



بررسی کاربرد سبوس گندم اکستروود شده و صمغ زانتان بر ویژگی‌های کمی و کیفی کیک اسفنجی شکلاتی

سعید مطابق^۱، بهاره صحرائیان^{۲*}، معصومه مهربان سنگ آتش^۲

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کاشمر، کاشمر، ایران.

۲- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاددانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

ویژگی‌های سبوس گندم بر عملکرد آن در فرمولاسیون مواد غذایی مؤثر است. با استفاده از فرایند پخت اکستروژن می‌توان ویژگی‌های تکنولوژیکی و تغذیه‌ای سبوس را بهبود بخشید. در این پژوهش از سبوس گندم اکستروود شده در سطوح صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد و صمغ زانتان در سطوح صفر، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد در فرمولاسیون کیک اسفنجی شکلاتی استفاده شد و رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سختی بافت، رنگ پوسته و ویژگی‌های حسی کیک ارزیابی گردید. نتایج نشان داد نمونه حاوی ۳ درصد سبوس و ۰/۱ درصد صمغ زانتان از بیشترین رطوبت برخوردار بود. نتایج ارزیابی رنگ پوسته حاکی از آن بود که هر سه مولفه رنگی پوسته ($L^*a^*b^*$) در تمام نمونه‌های تولیدی مشابه بود. نمونه حاوی ۲ درصد سبوس و ۰/۰۵ درصد صمغ زانتان و نمونه حاوی ۳ درصد سبوس و ۰/۱ درصد صمغ زانتان دارای بیشترین حجم مخصوص و تخلخل و کمترین سختی بافت بودند. ارزیابی حسی نیز نشان داد که با افزایش مصرف سبوس در فرمولاسیون، میزان صمغ زانتان افزایش یافت. به طوری که در نمونه‌های حاوی ۲ و ۳ درصد سبوس برای دستیابی به بهترین ویژگی‌های حسی به ترتیب به حضور ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک اسفنجی نیاز بود. بنابراین با توجه به تمام یافته‌های حاصل از ارزیابی فیزیکی، شیمیایی، بافتی و حسی نمونه‌های تولیدی، نمونه حاوی ۲ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۰۵ درصد صمغ زانتان و نمونه حاوی ۳ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۱ درصد صمغ زانتان به عنوان نمونه‌های برتر این پژوهش معرفی می‌گردند.

تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۸

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۸/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۵

کلمات کلیدی:

اکستروژن،
بافت،
سبوس گندم،
صمغ زانتان،
کیک اسفنجی.

DOI:10.48311/fsct.2026.117161.82901

* مسئول مکاتبات:

Baharehsahraian@yahoo.com

۱- مقدمه

در مواد غذایی خاصیت سودوپلاستیک دارد. بدین معنا که ویسکوزیته ایجاد شده توسط این صمغ با نرخ برش محلول زانتان معکوس تغییر می‌کند. این ویژگی صمغ زانتان سبب بهبود ویژگی‌های حسی می‌شود بدین صورت که رهایش مواد مولد بو و مزه (طعم) را افزایش و احساس دهانی را تقویت می‌کند [۶]. صمغ زانتان در برابر pHهای ۱۲-۲ از تحمل بالایی برخوردار است که این ویژگی آن را برای استفاده در طیف گسترده‌ای از مواد غذایی مناسب می‌کند. این صمغ پایداری خوبی در pHهای اسیدی دارد که از آن فراورده‌های نانوائی میوه‌ای استفاده نمود [۷]. این صمغ توانایی حفظ رطوبت خمیر فراورده‌های صنعت پخت را طی فرایند و ماندگاری دارد. از صمغ زانتان برای افزایش حجم و تخلخل نان و کیک به خصوص در آردهای ضعیف نظیر آردهای سبوس‌دار استفاده می‌شود [۸]. بنابراین هدف از انجام این پژوهش استفاده از سطوح صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد سبوس گندم اکسترود شده و سطوح صفر، ۰/۵ و ۱/۰ درصد صمغ زانتان در تولید کیک اسفنجی سبوس‌دار (فراوسودمند) برای بهره‌مندی از خواص تغذیه‌ای سبوس و بهبود کیفیت فراورده تولیدی با صمغ زانتان بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم (درجه استخراج ۷۸ درصد) و سبوس گندم (قبل از فرایند پخت اکستروژن) با رطوبت ۱۲/۵۰ درصد، خاکستر ۵/۴۵ درصد، پروتئین ۱۵/۰۰ درصد، چربی ۵/۳۰ درصد و اسیدفیتیک ۲۲۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم از شرکت آرد قدس رضوی خریداری شد. روغن، شکر، اسید سدیم پیروفسفات، تخم مرغ، وانیل، کاکائو و مواد شیمیایی از مراکز معتبر فروش مواد اولیه و برندهای معتبر سیگما، مرک و غیره تهیه گردید.

۲-۲- روش تهیه سبوس اکسترود شده

دمای اکسترودر دو مارپیچ همسوی گرد ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت خوراک ۲۰ درصد، سرعت خوراک‌دهی ۴۰ کیلوگرم در ساعت، سرعت مارپیچ ۱۲۰ دور در دقیقه و قطر روزنه ۳ میلی‌متر بود. سبوس گندم پس از اکسترو شدن

در رژیم غذایی افراد، سهم فراورده‌های نانوائی (بر پایه غلات) بسیار چشمگیر است. این دسته از فراورده‌های غذایی ضمن اینکه نقش مهمی در تامین انرژی، ویتامین‌ها و مواد معدنی مورد نیاز بدن دارند، به دلیل قیمت پایین مواد اولیه، از ارزش افزوده بالایی برخوردارند [۱]. از این رو با توجه به اهمیت فراورده‌های پخت به عنوان قوت قالب مردم جامعه، غنی‌سازی آن‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. تولید فراورده‌های نانوائی غنی‌شده با سبوس از جمله کیک سبوس‌دار می‌تواند اثرات سلامت‌زایی زیادی داشته باشد. فیبرهای خوراکی با اثرات مفید تغذیه‌ای و سلامتی می‌توانند در کاهش چاقی، درمان دیابت شیرین، کاهش خطر ابتلا به ناراحتی‌های قلبی و عروقی و سرطان کولون موثر باشد و بخش عمده‌ای از ویتامین‌های گروه ب و مواد معدنی مورد نیاز متابولیسم بدن را تامین کنند [۲]. استفاده از آرد سبوس‌دار به دلیل وجود ۸/۴-۵/۴ درصد اسیدفیتیک در سبوس گندم موجب محدودیت مصرف این ترکیب می‌گردد. همچنین نسبت بالای فیبرهای نامحلول به محلول، آرایینوزایان‌های نامحلول و گلوکتایون از جمله عوامل ایجاد مشکلات تکنولوژیکی در فراورده‌های نانوائی غنی از سبوس گندم است [۳]. فرایند پخت اکستروژن یکی از راهکارهای موثر برای کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای و خسارات ناشی از اختلالات‌های تکنولوژیکی در فراورده‌های پخت است. در حین اکستروژن مواد تحت اثر ترکیبی از رطوبت، فشار، دما و برش مکانیکی قرار می‌گیرند. این فرایند دارای مزایای خاص مانند کاهش محتوای میکروبی و غیرفعال کردن برخی از آنزیم‌ها و فاکتورهای ضدتغذیه‌ای (کاهش فیتات در سبوس) است. همچنین در این فرایند ساختار فیبر تغییر کرده و میزان فراکسیون‌های فیبر محلول افزایش می‌یابد [۴]. علاوه بر این به منظور اصلاح اثرات نامطلوب سبوس گندم بر ساختار پروتئین و نشاسته، می‌توان از صمغ در فرمولاسیون فراورده‌های پخت استفاده نمود. صمغ زانتان از حلالیت بالایی در آب سرد و گرم برخوردار است. همچنین قابلیت امولسیون‌کنندگی، تعلیق و تثبیت بالایی دارد [۵]. این صمغ

۲-۵-حجم مخصوص

برای اندازه گیری حجم نمونه‌های تولیدی از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) به شماره ۷۲-۱۰ استفاده شد. سپس از تقسیم حجم برحسب میلی‌لیتر به وزن هر نمونه بر حسب گرم حجم مخصوص محاسبه گردید [۱۰].

۲-۶-تخلخل

ارزیابی میزان تخلخل بافت درونی نمونه‌های کیک اسفنجی با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و نرم‌افزار Image J طی سه مرحله انجام شد. الف) تهیه برشی با طول و عرض ۴ سانتی‌متر (برای تهیه یک برش دقیق با حداقل ضایعات از یک چاقو اره‌ای برقی ۱۲۰ وات مدل ۴۱۶۰۰ استفاده شد)، ب) تصویربرداری از نمونه‌های برش زده شده با استفاده از اسکنر مدل HP Scanjet G3010 (تصویربرداری با وضوح ۳۰۰ پیکسل انجام شد) و ج) آنالیز تصاویر توسط نرم‌افزار Image J [۱۱].

۲-۷-بافت

برای ارزیابی بافت کیک از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA plus، ساخت انگلیس) در ۳ بازه زمانی ۲ ساعت و ۱ و ۲ هفته پس پخت استفاده شد. بدین منظور سختی بافت برحسب نیوتن براساس حداکثر نیرو برای نفوذ پروب دستگاه بافت‌سنج بود. پروب دستگاه بافت‌سنج استوانه‌ای در نظر گرفته شد که قطر آن ۲ سانتی‌متر، ارتفاع آن ۲/۳ سانتی‌متر و سرعت عبور پروب استوانه‌ای ۶۰ میلی‌متر در دقیقه بود [۱۲].

۲-۸-رنگ پوسته (مولفه‌های رنگی $L^*a^*b^*$)

برای سنجش رنگ پوسته که شامل سه شاخص L^* ، a^* و b^* بود از دستگاه هانتربل استفاده شد. بدین منظور نمونه‌ها در یک ابعاد مشخص در محفظه سفید رنگی جهت عکس‌برداری با دوربین دیجیتال قرار گرفتند و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار دستگاه، پردازش تصاویر نمونه‌های کیک انجام شد. لازم به ذکر است شاخص L^* در محدوده صفر تا ۱۰۰ (سیاه تا سفید)، شاخص a^* در محدوده ۱۲۰+ تا ۱۲۰-

برای رسیدن به ذرات یکنواخت با مش ۱۲۰ الک شد [۹]. سبوس گندم بعد از فرایند پخت اکستروژن دارای ۹/۵۰ درصد رطوبت، ۵/۵۵ درصد خاکستر، ۱۶/۴۰ درصد پروتئین، ۴/۹۰ درصد چربی و ۸۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم اسیدفیتیک بود.

۲-۳-روش تهیه کیک اسفنجی شکلاتی

فرمولاسیون کیک اسفنجی شکلاتی شامل ۲۵۰ گرم آرد گندم، ۲۱۴ گرم شکر، ۰/۸ گرم وانیل، ۱۵/۵ گرم شیرخشک، ۱۰/۷ گرم پودر کاکائو، ۴ گرم سدیم پیروفسفات، ۱۱۰ گرم روغن، ۲۱۰ گرم تخم‌مرغ و ۲۲۵ گرم آب بود. برای آماده‌سازی کیک اسفنجی (نمونه شاهد) ابتدا تخم‌مرغ در مخزن هم‌زن با دور تند به مدت ۱ دقیقه هم‌زده شد. سپس روغن به تخم‌مرغ اضافه گردید و عمل هم‌زدن به مدت ۲۰ ثانیه ادامه یافت. در ادامه آب به تخم‌مرغ و روغن افزوده شد و عمل هم‌زدن با دور تند به مدت ۱ دقیقه تا مشاهده مخلوطی کف مانند انجام شد. در ظرف دیگری کلیه مواد پودری به خوبی مخلوط و سپس طی سه مرحله به مخلوط کف مانند (تخم‌مرغ، روغن و آب) اضافه شدند و عمل هم‌زدن به مدت ۱ دقیقه تا دستیابی به خمیری یک دست و یکنواخت انجام شد. پس از آماده‌سازی خمیر کیک، نمونه‌ها در ظرف مخصوص ریخته شدند و در فر پخت کانوکشن ساخت شرکت صنایع پخت مشهد عمل پخت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۰ دقیقه انجام شد. لازم به ذکر است برای آماده‌سازی نمونه‌های سبوس‌دار، صمغ زانتان و یا هر دو، سبوس در سطوح صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد براساس وزن آرد به مواد پودری و صمغ زانتان در سطوح صفر، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵۰ درصد براساس وزن آرد به آب اضافه شد و سایر مراحل آماده‌سازی مانند نمونه شاهد انجام گردید.

۲-۴-رطوبت

برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌های تولیدی در سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۱ و ۲ هفته پس از پخت از روش آون‌گذاری مطابق با روش استاندارد AACC (۲۰۰۰) به شماره ۱۰۱-۱۵-۴۵ استفاده شد [۱۰].

نشان داد نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی سبوس در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد سبوس گندم اکستروود شده) از رطوبت بیشتری در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت و طی دو هفته نگهداری برخوردار بودند. به احتمال زیاد این امر تحت تاثیر حفظ بیشتر آب در فرمولاسیون کیک و یا ایجاد برهمکنش ضعیف در ماتریکس بافت درونی فراورده تولیدی به دلیل حضور سبوس است [۱۶]. در این راستا یوان و همکاران (۲۰۲۱) از سبوس گندم اکستروود شده در فرمولاسیون کیک بر پایه برنج قهوه‌ای بخار داده شده، استفاده نمودند و بیشتر بودن میزان رطوبت نمونه‌های حاوی سبوس رو نسبت به نمونه فاقد سبوس گزارش کردند. این محققان حضور پنتوزان موجود در سبوس غلات به ویژه سبوس گندم را عاملی مهم بر حفظ رطوبت فراورده‌های نانویی طی فرایند پخت و انبارمانی دانستند [۱۷]. علاوه بر این نتایج حاکی از حفظ رطوبت در نمونه‌های کیک حاوی صمغ طی فرایند پخت و پس از آن نسبت به نمونه شاهد (فاقد صمغ) بود. بارسناس و روسل (۲۰۰۶) و مک کارتی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند طبیعت آبدوست صمغ‌ها سبب افزایش برهمکنش و جذب آب آرد شد که این امر در افزایش توانایی نگهداری آب خمیر کیک طی فرایند پخت و حفظ رطوبت توسط کیک طی مدت زمان ماندگاری نقش داشت [۱۱] و [۱۸]. طارم‌سری و غیائی طرزی (۲۰۲۴) براساس یافته‌های مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که حضور و افزایش مصرف صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک اسفنجی سبب افزایش رطوبت کیک شد که علت این امر ماهیت آبدوست صمغ‌ها و داشتن تعداد گروه‌های هیدروکسیل بیشتر در آن‌ها در مقایسه با سایر ترکیبات فرمولاسیون از جمله آرد (پروتئین و نشاسته) بود [۱۹].

(قرمز تا سبز) و شاخص b^* در محدوده $+120$ تا -120 (زرد تا آبی) است [۱۳].

۲-۹- ویژگی‌های حسی

برای ارزیابی حسی ۱۰ داور انتخاب شدند. بررسی ویژگی‌های حسی براساس هدونیک پنج نقطه ای (بسیار خوب: ۵، خوب: ۴، متوسط: ۳، بد: ۲ و بسیار بد: ۱) بود. ویژگی‌های مورد ارزیابی در این پژوهش شامل فرم و شکل (با ضریب تاثیر ۴)، خصوصیات سطح بالایی و پایینی (به ترتیب با ضریب تاثیر ۲ و ۱)، پوکی و تخلخل (با ضریب تاثیر ۲)، سفتی و نرمی بافت (با ضریب تاثیر ۲)، قابلیت جویدن (با ضریب تاثیر ۳)، و بو و مزه (با ضریب تاثیر ۳) بود [۱۴ و ۱۵]. در نهایت محاسبه امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های کیک اسفنجی از میانگین امتیاز سایر ویژگی‌های حسی پس از اعمال ضرایب تاثیر انجام شد.

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها و نتایج براساس یک طرح آماری کاملاً تصافی بر پایه فاکتوریل (عامل اول سبوس گندم اکستروود شده (سطوح صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد) و عامل دوم صمغ زانتان (سطوح صفر، ۰/۰۵ و ۰/۱۰)) تجزیه و تحلیل شد. نرم افزار استفاده شده در این پژوهش مینی تب (Mini-Tab) نسخه ۱۷ بود. در این پژوهش مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- رطوبت

جدول ۱ نشان‌دهنده نتایج ارزیابی رطوبت نمونه‌های کیک تحت تاثیر سطوح متفاوت سبوس گندم اکستروود شده و صمغ زانتان طی یک ماه نگهداری است. همانطور که نتایج

Table 1: The effects of extruded wheat bran and xanthan gum on the moisture of cake during 3 times

Treatments	Extruded wheat bran (%)	Xanthan gum (%)	Moisture (%)		
			2 hours	1 week	2weeks
1	-	-	20.80±0.99 ^b	18.60±2.26 ^c	15.80±0.42 ^d
2	-	0.05	24.15±1.06 ^{ab}	20.60±0.49 ^{abc}	18.10±1.27 ^{bcd}
3	-	0.10	24.35±1.06 ^{ab}	21.50±1.27 ^{abc}	19.55±1.34 ^{abc}
4	1	-	23.35±0.78 ^{ab}	19.05±0.77 ^{bc}	17.50±0.42 ^{cd}
5	1	0.05	24.25±1.06 ^{ab}	20.65±0.14 ^{abc}	18.65±0.49 ^{bcd}
6	1	0.10	24.65±0.92 ^{ab}	22.15±0.49 ^{ab}	19.55±0.92 ^{abc}
7	2	-	23.97±0.98 ^{ab}	20.60±0.99 ^{abc}	18.73±0.28 ^{bc}

8	2	0.05	24.45±0.77 ^{ab}	20.10±1.27 ^{abc}	18.99±0.07 ^{abc}
9	2	0.10	24.75±0.35 ^{ab}	22.30±0.57 ^{ab}	19.45±0.35 ^{abc}
10	3	-	23.50±1.27 ^{ab}	19.50±0.49 ^{abc}	19.00±0.28 ^{abc}
11	3	0.05	25.10±1.27 ^a	22.35±0.35 ^{ab}	20.45±0.07 ^{ab}
12	3	0.10	26.60±0.85 ^a	23.20±0.28 ^a	21.65±0.91 ^a

Different letters represent a significant difference from one another ($p < 0.05$).

شبكة تشكيل شده در حفظ گاز و يا تداخل در ايجاد گاز دی اکسیدکربن باشد [۲۱]. اوزکایا و همکاران (۲۰۱۸) افزودن سبوس و کاهش بیش از اندازه ذرات آن را عاملی بر کم شدن تعداد حبابها و مناطق حبابی و تشکیل مغز ضعیف نان و بالطبع کاهش حجم دانستند. در کل تعداد حبابها و حجم آنها شاخص کافی بودن و مناسب ساختار مغز نان می باشد. سبوس نقش منفی در این ساختار ايجاد می کند. گفته شده این اثر مضر ترکیبی از اثرات فیزیکی ذرات سبوس بر روی شبکه گلوتن و اثرات شیمیایی گلوپروتین و دیگر عوامل کاهش دهنده است. همچنین اعلام شده که کاهش پایداری خمیر بیشتر مربوط به تأثیر ناپایدارکنندگی ذرات سبوس بر حبابهای گاز جداکننده فیلم است. کاهش حجم مخصوص با افزایش غلظت صمغ در فرمولاسیون نیز به احتمال زیاد به دلیل افزایش قابل توجه ویسکوزیته است که منجر به عدم گسترش مناسب خمیر و نگهداری گاز می شود [۲۲]. صحرائیان و همکاران (۲۰۱۳) از صمغ زانتان در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم استفاده نمودند و با کاهش حجم بخصوص در سطوح بالای مصرف (بیش از ۰/۳ درصد) مواجه شدند. این پژوهشگران بیان نمودند صمغ زانتان حتی در سطوح مصرفی بسیار پایین ویسکوزیته بالایی ايجاد می کند. از این رو چنانچه سطح مصرف این صمغ متناسب با فرمولاسیون فراورده تولیدی و نوع آرد مصرفی انتخاب شود به دلیل ايجاد ویسکوزیته با استحکام بخشیدن به دیواره حبابهای هوای موجود در خمیر و حفظ آن در برابر انبساط ناشی از فرایند پخت سبب افزایش حجم مخصوص نان خواهد شد. اما اگر سطح مصرفی بیش از نیاز فرمولاسیون باشد شبکه گلوتنی بیش از حد انتظار مستحکم می گردد که در نتیجه آن پخش پذیری حبابهای هوا در بافت خمیر با اختلال مواجه می شود و از طرفی صمغ مازاد در فرمولاسیون

۲-۳- حجم مخصوص

در جدول ۲ به یافته های بدست آمده از آزمون سنجش حجم مخصوص کیک تحت تاثیر سطوح متفاوت سبوس اکستروود شده و صمغ زانتان اشاره شده است. نتایج این بخش حاکی از آن بود که حضور سطوح بالای سبوس گندم اکستروود شده و صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک اسفنجی اثری منفی بر حجم مخصوص نمونه های تولیدی داشت. این در حالی است که با مشاهده نتایج مشخص شد سطح میانی مصرف سبوس گندم اکستروود شده (۲ درصد) و صمغ زانتان (۰/۰۵ درصد) عملکردی مثبت بر حجم مخصوص نمونه های تولیدی داشت. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۳) دلیل کاهش حجم مخصوص فراورده های نانویی حاوی سطوح بالای سبوس گندم را چنین گزارش کردند که کاهش این پارامتر در نتیجه واکنش بین شبکه گلوتن و سبوس بود. به اثبات رسیده است که حضور گروه های هیدروکسیل در ساختار فیبر سبوس گندم در جذب آب پروتئین و شبکه گلوتنی در خمیر دخالت می کنند. به عبارتی این ترکیبات از طریق پیوند هیدروژنی با آب واکنش می دهند و به دنبال آن ظرفیت آب در فراورده افزایش می یابد. از طرفی به دلیل حضور آرابینوگزیلانها در شبکه گلوتن تهیه شده از آرد سبوس دار میزان دسترسی به آب برای شبکه گلوتن کاهش می یابد. بنابراین حالت ارتجاعی و نگهداری گاز در خمیر کاهش می یابد که سبب کاهش حجم فراورده نهایی می شود [۲۰]. کدا و همکاران (۲۰۱۴) استفاده از سبوس با اندازه ذرات متوسط در فرمولاسیون نان را برای بهبود حجم بدون تأثیر از اثرات منفی سبوس بر خواص بافتی نان توصیه نمودند. آنها علت این امر را به پدیده رقیق شدن گلوتن نسبت دادند. همچنین این محققان اذعان داشتند کم شدن حجم نان حاوی فیبر با اندازه ذرات ریز می تواند تحت تأثیر دو عامل ضعف

خمیر و مقاومت ژل زانتان بیان شد [۲۴]. نتایج مطالعه خوشدانی فراهانی (۲۰۲۱) نیز حاکی از کاهش حجم مخصوص کیک اسفنجی در نتیجه حضور سطوح بیش از ۰/۱ درصد صمغ زانتان در فرمولاسیون بود که علت این امر تقویت شبکه گلوآنی توسط صمغ و عدم انبساط حباب‌های هوای موجود در خمیر و تبخیر مناسب آب موجود در خمیر (جذب آب توسط صمغ زانتان) گزارش شد [۲۵].

با ایجاد ویسکوزیته بالا سبب افزایش ضخامت دیواره سلول‌های گازی می‌گردد که این امر مانع از انبساط این حباب‌ها طی فرایند پخت شده و حجم به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد [۲۳]. قائمی و همکاران (۲۰۲۴) به نتایج مشابهی در زمینه افزودن صمغ زانتان به فرمولاسیون کیک دست یافتند. نتایج این پژوهش نشان داد حضور بیش از ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان در فرمولاسیون سبب کاهش حجم مخصوص شد. علت این امر افزایش ویسکوزیته ظاهری

Table 2: The effects of extruded wheat bran and xanthan gum on the specific volume of cake

Treatments	Extruded wheat bran (%)	Xanthan gum (%)	Specific volume (ml/g)	Porosity (%)
1	-	-	2.60±0.14 ^a	38.30±0.42 ^a
2	-	0.05	1.95±0.07 ^{bcd}	35.95±1.34 ^{ab}
3	-	0.10	1.25±0.07 ^f	34.35±0.92 ^{ab}
4	1	-	1.95±0.07 ^{bcd}	32.65±0.49 ^{bc}
5	1	0.05	2.45±0.21 ^{ab}	36.00±1.41 ^{ab}
6	1	0.10	1.80±0.14 ^{cdef}	35.60±0.85 ^{ab}
7	2	-	1.57±0.07 ^{def}	29.47±0.78 ^{cd}
8	2	0.05	2.30±0.14 ^{abc}	37.60±0.57 ^a
9	2	0.10	1.90±0.14 ^{bcd}	36.15±1.20 ^{ab}
10	3	-	1.20±0.14 ^f	26.00±0.92 ^d
11	3	0.05	1.85±0.21 ^{cde}	37.10±1.27 ^{ab}
12	3	0.10	2.35±0.07 ^{abc}	38.55±0.78 ^a

Different letters represent a significant difference from one another ($p < 0.05$).

حاوی آردهای ضعیف (نظیر آردهای سبوس‌دار) از طریق افزایش ویسکوزیته خمیر و تقویت شبکه گلوآنی در پخش‌پذیری حباب‌های هوا و حفظ و نگهداری آن‌ها طی فرایند پخت نقش موثری داشت که این امر سبب افزایش حجم و تخلخل شد [۲۳]. همچنین باید گفت با افزودن منابع فیبری به آرد به دلیل پایین آمدن سطح گلوآن فرمولاسیون فرآورده پخت، بافت خمیر فرآورده تولیدی قابلیت ارتجاعی نداشته و با خروج حباب‌های هوا از آن و عدم انبساط این سلول‌ها حجم و تخلخل کاهش و سختی بافت افزایش می‌یابد [۲۷]. دودو و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص اثر افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون فرآورده‌های پخت به این نتیجه دست یافتند که صمغ‌ها باعث افزایش تعداد حفرات، فراکسیون سطح آن‌ها و افزایش تخلخل بافت درونی این دسته از فرآورده‌ها می‌شوند که این امر منطبق با جذب آب بالا به وسیله هیدروکلوئیدها و بهبود ویژگی‌های مرتبط با پایداری خمیر و افزایش ظرفیت نگهداری گاز در آن است

۳-۳-۳- تخلخل

جدول ۲ نشان‌دهنده یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری تخلخل کیک تحت تاثیر سطوح متفاوت سبوس اکستروود شده و صمغ زانتان است. تخلخل به معنی مقدار منافذ موجود در فرآورده است که با هوا پر شده است و از تقسیم حجم کل منافذ بر حجم کل نمونه بدست می‌آید [۲۶]. همانطور که نتایج نشان می‌دهد حضور سبوس گندم اکستروود شده در فرمولاسیون کیک اسفنجی عاملی مخرب بر کاهش تخلخل کیک بود. این در حالی بود که استفاده همزمان سبوس اکستروود شده با صمغ زانتان اثرات منفی سبوس بر تخلخل را خنثی نمود به طوری که تخلخل نمونه حاوی ۳ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۱ درصد صمغ زانتان با نمونه شاهد (فاقد سبوس گندم اکستروود شده و صمغ زانتان) مشابه بود. در این راستا صحرائیان و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند حضور سطوح بسیار کم صمغ زانتان در فرآورده‌های پخت

می‌کند. گفته شده است این اثر مضر ترکیبی از اثرات فیزیکی ذرات سبوس بر روی شبکه گلوئن و اثرات شیمیایی گلوپروتئین و دیگر عوامل کاهش‌دهنده است. همچنین اعلام شده است که کاهش پایداری خمیر بیشتر مربوط به تأثیر ناپایدارکنندگی ذرات سبوس بر حباب‌های گاز جداکننده فیلم است که تمام این تغییرات سبب سختی بافت فراورده‌های نانویی می‌شود [۲۲]. اورتیز و همکاران (۲۰۲۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند افزودن سبوس گندم به آرد عاملی بر افزایش سختی بافت نان بود. هیدروکلوئیدها نظیر صمغ زانتان با اثرگذاری بر ساختار نشاسته، در توزیع و نگهداری آب خمیر (در فراورده‌های پخت) موفق عمل می‌کنند و علت نرم‌تر بودن نمونه‌های حاوی صمغ در مقایسه با نمونه‌های فاقد آن، تمایل بیشتر صمغ با آب موجود در خمیر می‌باشد که این امر از خروج آب از نشاسته و پروتئین گلوئن جلوگیری می‌کند [۳۲]. در نتیجه این اتفاق اجزای تشکیل‌دهنده نشاسته که شامل آمیلوز و آمیلوپکتین دیرتر کریستاله می‌شوند و پلیمریزاسیون زنجیره‌های آن‌ها به تعویق می‌افتد و سفتی کاهش می‌یابد [۲۳]. نوشاد و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای به بررسی اثر صمغ زانتان و گوار (اولئوژل زانتان/گوار) به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون کیک اسفنجی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد با جایگزینی ۷۵ درصد از چربی با اولئوژل زانتان/گوار سفتی، چسبندگی و قابلیت جویدن بافت کاهش یافت [۳۳]. بوساروان و همکاران (۲۰۱۵) از صمغ زانتان در سطوح ۰/۱-۰/۳ درصد در فرمولاسیون کیک اسفنجی استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد نمونه حاوی ۰/۱۰-۰/۱۱ درصد صمغ زانتان از بیشترین حجم مخصوص و کمترین سختی، صمغیت و قابلیت جویدن برخوردار بود. این صمغ با داشتن بتاگلوکان در ساختار خود در کاهش سختی بافت کیک نقش موثری داشت [۳۴].

[۲۸]. انوری‌نژاد و جوادی (۲۰۱۷) با افزودن صمغ آگار به کیک اسفنجی افزایش تخلخل را گزارش کردند. این محققان بیان نمودند طی فرایند پخت سلول‌های گاز با اندازه کوچک به حباب‌های گاز با اندازه بزرگتر می‌پیوندند و حفرات بافت درونی بزرگتر می‌شود که این امر منجر به کاهش تخلخل مغز کیک می‌گردد. اما با استفاده از انواع صمغ و امولسیفایر می‌توان یک پوشش حفاظتی در اطراف قطره‌های کوچک امولسیون تشکیل داد و از تراکم و بهم پیوستن این قطرات جلوگیری کرد و از این طریق منجر به افزایش تخلخل شدند [۲۹].

۴-۳- سختی بافت

جدول ۱ نشان‌دهنده نتایج ارزیابی سختی بافت کیک تحت تاثیر سطوح متفاوت سبوس اکستروود شده و صمغ زانتان طی یک ماه نگهداری است. براساس نتایج مشخص شد، حضور سبوس گندم سبب افزایش و حضور صمغ زانتان سبب کاهش سختی بافت کیک شد. در راستای افزایش سختی بافت فراورده‌های نانویی ریدر و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند دلیل سختی بافت این دسته از فراورده‌های سبوس‌دار، رقیق شدن شبکه گلوئتی ناشی از جذب آب توسط سبوس (فیبرهای محلول و نامحلول) بود [۳۰]. همچنین نورت و همکاران (۲۰۱۰) حضور سبوس در فراورده‌های پخت را عاملی برای جلوگیری از تجمع پروتئین گلوئن در هنگام مخلوط کردن و افزایش سختی بافت دانستند [۳۱]. اوزکایا و همکاران (۲۰۱۸) افزودن سبوس به نان را عاملی بر کم شدن تعداد حباب‌ها و مناطق حبابی و تشکیل مغز ضعیف نان و بالطبع افزایش سختی بافت دانستند. در کل تعداد حباب‌های موجود در بافت خمیر و حجم آن‌ها شاخص کافی بودن و مناسب ساختار بافت درونی فراورده‌های پخت است. سبوس نقش منفی در این ساختار ایجاد

Table 3: The effects of extruded wheat bran and xanthan gum on the texture of cake during 3 times

Treatments	Extruded wheat bran (%)	Xanthan gum (%)	Hardness (N)		
			2 hours	1 week	2weeks
1	-	-	4.20±0.28 ^c	8.85±0.21 ^{de}	16.30±0.98 ^{bcd}
2	-	0.05	4.70±0.24 ^{bc}	8.50±0.57 ^{de}	10.15±0.21 ^{fg}
3	-	0.10	5.80±0.28 ^{ab}	7.50±0.71 ^c	9.55±0.77 ^g

4	1	-	5.10±0.14 ^{bc}	11.30±0.42 ^{cd}	15.45±0.77 ^{cde}
5	1	0.05	5.00±0.28 ^{bc}	10.30±0.35 ^{cde}	13.55±0.63 ^{cdef}
6	1	0.10	4.60±0.14 ^{bc}	9.50±0.84 ^{de}	11.90±0.99 ^{efg}
7	2	-	5.80±0.21 ^{ab}	14.67±1.06 ^{ab}	19.73±0.92 ^{ab}
8	2	0.05	4.10±0.14 ^c	13.05±0.07 ^{bc}	16.50±0.70 ^{bcd}
9	2	0.10	5.40±0.28 ^{bc}	12.80±1.20 ^{bc}	15.90±0.70 ^{cd}
10	3	-	7.20±0.49 ^a	17.20±0.92 ^a	22.00±0.91 ^a
11	3	0.05	5.40±0.56 ^{bc}	15.20±0.98 ^{ab}	18.65±0.92 ^{abc}
12	3	0.10	4.15±0.21 ^c	14.30±0.99 ^{ab}	16.55±1.91 ^{bcd}

Different letters represent a significant difference from one another ($p < 0.05$).

حاوی منابع مختلف فیبری تحت تاثیر واکنش مایلارد (واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی) و کاراملیزاسیون است. به عبارتی میزان پروتئین و رهاسازی قندهای آزاد بر شدت این واکنش‌ها و ایجاد رنگ پوسته فراورده‌های پخت اثرگذار است و رنگ پوسته به میزان فیبر افزوده شده، وابسته نیست. اما مطالعاتی مبنی بر تیره شدن رنگ فراورده‌های پخت در نتیجه افزودن سبوس به فرمولاسیون فراورده‌های صنعت پخت موجود است [۳۵]. کدا و همکاران (۲۰۱۴) و تونسل و همکاران (۲۰۱۴) به ترتیب با افزودن سبوس گندم و سبوس برنج به فرمولاسیون نان تیره شدن رنگ (کاهش مولفه رنگی L^* و b^* و افزایش مولفه رنگی a^*) را گزارش کردند. همچنین در راستای افزودن صمغ به فراورده‌های پخت و روشن‌تر شدن رنگ مطالعات متعددی انجام شده است [۲۱ و ۳۶]. محمدی و همکاران (۲۰۱۴) با افزودن صمغ زانتان و سایر هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون نان به روشن‌تر شدن رنگ پوسته این نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد (فاقد هیدروکلوئید) اشاره کردند. این محققان علت را چنین گزارش کردند که در نتیجه حضور صمغ در فرمولاسیون، ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. این افزایش ویسکوزیته، شدت واکنش‌های مولد رنگ (مایلارد و کاراملیزاسیون) را کاهش و سبب روشن‌تر شدن رنگ شد [۳۷]. نوشاد و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای با بررسی اثر صمغ زانتان و گوار به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون کیک اسفنجی افزایش تیرگی سطح نمونه‌ها را مشاهده نمودند [۳۳].

۳-۵- رنگ پوسته ($L^*a^*b^*$)

جدول ۴ ارائه‌دهنده مولفه‌های رنگی پوسته کیک تحت تاثیر سطوح متفاوت سبوس اکستروود شده و صمغ زانتان طی یک ماه نگهداری است. براساس نتایج ارزیابی رنگ مشخص شد سطح کیک‌های اسفنجی حاوی سبوس گندم اکستروود شده و صمغ زانتان مشخص شد، رنگ سطح تمام نمونه‌های تولیدی مشابه بود و بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد چون در فرمولاسیون نمونه‌های تولیدی از پودر کاکائو استفاده شده بود و تمام نمونه‌ها به دلیل شکلاتی بودن از رنگ تیره‌ای برخوردار بودند تفاوت ناشی از حضور سبوس اکستروود شده و صمغ زانتان در فرمولاسیون به طور چشمگیری مشاهده نشد. یکی از دلایل افزودن پودر کاکائو به فرمولاسیون کیک اسفنجی سبوس‌دار، در دسترس بودن اطلاعات کافی از تاثیر منفی انواع سبوس بر رنگ فراورده‌های پخت (تیره شدن) و پوشاندن عیوب ناشی از این ماده مغذی بر رنگ این دسته از فراورده‌ها بود. با این وجود می‌توان گفت حضور سبوس در فرمولاسیون فراورده‌های نانوائی سبب تیره‌تر شدن و افزودن صمغ سبب روشن‌تر شدن رنگ سطح پوسته آن‌ها می‌شود. البته این نکته را باید در نظر گرفت که حضور سبوس در فراورده‌های پخت بیشتر بر رنگ بافت درونی اثرگذار است و رنگ پوسته این دسته از فراورده‌ها تحت تاثیر واکنش‌های قهوه‌ای شدن است. در این راستا مارستون و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند رنگ پوسته فراورده‌های نانوائی

Table 4: The effects of extruded wheat bran and xanthan gum on the crust color of cake

Treatments	Extruded wheat bran (%)	Xanthan gum (%)	Crust color		
			L*	a*	b*
1	-	-	58.15±1.20 ^a	19.50±0.71 ^a	15.10±2.26 ^a
2	-	0.05	59.00±1.41 ^a	19.95±0.92 ^a	24.85±3.46 ^a

3	-	0.10	60.65±0.21 ^a	18.60±0.57 ^a	24.45±1.62 ^a
4	1	-	32.65±1.06 ^a	20.00±1.41 ^a	24.42±2.76 ^a
5	1	0.05	58.70±0.42 ^a	20.35±0.07 ^a	24.05±2.19 ^a
6	1	0.10	60.30±0.98 ^a	19.45±2.05 ^a	24.70±4.10 ^a
7	2	-	57.03±0.07 ^a	20.40±1.41 ^a	24.80±1.97 ^a
8	2	0.05	50.58±0.05 ^a	20.10±2.69 ^a	25.05±0.64 ^a
9	2	0.10	60.10±1.27 ^a	19.80±1.13 ^a	24.90±2.96 ^a
10	3	-	56.90±0.63 ^a	18.00±2.26 ^a	26.00±1.27 ^a
11	3	0.05	59.20±1.13 ^a	20.15±2.61 ^a	24.05±3.75 ^a
12	3	0.10	59.95±1.48 ^a	19.45±2.19 ^a	25.35±3.46 ^a

Different letters represent a significant difference from one another ($p < 0.05$).

اسفنجی استفاده و گزارش کردند حداکثر تا ۲ درصد می توان از سبوس برنج در کیک استفاده نمود. این محققان به این نتیجه دست یافتند برای کاربرد سطوح بیشتر سبوس برنج در کیک اسفنجی باید از ترکیبات هیدروکلونیدی در فرمولاسیون استفاده نمود [۳۸]. استانگ و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند ویژگی های حسی نمونه های سبوس دار از جمله نرمی بافت، طعم، ظاهر و رنگ در نتیجه حضور سبوس در فرمولاسیون کاهش یافت که راهکار ارائه شده توسط این محققان برای کاهش مقبولیت نمونه ها از جانب مصرف کننده کاهش اندازه ذرات بود [۲]. حقیقی منش و عزیز (۲۰۱۸) از سبوس ذرت در فرمولاسیون کیک استفاده نمودند. این محققان گزارش کردند استفاده از سبوس خام (غیرفرآوری شده) در کیک سبب کاهش ویژگی های حسی از جمله بافت و قابلیت جویدن شد. این محققان با اکستروود نمودن سبوس و افزایش فیبر محلول، بافت و رنگ نمونه های تولیدی حاوی سبوس اکستروود شده را نسبت به نمونه شاهد (نمونه حاوی سبوس خام) بهبود دادند [۳۹]. بوساروان و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی اثر صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک بهبود امتیاز ویژگی های حسی به ویژه بافت، رنگ، بو و مزه را گزارش کردند [۳۴].

۳-۶- ویژگی های حسی

در جدول ۵ به یافته های بدست آمده از امتیاز ویژگی های حسی کیک تحت تاثیر سطوح متفاوت سبوس اکستروود شده و صمغ زانتان اشاره شده است. امتیاز پذیرش کلی میانگین امتیاز تمام پارامترهای حسی (فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پایینی، پوکی و تخلخل بافت، نرمی و سفتی بافت، قابلیت جویدن و بو و مزه) بعد از اعمال ضرایب موثره است. براساس نتایج امتیاز ویژگی های حسی و در نهایت امتیاز پذیرش کلی مشخص شد حضور سبوس گندم اکستروود شده و صمغ زانتان، هر دو بر پارامترهای ارزیابی شده اثرگذار بودند و در نهایت نمونه حاوی ۲ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۰۵ درصد صمغ زانتان (رتبه اول) و نمونه حاوی ۳ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۱ درصد صمغ زانتان (رتبه دوم) از بیشترین امتیاز پذیرش کلی در مقایسه با سایر نمونه ها برخوردار بودند. لازم به ذکر است استفاده از سبوس گندم اکستروود شده در فرمولاسیون کیک اسفنجی در غیاب صمغ زانتان سبب کاهش بسیار شدید امتیاز ویژگی های حسی و به طور کل امتیاز پذیرش کلی شد. ذوالقدری و همکاران (۲۰۲۳) از سبوس برنج در کیک

Table 5: The effects of extruded wheat bran and xanthan gum on the sensory properties of cake

Treatments	Extruded wheat bran (%)	Xanthan gum (%)	Sensory properties			
			Form & Shape	Upper surface	Lower surface	Porosity
1	-	-	2.90±0.32 ^a	2.60±0.42 ^{abc}	2.70±0.48 ^{abc}	3.60±0.51 ^a
2	-	0.05	3.10±0.31 ^a	3.30±0.48 ^a	2.30±0.48 ^{bc}	3.00±0.32 ^{ab}
3	-	0.10	3.30±0.48 ^a	3.10±0.51 ^{ab}	2.00±0.66 ^c	2.20±0.42 ^c
4	1	-	2.80±0.42 ^a	2.60±0.52 ^{abc}	2.20±0.63 ^{bc}	2.80±0.52 ^{bc}
5	1	0.05	3.20±0.42 ^a	3.20±0.56 ^a	2.50±0.52 ^{abc}	3.00±0.31 ^{ab}
6	1	0.10	3.30±0.48 ^a	3.40±0.48 ^a	2.20±0.63 ^{bc}	2.60±0.52 ^{bc}
7	2	-	1.60±0.52 ^b	2.30±0.82 ^{bc}	2.00±0.47 ^c	2.60±0.48 ^{bc}
8	2	0.05	3.40±0.51 ^a	2.80±0.48 ^{abc}	3.00±0.67 ^{ab}	3.00±0.66 ^{ab}

9	2	0.10	3.40±0.69 ^a	3.10±0.57 ^{ab}	2.30±0.82 ^{bc}	2.50±0.53 ^{bc}
10	3	-	1.60±0.52 ^b	2.10±0.74 ^c	1.90±0.56 ^c	2.10±0.47 ^c
11	3	0.05	2.90±0.32 ^a	3.30±0.52 ^a	2.40±0.51 ^{abc}	2.60±0.52 ^{bc}
12	3	0.10	3.10±0.32 ^a	3.10±0.48 ^a	3.20±0.42 ^a	3.00±0.47 ^{ab}
Treatments	Extruded wheat bran (%)	Xanthan gum (%)	Sensory properties			
			Texture	chewiness	Odor & Taste	Acceptance
1	-	-	3.10±0.31 ^a	3.20±0.42 ^a	2.50±0.53 ^{ab}	3.01±0.21 ^{abc}
2	-	0.05	2.50±0.53 ^{abcde}	2.70±0.48 ^{abc}	2.80±0.51 ^{ab}	2.76±0.19 ^{bcd}
3	-	0.10	2.20±0.42 ^c	2.30±0.48 ^{cd}	3.10±0.48 ^a	2.53±0.15 ^{de}
4	1	-	2.00±0.47 ^{def}	2.20±0.42 ^{cd}	2.70±0.63 ^{ab}	2.51±0.18 ^{de}
5	1	0.05	2.80±0.42 ^{abc}	2.90±0.31 ^{abc}	3.10±0.56 ^a	2.97±0.16 ^{abc}
6	1	0.10	2.10±0.32 ^{bc}	2.40±0.52 ^{bcd}	3.10±0.52 ^a	2.71±0.21 ^{cd}
7	2	-	1.70±0.67 ^f	2.30±0.67 ^{cd}	2.50±0.67 ^{ab}	2.23±0.11 ^{ef}
8	2	0.05	2.90±0.31 ^{ab}	3.20±0.42 ^a	3.10±0.63 ^a	3.24±0.34 ^a
9	2	0.10	1.80±0.42 ^{ef}	2.30±0.48 ^{cd}	3.10±0.42 ^a	2.78±0.16 ^{bcd}
10	3	-	1.70±0.82 ^f	1.70±0.67 ^d	2.00±0.42 ^b	1.94±0.29 ^f
11	3	0.05	2.10±0.31 ^{cdef}	2.30±0.67 ^{cd}	2.60±0.52 ^{ab}	2.53±0.23 ^{de}
12	3	0.10	2.70±0.48 ^{abcd}	3.10±0.32 ^{ab}	3.10±0.42 ^a	3.06±0.18 ^{ab}

Different letters represent a significant difference from one another (p<0.05).

حسی به ترتیب به حضور ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک اسفنجی سبوس دار نیاز بود. بنابراین با توجه به تمام یافته‌های حاصل از ارزیابی فیزیکی، شیمیایی، بافتی و حسی نمونه‌های تولیدی، نمونه حاوی ۲ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۰۵ درصد صمغ زانتان و نمونه حاوی ۳ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۱ درصد صمغ زانتان به عنوان نمونه‌های برتر این پژوهش معرفی می‌گردند.

تامین مالی

نویسنده اعلام می‌کند که هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت‌ها توسط نویسنده انجام شده است.

منافع رقابتی

نویسنده تایید می‌کند که هیچ گونه تضاد مالی یا منافع رقابتی در این مطالعه ندارد.

۵- منابع

[1] Zolghadri, R., Zarringhalami, S. and Haghazari, S. (2023). Effect of Rice Bran Protein Isolate (RBPI) Addition on the Sponge Cake Qualitative and

۴- نتیجه گیری

این پژوهش به منظور تولید کیک اسفنجی فراسودمند از سبوس گندم اکستروود شده انجام شد. همچنین تاثیر صمغ زانتان به عنوان یک افزودنی مجاز در فرآورده‌های پخت با هدف بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بافتی و حسی نمونه‌های کیک سبوس دار بررسی گردید. نتایج نشان داد نمونه حاوی ۳ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۱ درصد صمغ زانتان از بیشترین میزان در مقایسه با سایر نمونه‌های تولیدی برخوردار بود. رنگ سطح تمام نمونه‌های تولیدی مشابه بود. در بین نمونه‌های کیک سبوس دار نمونه حاوی ۲ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۰۵ درصد صمغ زانتان و نمونه حاوی ۳ درصد سبوس گندم اکستروود شده و ۰/۱ درصد صمغ زانتان دارای بیشترین حجم مخصوص و تخلخل و کمترین سفتی بافت بودند. براساس ارزیابی حسی مشخص شد با افزایش مصرف سبوس گندم اکستروود شده در فرمولاسیون، میزان سطح مصرفی صمغ زانتان افزایش یافت. به طوری که در نمونه‌های حاوی ۲ و ۳ درصد سبوس گندم برای دستیابی به بهترین ویژگی‌های Bioactive Properties. Journal of Food Processing and Preservation, 3053852: 1-8.

[2] Sitong, L., Jinlong, L., Yanqing, Z., Yuanmeng, W., Guang, L. and Qingliang, C. (2022). Effects of

- wheat bran micronization on the quality of reconstituted whole-wheat flour and its cooked noodles. *Processes*, 10:1001.
- [3] Javed, M. M., Zahoor, S., Shafaat, S., Mehmooda, I., Gul, A., Rasheed, H. and Aftab, M. N. (2012). Wheat bran as a brown gold: Nutritious value and its biotechnological applications. 6: 724–733.
- [4] Goli Movahed, G., Millani, E. and Jafari, M. (2018). Utilization of extruded wheat bran in Barbary bread: Evaluation of sensory, color and texture properties of bread and rheological properties of dough. *Journal of Food Science and Technology*, 82(15): 129-137.
- [5] Gowthaman, M. K., Prasad, M. S. and Karanth, N. G. (2000). Production of xanthan gum. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 1: 699-705.
- [6] Robinson, R. K. (2014). *Encyclopedia of food microbiology*. Academic press.
- [7] Chaturvedi, S., Kulshrestha, S., Bhardwaj, K. and Jangir, R. (2021). A review on properties and applications of xanthan gum. *Microbial Polymers: Applications and Ecological Perspectives*, 87-107.
- [8] Murad, H. A., Abo-Elkhair, A. G. and Azzaz, H. H. (2019). Production of xanthan gum from nontraditional substrates with perspective of the unique properties and wide industrial applications. *JSMC Microbiol*, 1(6).
- [9] Kaur, S., Sharma, S., Singh, B. and Dar, B. N. (2015). Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal brans. *Journal of food science and technology*. 52(3): 1670-1676.
- [10] AACC. (2000). Alam, M.S., Kaur, J., Khaira, H., Gupta, K. (2016). Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56: 445-473.
- [11] Barcenas, M. E. and Rosell, C. M. (2006). Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *Journal of Food Engineering*. 72: 92-99.
- [12] Zolfaghari, N., Ataye Salehi, E. and Sheikholeslami, Z. (2022). Production of functional low-sugar muffin containing maltodextrin and ghavoot. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 18(121): 275-288.
- [13] Saricoban, C. and Yilmaz, M. T. (2010). Modelling the effects of processing factors on the changes on color parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *World Applied Science Journal*, 9(1): 14-22.
- [14] Yassen, A. A., Shouk, A. H. and Ramadan, M. T. (2010). Corn-Wheat pan bread quality as affected by hydrocolloids, *Journal of American Science*, 6(10): 684-690.
- [15] Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A. H., Haddad Khodaparast, M. H. and Karimi, M. (2019). The effect of Balangu Shirazi (*Lallelantia Royleana*) gum on the quality if gluten-free pan bread containing pre-gelatinization simple corn flour with microweave Crapathain, *Journal of Food Science and Technology*, 11(2): 68.
- [16] Curti, E. Carini, E. Tribuzio, G. and Vittadini, E. (2015). Effect of bran on bread staling: Physico-chemical characterization and molecular mobility. *Journal of Cereal Science*. 65:25-30.
- [17] Yawen, C., Jianwei, Z., Zhengyu, J., Yaoqi, T., Xing, Z. and Jie, L. (2021). Improvement of rice bran modified by extrusion combined with ball milling on the quality of steamed brown rice cake. *Journal of Cereal Science*, 99: 103229.
- [18] 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: 609-615.
- [19] Taromsari, A. and Ghiassi Tarzi, B. (2024). Optimization of Functional Gluten-Free Cake Formulation Using Rice Flour, Coconut Flour, and Xanthan Gum via D-Optimal Mixture Design. *Food Science & Nutrition*, 12: 10734-10755.
- [20] Majzoobi, M., Farahnaky, A., Nematollahi, Z., Mohammadi Hashemi, M. and M. Taghipour Ardakani, J. (2013). Effect of Different Levels and Particle Sizes of Wheat Bran on the Quality of Flat Bread. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15:115-123.
- [21] Coda, R., Rizzello, C. G., Curiel, J. A., Poutanen, K. and Katina, K. (2014). Effect of bioprocessing and particle size on the nutritional properties of wheat bran fractions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 25:19-27.
- [22] Ozkaya, B., Baumgartner, B. and Ozkaya, H. (2018). Effects of concentrated and dephytinized wheat bran and rice bran addition on bread properties. *Journal of texture studies*. 49:84-93.
- [23] Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M. and Ghiafe Davoodi, M. (2013). Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food Hydrocolloid*. 30: 698-703.
- [24] Ghaemi, P., Arabshahi-Delouee, S., Aalami. M. and Hosseini Ghaboos, S. H. (2024). The Effect of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate, and Xanthan Gum on Textural and Rheological Characteristics of Gluten-Free Batter and Cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 5571107:1-11.
- [25] Khoshdouni Farahani, Z. (2021). Physicochemical, textural and sensorial properties of cocoa sponge cake formulated with xanthan gum during shelf-life. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 4(1): 94-98.
- [26] Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cake formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*. 22:305-312.

- [27] Sahraiyani, B., Pourhaji, F. and Alizadeh Behbahani, B. (2021). Evaluation of the effect of cheese powder and ultrasonic wave on physicochemical and sensory properties of gluten-free oil cake, 17(4): 423-435.
- [28] Dudu, O. E., Ma, Y., Adelekan, A., Oyedeji, A. B., Oyeyinka, S. A. and Ogungbemi, J. W. (2020). Bread-making potential of heat-moisture treated cassava flour-additive complexes. *Lwt*, 130: 109477.
- [29] Anvarinejad, M. and Javadi, A. (2017). The Impact of Addition of Agar Gum and Propylene Glycolmono-stearate Emulsifier on The Qualitative and Physico chemical Properties of Sponge Cake, *Specialty journal of Engineering and Applied Science*, 3(1): 20-31.
- [30] Rieder, A., Holtekjølen, A. K., Sahlstrøm, S. and Moldestad, A. (2012). Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 55(1): 44-52.
- [31] Noort, M. W., van Haaster, D., Hemery, Y., Schols, H. A., and Hamer, R. J. (2010). The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality—Evidence for fibre–protein interactions. *Journal of Cereal Science*, 52(1): 59-64.
- [32] Ortiz de Erive, M., Wang, T., He, F. and Chen, G. (2020). Development of high-fiber wheat bread using micro fluidized corn bran. *Food Chemistry*, 310.
- [33] Nooshad, M., Hojjati, M., Hassanzadeh, M., Zadeh-Dabbagh, R. and Hossen Khani, M. (2022). Edible Utilization of Xanthan- guar Oleogels as a Shortening Replacement in Sponge Cake: Physicochemical Properties. *Journal of Chemical Health Risks*, 12(2): 255-264.
- [34] Busarawan, C., Rungnaphar, P. and Witoon, P. (2015). Optimization of wheat flour-based sponge cake formulation containing tapioca starch and xanthan gum. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 532-540.
- [35] Marston, K., Khouryieh, H. and Aramouni, F. (2016). Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 637-644.
- [36] Tuncel, N. B., Yilmaza, N. Kocabıyık, H. and Uygura. A. (2014). The effect of infrared stabilized rice bran substitution on physicochemical and sensory properties of pan breads: Part 1. *Journal of Cereal Science*. 59:55–161.
- [37] Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.-H., Neyestani, T.-R. and Mortazavian, A. M. (2014). Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4): 1812-1818.
- [38] Zolghadri, R., Zarringhalami, S. and Haghazari, S. 2023. Effect of Rice Bran Protein Isolate (RBPI) Addition on the Sponge Cake Qualitative and Bioactive Properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 3053852: 1-8.
- [39] Haghighi-Manesh, S. and Azizi, M. H. (2018). Integrated extrusion-enzymatic treatment of corn bran for production of functional cake. *Food Science & Nutrition*. 6: 1870-1878.



Scientific Research

Study on the use of extruded wheat bran and xanthan gum in chocolate sponge cake

S. Motabegh¹, B. Sahraiyān^{2*}, M. Mehraban Sangatash²

1- Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran.

2- Department of Food Quality and Safety, Food Science and Technology Research Institute, ACECR Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2025/10/20

Review: 2025/11/13

Accepted: 2026/12/06

Keywords:

Extrusion,

Texture,

Wheat bran,

Xanthan gum,

Sponge cake.

DOI: 10.48311/fsct.2026.117161.82901

*Corresponding Author E-

Baharehsahraiyān@yahoo.com

The properties of wheat bran affect its performance in food formulations. The technological and nutritional properties of bran can be improved by using the extrusion cooking process. In this study, extruded wheat bran at levels of 0, 1, 2, and 3 % and xanthan gum at levels of 0, 0.05, and 0.1 % were used in the formulation of chocolate sponge cake, and the moisture, specific volume, porosity, texture firmness, crust color, and sensory properties of the cake were evaluated. The results showed that the sample containing 3 % bran and 0.1 % xanthan gum had the highest moisture content. The results of the surface color (crust) evaluation indicated that all three crust color components ($L^*a^*b^*$) were similar in all produced samples. The sample containing 2 % bran and 0.05 % xanthan gum and the sample containing 3 % bran and 0.1 % xanthan gum had the highest specific volume and porosity, and the lowest texture firmness. Sensory evaluation also showed that with increasing bran consumption in the formulation, the amount of xanthan gum increased. So that in samples containing 2 and 3 % bran, the presence of 0.05 and 0.1 % xanthan gum in the sponge cake formulation was required to achieve the best sensory properties, respectively. Therefore, considering all the findings from the physical, chemical, textural and sensory evaluation of the produced samples, the sample containing 2 % extruded wheat bran and 0.05 % xanthan gum and the sample containing 3 % extruded wheat bran and 0.1 % xanthan gum are introduced as the superior samples of this study.