مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر آرد لوبیای سویای جوانه‌زده و امواج فراصوت بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک برنجی بدون گلوتن

زهرا زنگنه[۱]، آریو امامی‌فر[۲*]، مصطفی کرمی[۳]

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.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶

کلمات کلیدی:

کیک بدون گلوتن،

سلیاک،

فراصوت،

آرد لوبیای سویای جوانه زده،

آرد برنج.

DOI: 10.22034/FSCT.19.133.211

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.18.3

* مسئول مکاتبات:

a.emamifar@basu.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر جایگزینی نسبت های متفاوت (۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی- وزنی) آرد برنج با آرد سویای جوانه‌زده و جوانه‌نزده و پیش تیمار فراصوت خمیر (۰، ٤ و ٦ دقیقه) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک برنجی بود. تجزیه و تحلیل داده ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. استفاده از آرد سویای جوانه زده در فرمولاسیون کیک‌ها و اعمال پیش تیمار فراصوت بر خمیر آن‌ها، ویژگی‌های فناورانه و حسیکیک‌های تولیدی را به شکل معنی داری بهبود بخشید ($p<۰/۰۵$). نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه زده در مقایسه با آرد سویای جوانه نزده، محتوی رطوبت، پروتئین و فیبر بالاتر و همچنین حجم، تخلخل و نرمی بیشتری داشتند. بیشترین میزان حجم و تخلخل، کمترین میزان سفتی و بیشترین امتیاز حسی بافت و پذیرش‌کلی در نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد آرد سویا جوانه‌زده با ٦ دقیقه پیش تیمار فراصوت، مشاهده گردید. متأسفانه کیفیت رنگ (کاهش مولفه L و افزایش مولفه a) و ویژگی‌های حسی طعم و رنگ این نمونه‌ها، کاهش معنی داری در مقایسه با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد نشان داد ($p<۰/۰۵$). کیک‌های حاوی۱۰ درصد آرد سویا جوانه زده با ٦ دقیقه پیش تیمار فراصوت به دلیل افزایش معنی دار حجم، تخلخل و کاهش سفتی و افزایش امتیاز شاخص‌های حسی در مقایسه با سایر نمونه‌ها به عنوان بهترین نمونه انتخاب شدند($p<۰/۰۵$). این نتایج راه را برای استفاده از فناوری‌های ترکیبی شامل تیمار جوانه‌زنی و پیش تیمار فراصوت برای بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک‌های تولید شده با مخلوط آردهای بدون گلوتن هموار خواهد ساخت.

۱- مقدمه

امروزه تقاضا برای مصرف محصولات بدون گلوتن از سوی بیماران سلیاکی، افراد حساس به مصرف گلوتن و یا افراد آگاه به سلامت خود، به صورت چشمگیری افزایش یافته است. بیماری سلیاک با شیوع و گستردگی یک درصد در جهان، نوعی اختلال سیستمی خود ایمن و بیماری التهابی دستگاه گوارش است که به واسطه تماس گلوتن با سلول‌های روده کوچک با علایمی نظیر اسهال، عدم رشد، خستگی و کم خونی بروز می‌کند[۱].بر اساس تعریف سازمان غذا و داروی آمریکا حداکثر مجاز گلوتن در غذا های بدون گلوتن تا(ppm) ۲۰ اعلام شده است. اتحادیه اروپا نیز غذاهای حاوی مقادیر کم گلوتن وحداکثر تا (ppm) ۱۰۰را به نام غذاهای کم گلوتن و غذاهای حاوی حداکثر تا (ppm) ۲۰ گلوتن رابدون گلوتن نامگذاری نموده است[۲]. کیک پس از نان بهعنوان میان وعده غذایی،پر مصرف ترین محصول فرآورده‌های غلاتی در جوامع مختلف و به ویژه در میان نوجوانان و جوانان است. آرد گندم، اصلی ترین ماده در فرمولاسیون انواع کیک ها است که به واسطه دارا بودن پروتئین گلوتن و در نتیجه با تشکیل شبکه گلوتنی استحکام وپیکربندی محصول و ایجاد بافت و قوام مناسب خمیرمحصول تولیدی را بهبود می بخشد[۳]. آردهای برنج، ذرت، و سیب زمینی از جمله جایگزین‌های مناسب آرد گندم در تولید محصولات نانوایی بدون گلوتن هستند که معمولا در ترکیب با هم نیز مورد استفاده قرار می گیرند[٤]. الگتی و همکاران (۲۰۱٤) با ترکیب آرد کینوا و آرد برنج نان بدون گلوتنی با بافت نرم، حجم مطلوب و تخلخل یکنواخت تولید کردند [٥]. کاهش ارزش تغذیه‌ای و افت کیفیت محصول نهایی، همواره دو چالش بحث برانگیز در تولید و معرفی محصولات بدون گلوتن است. صاحبان صنعت غذا نیز کاهش ماندگاری و افت دلپذیری مصرف غذاهای بدون گلوتن را به عنوان موانع تولید صنعتی در این محصولات بیان می کنند[٦]. استفاده از آرد لوبیای سویا (*Glycine max* (L.) Merr) در فرمولاسیون فراورده های نانوایی بدون گلوتن نظیر کیک، کلوچه و یا نان با هدف افزایش محتوی پروتئینی و به دلیل نداشتن گلوتن، گزینه مناسبی است[۷]. لوبیای سویا در صنایع غذایی با دو هدف افزایش ارزش تغذیه ای و کیفیت فناوری (امولسیون کنندگی، کف‌زایی، تغلیظ‌کنندگی و جذب رطوبت) فرمولاسیون‌های مواد غذایی استفاده می شود[۸]. دینگرا و جود (۲۰۰۱) با جایگزینی آرد گندم با ۱۰ درصد آرد سویا، تغییر معنی داری در ویژگی های حسی محصول نهایی گزارش نکردند [۹]. عوامل ضد تغذیه‌های نظیر بازدارنده تریپسین و اسید فیتیک از جمله عوامل نگران کننده در استفاده از آرد سویا در فرمولاسیون‌های غذایی است[۱۰]. طی فرآیند جوانه‌زنی میزان ویتامین‌ها، فیبرها و املاح لوبیای سویا افزایش و فعالیت آنزیم‌های بازدارنده تریپسین و فیتاز در آن کاهش می‌یابد. همچنین در لوبیای سویای جوانه زده میزان جذب آب افزایش و عطر و طعم لوبیایی کاهش می‌یابد [۷]. سپاهی و همکاران (۲۰۱۹) ارزش تغذیه‌ای بیسکوئیت بدون گلوتن را با افزودن آرد سویای جوانه زنده به عنوان منبع غنی از فیبر و پروتئین، بدون افت ویژگی‌های حسی افزایش دادند[۱۱]. خمیر کیک نوعی امولسیون است که طی مخلوط کردن اجزاء فرمول و با ورود هوا در آن تشکیل می گردد. توزیع مناسب هوا در بافت خمیر کیک در افزایش حجم مناسب و مشتری پسندی مطلوب آن نقش موثری دارد. استفاده از فناوری فراصوت به عنوان یک روش فیزیکیدر تولید انواع کیک‌ها، علاوه بر کاهش مصرف ترکیبات شیمیایی نظیر امولسیفایرها با ایجاد پدیده حفرگی، بافت خمیر را بهبود می بخشد[۱۲]. اولسویچ و همکاران (۲۰۲۰) با صوت‌دهی خمیر طی مراحل آماده‌سازی ویژگی‌های جریان پذیری، یکنواختی و حجم آن را افزایش دادند [۱۳]. حذف آرد گندم در فرمولاسیون کیک‌های بدون گلوتن با کاهش کیفیت خمیر و در نهایت افت کیفیت محصول نهایی، مشتری پسندیمحصول را نیز کاهش می دهد. لذا در این پژوهش به بررسی استفاده از آرد سویای جوانه‌زده و امواج فراصوت در بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد برنج سفید (شرکت گلستان)، شکر (شرکت گلستان)، روغن مایع آفتابگردان (شرکت لادن)، شیر پاستوریزه (شرکت پگاه همدان) تخم مرغ (شرکت سها همدان) و بیکینگ پودر و وانیل

(شرکت گلها) مورد استفاده در فرمولاسیون کیک های بدون گلوتن از فروشگاه معتبر در سطح شهر تهیه گردید. لوبیای تازه برداشت شده و خشک شده سویا (رقم سحر) از یک فروشگاه عرضه کننده غلات و حبوبات خوراکی به صورت فله‌ای تهیه گردید. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده سازی آرد سویا و آرد سویای جوانه‌زده

لوبیاهای سویا (یک کیلوگرم) ابتدا با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس با هدف ممانعت از رشد کپک در محلول حاوی هیپوکلریت سدیم ۰/۷ درصد(حجمی-حجمی) با نسبت دو برابر وزن لوبیا های سویا به مدت ۱۰ دقیقه غوطه ور و سه بار با آب مقطر استریل آبکشی شدند. نیمی از لوبیاها (۵۰۰ گرم) در هوای آزاد خشک شد و پس از آسیاب شدن از الک با مش ۱۰۰ با هدف به دست آوردن آرد سویا با ذرات یکنواخت عبور داده شدند. نیم دیگر لوبیاها (۵۰۰ گرم) در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) به مدت ٦ ساعت در آب مقطر استریل خیسانده و سپس به سینی های استیل منتقل و با پارچه نخی برای انتقال مطلوب اکسیژن پوشانده شدند. پس از سه روز دانه‌های جوانه‌زده در آون الکتریکی (پارسین تب، ایران)با دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن رطوبت به ۱۰ درصد (بر مبنای وزن تر) کاملا خشک شد و پس از آسیاب شدن (مدل چیلی، پارس خزر، ایران) از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شدند[١٤].

۲-۲-۲- ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی آرد برنج، آرد سویای جوانه‌زده و آرد سویای جوانه‌نزده

ویژگی های شیمیایی (درصد رطوبت، خاکستر، پروتئین، فیبر کل و چربی) آرد برنج بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۱۳٦ [۱۵] و آرد سویای جوانه‌نزده و جوانه‌زده بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۵۷ [١٦]، ارزیابی و تعیین گردید.

۲-۲-۳- تهیه خمیر و تولید کیک

کیک برنجی بدون گلوتن (نمونه شاهد) بر پایه ۱۰۰ گرم آرد برنج با استفاده از آرد برنج (۱۰۰ گرم)، شکر (٦۵ گرم)، تخم مرغ (٦۵ گرم)، شیر (۵۰ گرم)، بیکینگ پودر (۱/۵ گرم) و وانیل (۱ گرم) تهیه گردید. مواد مورد استفاده در تهیه کیک طی سه مرحله سه دقیقه‌ای، مخلوط و آماده سازی شد. در مرحله اول شکر، تخم مرغ و وانیل مخلوط شده، در مرحله دوم سایر مواد مایع و نیمه مایع فرمول از جمله آب و روغن اضافه و مخلوط شد. در مرحله آخر مواد جامد فرمول شامل انواع آردها اضافه و مخلوط شد. بعد از آماده‌سازی، خمیر درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالبها قرار گرفته بودند، ریخته شد. پخت خمیر در فر آزمایشگاهی (آلتون، ایران) در دمای۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۰ دقیقه انجام شد. پس از سرد شدن در دمای محیط ارزیابی‌های لازم بر روی کیک‌های تولیدی انجام شد[۱۷]. نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌نزده و آرد سویای جوانه‌زده به ترتیب با نسبت ۱۰ و ۲۰ درصد جایگزینی با آرد برنج (به نسبت وزنی- وزنی) در مقایسه با نمونه شاهد تولید و ارزیابی گردیدند.پیش تیمار فراصوت با توان اسمی ۷۵۰ وات و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز با فروبردن پروب فراصوت از جنس تیتانیوم (JY92-IIDN, Co. Ltd., Ningbo, China) با قطر ۱۳/۵ میلیمتر که تا عمق ۲ سانتی‌متری در خمیر نفوذ کرد، در زمان های صفر، ٤ و ٦ دقیقه بر فرمولاسیون خمیرهای تولیدی اعمال گردید.

۲-۲-٤- 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 سانتی‌گرادو در سه تکرار اندازه‌گیری شد [۱۸].

۲-۲-۵- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی کیک

پس از ۲ ساعت از پخت کیک‌ها، رطوبت آن‌ها با استفاده از روش خشک کردن در آون الکتریکی(پارسین تب، ایران) در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد و پس از ثابت شدن وزن نمونه‌ها 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) و حجم آن‌ها با استفاده از روش جابه‌جایی دانه‌های کلزا (AACC 3210)، اندازه‌گیری شد [۱۹].

۲-۲-٦- 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 نمونه ها تهیه گردید و سپس با کمک اسکنر مدل (HP) با وضوح ۳۰۰ پیکسل از نمونه‌ها تصویربرداری شد. تصاویر توسط نرم افزار (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 به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها، محاسبه گردید[۲۰]. با فعال کردن فضای رنگی در بخش (Plugins)، فضای (LAB) فعال و شاخصه‌های رنگی (L)، (a) و (b) تعیین گردید[۲۱].

۲-۲-۷- سفتی بافت کیک

سفتیبافت کیک با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل ستام (Universal Test Machin, STM50, Iran) ارزیابی گردید. به این ترتیب که ۲ساعت پس از پخت، نمونه ها توسط یک چاقوی بسیار تیزبه شکل قطعات مکعب مستطیل با ابعاد ۲ در ۲/۵ در ۲/۵ سانتی‌متر برش داده شدند و سپس توسط یک پروب دایره ای شکل به قطر۱۰ سانتی‌متر و با سرعت۵۰ میلیمتر بر دقیقه به میزان ٤٠ درصد فشرده شده و نیروی لازم برای فشردن نمونه ها به عنوان میزان سفتی بر حسب نیوتن گزارش گردید[۲۰].

۲-۲-۸- آزمون حسی

نمونه ها ۲ ساعت پس ازتولید برش داده شدند و پس از کدگذاری 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 نقطه ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این ارزیابی عدد ۵ خیلی خوب، عدد ٤ خوب، عدد ۳ متوسط،عدد ۲ ضعیف و عدد ۱ بسیار ضعیف را نشان داد [۱۷].

۲-۳- روش تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق بر اساس روش فاکتوریل و بر اساس طرح آماری کاملا تصادفی با دو عامل نسبت جایگزینی آرد سویا با آرد برنج به صورت وزنی- وزنی بر پایه آرد برنج (در پنج سطح صفردرصد (شاهد)، ۱۰ درصد آرد جوانه‌زده سویا (GSF۱۰٪)، ۱۰ درصد آرد جوانه‌نزده سویا (NGSF۱۰ ٪)، ۲۰ درصد آرد جوانه‌زده سویا (GSF ۲۰ ٪) و ۲۰ درصد آرد جوانه‌نزده سویا (NGSF ۲۰ ٪)، طول زمان فراصوت (در سه سطح صفر، ٤ و ٦ دقیقه) و در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار آماری (SPSS) ومقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آردهای مورد استفاده

نتایج جدول ۱ نشان داد که آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با آرد سویای جوانه‌نزده، میزان رطوبت، پروتئین، فیبر بیشتر و میزان چربی کمتری داشت. میشرا (۲۰۱٦) کاهش میزان چربی (از ۲۱ تا ۱۵/۲ درصد)، افزایش مقادیر پروتئین (از ۳۷/۲ تا ٤۲ درصد) و فیبر (از ۵/٤ تا ۱۰/۲ درصد) را طی جوانه‌زنی دانه سویا گزارش کردند که با نتایج جدول ۱ مطابقت داشت [۱٤]. چوهان و همکاران (۲۰۱۵) کاهش میزان چربی (از ٦/٦۸ تا ٤/۷ درصد)، افزایش مقادیر پروتئین (از ۱۵/۰۵ تا ۱٦/۵ درصد) و فیبر (از ۹/۵۲ تا ۱۲/۹ درصد) را طی جوانه زنی دانه آمارانت گزارش کردند[۲۲]. به طور کلی تغییر ترکیبات شیمیایی دانه‌ها پس از جوانه زنی ارتباط مستقیمی با نوع و شرایط جوانه زنی آن‌ها دارد. افزایش و کاهش میزان پروتئین و چربی دانه‌ها طی فرایند جوانه‌زنی به ترتیب با افزایش فعالیت آنزیم‌های تولید کننده اسیدهای آمینه و آنزیم‌های هیدولیزکننده چربی و همچنین مصرف چربی دانه جهت تولید انرژی جوانه‌زنی مرتبط است[۱٤]. کربوهیدرات ها نیز طی جوانه‌زنی به دلیل شکسته شدن به قند های ساده تر در اثر فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز کاهش محسوسی دارند[۲۳]. کاهش مقدار (pH) در آرد سویای جوانه زده را می توان به پدیده مذکور نسبت داد.

Table 1 Physicochemical properties of rice flour, non-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF)

Physicochemical properties (%)	Rice flour	non-Germinated Soybean flour (NGSF)	Germinated Soybean Flour (GSF)
Moisture	9.25 ± 0.11	6.85 ± 0.32	8.69 ± 0.51
Ash	0.81 ± 0.14	0.42 ± 0.09	0.47 ± 0.07
Fiber	1.22 ± 0.10	2.79 ± 0.22	7.22 ± 0.48
Protein	8.11 ± 0.21	30.11 ± 1.1	32.12 ± 1.6
Fat	1.85 ± 0.13	24.34 ±1.10	19.12 ± 1.09
pH	6.49 ± 0.43	6.72 ± 0.11	6.66 ± 0.79

۲-۳- ویسکوزیته خمیر

تغییرات ویسکوزیته خمیر کیک برنجی بدون گلوتن با جایگزینی آرد برنج با مقادیر متفاوت آرد سویای جوانه‌زده و جوانه‌نزده و همچنین پیش تیمار فراصوت بر آن در شکل ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که با جایگزینی آرد سویای جوانه‌زده و جوانه‌نزده و همچنین افزایش زمان صوت‌دهی، ویسکوزیته خمیر نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت($p<۰/۰۵$). ویسکوزیته خمیر حاوی آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با آرد سویای جوانه‌نزده سویا کاهش معنی‌داری داشت. در مقایسه با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد، بیشترین ویسکوزیته در خمیر نمونه‌های حاوی۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌نزده و٦ دقیقه پیش تیمار فراصوت، اندازه‌گیری شد($p<۰/۰۵$). افزودن آرد سویای جوانه‌زده و نزده، به دلیل داشتن پروتئین‌های حاوی گروه‌های دی سولفیدی پروتئین، استحکام و ویسکوزیته خمیر نمونه‌ها را به شکل معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش داد [۲۳]. کاهش ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده نسبت به جوانه‌نزده (شکل ۱) را می‌توان به آسیب نشاسته و پروتئین در آرد سویای جوانه‌زده مرتبط دانست[۲۲]. نتایج مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری در ویسکوزیته نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌زده و نزده نشان نداد. افزایش زمان صوت دهی تا ٦ دقیقه در ویسکوزیته نمونه های حاوی آرد سویا و آرد سویای جوانه زدهافزایش معنی‌داری ایجاد کرد. این موضوع را می‌توان به افزایش عملکرد پروتئین نمونه‌های فوق مرتبط دانست که سبب ایجاد بافت مستحکم تر نسبت به نمونه شاهد شدند. نظری و همکارن (۲۰۱۸) گزارش نمودند میزان حلایت، قدرت امولسیون کنندگی و کف کنندگی کنسانتره پروتئینی دانه ارزن با افزایش زمان فراصوت تا ۱۲/۵ دقیقه افزایش معنی داری داشت که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۲٤].

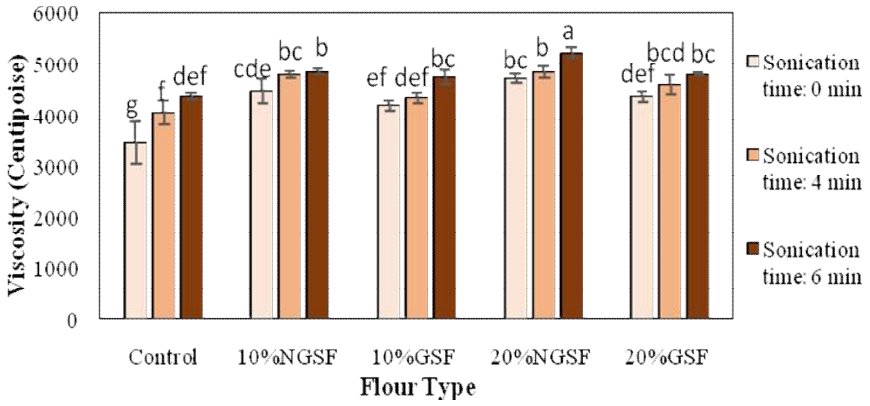

Fig 1 Effect of rice flour (Control) replacement withnon-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF) on viscosity of gluten free cake batter. Different letters are significantly different (P<0.05).

امواج فراصوت در شدت کم و یا زمان کوتاه تاثیر اندکی بر کیفیت پروتئین‌ها دارند. یکی از عوامل موثر در افزایش ویسکوزیته خمیر محصولات نانوایی طی فرایند فراصوت، دناتوره شدن و یا شکسته شدن پیوندهای آبدوست و آبگریز

پروتئین‌ها تحت اثر امواج فراصوت و در نتیجه آن افزایش کف کنندگی، جذب آب و در نهایت ویسکوزیته خمیر می باشد[۲۵]. مقصودلو و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که اعمال فراصوت با تخریب ساختار گرانول‌ها و کاهش پیوندهای درونی نشاسته، حلالیت آنها را افزایش داده و با کمک پدیده کاویتاسیون سبب هوادهی بهتردر بافت خمیر می‌گردد کهدر افزایش ویسکوزیته خمیر نقش دارند [۲۶].

۳-۳- ویژگی‌های کیفی کیک برنجی بدون گلوتن

۳-۳-۱- رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و فیبر

مقایسه میانگین‌های رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و فیبر نمونه‌ها (جدول ۲) نشان داد که با جایگزینی آرد برنج با آرد سویا (جوانه‌زده و یا جوانه‌نزده) مقدار رطوبت، پروتئین و فیبر محصولنهاییدر مقایسه با نمونه شاهد افزایش معنی‌داری یافت ولی مقدار خاکستر تغییر معنی‌دارینداشت($p<۰/۰۵$). اعمال فراصوت وافزایش زمان آن،میزان رطوبت تمامی تیمارها و شاهد را افزایش داد اما بر مقدار پروتئین، چربی و فیبر آن ها تاثیر معنی‌داری نداشت ($p<۰/۰۵$). کمترین مقدار رطوبت درنمونه کیک شاهد بدون صوت‌دهی (۱۸/۰۷ درصد) و بیشترین آن در نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌زده (۲۱/۵۵ درصد) با ٦ دقیقه پیش تیمار فراصوتبر خمیر مشاهده گردید. نتایج جدول ۲ نشان دهنده افزایش معنی‌دار پروتئین و فیبر و کاهش چربی در نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با جوانه‌نزده بود ($p<۰/۰۵$). این افزایش را می توان به افزایش پروتئین و فیبر و کاهش چربی در آرد سویای جوانه‌زده مرتبط دانست که با نتایج چوهان و همکاران (۲۰۱۵) منطبق بود[۲۲]. بر اساس گزارش روزالز جورالز و همکاران (۲۰۰۹) افزایش محتوی پروتئین و کاهش چربی در نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده را می توان به افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز لوبیای سویا طی جوانه‌زنی نسبت داد [۲۷]. افزایش رطوبت نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده به افزایش میزان پروتئین و فیبر ناشی از افزودن آن به محصول مرتبط است. افزودن آرد سویای جوانه‌زده به فرمولاسیون کیک به دلیل افزایش ماهیت آبدوستی پروتئین‌ها، رطوبت محصول نهایی حاوی این نوع آرد را در مقایسه با محصول حاوی آرد سویای جوانه‌نزده افزایش داد. محمدزاده میلانی و همکاران (۲۰۱۸) اعلام کردند که با ۱۰ درصد جایگزینی آرد گندم با آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با آرد سویای جوانه‌نزده در فرمولاسیون خمیر نان بربری، میزان رطوبت محصول تا ۷ درصد افزایش یافت که با نتایج جدول ۲ منطبق بود[۲۸].

Table 2 Effect of rice flour (Control) replacement withnon-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF) on physicochemical properties of gluten free cake.

Treatment	Sonication time (min)	(Moisture %)	(Ash %)	(Protein %)	(Fat %)	(Fiber %)
Control	0	$18.07^{f}\pm0.12$	$0.94^{cd}\pm0.02$	$7.99^{e}\pm0.01$	$14.30^{d}\pm0.45$	$0.43^{c}\pm0.01$
	4	$18.77^{e}\pm0.21$	$0.94^{cd}\pm0.01$	$8.04^{e}\pm0.05$	$14.27^{d}\pm0.16$	$0.43^{c}\pm0.09$
	6	$18.98^{e}\pm0.13$	$0.94^{cd}\pm0.03$	$8.03^{e}\pm0.03$	$14.36^{d}\pm0.36$	$0.44^{c}\pm0.03$
10% NGSF	0	$18.95^{de}\pm0.25$	$0.95^{bcd}\pm0.02$	$9.09^{d}\pm0.07$	$15.08^{c}\pm0.20$	$0.52^{b}\pm0.02$
	4	$19.09^{cd}\pm0.22$	$0.96^{abcd}\pm0.01$	$9.06^{d}\pm0.04$	$15.09^{c}\pm0.20$	$0.52^{b}\pm0.02$
	6	$19.51^{ab}\pm0.12$	$0.94^{cd}\pm0.01$	$9.07^{d}\pm0.05$	$15.11^{c}\pm0.26$	$0.54^{b}\pm0.03$
10 % GSF	0	$19.35^{bc}\pm0.07$	$0.95^{bcd}\pm0.02$	$9.35^{c}\pm0.05$	$14.84^{c}\pm0.47$	$0.54^{b}\pm0.05$
	4	$19.42^{b}\pm0.09$	$0.95^{bcd}\pm0.02$	$9.36^{c}\pm0.03$	$14.85^{c}\pm0.26$	$0.54^{b}\pm0.03$
	6	$19.65^{ab}\pm0.20$	$0.94^{cd}\pm0.01$	$9.38^{c}\pm0.05$	$14.87^{c}\pm0.32$	$0.55^{b}\pm0.01$
20% NGSF	0	$19.38^{bc}\pm0.08$	$0.97^{abc}\pm0.01$	$10.12^{b}\pm0.02$	$15.72^{a}\pm0.31$	$0.72^{a}\pm0.04$
	4	$19.51^{ab}\pm0.12$	$0.97^{abc}\pm0.02$	$10.13^{b}\pm0.1$	$15.73^{a}\pm0.26$	$0.73^{a}\pm0.02$
	6	$19.59^{ab}\pm0.23$	$0.97^{abc}\pm0.01$	$10.10^{b}\pm0.05$	$15.77^{a}\pm0.83$	$0.74^{a}\pm0.01$
20% GSF	0	$19.58^{ab}\pm0.12$	$0.96^{abc}\pm0.01$	$10.48^{a}\pm0.03$	$15.40^{b}\pm0.33$	$0.75^{a}\pm0.02$
	4	$19.67^{ab}\pm0.14$	$0.96^{abcd}\pm0.02$	$10.51^{a}\pm0.03$	$15.43^{b}\pm0.41$	$0.74^{a}\pm0.04$
	6	$19.77^{a}\pm0.28$	$0.97^{abc}\pm0.03$	$10.55^{a}\pm0.06$	$15.42^{b}\pm0.55$	$0.75^{a}\pm0.05$

Different letters are significantly different (P<0.05).

۳-۳-۲- حجم

نتایج شکل ۲ نشان داد که با افزودن آرد سویا به شکل معمولی و یا جوانه‌زده تا ۲۰ درصد وزن آرد برنج به فرمولاسیون کیک‌ها، حجم آن‌ها روند افزایش معنی‌داری داشت($p<۰/۰۵$). بیشترین

حجم در نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد آرد سویای معمولی (۳۰/۰۶ سانتی متر مکعب) و جوانه‌زده (۳۰/٤٤ سانتی متر مکعب) در مقایسه با نمونه شاهد (۳۰/۱ سانتی متر مکعب) اندازه گیری شد.پروتئین بیشتر و نشاسته کمتر آرد سویا به ترتیب با افزایش استحکام خمیر و ممانعت از افزایش دمای ژلاتینه شده نشاسته طی پخت، در افزایش حجم کیک موثر است[۲۹]. به طور کلی هرچه میزان پروتئین خمیر بیشتر باشد، نشاسته طی پخت دیرتر ژلاتینه می‌شود که در افزایش حجم کیک تولیدی موثر خواهد بود [۳۰]. نقی پور و همکارن (۲۰۱۷) بیان داشتند که افزایش مقاومت دیواره حباب‌های هوای تشکیل شده در خمیر و حفظ آن‌ها طی فرایند پخت با افزایش محتویات پروتئینی فرمول کیک بدون گلوتن مرتبط است [۳۱]. افزایش حجم نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده را می‌توان به کاهش میزان چربی در آرد سویای جوانه‌زده که منجر به افزایش کف‌زایی و حفظ سلول‌های حباب هوا در خمیر می شود، مرتبط دانست[۳۲].پیش تیمار فراصوت بر خمیر به شکل معنی‌داری حجم نهایی تمامی نمونه‌ها را افزایش داد.اولاسویچ و همکارن (۲۰۲۰) گزارش کردند که پیش تیمار فراصوت خمیر با فرکانس ۳۵ کیلوهرتز و در زمان حداقل ۱۰ دقیقه، حجم محصولات نانوایی بدون گلوتن راباافزایش ویژگی ویسکوالاستیک و شکل‌پذیری خمیر حاصله، تا ۲ برابر افزایش داد [۳۳].

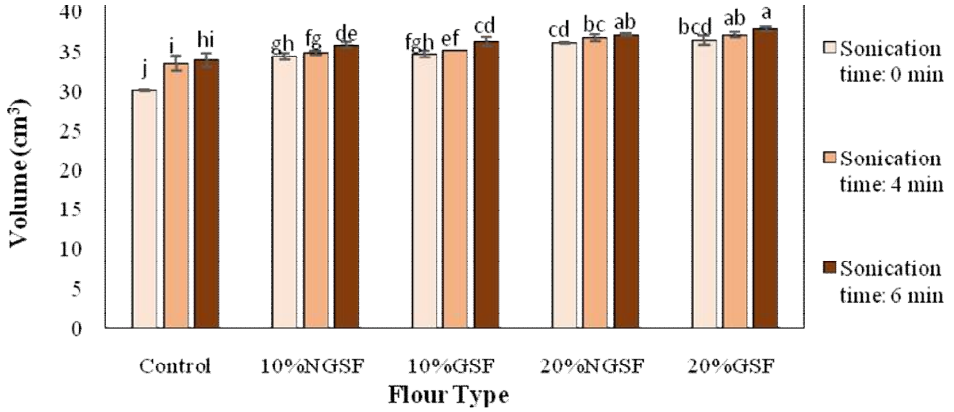

Fig 2 Effect of rice flour (Control) replacement withnon-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF) on volume of gluten free cake. Different letters are significantly different (P<0.05).

۳-۳-۳- تخلخل

نتایج شکل ۳ نشان داد که افزودن آرد سویای معمولی و جوانه‌زده، درصد تخلخل کیک‌های تولیدی را به شکل معنی‌داری افزایش داد($p<۰/۰۵$). بیشترین تخلخل در نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌زده (۲۳/۷ درصد) در مقایسه با نمونه شاهد (۱۹/۲ درصد) مشاهد شد. افزودن آرد سویا در حالت جوانه‌زده و یا معمولی به خمیر فراورده‌های نانوایی، ظرفیت جذب آب خمیر را افزایش می‌دهد و با ایجاد ساختار یکنواخت در بافت خمیر، توزیع متناسب حباب هوا در آن را بهبود می‌بخشد [۲۸]. افزایش تخلخل کیک‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با آرد سویای معمولی را می‌توان به افزایش محتوی پروتئین و کاهش چربی آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با آرد سویای معمولی مرتبط دانست که با افزایش کف‌زایی خمیر و تشکیل لایه پروتئینی مقاوم در سطح مشترک سلول های هوا سبب حفظ حباب هوا در آن می گردد. این نتیجه با نتایج پی کارلی و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت داشت [۳۲]. مطابق شکل ۳ پیش تیمار فراصوت خمیر تا ٦ دقیقه به صورت معنی‌داری تخلخل کیک‌های تولیدی را افزایش داد($p<۰/۰۵$). تان و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتنداز امواج فراصوت برای عملیات مخلوط کردن در کیک اسفنجی در زمان ۳ ، ٦ و ۹ دقیقه استفاده کردند، آنها به این نتیجه رسیدند که استفاده از این امواج در زمان ٦ دقیقه ضمن تسریع اکسیداسیون، سبب افزایش هوادهی خمیر و در نهایت افزایش تخلخل محصول می گردد [۳٤]. شاهسون تبریزی و همکاران (۲۰۱٤) استفاده از امواج فراصوت تا ۵ دقیقه را به عنوان یک کمک فرایند در افزایش تعداد حباب‌های هوا و پوکی بافت محصولات نانوایی گزارش کردند[۳۵].

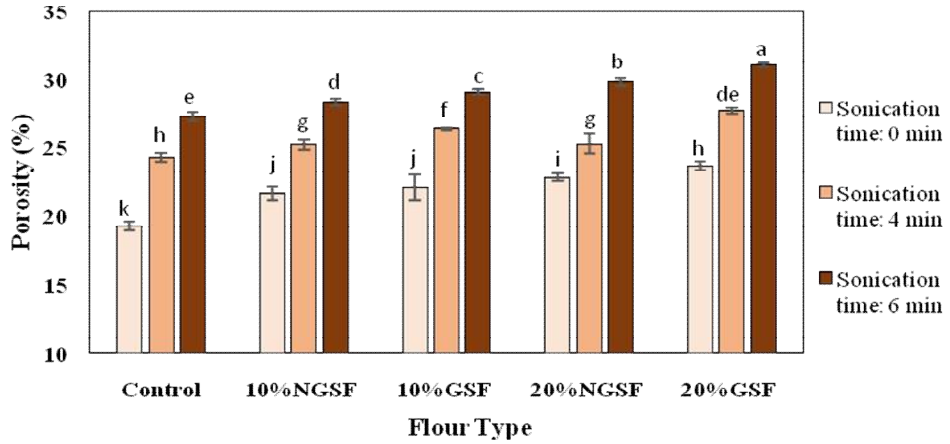

Fig 3 Effect of rice flour (Control) replacement withnon-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF) on porosity of gluten free cake. Different letters are significantly different (P<0.05).

۳-۳-٤- سفتی بافت

بر طبق شکل ٤ جایگزینی آرد برنج با آرد سویای معمولی و جوانه‌زده تا ۲۰ درصد سفتی کیک تولیدی در مقایسه با شاهد را به شکل معنی‌داری کاهش داد (p<۰/۰۵). سفتی نمونه‌های حاوی ۱۰درصدآرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با ۱۰ درصد آرد سویای جوانه‌نزده کاهش معنی‌داری داشت. سفتی بافت نمونه‌های حاوی۲۰ درصد آرد سویای جوانه‌زده و جوانه‌نزده تفاوت آماری معنی‌داری نشان نداد (p<۰/۰۵). کاهش سفتی نمونه‌های حاوی آرد سویای جوانه‌زده را می‌توان به تغییر و از هم پاشیدگی ساختار نشاسته و پروتئین در آرد سویای جوانه‌زده مرتبط دانست. چواهان و همکارن (۲۰۱۵) گزارش دادند که بیسکویت‌های حاوی آرد آمارانت جوانه‌زده را در مقایسه با آرد آمارانت معمولی بافت نرمتری داشتند[۲۲].

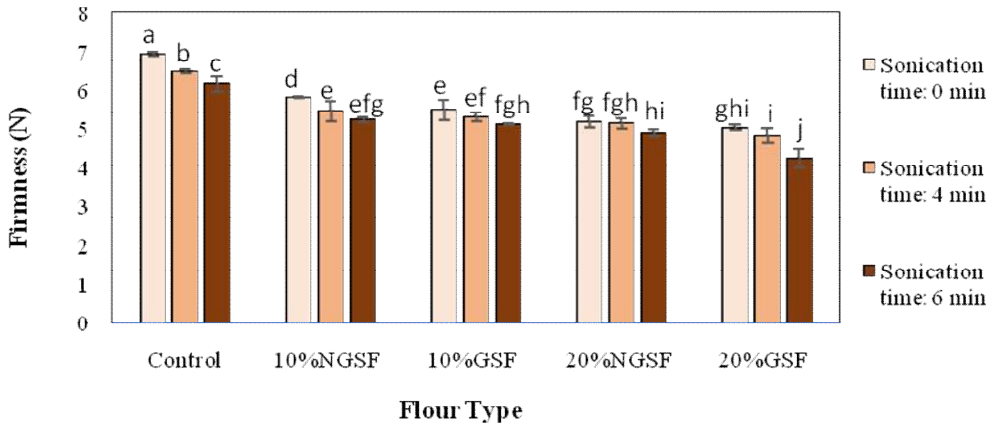

Fig 4 Effect of rice flour (Control) replacement withnon-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF) on Firmness of gluten free cake. Different letters are significantly different (P<0.05).

افزودن آرد سویا در فرمولاسیون نمونه‌ها، به دلیل تاثیر مثبت پروتئین سویا در تشکیل شبکه پروتئینی مشابه گلوتن در حفظ و نگهداری حباب هوا و لذا نرمی بافت تاثیر معنی‌داری داشت. یافته‌های طالبی و قیافه داوودی (۲۰۱۷) که نشان دادند افزودن ایزوله پروتئین سویا تا ۱۰ درصد بر خمیر کیک بدون گلوتن سبب افزایش حجم محصول نهایی نمونه‌های کیک اسفنجی شد ولی با افزایش درصد ایزوله پروتئین سویا تا ۲۰ درصد کاهش معنی‌داری در حجم نمونه‌ها مشاهده شد[۳٦]. شیرینی و همکاران

(۲۰۱۰) نشان دادند که جایگزینی ۲۰ درصد آرد ذرت با آرد سویادر فرمولاسیون نان بدون گلوتن ضمن افزایش مقدار پروتئین، کاهش سفتی و افزایش حجم محصول را به همراه داشت[۳۷]. مطابق با شکل ٤ پیش تیمار فراصوت تا ٦ دقیقه بر خمیر به صورت معنی‌داری سفتی بافت کیک‌های تولیدی را کاهش داد ($p<۰/۰۵$). افزایش میزان جایگزینی آرد سویا میزان اثرگذاری امواج فراصوت را بر بافت خمیر کاهش داد. تان و همکاران (۲۰۱۱)گزارش کردند که بکارگیری ٦ دقیقه فراصوت بر خمیر،نرمی محصول را به دنبال داشت[۳٤]. اعمال پیش تیمار فراصوت بر خمیر با افزایش کمی و کیفی و توزیع یکنواخت حفرات هوا در بافت آن، نرمی محصول را افزایش دادکه با نتایج طالبی و قیافه داوودی (۲۰۱۷) منطبق بود[۳٦].

۳-۳-۵- ویژگی رنگ

میانگین مقادیر مولفه‌های رنگی در نمونه‌های مختلف در مقایسه با شاهد در جدول ۳ نشان داده شده است. افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با مقادیر متفاوت آرد سویای جوانه‌زده تا ۲۰ درصد، سبب تیرگی رنگ محصول نهایی و کاهش مقدار مولفه (L) تا ٤۷/٥٤ در مقایسه با شاهد (۷۱) گردید ($p<۰/۰۵$).

Table3 Effect of rice flour (Control) replacement withnon-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF) on color properties of gluten free cake.

Treatment	Sonication time (min)	(L)	(a)	(b)
Control	0	$71.00^{c} \pm 1.00$	$8.50^{d} \pm 0.50$	$32.00^{a} \pm 0.1$
	4	$77.00^{b} \pm 1.00$	$6.15^{g} \pm 0.35$	$32.05^{a} \pm 0.15$
	6	$80.50^{a} \pm 0.52$	$5.10^{j} \pm 0.10$	$32.26^{a} \pm 0.4$
10% NGSF	0	$60.50^{f} \pm 0.50$	$9.25^{c} \pm 0.25$	$32.00^{a} \pm 0.05$
	4	$63.00^{e} \pm 1.00$	$6.15^{g} \pm 0.05$	$32.09^{a} \pm 0.10$
	6	$66.50^{d} \pm 0.50$	$5.00^{j} \pm 0.2$	$32.55^{a} \pm 0.55$
10 % GSF	0	$55.00^{h} \pm 1.00$	$10.10^{b} \pm 0.10$	$31.80^{a} \pm 0.25$
	4	$58.50^{g} \pm 0.50$	$6.50^{g} \pm 0.30$	$32.61^{a} \pm 0.40$
	6	$62.50^{e} \pm 0.50$	$5.70^{i} \pm 0.23$	$32.15^{a} \pm 0.90$
20% NGSF	0	$52.50^{i} \pm 0.56$	$10.10^{b} \pm 0.10$	$32.50^{a} \pm 0.50$
	4	$55.35^{h} \pm 0.62$	$7.35^{f} \pm 0.15$	$32.38^{a} \pm 0.40$
	6	$61.00^{f} \pm 0.22$	$5.25^{j} \pm 0.05$	$32.09^{a} \pm 1.00$
20% GSF	0	$47.54^{k} \pm 0.56$	$11.75^{a} \pm 0.26$	$32.51^{a} \pm 0.50$
	4	$51.35^{j} \pm 0.12$	$7.75^{e} \pm 0.22$	$32.45^{a} \pm 1.05$
	6	$56.10^{h} \pm 1.02$	$6.05^{h \pm} 0.05$	$32.76^{a} \pm 1.03$

Different letters are significantly different (P<0.05).

افزایش تیرگی و در نتیجه کاهش مقدار مولفه (L) تا ٤٦/۷٥ در محصولات نانوایی حاوی آرد سویا تا میزان ۱٥ درصد در گزارش‌های تقدیر و همکاران (۲۰۱۷) نیز آمده است[۳۸]. افزایش میزان پروتئین در فرمولاسیون های حاوی آرد سویا در نتیجه تشدید واکنش میلارد طی پخت کیک دلیل اصلی تیره‌تر شدن رنگ آن‌ها است[۳۸]. تشدید واکنش میلارد در آرد سویای جوانه‌زده به دلیل فعالیت آنزیم پروتئاز و از سوی دیگر آسیب دیدن محدود نشاسته، سبب افزایش تیرگی محصول در مقایسه با کیک‌های حاوی آرد سویای معمولی است[۳۹]. روزالز جورالز و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی آرد سویای جوانه‌زده، افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، لیپاز، پروتئاز و گالاکتوسیداز و کاهش فعالیت آنزیم لیپوکسی‌ژناز را تایید کردند [۲۷]. با افزایش مقادیر آرد سویا مولفه (a) که با قرمزی رنگ کیک مرتبط است،افزایش معنی‌داری داشت در حالی که مولفه (b) تغییر معنی‌داری نشان نداد($p<۰/۰۵$). ملکی و همکاران (۲۰۱٦) کاهش مقدار مولفه (L) تا ٦٤/۲٤و افزایشقرمزی(افزایش مقدار مولفه aتا۱/۱٦) نان‌های بدون گلوتن با جایگزینی ۲۰ درصد آرد برنج با آرد سویا را در مقایسه با نمونه های بدون آرد سویا تایید کردند[٤۰]. صالحی و همکاران (۲۰۱۹) با افزودن ۲۰ درصد ایزوله پروتئینی سویا در فرمولاسیون کیک اسفنجی مقدار مولفه (L) را ۷۸/۲۱تعیین کردند و بیان داشتند که افزودن تا ۰/٥ درصد صمغ دانه مرو به فرمولاسیون کیک های اسفنجی ضمن افزایش حجم

محصول به دلیل روشن تر شدن بافت داخلی، میزان مولفه (L) افزایش یافت[٤١]. بر طبق یافته‌های جدول ٣ پیش تیمار فراصوت خمیر تاثیر معنی‌داری بر بهبود کیفیت رنگ تمامی نمونه هاونمونه هایکیک شاهد داشت($p<٠/٠٥$). استفاده از امواج فراصوت تغییر معنی‌داری بر مولفه (b) ایجاد نکرد. جمال آبادی و صارم نژاد (٢٠١٦) با بررسی اثر فراصوت بر ویژگی‌های نشاسته گندم اعلام کردند که خمیر نشاسته‌های فراصوت شده به دلیل تجزیه گرانول‌های نشاسته شفافیت بیشتری در مقایسه با نشاسته‌های بدون فراصوت داشتند که این موضوع می‌تواند بر افزایش روشنایی خمیر و در نهایت محصولات تولیدی تاثیر گذار باشد [٤٢].

٣-٣-٦- ویژگی‌های حسی

نتایج ارزیابی حسی در جدول ٤ نشان داد که کیک‌های حاوی آرد سویایمعمولی در ویژگی حسی رنگ، عطرو طعم، بافت و پذیرش کلی در مقایسه با شاهد امتیاز کمتری از ارزیاب‌ها دریافت کردند که این امتیاز با افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با آرد سویا تا ٢٠ درصد کاهش داشت($p<٠/٠٥$). کیک‌های تولیدی با خمیر پیش تیمار شده با فراصوت امتیاز بالاتری را در شاخص‌های حسی داشتند. کیک‌های حاوی ١٠ درصد آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با ١٠ درصد آرد سویای معمولی و شاهد امتیازهای حسی بالاتری دریافت کردند($p<٠/٠٥$). اگرچه افزایش نسبت جایگزینی آرد سویا جوانه زده تا ٢٠ درصد تاثیر مطلوبی بر ویژگی‌های حسی کیک‌های تولیدی نداشت، اما با اعمال ٦ دقیقه پیش تیمار فراصوت بر خمیر آن‌ها، امتیاز پذیرش کلی آن‌ها در مقایسه با شاهد بدون فراصوت، افزایش یافت ($p<٠/٠٥$). نمونه‌های حاوی ١٠ درصد آرد سویای جوانه‌زده و ٦ دقیقه پیش تیمار فراصوت خمیر، بالاترین امتیاز پذیرش حسی را داشتند($p<٠/٠٥$). مشایخ و همکاران (٢٠٠٨) کاهش امتیاز حسی رنگ و طعم (به دلیل طعم ذاتی لوبیایی سویا) در نان‌های غنی شده با آرد سویاتا ١٢ درصد را به عنوان دو دلیل اصلی در کاهش امتیاز پذیرش کلی تا ٥/٧ در مقایسه با نمونه شاهد (امتیاز٦) این قبیل محصولات از منظر مصرف‌کننده اعلام کردند[٤٣] که با نتایج کاهش امتیاز پذیرش کلی محصولات حاوی آرد سویا در مقایسه با شاهد این پژوهش در جدول ٤ هماهنگ است. اعمال فراصوت بر خمیر کیک‌های برنجی بدون گلوتن با کاهش طعم لوبیایی سویا امکان استفاده از مقادیر بالاتر آرد سویا را در ترکیب با آرد برنج را میسر ساخت.

Table 4 Effect of rice flour (Control) replacement withnon-Germinated soybean flour (NGSF) and Germinated Soybeanflour (GSF) on sensory properties of gluten free cake.

Treatment	Sonication time (min)	(Color)	(Taste/Odor)	(Texture)	(Overall)
Control	0	$4.03^{c} \pm 0.05$	$3.40^{c} \pm 0.02$	$3.25^{de} \pm 0.03$	$3.55^{d} \pm 0.05$
	4	$4.45^{b} \pm 0.08$	$3.62^{b} \pm 0.01$	$3.48^{b} \pm 0.05$	$3.77^{b} \pm 0.06$
	6	$4.65^{a} \pm 0.09$	$3.83^{a} \pm 0.03$	$3.68^{a} \pm 0.03$	$3.94^{a} \pm 0.06$
10% NGSF	0	$3.37^{de} \pm 0.12$	$2.85^{fg} \pm 0.05$	$3.10^{fg} \pm 0.10$	$2.98^{f} \pm 0.05$
	4	$3.30^{ef} \pm 0.17$	$2.90^{f} \pm 0.10$	$3.15^{ef} \pm 0.05$	$3.08^{f} \pm 0.05$
	6	$3.50^{d} \pm 0.19$	$2.95^{ef} \pm 0.05$	$3.35^{cd} \pm 0.05$	$3.22^{e} \pm 0.07$
10 % GSF	0	$3.00^{h} \pm 0.00$	$3.05^{e} \pm 0.05$	$3.05^{fg} \pm 0.05$	$3.61^{cd} \pm 0.16$
	4	$3.15^{fgh} \pm 0.05$	$3.32^{d} \pm 0.10$	$3.25^{de} \pm 0.05$	$3.71^{bc} \pm 0.02$
	6	$3.17^{fg} \pm 0.15$	$3.35^{c} \pm 0.05$	$3.45^{bc} \pm 0.07$	$3.82^{ab} \pm 0.06$
20% NGSF	0	$3.12^{gh} \pm 0.12$	$2.62^{h} \pm 0.03$	$2.78^{i} \pm 0.02$	$2.50^{h} \pm 0.10$
	4	$3.10^{gh} \pm 0.10$	$2.75^{g} \pm 0.02$	$3.01^{g} \pm 0.07$	$2.70^{g} \pm 0.10$
	6	$3.35^{e} \pm 0.05$	$2.85^{fg} \pm 0.04$	$3.44^{bc} \pm 0.04$	$3.05^{f} \pm 0.05$
20% GSF	0	$3.00^{h} \pm 0.00$	$2.85^{fg} \pm 0.15$	$2.90^{h} \pm 0.1$	$3.23^{e} \pm 0.05$
	4	$3.05^{gh} \pm 0.05$	$2.85^{fg} \pm 0.05$	$3.03^{g} \pm 0.06$	$3.51^{d} \pm 0.10$
	6	$3.20^{fg} \pm 0.11$	$2.90^{f} \pm 0.10$	$3.26^{de} \pm 0.11$	$3.69^{bc} \pm 0.09$

Different letters are significantly different (P<0.05).

٤- نتیجه گیری

در این پژوهش از آرد سویای جوانه‌زده در مقایسه با آرد سویای معمولی در تولید کیک برنجی بدون گلوتن با هدف با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی محصول نهایی استفاده

شد. پیش تیمار فراصوت بر خمیر کیک بدون گلوتن نیز به منظور هوادهی مناسب، ایجاد یکنواختی در بافت و افزایش حجم و نرمی محصول نهایی بکارگرفته شد. اگرچه افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با آرد سویای جوانه زده تا ۲۰ درصد منجر به تولید محصولی مطلوب از نظر فناوری شد اما مصرف کنندگان حد مجاز مصرف آرد سویای جوانه‌زده را تا ۱۰ درصد در فرمولاسیون خمیر تشخیص دادند. ارزیاب‌ها افت رنگ و طعم لوبیایی را به عنوان دلایل کاهش امتیاز ویژگی‌های حسی بیان داشتند. بنابراین می توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از آرد لوبیای سویای جوانه‌زده در ترکیب با پیش تیمار فراصوت بر خمیر به عنوان یک فرایند کمکی توانایی تولید کیک‌های برنجی بدون گلوتن با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مطلوب را دارا بودند اما با هدف افزایش مشتری پسندی و کاهش طعم لوبیایی محصول، نیاز به استفاده از ترکیبات بهبود دهنده طعم در این گونه محصولات احساس می‌گردد.

۵-منابع

[1] Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., & Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103: 200–213.

[2] McCabe, M. S. (2010). Balancing consumer protection and scientific integrity in the face of uncertainty: The example of gluten-free foods. *Food and Drug Law Journal*, 65(2), 367–390.

[3] Poursafar, L., Peighambardoust, S. H., Alizadeh Shalchi, L., ShakuoieBonab, E., &Rafat, S. A. (2012). Effect of the temperature and time of flour heat treatment on thequality characteristics of sponge cake. *Food Processing and Preservation Journal*, 2 (4): 87-104[in Persian].

[4] 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].

[5] 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.

[6] Heberle, T., Ávila, B. P. Ávila do Nascimento, L., &Gularte, M. A. (2022). Consumer perception of breads made with germinated rice flour and its nutritional and technological properties. *Applied Food Research,* 100142.

[7] Zahir, M., Fogliano, V., & Capuano, E. (2021). Soybean germination limits the role of cell wall integrity in controlling protein physicochemical changes during cooking and improves protein digestibility. *Food Research International,* 143, 110254.

[8] 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.

[9] Dhingra, S., &Jood, S. (2001). Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 39(2): 213-222.

[10] Esmaeilzadeh, M., Naghipour, F., &Faraji, A. (2020). Using of germinated and non-germinated soybean and millet on physicochemical properties of gluten-free doughnut based on rice flour. *Food Engineering Research*, 20 (71): 131-150.

[11] Sepahi, A., Ataye Salehi, E., &Yaghbani, M. (2019). Formulation of functional biscuit using of grape pomace and sprouted soy flour. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14(73): 319-330 [in Persian].

[12] Pakbaten, S., Karimi, M., Elhamirad, A., &Sheikholeslami, A. (2015). Effect of sonication and emulsifier (E471) on emulsification and improvement of cupcake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(1): 31-40.

[13] Ulasevich, S.A., Gusinskai, T.A., Semina, A.D., Gerasimov, A.A. Kovtunov, E.A., Iakovchenko, N.V., Orlova, O.Y., &Skorb, E.V. (2020). Ultrasound-assisted fabrication of gluten-free dough for automatic producing dumplings. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68: 105198.

[14] Mishra, N. (2016). Potential use of

germinated soy flour and flaxseed oil in formulation of functional bread. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 3 (6): 22-28.

[15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Rice flour – Specifications and test methods. ISIRI no 11136. 1rd edition, Karaj: ISIRI; 2008 [in Persian].

[16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Soy flour .Specifications and test methods. ISIRI no 2357. 1st Revision, Karaj: ISIRI; 2018 [in Persian].

[17] 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.

[18] Salehi, F., Amin Ekhlas, 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.

[19] AACC (1999). American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. St. Paul, MN, U.S.A.: AACC International.

[20] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., HadadKhodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., GhiafehDavoodi, M., &Sahraiyan, B. (2013). Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. *Food Science and Technology*, 41 (10):127-139.

[21] Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., &Najafi, A. (2016). Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. *Food Science and Technology*, 53: 1418-1423.

[21] Aydogdu, A., Sumnu, G., &Sahin, S. (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Food Science and Technology*, 55(2): 667–677.

[22] Chauhan, A., Saxena, D., &Singh, S. (2015). Total dietary fiber and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp*.) flour. *LWT - Food Science and Technology,* 63(2): 939-945.

[23] Milani, J. M., Sedighi, N., & Mirzaei, H. (2018). Effect of germinated and non-germinated soybean flour on quality of Barbari bread. Food Processing and Preservation Journal, 10(1): 73-84 [in Persian].

[24] Nazari, B., Mohammadifar, M. A., Shojaee-Aliabadi, S., Feizollahi, E., &Mirmoghtadaie, L. (2018) Effect of ultrasound treatments on functional properties and structure of millet protein concentrate, *Ultrasonics Sonochemistry*, 41: 382-388.

[25] Tan, M.C., Chin, N.L., Yusof, Y.A. *et al.* (2015). Improvement of Eggless Cake Structure Using Ultrasonically Treated Whey Protein. *Food and Bioprocess Technology,* 8:605–614.

[26] Maghsoudlou, Y., Falsafi, S. R., &Rostamabadi, H. (2019). Evaluating the effect of sonication on physicochemical and functional properties of oat starch. Electronic Journal of Food Processing and Preservation, 12 (1): 145-160 [in Persian].

[27] Rosales-Juárez, M., González-Mendoza, B., López-Guel, E.C. et al. (2008). Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour. *Food and Bioprocess Technology,* 1:152–160.

[28] 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].

[29] Dhen, N., Roman, L., Rejeb, I. B., Martínez, M. M., Garogouri, 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.

[30] 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.

[31] Naghipour, F., Sahraiyan, B., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., HadadKhodaparast, 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].

[32] 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.

[33] Ulasevich, S. A., Gusinskaia, T. A., Semina, A. D., Gerasimov, A. A., Kovtunov, E. A., Iakovchenko, N. V., Orlova, O. Y. &Skorb, E. V. (2020). Ultrasound-assisted fabrication of gluten-free dough for automatic producing dumplings. *Ultrasonics – Sonochemistry*, 68, 105198.

[34] Tan, M.C., N. L. Chin, & Yusof Y. A. (2011). Power ultrasound aided batter mixing for sponge cake batter. *Journal of Food Engineering*, 104: 430–437.

[35] Shahsavan Tabrizi, A., Sheikholeslami, Z., &Ataye Salehi, E. (2014). Comparison of the effect of ultrasound and soy flour on the properties of pan bread journal of sound and vibration. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 44(11): 129-141 [in Persian].

[36] Taleby, H. &, GhiafehDavoodi, M. (2017). Improvement physicochemical, textural and sensory properties of gluten free sponge cake by ultrasound and soy protein isolate. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 69 (14): 195-204 [in Persian].

[37] Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2010). Influence of Gluten-free Flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology,* 3: 577–585.

[38] 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.

[39] Malomo, O., Ogunmoyela, O. A. B., Oluwajoba, S.O., &Kukoyi, I. (2012). EFFECT of germinated soy flour on the sensory acceptability of soy-wheat composite bread. *Asian Journal of Natural & Applied Sciences*, 1(3): 92-106.

[40] 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].

[41] Salehi, F., Amin Ekhlas, S., &Mehrabany, S. (2019). Effect of soy protein isolate and wild sage seed gum on rheological, physical and sensory properties of sponge cake. *Journal of Innovation in Food Science and Technology,*11(3): 27-38 [in Persian].

[42] Jamalabadi, M. &, Saremnezhad, S. (2016). Investigation on the physicochemical properties of ultrasoundtreated wheat starch. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 53(13): 127-136 [in Persian].

[43] 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.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of germinated soybean flour and ultrasonic wave on physicochemical and sensory properties of gluten-free rice cake

Zanganeh, Z. [1], Emamifar, A. [2]*, Karami, M. [3]

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.
3. Associated professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effect of replacing of rice flour with different ratio (0, 10 and 20 % w/w based on rice flour) germinated and non-germinated soy flour with ultrasonic pretreatment (0, 4, and 6 min) on the cake batter on the physicochemical and sensory characteristics of rice cake. A factorial experiment with a completely randomized design with three replications was used for data analysis. The use of germination soy flour in rice cake formulations and ultrasonic pretreatment on batter cake, significantly improved the technological characteristics and sensory attributes of the samples ($p< 0.05$). Compared with the non-germination soy flour, the germinated groups had higher contents of moisture, protein, fiber, and also improved volume, porosity and softness, significantly ($p< 0.05$). The sample formulations containing of 20 % w/w germinated soy flour with ultrasonic pretreatment for 6 min indicated the highest ranked of the technological characteristics (volume, porosity, and firmness) and sensory attributes (texture and overall) and unfortunately showed a higher darkness (L value) and redness (a value) and received low sensory scores of tastes and color compared to the other sample and control. The optimized formulation for the technological characteristics (volume, porosity, and firmness) and all sensory attributes preference had a germinated soy flour content of 10% with ultrasonic pretreatment for 6 min ($p< 0.05$). These achievements will pave the way for using the combination technologies involving the germination treatment with sonication pretreatment for improving physicochemical and sensory characteristics of cake produced by gluten-free flour blend.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2023/ 01/07
Accepted 2023/ 02/ 06

Keywords:

Gluten-free cake,
Celiac,
Ultrasound,
Germinated soybean flour,
Rice flour

DOI: 10.22034/FSCT.19.133.211
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.18.3

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