک کم‌کلسترول و کم‌چرب است.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد گندم از کارخانه آرد تهران باختر (تهران، ایران) خریداری شد. آرد مصرفی برای اجرای آزمایش‌ها به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. سایر مواد مورد نیاز برای تهیه کیک مانند شکر، روغن، بیکینگ پودر و وانیل از فروشگاه معتبر عرضه مواد قنادی خریداری گردید. نخودفرنگی تازه در فصل بهار از بازار محلی و امولسیفایر لسیتین از شرکت Beldem تهیه شد. پروتئین ایزوله سویا نیز با ۷/۳۶ درصد رطوبت، ۸۷/۵ درصد پروتئین و ۲ درصد چربی از شرکت توس سویا (مشهد، ایران) و کنسانتره پروتئین آب پنیر با ۶/۱۷ درصد رطوبت، ۳۵/۰ درصد پروتئین و ۴ درصد چربی از شرکت صباح (گنبد کاووس، ایران) تهیه گردید.

روش‌ها

آسیاب کردن نخود فرنگی و تهیه آرد

نخود فرنگی کاملاً خشک شده با استفاده از آسیاب خانگی به آرد تبدیل شد. آرد به‌دست‌آمده به‌منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شد (Behmanesh, 2018).

ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و آرد نخود فرنگی

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و نخود فرنگی مانند رطوبت، پروتئین، خاکستر، چربی و گلوتن مرطوب بر اساس روش‌های استاندارد تدوین شده در انجمن شیمی‌دانان غلات آمریکا (AACC) (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت مطابق استاندارد شماره ۱۶-۴۴، پروتئین ۱۰-۴۶، خاکستر ۰۱-۰۸، چربی ۱۰-۳۰، گلوتن مرطوب ۱۱-۳۸ ارزیابی شد و میزان فیبر نیز طبق روش رانگانایاکی و همکاران (Ranganayaki *et al*., 2012) به‌دست‌آمد.

تهیه خمیر و تولید کیک روغنی

فرمول پایه (شاهد) خمیر کیک حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم، ۲۵ درصد پودر شکر، ۲۵ درصد روغن، ۳۶ درصد تخم‌مرغ، ۱۲ درصد شربت اینورت، ۲ درصد بیکینگ‌پودر، ۰/۲ درصد وانیل، ۰/۲ درصد امولسیفایر لستین و آب به میزان لازم در نظرگرفته شد (درصدها بر اساس وزن آرد گندم هستند.)

در نمونه کیک‌های تولیدی، نیمی از روغن و نیمی از تخم‌مرغ در فرمولاسیون حذف و آرد نخود فرنگی در سه سطح صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد به جای آرد گندم در فرمولاسیون کیک روغنی اضافه شد و در ادامه ۱۰ درصد پروتئین ایزوله سویا (SPI) و ۱۰ درصد

کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) به‌عنوان متغیرهای مستقل در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول به‌کاربرده شد (جدول ۱).

جدول ۱- تیمارهای تحقیق و درصد اجزای تشکیل‌دهنده هریک (متغیرهای مستقل)

شماره تیمار	روغن (بر اساس وزن آرد)	تخم‌مرغ (بر اساس وزن آرد)	آرد گندم (درصد)	آرد نخود فرنگی (درصد)	منبع پروتئینی (۱۰ درصد وزن آرد)
۱ (شاهد)	۲۵	۳۶	۱۰۰	۰	۰
۲	۱۲/۵	۱۸	۱۰۰	۰	۰
۳	۱۲/۵	۱۸	۱۰۰	۰	SPI
۴	۱۲/۵	۱۸	۱۰۰	۰	WPC
۵	۱۲/۵	۱۸	۸۵	۱۵	۰
۶	۱۲/۵	۱۸	۸۵	۱۵	SPI
۷	۱۲/۵	۱۸	۸۵	۱۵	WPC
۸	۱۲/۵	۱۸	۷۰	۳۰	۰
۱۰	۱۲/۵	۱۸	۷۰	۳۰	SPI
۹	۱۲/۵	۱۸	۷۰	۳۰	WPC

برای تهیه کیک ابتدا روغن، پودر شکر و تخم‌مرغ با استفاده از یک همزن برقی (Kichenaid، ساخت آمریکا) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه و در مدت زمان ۶ دقیقه مخلوط شد تا کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. آب و شربت اینورت به این کرم اضافه و هم‌زدن ادامه داده شد. در مرحله بعد کنسانتره پروتئین آب پنیر، پروتئین ایزوله سویا، بیکینگ‌پودر و وانیل به مخلوط آرد گندم و آرد نخود فرنگی (با توجه به هریک از تیمارها بر اساس جدول ۱) اضافه و مخلوط به صورت تدریجی به کرم افزوده شد. با استفاده از یک قیف پارچه‌ای، ۵۵ گرم از خمیر تهیه شده به‌درون کاغذهای مخصوص کیک ریخته شد که درون قالب‌ها (از جنس تفلون با قطر ۴ سانتی‌متر در کف و ۸ سانتی‌متر در لبه) قرار گرفته بودند. پخت در فر الکتریکی (Miwe، ساخت آلمان) در دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس و به مدت زمان ۲۰ دقیقه دنبال شد. نمونه‌ها، پس از سرد شدن، هریک در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (Bazrafshan *et al.*, 2015).

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی کیک روغنی

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی

میزان رطوبت، چربی و پروتئین مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری حجم مخصوص و تخلخل

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های کیک روغنی تولیدی، از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[1] مطابق با استاندارد AACC شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان تخلخل، از مغز نمونه‌های کیک تولیدی با اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، تصویر در اختیار نرم‌افزار Image I قرار داده شد (Haralick *et al.*, 1973).

اندازه‌گیری مؤلفه‌های رنگی پوسته

رنگ پوسته نمونه‌های کیک تولیدی با تعیین سه شاخص *L، *a و *b آنالیز شد. شاخص *L معرف

1 - Rape seed displacement

میزان روشنی و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است.

شاخص *a میزان نزدیک‌بودن رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص *b میزان نزدیک‌بودن رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰ + (زرد خالص) تغییر می‌کند. برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها، از نمونه‌های تولیدی با اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، تصویرها در اختیار نرم‌افزار Image J قرار داده‌شد. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد (Sun, 2008).

اندازه‌گیری سفتی بافت

سفتی بافت نمونه‌های کیک روغنی در فاصله‌های زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از تولید، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج ارزیابی شد (Ronda *et al.*, 2005). قله نمونه با استفاده از چاقوی اره‌ای جدا شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه در نمونه، به‌عنوان شاخص سفتی[1] گزارش گردید.

در واقع، میزان سفتی با توجه به منحنی نیرو-تغییر شکل به دست آمد. به این صورت که سفتی برابر با حداکثر مقدار نیرو در منحنی نیرو- تغییر شکل بود و بر اساس نیوتن (N) بیان شد.

ارزیابی خصوصیات حسی

به منظور ارزیابی خصوصیات حسی مانند رنگ، بافت، طعم (مزه و آروما) و پذیرش‌کلی، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های کیک روغنی را حداقل ۳۰ داور ارزیابی کردند.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ ارزیابی شد. بدین منظور در مرحله اول از یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل دو عامله استفاده شد که عامل اول سطوح جایگزینی آرد گندم با آرد نخود فرنگی (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد) و عامل دوم افزودن نوع منبع پروتئین در سه سطح (فاقد پروتئین، کنسانتره پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین سویا) بود. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد ($P<0.05$) مقایسه شدند.

برخی از ویژگی‌های بهترین نمونه مرحله اول با ویژگی‌های نمونه شاهد در قالب طرح آماری T test مقایسه شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد گندم و نخود فرنگی

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد گندم و نخود فرنگی به‌کار برده‌شده در تولید نمونه‌های کیک روغنی در جدول ۲ آمده است.

1 - Firmness

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد گندم و نخود فرنگی

ویژگی‌های‌فیزیکوشیمیایی	آرد گندم (درصد)	آرد نخود فرنگی (درصد)
رطوبت	۱۱/۷ ± ۰/۲۳	۸/۶۲ ± ۰/۰۲
پروتئین	۹/۳ ± ۰/۱۲	۲۲/۰۳ ± ۰/۶۳
خاکستر	۰/۵۱ ± ۰/۰۲	۲/۶۵ ± ۰/۰۶
چربی	۱/۰۱ ± ۰/۰۳	۲/۲۸ ± ۰/۰۱
گلوتن مرطوب	۲۷/۲۴ ± ۰/۱۸	-
فیبر	۱/۷۳ ± ۰/۰۵	۱۰/۹۶ ± ۰/۴۴

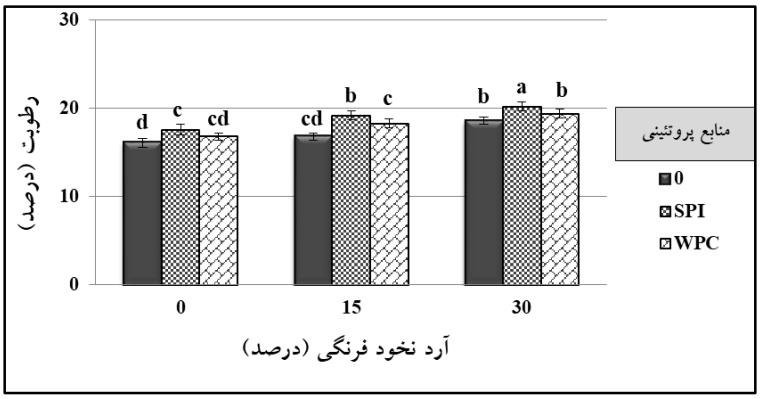
ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی

رطوبت

نتایج مقایسه میانگین تأثیر جایگزینی نیمی از روغن و نیمی از تخم‌مرغ موجود در فرمولاسیون کیک روغنی با سطوح مختلف آرد نخود فرنگی و استفاده از پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر میزان رطوبت نمونه‌های کیک تولیدی در شکل ۱ آورده شده است. دیده می‌شود با افزایش میزان آرد نخود فرنگی تا سطح ۳۰ درصد و با افزودن پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول، میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی افزایش می‌یابد ($P<0.05$). و ایزوله پروتئین سویا، نسبت به کنسانتره پروتئین آب پنیر، تأثیر بیشتری دارد.

باید گفت که حضور روغن در فرمولاسیون محصولات نانوایی نقش مؤثری در افزایش رطوبت محصول نهایی و جلوگیری از خروج آن در فرآیند پخت دارد که علت آن قابلیت روغن به‌عنوان یک محافظ در نگهداری آب در حین پخت (ممانعت از خروج آن بر اثر بخار شدن) و پس از آن است. بنابراین، کاهش میزان روغن یا حذف کامل آن در فرمولاسیون می‌تواند در کاهش میزان رطوبت محصول نهایی اثرگذار باشد و پیامدهایی مانند افزایش سرعت بیاتی و زودهنگام شدن فرآیند رتروگراداسیون را به دنبال داشته باشد. تخم‌مرغ علاوه بر دارا بودن حدود ۱۲ درصد لیپید، حاوی حدود ۱۳ درصد پروتئین است؛ این پروتئین‌ها نقشی مؤثر در نگهداری رطوبت محصول نهایی دارند و اگر از فرمولاسیون کیک روغنی حذف شوند رطوبت محصول تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در واقع، تخم‌مرغ به علت نگه‌داشتن مقادیر قابل توجه رطوبت باعث نرم ماندن کیک در دوره نگهداری می‌شود. از این‌رو در فرمولاسیون کیک روغنی کم‌چرب و کم‌کلسترول باید از ترکیبات دیگر چربی و تخم‌مرغ استفاده کرد که ماهیت افزایش جذب آب خمیر و رطوبت محصولات صنایع پخت را دارند. برای افزایش میزان رطوبت، مک‌کارتی و همکاران (McCarthy *et al.*, 2005) می‌گویند برخی از ترکیبات که دارای طبیعت آبدوست هستند، قادرند با آب برهمکنش دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم شوند که همین امر در افزایش جذب آب و حفظ رطوبت محصول نهایی در حین فرآیند پخت و نگهداری مؤثر است. از آنجا که آرد نخود فرنگی حاوی بیش از ۲۲ درصد پروتئین و بیش از ۱۰ درصد ترکیبات فیبری است به احتمال زیاد پروتئین و فیبر موجود در آن ظرفیت نگهداری آب کیک را بالا می‌برد و رطوبت محصول نهایی را افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد کاربرد دو ترکیب پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر در فرمولاسیون به دلیل ایجاد پیوند با مولکول‌های آب باعث افزایش جذب رطوبت محصول

نهایی شود. پروتئین‌های سویا با داشتن ویژگی‌های عملکردی گوناگون مانند نگهداری و جذب آب و ویژگی‌های امولسیفایری، بر کیفیت مواد غذایی تأثیر می‌گذارند (Arrese *et al.*, 1991). کنسانتره پروتئین آب پنیر، پودر آب پنیر و بسیاری از فرآورده‌های آن نیز می‌توانند به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌جای چربی استفاده شوند. این پروتئین‌ها قابلیت جذب و نگهداری رطوبت مناسبی دارند.



شکل ۱- تأثیر افزودن آرد نخود فرنگی و منابع پروتئینی بر میزان رطوبت کیک تولیدی
(درصدهای رطوبت که حروف مشابه دارند از نظر آماری در ($P<0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند)

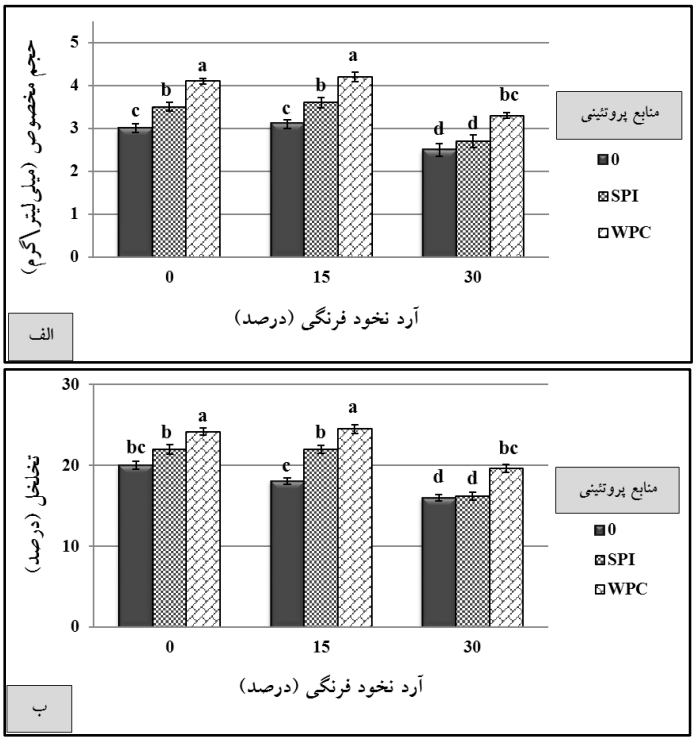
حجم مخصوص و تخلخل

نتایج مقایسه میانگین تأثیر جایگزینی نیمی از روغن و نیمی از تخم‌مرغ موجود در فرمولاسیون کیک روغنی با سطوح مختلف آرد نخود فرنگی و استفاده از پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر میزان حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های کیک تولیدی در شکل ۲ آورده شده است. دیده می‌شود که با افزودن آرد نخود فرنگی تا سطح ۱۵ درصد در فرمولاسیون کیک، بر میزان حجم مخصوص و تخلخل بافت نمونه‌های تولیدی تأثیر معنی‌داری مشاهده نمی‌شود در حالی‌که با افزودن آرد نخود فرنگی تا سطح ۳۰ درصد، از میزان این پارامترها در محصول نهایی کاسته می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده همچنین نشان می‌دهد که افزودن پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر باعث افزایش حجم مخصوص و تخلخل بافت کیک روغنی شده است که در این خصوص اثر کنسانتره پروتئین آب پنیر بیشتر از اثر پروتئین ایزوله سویاست ($P<0.05$).

افزایش حجم در محصولات صنایع پخت تحت تأثیر چند عامل است از آن جمله: میزان حباب‌های هوای موجود در خمیر (چه به صورت فیزیکی و چه به صورت شیمیایی و یا بیولوژیکی)، انبساط این سلول‌های هوا در فرآیند پخت و تبخیر آب موجود در خمیر در اثر افزایش دما (Sahraiyan *et al.*, 2013). اما میزان تخلخل ارتباط مستقیم دارد با تعداد سلول‌های گازی و مهم‌تر از آن توزیع یکنواخت آنها در بافت محصول (Ziobro *et al.*, 2012). در فرمولاسیون کیک، روغن یکی از عوامل نگهدارنده حباب‌های هوای ورودی به خمیر در فرآیند به‌هم‌زدن است. بنابراین، کاهش آن در فرمولاسیون می‌تواند تأثیر منفی بر میزان حجم و تخلخل بگذارد و در واقع روغن با ایجاد لایه‌ای محافظتی در اطراف حباب‌های هوای ورودی، در حفظ آنها در خمیر و حتی ممانعت از پاره شدنشان بر اثر انبساط در حین فرآیند پخت مؤثر است

(Ribotta *et al.*, 2004). از سوی دیگر، تخم‌مرغ با داشتن خصوصیات ژله‌ای‌شدن، کف‌کنندگی، امولسیون‌کنندگی و انعقاد در فرمولاسیون کیک نقش مهمی بر عهده دارد (Mine & Zhang, 2013). پروتئین‌های سفیدهٔ تخم مرغ در مراحل تهیه خمیر باعث ایجاد کف و هوادهی مکانیکی خمیر می‌شوند و بعد از پخت نیز ساختار اسفنجی تثبیت شده‌ای تشکیل می‌دهند. بنابراین، حذف این ترکیب از فرمولاسیون کیک روغنی باعث می‌شود محصول نهایی به دلیل حضورنداشتن عامل کف کننده، حجم مخصوص کمتری داشته باشد. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد با افزودن آرد نخود فرنگی تا ۱۵ درصد تغییر معنی‌داری در حجم مخصوص و تخلخل بافت کیک روغنی مشاهده نمی‌شود در حالی‌که با افزایش آن تا ۳۰ درصد از میزان این پارامترها کاسته شده‌است. در اینجا به نظر می‌رسد آرد نخود فرنگی با دارا بودن بیش از ۲۲ درصد پروتئین، ضمن اینکه قابلیت جایگزین شدن با پروتئین‌های تخم‌مرغ و تقویت شبکه گلوتنی را دارد، از توانایی استحکام بخشیدن به دیواره سلول‌های گازی و جلوگیری از پاره شدن آن نیز برخوردار هست. اما زمانی که مقدار آن به ۳۰ درصد آرد گندم می‌رسد به دلیل کمتر شدن میزان آرد گندم و در نتیجه ضعیف شدن شبکه گلوتنی کیک، توان نگهداری حباب‌های هوا در محصول کاهش می‌یابد و آرد نخود فرنگی توانایی‌ترمیم شبکه گلوتنی را ندارد.

گومز و همکاران (Gómez *et al.*, 2012) با بررسی افزودن آرد نخود فرنگی در فرمولاسیون کیک اسفنجی می‌گویند با اضافه کردن آرد نخود فرنگی تا سطح ۲۵ درصد تغییر معنی‌داری در حجم مخصوص کیک اسفنجی و کیک لایه‌ای مشاهده نمی‌شود، اما با اضافه‌کردن تا سطح ۵۰ درصد، حجم مخصوص محصول تولیدی کاهش می‌یابد.



شکل ۲- تأثیر افزودن آرد نخود فرنگی و منابع پروتئینی بر میزان حجم مخصوص (الف) و تخلخل (ب) کیک تولیدی
تفاوت معنی‌داری ندارند)(P<0.05)(درصدهای تخلخل دارای حروف مشابه در هر شکل از نظر آماری در

رنگ پوسته

نتایج تأثیر جایگزینی نیمی از روغن و نیمی از تخم‌مرغ موجود در فرمولاسیون کیک روغنی با سطوح مختلف آرد نخود فرنگی و همچنین استفاده از پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته نمونه‌های کیک تولیدی در جدول ۴ آورده شده است. در اینجا با افزایش میزان آرد نخود فرنگی تا ۳۰ درصد در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول، میزان مؤلفه *L و مؤلفه *a پوسته نمونه‌های تولیدی کاهش و با افزودن ۱۰ درصد پروتئین ایزوله سویا و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر میزان این مؤلفه‌ها افزایش یافته است ($P<0.05$). افزودن آرد نخود فرنگی و پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر به فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول، تأثیر معنی‌داری بر میزان مؤلفه *b پوسته نمونه‌های تولیدی نداشته است ($P<0.05$).

در خصوص کاهش میزان مؤلفه *L پوسته نمونه‌های تولیدی با افزایش میزان آرد نخود فرنگی در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول به نظر می‌رسد به دلیل وجود رنگ سبز در آرد نخود فرنگی روشنایی سطح پوسته نمونه‌های حاوی این ترکیب کمتر می‌شود.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد با افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین سویا در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول، میزان مؤلفه *L پوسته نمونه‌های تولیدی افزایش می‌یابد که البته با توجه به نتایج تأثیر کنسانتره پروتئین آب پنیر از ایزوله پروتئین سویا بیشتر است. به نظر می‌رسد علت این امر توانایی بالای این دو ترکیب در حفظ رطوبت و خروج یکنواخت‌تر آن از بافت محصول در فرآیند پخت باشد که به موجب آن و با انتقال آهسته و پیوسته‌تر رطوبت از مغز به پوسته، سطحی صاف و با کمترین میزان چروکیدگی برای محصولی نهایی تولید می‌شود که این سطح صاف و هموار در انعکاس نور و افزایش درخشندگی اثرگذار است. نتایج بررسی‌های پورلیس و سالوادوری (Purlis & Salvadori, 2009) گواهی بر این امر است که می‌گویند تغییرات سطح مواد غذایی، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه *L دارند. در خصوص تأثیر بیشتر کنسانتره پروتئین آب پنیر نسبت به ایزوله پروتئین سویا در افزایش میزان مؤلفه *L پوسته نمونه‌های تولیدی، به نظر می‌رسد در نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین سویا به دلیل وجود مقدار زیاد پروتئین (بیش از ۸۷ درصد) این ترکیب، بخشی از پروتئین افزوده شده جایگزین پروتئین‌های تخم‌مرغ می‌شود و بخش دیگر آن باعث خواهدشد پوسته محصول سریع سفت و ضخیم شود که این امر در ابتدا مانع خروج رطوبت از محصول می‌شود ولی سرانجام در اثر فشار ناشی از بخار آب، رطوبت تحت فشار از سطح محصول خارج خواهدشد که این عامل باعث ایجاد ترک خوردگی‌های ریز در سطح محصول می‌شود و به‌تبع آن میزان انعکاس نور از سطح و درخشندگی پوسته (مؤلفه *L) تا حدی کاهش می‌یابد.

طبیعی است که با استفاده از آرد سبز رنگ نخود فرنگی در فرمولاسیون کیک روغنی کم‌چرب و کم‌کلسترول، رنگ محصول رو به سبزی رود و از میزان قرمزی محصول کاسته شود. به نظر می‌رسد پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر به دلیل دارا بودن ترکیبات پروتئینی (به ترتیب حدود ۸۷ و ۳۵ درصد) باعث تشدید واکنش‌های میلارد

مـی‌شـوند و در نتیجـه رنـگ محصـول را قهـوه‌ای‌تـر می‌کنند که ایـن امـر باعـث افـزایش مؤلفـه a* مـی‌شـود. در بـاره تغییـرات رنـگ مـواد غـذایی، رونـدا و همکـاران (Ronda *et al.*, 2011) مـی‌گوینـد کـاربرد پـروتئین ایزولـه شـده سـویا در خمیـر کیـک، رنـگ آن را تیـره‌تـر می‌کند.

جدول ٤- تأثیر افزودن آرد نخود فرنگی و منابع پروتئینی بر میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته کیک تولیدی

آرد نخود فرنگی (درصد)	منبع پروتئینی	رنگ پوسته (-)		
		L*	a*	b*ns
صفر	-	۴۰/۷۱±۰/۶۷bc	۶/۲۱±۰/۳۳c	۱۸/۹۰±۰/۲۵
	SPI	۴۳/۷۰±۰/۳۱b	۱۲/۱±۰/۳۷a	۱۹/۴۱±۰/۰۶
	WPC	۴۹/۱۱±۰/۲۵a	۹/۳۲±۰/۳۵b	۱۹/۱±۰/۲۵
۱۵	-	۳۸/۲۱±۰/۵۷c	-۱۵/۷±۰/۲۰f	۱۸/۷۰±۰/۱۵
	SPI	۴۱/۱۰±۰/۵۰bc	-۸/۵۲±۰/۳۳d	۱۹/۴۲±۰/۲۶
	WPC	۴۴/۹۳±۰/۵۵b	-۱۰/۴±۰/۴۲e	۱۹/۲۲±۰/۰۹
۳۰	-	۳۲/۱۷۱±۰/۳۶d	-۲۵/۱±۰/۱۵h	۱۹/۰۸±۰/۱۲
	SPI	۳۵/۱۸±۰/۴۴cd	-۱۵/۶±۰/۱۲f	۱۹/۲۱±۰/۰۶
	WPC	۳۸/۴۰±۰/۷۴c	-۲۰/۴±۰/۲۶g	۱۹/۰۰±۰/۱۱

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در ($P<0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

ns: اختلاف معنی‌داری در سطح ($P<0.05$) مشاهده نشد.

سفتی بافت

نتـایج تـأثیر جـایگزینی نیمـی از روغـن و نیمـی از تخـم‌مـرغ موجـود در فرمولاسـیون کیـک روغنـی بـا سـطوح مختلـف آرد نخـود فرنگـی و اسـتفاده از پـروتئین ایزولـه سـویا و کنسـانتره پـروتئین آب پنیـر بـر میـزان سفتی بافت نمونـه‌هـای کیـک تولیـدی طـی بـازه زمـانی ۲ سـاعت و یـک هفتـه پـس از پخـت، در جـدول ۵ آورده شـده اسـت. مشـاهده مـی‌شـود بـا افـزایش میـزان آرد نخـود فرنگـی تـا سـطح ۱۵ درصـد در فرمولاسـیون کیـک کـم‌چـرب و کـم‌کلسـترول، میـزان سـفتی بافـت نمونه‌هـای تولیـدی در هـر دو بـازه زمـانی کـاهش و بعـد از آن بـا جـایگزینی تـا سـطح ۳۰ درصـد سـفتی بافـت افـزایش مـی‌یابـد. از طرفـی، بـا افـزودن ۱۰ درصـد پـروتئین ایزولـه سـویا و کنسـانتره پـروتئین آب پنیـر، میزان سفتی بافـت نمونـه‌هـای تولیـدی در بـازه زمـانی ۲ سـاعت پـس از پخـت کـاهش مـی‌یابـد ($P<0.05$). بـا بررسی نتـایج اثـر متقابـل ایـن عوامـل (آرد نخـود فرنگـی بـه همـراه منـابع مختلـف پروتئینـی) نیـز مشـخص می‌شود کـه نمونـه حـاوی ۱۵ درصـد آرد نخـود فرنگـی و افـزودن ۱۰ درصـد کنسـانتره پـروتئین آب پنیـر کمترین میزان سفتی بافت را به‌دست می‌آورد.

تغییـر بافـت و بیـاتی محصـولات صـنایع پخـت فرآینـدی اسـت پیچیـده کـه عوامـل متعـددی در آن دخیـل اسـت ماننـد: رتروگراداسـیون آمیلـوپکتین (برگشـت بـه عقـب نشاسـته)، آرایـش مجـدد پلیمرهـا در ناحیـه آمـورف و کـاهش میـزان رطوبـت و یـا توزیـع رطوبـت بـین ناحیـه آمـورف و کریسـتالی (Ahlborn *et al.*, 2005)؛ جلـوگیری از کـاهش رطوبـت، بـه‌خصـوص هنگـام نگهـداری محصـولات نـانوایی، در حفـظ تـازگی بافت آنها نقش حیاتی دارد.

از سوی دیگر، باید گفت که کاهش چربی در فرمولاسیون محصولات نانوایی اثر بسزایی بر افزایش سرعت رتروگراداسیون (برگشت به عقب نشاسته) و تسریع فرآیند بیاتی در مدت زمان نگهداری دارد. با کاهش چربی در فرمولاسیون این دسته از مواد غذایی، شبکه گلوتنی قوی‌تری تشکیل می‌دهد زیرا چربی عاملی برای جلوگیری از تشکیل کامل شبکه گلوتنی است (Roller & Jones, 1996; Sudha *et al.*, 2007). در نتیجه خمیر سفت‌تری خواهیم داشت که آب اضافی که جایگزین چربی شده به هنگام پخت تبخیر می‌شود و ضمن اینکه در اثر آن بافتی نامرغوب حاصل می‌گردد، امکان بیاتی زودهنگام محصول در مدت زمان نگهداری، به دلیل کاهش رطوبت، فراهم می‌شود. از طرفی، تخم‌مرغ به علت نگه‌داشتن مقادیر قابل توجه رطوبت باعث نرم ماندن کیک در دوره نگهداری می‌شود. هنگام پخت، مقادیر زیادی از پروتئین سفیده منعقد و باعث شکل‌گیری بافت و تثبیت ساختار محصول می‌شود. علاوه براین، پروتئین‌های سفیده در مراحل تهیه خمیر باعث ایجاد کف و هوادهی مکانیکی خمیر می‌شوند و بعد از پخت نیز ساختار اسفنجی تثبیت شده‌ای تشکیل می‌دهند. در واقع باید گفت تخم‌مرغ علاوه بر دارا بودن حدود ۱۲ درصد لیپید حاوی حدود ۱۳ درصد پروتئین است که پروتئین‌ها و امولسیفایرهای موجود در آن (لسیتین) نقش مؤثری در نگهداری رطوبت محصول نهایی دارند و چنانچه این ترکیب از فرمولاسیون کیک روغنی حذف شود رطوبت محصول تحت تأثیر قرار می‌گیرد. پس باید ضمن کاربرد ترکیبی مناسب به‌جای چربی و تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول، جلوگیری از کاهش رطوبت در محصولات نانوایی مدنظر قرار گیرد. زیرا چربی و تخم‌مرغ موجود در این دسته از مواد غذایی قابلیت حفظ رطوبت و جلوگیری از خروج آن را در مدت زمان پخت و نگهداری دارند. در این خصوص به نظر می‌رسد آرد نخود فرنگی نیز به دلیل اینکه حاوی بیش از ۲۲ درصد پروتئین است قابلیت کافی به منظور جذب آب و کاستن از میزان بیاتی داشته باشد. اما این نکته باید در نظر گرفته شود که با حذف ۳۰ درصد آرد گندم و اضافه کردن آرد نخود فرنگی به جای آن در فرمولاسیون کیک، شبکه گلوتنی ایجاد شده در بافت کیک ضعیف می‌شود و توان ایجاد بافتی با استحکام مناسب در محصول کاهش می‌یابد. بنابراین، اضافه کردن ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی در محصول (به‌جای آرد) علاوه بر اینکه از خروج رطوبت در محصول جلوگیری می‌کند باعث تضعیف شبکه گلوتنی نخواهد شد. نتایج بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد با افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین سویا، سفتی بافت کیک‌های تولیدی کاهش می‌یابد. درخصوص ارزیابی رطوبت کیک روغنی کم‌چرب و کم‌کلسترول، از آنجایی که کنسانتره پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین سویا (به دلیل وجود مقادیر زیاد پروتئین) توانایی مناسبی برای جذب رطوبت و نگهداری آن در محصول دارند، طبیعی است که سرعت فرآیند بیاتی را کند کنند. ترکیبات فوق به دلیل اینکه حاوی مقدار زیادی پروتئین هستند می‌توانند کمبود پروتئین ناشی از حذف تخم‌مرغ را جبران و نیز شبکه گلوتنی را تقویت کنند به گونه‌ای که از این طریق بافتی یکنواخت و دارای انسجام مناسب به وجود آید. در راستای افزایش استحکام شبکه گلوتنی با استفاده از ترکیبات پروتئینی در محصولات صنایع پخت و حتی جایگزین شدن آنها با گلوتن موجود در این دسته از مواد غذایی، گزارش‌هایی موجود است. بذرافشان و همکاران (Bazrafshan *et al.*, 2015) امکان تولید کیک روغنی کم‌چرب را با استفاده از

پودر دانه ریحان، صمغ گوار و پروتئین ایزوله سویا بررسی کرده می‌گویند با افزودن ۱۰ درصد پروتئین ایزوله سویا میزان سفتی بافت کیک روغنی کم‌چرب کاهش می‌یابد. و می‌افزایند چنانچه میزان افزایش پروتئین سویا در فرمولاسیون کیک روغنی کم‌چرب ۲۰ درصد شود، به دلیل اینکه بخشی از پروتئین ایزوله شده سویا جایگزین کمبود چربی موجود در فرمولاسیون شاهد شده و بعد از آن مابقی مقدار پروتئین به تقویت شبکه گلوتن کمک نموده است که این خود در افزایش ضخامت حباب‌های هوای موجود در خمیر و همچنین فشردگی بافت دخیل بوده است. در خصوص نمونه شاهد (حذف نیمی از روغن و نیمی از تخم‌مرغ) و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد نخود فرنگی و افزودن ۱۰ درصد پروتئین ایزوله سویا با توجه نتایج بخش ارزیابی حجم مخصوص و تخلخل این تحقیق، به دلیل تراکم و فشردگی زیاد این نمونه‌ها نیروی استفاده شده توسط پروب دستگاه بافت‌سنج بیشتر از سایر نمونه‌ها گزارش شد. از طرفی نمونه با جایگزینی ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و افزودن ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر از کمترین میزان سفتی بافت در طی بازه زمانی ۲ ساعت و یک هفته بعد از پخت برخوردار بود. کراکت و همکاران (Crockett *et al.*, 2011) با افزودن صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، سفیده تخم‌مرغ و پروتئین ایزوله شده سویا، لیک و همکاران (Lieke *et al.*, 2011) با افزودن پروتئین‌های آب پنیر و مور و همکاران (Moor *et al.*, 2004) با به کار بردن کازئین و شیر پس چرخ در انواع محصولات نانوایی شبکه گلوتنی را تقویت کردند. بنابراین، در تولید محصولاتی مانند کیک، بیسکوئیت، کلوچه و غیره که به شبکه گلوتنی کامل و تقویت شده نیاز ندارند، باید در انتخاب ماده جانشین چربی و تخم‌مرغ و همچنین سطوح مصرف آنها دقت کرد. با انتخاب سطوح نامناسب نه تنها نمی‌توان از سودمندی‌های ترکیبات پروتئینی برای جایگزین شدن با چربی و تخم‌مرغ بهره برد، بلکه مشکلات فراوانی برای بافت ایجاد خواهد شد که بازارپسندی محصول را دچار مشکل می‌کند.

جدول ۵- تأثیر افزودن آرد نخود فرنگی و منابع پروتئینی بر میزان سفتی بافت کیک تولیدی به‌هنگام نگهداری

آرد نخود فرنگی (درصد)	منبع پروتئینی	سفتی بافت (نیوتن)	
		۲ ساعت پس از پخت	یک هفته پس از پخت
صفر	-	۱۰/۸±۰/۲۱^{b}	۱۶/۵±۰/۲۰^{b}
	SPI	۱۰/۷±۰/۱۱^{b}	۱۶/۷±۰/۳۱^{b}
	WPC	۸/۱۲±۰/۰۹^{d}	۱۳/۸±۰/۳۳^{c}
۱۵	-	۱۰/۴±۰/۰۹^{b}	۱۶/۲±۰/۳۰^{b}
	SPI	۸/۲۱±۰/۲۱^{d}	۱۳/۷±۰/۲۵^{c}
	WPC	۶/۳۳±۰/۱۷^{e}	۱۰/۹±۰/۴۵^{d}
۳۰	-	۱۲/۳±۰/۱۳^{a}	۱۹/۵±۰/۲۱^{a}
	SPI	۱۲/۲±۰/۱۸^{a}	۱۸/۶±۰/۳۷^{ab}
	WPC	۹/۵۲±۰/۲۱^{c}	۱۵/۰±۰/۲۶^{bc}

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در ($P<0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

خصوصیات حسی کیک

نتایج تأثیر جایگزینی نیمی از روغن و نیمی از تخم‌مرغ موجود در فرمولاسیون کیک روغنی با سطوح مختلف آرد نخود فرنگی و استفاده از پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر امتیاز خصوصیات حسی کیک روغنی کم‌چرب و کم‌کلسترول در ارزیابی حسی در جدول ۶ آورده شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش میزان آرد نخود فرنگی تا سطح ۱۵ درصد، ارزیابان حسی تفاوت معنی‌داری احساس نکرده‌اند، درحالی‌که امتیاز بافت، طعم و مزه و پذیرش‌کلی تا سطح ۱۵ درصد افزایش آرد نخود فرنگی بهبود یافته و با افزایش آرد نخود فرنگی تا ۳۰ درصد از این ترکیب در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول امتیاز تمامی خصوصیات حسی محصول نهایی کاهش یافته‌است. با افزودن ۱۰ درصد پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر در فرمولاسیون کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول، میزان امتیاز خصوصیات حسی نمونه‌های تولیدی افزایش یافته است ($P<0.05$). دیده می‌شود کنسانتره پروتئین آب پنیر، نسبت به ایزوله پروتئین سویا، تأثیر بهتری بر خصوصیات حسی داشته است سرانجام، ارزیابان حسی می‌گویند نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر بیشترین میزان پذیرش حسی را دارد.

در آزمون حسی برای امتیازدهی به بافت هر محصول، خمیری بودن یا نرمی غیرعادی، سفتی، تردی و شکنندگی بیش از حد سبب کسر امتیاز می‌شود. از ارزیابی بافت نمونه‌های کیک کم‌چرب در بخش بافت‌سنجی این انتظار می‌رفت که نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر مطلوب‌ترین بافت را از نگاه ارزیابان حسی داشته باشد زیرا سفتی این نمونه کمتر از سفتی سایر نمونه‌ها بود. به گفته ارزیابان حسی، نمونهٔ شاهد نیز به لحاظ امتیاز بافت در رده نمونه‌هایی با پذیرش بسیار کم بود که علت این امر خشک، متراکم و شکننده بودن این نمونه گزارش شد. اغلب محققان معتقدند که درک شدت طعم و رهایش مواد طعم‌زا بستگی به نوع بافت محصول نهایی دارد که علت این رخداد را برهمکنش‌های متفاوت بین مواد طعم‌زا و ساختار بافت بیان نمودند (Boland *et al.*, 2004). از این‌رو با توجه به مطالعات صورت گرفته و نتایج بدست آمده از آزمون بافت‌سنجی پیش‌بینی می‌شد نمونه‌هایی که دارای بافت با نرمی مطلوب هستند و سختی آن‌ها در حدی نیست که جویدن و بلع محصول را دچار اشکال نماید از امتیاز بهتری به لحاظ طعم و مزه برخوردار باشند. این انتظار وجود داشت که ارزیابان حسی به نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ کنسانتره پروتئین آب پنیر امتیاز بیشتری بدهند. در خصوص کاهش میزان امتیاز طعم در نمونه دارای ۳۰ درصد آرد نخود فرنگی، ارزیابان حسی می‌گویند محصول طعمی خاص (طعم حبوبات) پیدا کرده است. از سوی دیگر، پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره پروتئین آب پنیر به دلیل دارا بودن ترکیبات پروتئینی، ضمن تشدید واکنش‌های میلارد باعث تولید مواد مولد عطر و طعم شده که امتیاز طعم را بالا برده است.

جدول ٦- تأثیر افزودن آرد نخود فرنگی و منابع پروتئینی بر خصوصیات حسی کیک تولیدی

آرد نخود فرنگی (درصد)	منبع پروتئینی	خصوصیات حسی			
		رنگ	بافت	طعم (مزه و بو)	پذیرش‌کلی
صفر	-	۳/۶۱±۰/۰۴^{c}	۳/۴۲±۰/۱۲^{d}	۳/۵۰±۰/۱۵^{d}	۳/۶۱±۰/۰۶^{d}
	SPI	۴/۰۰±۰/۰۱^{bc}	۳/۹۰±۰/۱۲^{c}	۴/۰۰±۰/۰۷^{c}	۴/۳۷±۰/۰۷^{bc}
	WPC	۴/۴۱±۰/۰۷^{ab}	۴/۴۰±۰/۱۰^{b}	۴/۴۱±۰/۱۲^{b}	۴/۵۱±۰/۰۸^{b}
۱۵	-	۳/۷۲±۰/۰۴^{c}	۳/۹۲±۰/۰۹^{c}	۴/۲۲±۰/۱۵^{bc}	۴/۳۰±۰/۰۵^{bc}
	SPI	۴/۲۰±۰/۰۵^{b}	۴/۵۰±۰/۱۰^{b}	۴/۴۱±۰/۲۰^{b}	۴/۵۰±۰/۱۲^{b}
	WPC	۴/۷۳±۰/۰۵^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۸۱±۰/۱۴^{a}	۴/۹۳±۰/۰۴^{a}
۳۰	-	۲/۸۲±۰/۰۸^{e}	۳/۳۲±۰/۱۰^{d}	۳/۳۵±۰/۰۶^{e}	۳/۳۰±۰/۰۶^{e}
	SPI	۳/۴۱±۰/۰۷^{d}	۳/۶۱±۰/۱۲^{cd}	۳/۸۳±۰/۱۵^{cd}	۴/۱۱±۰/۱۵^{c}
	WPC	۳/۸۰±۰/۰۴^{c}	۳/۸۳±۰/۱۱^{c}	۴/۲۵±۰/۱۷^{bc}	۴/۳۱±۰/۰۷^{bc}

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در ($P<0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه خصوصیات کمی و کیفی بهترین نمونه کیک با نمونه شاهد

نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر برای مقایسه خصوصیات کمی و کیفی آن با نمونه شاهد (بدون جایگزینی و افزودنی) انتخاب گردید تا بتوان قابلیت این ترکیبات به‌عنوان مقلد چربی و تخم‌مرغ در حفظ و حتی بهبود خصوصیات کمی و کیفی کیک ارزیابی شود.

نتایج مقایسه نشان می‌دهد نمونه شاهد میزان روغن بیشتری دارد تا نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر (بهترین نمونه مرحله اول) (جدول ۷). البته این انتظار وجود داشت زیرا هدف از مرحله اول، تولید کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول بود و بدین منظور ۵۰ درصد از روغن موجود در فرمولاسیون پایه با سایر ترکیبات جایگزین شد.

نمونه شاهد نسبت به بهترین نمونه مرحله اول (نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر) میزان پروتئین کمتری داشت که البته انتظار نیز همین بود زیرا آرد نخود فرنگی و کنسانتره پروتئین آب پنیر به ترتیب بیش از ۲۲ و ۳۵ درصد پروتئین دارند که این میزان نسبت به پروتئین تخم‌مرغ (حدود ۱۳ درصد) بیشتر است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، ضمن کاهش مصرف روغن و تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک روغنی با افزودن آرد نخود فرنگی و کنسانتره پروتئین آب پنیر، امکان غنی‌سازی محصول نهایی (کیک روغنی کم‌چرب و کم‌کلسترول) و بهره‌مندی از مزایای پروتئین‌های موجود در آرد نخود فرنگی و کنسانتره پروتئین آب پنیر مهیا می‌شود.

بین میزان سفتی بافت نمونه شاهد و نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر، طی ۲ ساعت بعد از پخت اختلاف معنی‌دار نبود. این امر نشان‌می‌دهد جایگزینی ۵۰ درصد از روغن و تخم‌مرغ مصرفی در فرمولاسیون پایه با ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و

افزودن ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر مناسب بوده به گونه‌ای که در بافت محصول به لحاظ سفتی اختلالی ایجاد نشده است. اما مشاهده شده که از میزان سفتی بافت در نمونه حاوی آرد نخود فرنگی و کنسانتره پروتئین آب پنیر، نسبت به نمونه شاهد، در بازه زمانی یک هفته پس از پخت کاسته شده است که می‌رساند ترکیبات گفته‌شده بدون آنکه خللی در بافت محصول به وجود آورند بیاتی را کند می‌کنند. ارزیابان حسی بین نمونه شاهد و بهترین نمونه مرحله اول (نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر) تفاوت معنی‌داری قائل نشدند.

این امر نشان می‌دهد حذف نیمی از روغن و تخم‌مرغ مصرفی در فرمولاسیون کیک روغنی با افزودن ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی به‌جای آرد و ۱۰ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر از دیدگاه ارزیابان حسی موفقیت‌آمیز است.

جدول ۷- مقایسه خصوصیات کمی و کیفی بهترین نمونه کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول با نمونه شاهد

نمونه / ویژگی‌ها	شاهد	بهترین نمونه کم‌چرب و کم‌کلسترول
چربی (درصد)	۱۴/۳۹± ۰/۰۸^{a}	۷/۸۷±۰/۱۱^{b}
پروتئین (درصد)	۸/۶۰± ۰/۰۲^{b}	۱۰/۱۵±۰/۱۰^{a}
سفتی بافت (۲ ساعت پس از پخت)	۶/۱۸± ۰/۴۰^{a}	۶/۳۳±۰/۱۲^{a}
سفتی بافت (یک هفته پس از پخت)	۱۲/۳۵± ۰/۲۷^{a}	۱۰/۹۱±۰/۱۰^{b}
پذیرش‌کلی در آزمون حسی	۴/۸± ۰/۱^{a}	۴/۹±۰/۰^{a}

اعداد دارای حروف مشابه در هر ردیف از نظر آماری در سطح ($P<0.05$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق بررسی امکان تولید کیک کم‌چرب و کم‌کلسترول به منظور قرار دادن آن در سبد غذایی گروه‌های حساس جامعه و کاستن از مخاطراتی است که از مصرف روغن و تخم‌مرغ ایجاد می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد با افزایش میزان آرد نخود فرنگی و افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر و پروتئین ایزوله سویا، رطوبت محصول نهایی افزایش و میزان سفتی بافت کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق گویای آن است که با افزودن آرد نخود فرنگی و منابع پروتئینی، میزان مؤلفه‌های L* و a* پوسته به‌ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. با مقایسه خصوصیات نمونه دارای ۱۵ درصد آرد نخود فرنگی و کنسانتره پروتئین آب پنیر با نمونه شاهد، افزایش میزان پروتئین، کاهش سطح چربی و افزایش میزان امتیاز پذیرش‌کلی در این نمونه نسبت به نمونه شاهد گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، امکان تولید کیک روغنی کم‌چرب و کم‌کلسترول با افزودن آرد نخود فرنگی و کنسانتره پروتئین آب پنیر تأیید می‌شود که دارای خواص کمی و کیفی مطلوب و مورد پذیرش است.

تعارض منافع

نویسندگان در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از اخلاق نشر تبعیت کرده و از موارد سوء اخلاق از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 2000. 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.M. and Huber, C.S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. Cereal Chemistry. 82(3): 328-335.

Alting, A.C., Hamer, R.J., De Kruif, C.G., and Visschers, R.W. 2003. Cold-set globular protein gels: interactions, structure and rheology as a function of protein concentration. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51(10): 3150–3156.

Arrese, E.L., Sorgentini, D.A., Wagner, J.R. and Anon, M.C. 1991. Electrophoretic, solubility and functional properties of commercial soy protein isolates. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 39 (6): 1029–1032.

Bazrafshan, M., Shafafizenoozian, M. and Moghimi, M. 2015. Effect of Soy protein isolate, guar gum and Ocimum basilicum seed powder as replacers of fat on porosity, color and texture of muffin cake. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 4(4): 23-29.

Behmanesh, B. 2018. Investigation on Gluten Free Cup Cake Production by Amaranth (*Amaranthus spp*.) and Mandab Native Gum (Eruca sativa). M. Sc. Thesis. Azad University, Sabzevar branch, Sabzevar, Iran. (in Persian)

Boland, B., Buhr, K., Giannouli, P. and Van Ruth, S.M. 2004. Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavor compounds from model gel systems. Food Chemistry, 86(3): 401–411.

Crockett, R., Ie, P. and Vodovotz, Y. 2011. Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. Food Chemistry. 129(1): 84-91.

Gallager, E., Obrien, C.M., Sacnnell, A.G.M., and Arent, E.K. 2003. Use of respond soya methodology to reduce functional short dough biscuits. Journal of Food Engineering. 56: 269-271.

Gómez, M., Doyagüe, M.J. and DelaHera, E. 2012. Addition of pin-milled pea flour and air-classified fractions in layer and sponge cakes. LWT - Food Science and Technology. 46(1): 142-147.

Haralick, R.M., Shanmugam, K. and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE. 45(6):1995-2005.

Lieke, E., Riemsdijk, V., Atze, J., Goot, V., Rob, J. and Remko, M. 2011. Preparation of gluten-free bread using a meso-structured whey protein particle system. Journal of Cereal Science. 53(3): 355-361.

Marco, C. and Rosell, C.M. 2008. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite. Journal of Food Engineering. 88(1): 94-103.

McCarthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J. and Arendt, E.K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten free bread. Cereal Chemistry. 82(5): 609-615.

Mine, Y. and Zhang, Y. 2013. Egg components in food systems. Biochemistry of Foods. 3: 215-241.

Moor, M.M., Schober, T.J., Dockery, P. and Arendt, E.K. 2004. Textural comparisons of gluten free and wheat based doughs, batters and bread. Cereal Chemistry. 81(5): 567-575.

Power, L., Williams, C., Fermont, J., Gupta, N., Samuel, L. and Navader, K.P. 2007. Effect of Tofu as a fat Replacer on Texture of Shortened Cake. Journal of the American Dietetic Association. 107(8): 74-92.

Purlis, E. and Salvadori, V. 2009. Modelling the browning of bread during baking. Food Research International. 42(7): 865-870.

Ranganayaki, S., Vidhya, R. and Jaganmohan, R. 2012. Isolation and proximate determination of protein using defatted sesame seed oil cake. International Journal of Nutrition and Metabolism. 4(10): 141-145.

Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Morcillo, M.H., Perez, G.T., Beltramo, D.M. and Leon, A.E. 2004. Production of gluten free bread using soybean flour. Journal of Science Food Agriculture. 84(14): 1969-1974.

Rogers, D.E., Zeleznak, K.J., Lai, C.S. and Hoseney, R.C. 1988. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. Cereal Chemistry. 65(5): 398-401.

Roller, S. and Jones, S.A. 1996. Handbook of fat replacers. CRC. Ch.10.

Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C.A. and Caballero, P.A. 2005. Effects of polyols and no digestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. Journal of Food Chemistry. 90(4): 549-55.

Ronda, F., Oliete, B., Gomez, M,. Caballero, P. and Pando, V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. Journal of Food Engineering. 102(3): 272-277.

Sahraiyan, B., Naghipour, F., Karimi, F. and Ghiafeh Davoodi, M. 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. Food Hydrocolloids. 30(2): 698-703.

Sudha, M.L., Srivastava, A.K., Vetrimani, R. and Leelavathi, K. 2007. Fat replacement in soft dough biscuits: It's implications on dough rheology and biscuit quality. Journal of Food Engineering. 80(3): 922-930.

Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.

Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food Hydrocolloids. 22(2): 305-312.

Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2012. Quantitative analysis of macro and micro structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. Food hydrocolloids. 24(8): 755-764.

Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M. and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. Food Hydrocolloids. 29(1): 68-74.

Food Engineering Research/Vol.19/No.68/Spring and Summer 2019/P: 129-136
Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Effect of Soy Protein Isolate and Whey Protein Addition on Quantitative and Qualitative Properties of Composite Low Fat and Low Cholesterol Cake (Wheat-Pea)

S. Mirza Aghabeyg, A. Faraji*, F. Naghipour

* Corresponding Author: Professor, Department of Food Sciences & Technology, Faculty of Advanced Sciences & Technology, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran-Iran. Email: Email: alireza_ch57@yahoo.com
Received: 12 June 2019, Accepted: 24 January 2020
http://doi: 10.22092/fooder.2018.121713.1144

Abstract

Oil and eggs are essential ingredients in the cupcake formulation. But complete removal of oil and eggs is not possible due to their numerous functional properties. The aim of this study was to investigate the possibility of producing cupcake by removing half of the oil and half of the eggs in formulation and replacing wheat flour with pea flour (at 0, 15 and 30%) and addition of whey protein concentrate (WPC) and soy protein isolate (SPI) in amount of 10%. Based on the results, it was found that by increasing the amount of pea flour replacement and adding WPC and SPI in cake formulation, the moisture content of the final product was increased. The findings of this study showed that replacing the amount of pea flour to 15% had no significant effects on specific volume and porosity, while replacing up to 30% reduced the amount of these parameters. Also the results showed that the specific volume and porosity were increased by addition the protein sources to cake formulations. Also the samples containing 15% pea flour and WPC had the lowest firmness. On the other hand, the results indicated that by addition of pea flour and protein sources, L* and a* values of crust color decreased and increased respectively. Finally, the panelists introduced the sample containing 15% of pea flour and 10% WPC as the best sample in the sensory evaluation. Also, by comparing the best sample with the control, it was found that the best sample had the less firmness and oil (45% decreased), and higher protein content (18% increased) and overall acceptance than the control sample.

Keywords: Cupcake, Dietetic cake, High protein, Pea flour, Protein concentrate