مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تولید کیک روغنی حاوی آرد گندم کامل با استفاده از اصلاح شیمیایی و آنزیمی فرمولاسیون

زهرا شیخ الاسلامی[۱]، مهدی کریمی [۲]، بهاره صحرائیان [۳]*، مجتبی هادیان[۴]

۱- استاد بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۲- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

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

۴- مدیرعامل و عضو هیات مدیره شرکت صنایع غذایی رضوی

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۲۶

کلمات کلیدی:

کیک فراسودمند،

آرد کامل،

امولسیفایر داتم،

آنزیم زایلاناز،

سوربیتول

DOI:10.22034/FSCT.22.162.171.

* مسئول مکاتبات:

Baharehsahraiyan@yahoo.com

چکیده

مسأله جداسازی سبوس از گندم به عنوان چالش اصلی برنامه تولید و مصرف گندم در کشور خودنمایی می‌کند. بجز معضلات اقتصادی ناشی از حذف سبوس به دلیل بافت سلولزی و اندازه ذرات درشت آن که از عوامل کاهش کیفیت فراورده‌های آردی سبوس‌دار است، کاهش ارزش تغذیه‌ای آرد سبوس‌گیری شده در مقایسه با آرد کامل نیز مطرح است. جهت بهبود کیفیت فراورده‌های پخت سبوس‌دار از افزودنی‌های مختلفی استفاده می‌شود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش تولید کیک روغنی از آرد با درجه استخراج ۷۸، ۸۸ و ۹۶ درصد و استفاده از آنزیم زایلاناز (۰/۰۴ درصد)، امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) (۰/۵ درصد) و قندالکلی سوربیتول (۳ درصد) و ارزیابی کمیت و کیفیت فراورده نهایی بود. نتایج نشان داد با افزایش درجه استخراج آرد و حضور افزودنی‌ها در فرمولاسیون بر رطوبت نمونه‌ها افزوده شد. با افزایش درصد سبوس (افزایش درجه استخراج) حجم مخصوص و تخلخل کیک کاهش یافت. حضور بهبوددهنده (مخلوط آنزیم، امولسیفایرها و قند الکلی) باعث افزایش این دو پارامتر شد. نمونه کیک حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، آنزیم، امولسیفایرها و قند الکلی دارای کمترین سفتی بافت طی یک ماه نگهداری بود. با افزایش درجه استخراج آرد و حضور بهبوددهنده در کیک به ترتیب سطح پوسته تیره‌تر و روشن‌تر شد. در نهایت نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰۴ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و SSL و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول بیشترین امتیاز پذیرش کلی را کسب نمودند و به عنوان بهترین نمونه معرفی می‌شوند.

۱-مقدمه

امروزه اکثر فراورده‌های پخت از جمله کیک از آرد نول یا مخلوطی از آرد نول و ستاره (آردهای سبوس‌گیری شده) تهیه می‌شوند که به دلیل درجه استخراج پایین، این نوع آردها دارای مقدار اندکی از مواد مغذی، ویتامین‌ها و فیبرهای رژیمی هستند [۱]. وجود ۸/٤-٥/٤ درصد اسیدفیتیک در سبوس گندم موجب محدودیت مصرف این ترکیب می‌گردد. همچنین نسبت بالای فیبرهای نامحلول به محلول، آرابینوزایلان‌های نامحلول و گلوتاتیون از جمله عوامل ایجاد مشکلات تکنولوژیکی در فراورده‌های نانوایی غنی از سبوس گندم است [۲]. تاکنون روش‌های مختلفی همچون کاهش اندازه ذرات، استفاده از آرد مالت، تخمیر، روش‌های هیدروترمال، اکسترود کردن و تیمار با آنزیم جهت کاهش و یا حذف عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در سبوس استفاده شده است که کاربرد روش‌های ترکیبی جهت فراوری سبوس عملکرد بهتری در کاهش اسید فیتیک و افزایش ترکیبات مغذی داشته است [۳، ٤، ٥ و ٦]. به منظور اصلاح اثرات نامطلوب سبوس گندم بر ساختار پروتئین و نشاسته، می‌توان از افزودنی‌های متداول صنعت پخت نظیر انواع آنزیم‌ها، امولسیفایرها و قندهای الکلی استفاده نمود. آنزیم زایلاناز جزو دسته مهمی از آنزیم‌های همی‌سلولازها است که پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای را به قند زایلوز و الیگوساکاریدها هیدرولیز می‌کنند [۷]. آنزیم زایلاناز با شکستن پیوندهای گلیکوزیدی ساختار پایه زایلان در آرابینوزایلان‌ها، باعث کاهش درجه پلیمریزاسیون و آزادسازی اجزای کوچکتر می‌شود [۸]. در نتیجه با تبدیل آرابینوزایلان‌های غیرمحلول به فرم محلول، موجب بهبود قابلیت انعطاف خمیر و کاهش اثرات منفی آن‌ها می‌شود [۹]. آنزیم زایلاناز به منظور تثبیت ساختار خمیر، افزایش انعطاف‌پذیری آن، بهبود مقاومت گلوتن و کاهش رتروگراداسیون در صنعت نانوایی استفاده می‌شود [۱۰]. امولسیفایر سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) از جمله امولسیفایرهای متداول در صنعت پخت هستند. امولسیفایرها ترکیبات فعال سطحی هستند که نقش آن‌ها به عنوان افزودنی در صنایع نانوایی، نرم کردن بافت درونی و تولید محصولی با ماندگاری بالاست، که علت آن می‌تواند به واسطه توانایی این ترکیبات در ایجاد پیوند با پروتئین‌های گلوتنی و نشاسته باشد [۱۱]. همچنین پلی‌ال‌ها به دلیل دارا بودن خواص جاذبه الرطوبه بالا، می‌توانند باعث کاهش فعالیت آبی و بهبود بافت درونی محصولات پخت می‌شوند [۱۲]. قندهای الکلی نظیر سوربیتول به طور معمول در مواد غذایی بر پایه نشاسته به منظور بهینه‌سازی فرایند تولید و بهبود کیفیت آن‌ها از طریق اصلاح ژلاتیناسیون و رتروگراداسیون نشاسته مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۳]. در زمینه کاربرد آنزیم زایلانار، امولسیفایرها و قند الکی سوربیتول در فراورده های پخت مطالعات متعددی انجام شده است. مطالعات لو و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که افزودن آنزیم زایلاناز به فاز مایع خمیر حاصل از آرد کامل گندم موجب تشکیل ساختار لایه‌ای قوی‌تر در سطح مشترک هوا-آب در خمیر شد که به علت ایجاد پیوند عرضی میان پروتئین-پلی‌ساکارید و پروتئین-پروتئین بود و در نتیجه این امر ساختار فومی خمیر پایدارتر شد [۱٤]. دودو و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند افزودن امولسیفایر SSL به نان حاصل از مخلوط آرد گندم و کاساوا موجب کاهش رتروگراداسیون آمیلوپکتین (کاهش بیاتی) طی مدت زمان ماندگاری شد. همچنین اضافه کردن این امولسیفایر نقش مهمی در افزایش جذب آب و خصوصیات پایداری خمیر و در نتیجه افزایش حجم و کاهش سفتی بافت داشت [۱٥]. بهیس و کار (۲۰۱۷) با بررسی اثر پلی‌ال‌ها (مانیتول، سوربیتول و گلیسرول) و فیبرهای مختلف (جو دوسر، اسفرزه و جو) بر کیفیت نان مشاهده کردند افزودن ٤ درصد سوربیتول به نان های حاوی فیبر سبب کاهش سفتی بافت درونی نان شد که این امر تحت

تاثیر افزایش ظرفیت نگهداری آب توسط پلی‌الها بود [۱٦]. بنابراین با توجه به نقش مثبت آنزیم زایلاناز، امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) و قند الکلی سوربیتول در بهبود کمیت و کیفیت فراورده‌های پخت از جمله دسته حاوی آرد کامل یا آردهای سبوس‌دار، هدف از انجام این تحقیق اصلاح شیمیایی و آنزیمی آرد کامل جهت تولید کیک روغنی سبوس‌دار بود.

۲-مواد

آرد گندم (با سه درجه استخراج ۷۸، ۸۸ و ۹٦ درصد) از کارخانه آرد رضا تهیه و در انبار خشک و خنک نگهداری شد. همچنین سایر مواد شامل مواد شیمیایی از شرکت مرک (آلمان)، شکر، نمک، روغن نباتی مایع و بیکینگ پودر از یک فروشگاه قنادی خریداری گردید. تخم مرغ تازه یک روز قبل از تولید کیک روغنی تهیه و در یخچال با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) از شرکت پارس بهبود (مشهد)، آنزیم زایلاناز و قند الکلی سوربیتول از شرکت بتاژن (دانشگاه فردوسی مشهد) تهیه شد.

۳-روش‌ها

۳-۱-تهیه کیک روغنی

به منظور تولید کیک روغنی ابتدا مواد اولیه شامل آرد (۱۰۰ گرم) (با درجه استخراج ۷۸، ۸۸ و ۹٦ درصد)، شکر (۷۲ گرم)، روغن مایع (۵۷ گرم)، تخم‌مرغ (۷۲ گرم)، شیر خشک (۲ گرم)، نمک طعام (۱ گرم)، وانیل (۰/۵ گرم)، بکینگ پودر (۱/۳٤ گرم) و آب (به مقدار لازم) توزین شدند. جهت تهیه کیک روغنی در مرحله اول روغن و پودر شکر با هم مخلوط و توسط یک همزن برقی (Electra EK-230M, Japan) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه به مدت ٦ دقیقه همزده تا کرم روشنی با حباب‌های هوا ایجاد و تخم مرغ در چهار مرحله به مخلوط کرمی اضافه شد. در پایان آب اضافه گردید و مخلوط یکنواختی ایجاد شد. در ادامه مخلوط تهیه شده داخل کپسول‌های کیک روغنی ریخته و پخت آن در فر آزمایشگاهی گردان (Zucchelli Forni, Italy) با دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. سپس کیک روغنی‌های پخت شده در دمای اتاق خنک و در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی به منظور انجام آزمایشات نگهداری شدند. این پژوهش دارای ٦ تیمار به شرح زیر بود:

تیمار ۱: نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۷۸ درصد و فاقد بهبوددهنده.

تیمار ۲: نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۷۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول.

تیمار ۳: نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد و فاقد بهبوددهنده.

تیمار ٤: نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول.

تیمار ۵: نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۹٦ درصد و فاقد بهبوددهنده.

تیمار ٦: نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۹٦ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول.

۳-۲-رطوبت

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱٦-٤٤ استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت، یک و دو هفته و یک ماه پس از پخت در آون با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت [۱۷].

۳-۳- حجم مخصوص

برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت، ابتدا از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ حجم یک عدد کیک (نمونه کامل) و

سپس با استفاده از ترازو جرم همان نمونه اندازه‌گیری شد. در انتها از تقسیم حجم به جرم، حجم مخصوص براساس میلی‌لیتر بر گرم گزارش گردید [۱۷].

۳-٤- تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل بافت درونی کیک روغنی در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از بافت درونی کیک روغنی با استفاده از چاقو اره‌ای برقی ۱۲۰ وات مدل ٤١٦٠٠ تهیه و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت، تصاویر سطح خاکستری ایجاد خواهد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال شد. در عمل با فعال کردن قسمت آنالیز نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۱۸].

۳-۵-بافت

ارزیابی بافت کیک روغنی در فاصله زمانی ۲ ساعت، یک و دو هفته و یکماه پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج QTS مدل CNS Farnell, UK ساخت کشور انگلستان انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ٦۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز کیک، به‌عنوان شاخص سفتی محاسبه شد. نقطه شروع و نقطه هدف به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۲۵ میلی‌متر بود [۱۹].

۳-٦-رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L^*، a^* و b^* صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از پوسته تهیه شد و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [۲۰].

۳-۷-ویژگی‌های حسی

بدین منظور ۱۰ داور انتخاب شد. سپس خصوصیات حسی کیک روغنی از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو، طعم و مزه ارزیابی شد. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) و براساس هدونیک ۵ نقطه‌ای بود. خصوصیات بررسی شده در ارزیابی حسی به یک اندازه مؤثر نیستند. بنابراین پس از بررسی منابع به هریک از ویژگی‌ها، ضریب رتبه‌ای داده شد. ضریب رتبه صفات به ترتیب ٤، ۲، ۱، ۲، ۲، ۳ و بود. نهایت امتیاز پذیرش کلی که تحت تأثیر سایر پارامترهای ارزیابی شده به همراه ضریب آن‌ها بود، گزارش شد [۲۱].

۸-۳-تجزیه و تحلیل آماری

تحلیل آماری داده‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار Mini-Tab نسخه ۱۷ در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. برای مقایسه میانگین از روش توکی استفاده شد. علاوه بر این شکل‌ها با نرم افزار MS-Office Excel، نسخه ۲۰۱۰ ترسیم شدند.

٤-نتایج و بحث

۱-٤-رطوبت

جدول ۱ نشان‌دهنده میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی طی یک ماه نگهداری (۲ ساعت، یک و دو هفته و یک ماه پس از پخت) است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش درجه استخراج آرد و حضور آنزیم زایلاناز، امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) و قند الکلی سوربیتول بر میزان رطوبت نمونه‌های کیک افزوده شد. به طوری که کمترین میزان رطوبت در نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۷۸ درصد و فاقد بهبوددهنده (تیمار ۱) و بیشترین میزان آن به طور مشترک در نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات

و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول و در نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۹٦ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول مشاهده شد. لازم به ذکر است در تمام نمونه‌های تولیدی میزان رطوبت طی یک ماه نگهداری کاهش یافت که افت رطوبت در نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۷۸ درصد و فاقد بهبوددهنده بیش از سایر نمونه‌ها بود. تبان و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی عملکرد آنزیم زایلاناز بر رطوبت نان حاوی آرد کامل گزارش کردند، نمونه‌های حاوی این آنزیم در حفظ رطوبت طی فرایند پخت موفق‌تر از نمونه‌های فاقد این آنزیم عمل کردند و حضور این آنزیم در نان سبوس‌دار منجر به کاهش افت وزن طی مدت زمان نگهداری شد [۲۲]. شاه و همکاران (۲۰۰٦) به این نتیجه دست یافتند که استفاده از آنزیم زایلاناز در فرمولاسیون نان حاوی آرد کامل منجر به حفظ ۸ درصد رطوبت بیشتر در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد آنزیم) شد [۲۳]. پورفرزاد و همکاران (۲۰۱۱) از سطوح ۱ و ۵ درصد قند الکلی سوربیتول در نان غنی‌شده با فیبر استفاده کردند. براساس گزارشات این محققان مشخص شد حضور قندهای الکلی در فرمولاسیون فراورده‌های پخت باعث افزایش محتوای رطوبت نسبت به نمونه شاهد شد [۲٤]. وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار قندهای الکلی موجب ایجاد ظرفیت بالایی برای اتصال با مولکول‌های آب در آن‌ها می‌شود که در نتیجه آن از خروج رطوبت طی فرایند پخت و مدت زمان نگهداری جلوگیری می‌کند [۲۵]. دینگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز حضور قندهای الکلی از جمله سوربیتول رو یکی از اجزای مهم فرمولاسیون جهت حفظ رطوبت فراورده‌های صنعت پخت می‌دانند. دارا بودن گروه‌های آبدوست و آبگریز در زنجیره امولسیفایرها موجب ایجاد خصوصیات عملگرایی در آن‌ها می‌شود. این بدین معناست که ساختار مولکولی این ترکیبات به صورت همزمان تمایل به قرارگیری به سمت ترکیبات روغنی به دلیل دارا بودن سر غیرقطبی و تمایل جهت اتصال به مولکول‌های آب به دلیل دارا بودن سر قطبی دارد. از این رو افزودن این ترکیبات به ساختار-های غذایی موجب قرارگیری آن‌ها در سطح مشترک آب و روغن در ماتریکس ترکیبات حاضر می‌گردد. گروه‌های آبدوست زنجیره امولسیفایر با ایجاد اتصال با آب آزاد، ظرفیت نگهداری آب را افزایش داده و به نوبه خود اثر بازدارندگی در کاهش رطوبت نشان می‌دهد [۲٦]. پورفرزاد و همکاران (۲۰۱٤) نیز دریافتند امولسیفایرها با دارا بودن خاصیت آب دوستی، نسبت به سایر اجزای نان توانایی برقراری پیوندهای قوی‌تری با مولکول‌های آب دارد و از این طریق از مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته ممانعت می‌کنند [۲۷].

Table 1- The effect of treatments on the moisture of cupcakes during one month.

Treatments	Moisture (%)			
	2 hours	1 week	2 week	1 month
1	19.2±0.7^{c}	18.0±0.4^{b}	15.6±0.7^{d}	14.1±0.8^{d}
2	20.1±0.2^{b}	19.7±0.9^{a}	18.2±0.2^{b}	17.2±0.5^{b}
3	19.9±0.1^{b}	18.4±0.2^{b}	16.8±0.5^{c}	14.9±0.2^{c}
4	21.2±0.8^{a}	20.9±0.1^{a}	20.2±0.9^{a}	18.9±0.4^{a}
5	20.3±0.2^{b}	18.3±0.5^{b}	17.1±0.2^{c}	15.2±0.9^{c}
6	21.5±0.4^{a}	21.0±0.7^{a}	19.8±0.3^{a}	19.2±0.3^{a}

Different letters in each column represent significant differences from one another ($p<0.05$).

۲-٤-حجم مخصوص

شکل ۱ نشان‌دهنده میزان حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش درصد سبوس در فرمولاسیون (افزایش درجه استخراج) میزان حجم مخصوص نمونه‌های کیک کاهش یافت. همچنین نتایج به وضوح نشان داد حضور بهبوددهنده (آنزیم، امولسیفایر و قند الکلی) در فرمولاسیون کیک روغنی باعث افزایش حجم نمونه‌ها شد. عملکرد مثبت بهبوددهنده بر نمونه حاوی آرد ۸۸ درصد بیش از نمونه‌های حاوی آرد ۷۸ و ۹٦ درصد بود. از این رو نمونه

کیک حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول از بیشترین و نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۹٦ درصد و فاقد بهبوددهنده کمترین حجم مخصوص را در مقایسه با سایر نمونه‌های تولیدی داشت. سبوس گندم با دارا بودن ظرفیت نگهداری آب بالاتر نسبت به سایر اجزای خمیر، می‌تواند باعث تولید نانی با جرم بیشتر گردد. اگرچه بین ظرفیت نگهداری آب سبوس گندم و حجم، رابطه منفی وجود دارد. تفاوت در رفتار اتصال آب و توزیع پروتون در سبوس، به طور عمده به حضور سلولز، آرابینوزایلان‌های نامحلول و لیپیدها بستگی دارد[۲۸]. آرابینوزایلان‌ها یکی از مهم‌ترین فیبرهای رژیمی موجود در سبوس گندم و ترکیب اصلی ساختار دیواره سلولی آن هستند که می‌توانند بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فراورده‌های پخت اثرگذار باشند. آرابینوزایلان‌های نامحلول از طریق رقابت برای جذب با پروتئین‌ها، مانع از توسعه شبکه گلوتنی و در نتیجه ناپایداری ساختار خمیر می‌شوند [۲۹]. همچنین اثر تضعیف‌کنندگی سبوس گندم بر حجم می‌تواند به دلیل ممانعت از گسترش سلول‌های گاز تا حد بهینه باشد. این اثر از طریق ایجاد یک مانع فیزیکی به وسیله ذرات فیبر موجود در سبوس در اطراف سلول‌های گازی، نمود پیدا می‌کند [۲۸]. بات و همکاران (۲۰۲۰)، گوشال و همکاران (۲۰۱۷)، شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۲۱) و تبان و همکاران (۲۰۲۰) حضور آنزیم زایلاناز در فرمولاسیون فراورده‌های پخت حاوی آرد کامل یا سبوس‌دار را عاملی موثر بر افزایش حجم دانستند [۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۲۲]. مکانیسم‌های متعددی باعث ایجاد توانایی افزایش حجم فراورده‌های پخت حاصل از آرد کامل گندم به وسیله آنزیم زایلاناز می‌شود. آنزیم زایلاناز آرابینوزایلان‌های غیرقابل استخراج با آب را به فرم قابل استخراج با آب تبدیل می‌کند که این امر باعث بهبود ظرفیت نگهداری گاز در خمیر حاوی آرد کامل و در نتیجه افزایش حجم می‌شود [۱۰]. به علاوه آنزیم زایلاناز پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای را به ساکاریدهای کوتاه زنجیر تجزیه می‌کند که این ترکیبات نسبت به پلی‌ساکاریدها مداخله کمتری در تشکیل شبکه گلوتنی می‌کنند [۳۳]. از سوی دیگر نقش امولسیفایرهای SSL و داتم و قند الکلی سوربیتول را در افزایش حجم مخصوص نمونه‌های کیک نباید نادیده گرفت. این افزایش حجم تحت تاثیر حضور امولسیفایرها در فرمولاسیون فراورده‌های پخت را می‌توان مرتبط با فراهم آوردن مقدار آب زیاد به وسیله این افزودنی‌ها در ماتریکس آرد دانست که سبب تسهیل برقراری پیوندهای عرضی میان پروتئین و نشاسته و تشکیل شبکه گلوتنی قوی‌تر می‌شود که طی فرایند پخت دارای ظرفیت نگهداری گاز بالاتری هستند[۳٤]. زو و همکاران (۲۰۱٦) با افزودن قند الکلی سوربیتول در فرمولاسیون نان حاصل از آرد سفید گزارش کردند استفاده از این افزودنی در مقادیر کمتر از ۸ درصد منجر به افزایش حجم مخصوص شد. این در حالی بود که با استفاده نامناسب از سوربیتول (سطوح بیش از ۸ درصد) اثر عکس (کاهش حجم مخصوص) مشاهده گردید [۳۵]. افزایش بیش از حد قندهای الکلی در فرمولاسیون فراورده‌های پخت سبب کاهش هیدراتاسیون شبکه گلوتنی و پیوستگی این شبکه و در نتیجه کاهش ظرفیت نگهداری گاز در خمیر و حجم مخصوص فراورده نهایی می‌شود [۳٦].

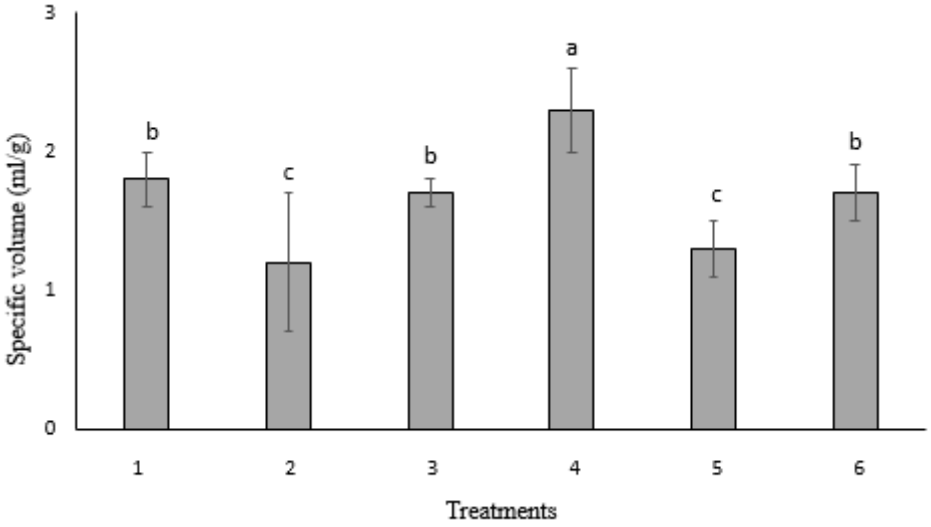

Fig 1- The effect of treatments on the specific volume of cupcakes.
Different letters represent significant differences from one another ($p<0.05$).

۳-٤-تخلخل

شکل ۲ نشان‌دهنده میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد بین درصد استخراج آرد و میزان تخلخل رابطه عکس وجود داشت. بدین معنا که با افزایش میزان سبوس در فرمولاسیون کیک (افزایش درجه استخراج آرد) از میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی کاسته شد. همچنین نتایج نشان داد حضور بهبوددهنده (آنزیم، امولسیفایر و قند الکلی) در فرمولاسیون کیک‌های روغنی سبوس‌دار باعث افزایش میزان تخلخل نمونه‌ها شد که به نظر می‌رسد، امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) در افزایش میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی نقش موثری داشتند. بیشترین میزان تخلخل به طور مشترک در نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۷۸ درصد و فاقد بهبوددهنده (تیمار ۱) و نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول (تیمار ٤) مشاهده شد. پاکیا-داس و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند افزودن مقادیر بالای سبوس به نان باعث تضعیف ساختار حفرات مغز نان و کاهش میزان تخلخل شد [۳۷]. گوشال و همکاران (۲۰۱۷) براساس نتایج مطالعه خود بیان نمودند خلل و فرج و منافذ بزرگتری در خمیر نان‌های حاصل از آرد کامل حاوی آنزیم زایلاناز در مقایسه با نان شاهد مشاهده شد. علت این امر انتشار میزان بیشتری از حباب‌های گاز در نان حاوی این آنزیم گزارش شد. این در حالی بود که در نان شاهد ساختار غیرپیوسته با تعداد حفرات کمتر بود [۳۱]. دودو و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص اثر افزودن امولسیفایر به فرمولاسیون فراورده‌های پخت به این نتیجه دست یافتند که امولسیفایرها باعث افزایش تعداد حفرات، فراکسیون سطح آن‌ها و افزایش تخلخل بافت درونی این دسته از محصولات می‌شوند که این امر منطبق با جذب آب بالا به وسیله امولسیفایرها و بهبود خصوصیات مرتبط با پایداری خمیر و افزایش ظرفیت نگهداری گاز در آن است [۱۵]. پژوهش پورفرزاد و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد امولسیفایر سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش اندازه سلول‌ها و تخلخل مغز نان داشت. این محققان گزارش کردند حصول چنین نتیجه‌ای به علت برهمکنش امولسیفایر SSL با اجزای آرد و افزایش ظرفیت نگهداری گاز در شبکه گلوتنی بود. طی فرایند پخت سلول‌های گاز با اندازه کوچک به حباب‌های گاز با

اندازه بزرگتر می‌پیوندند و هرچه میزان بهم آمیختگی آن‌ها بیشتر باشد اندازه حفرات مغز نان بیشتر می‌شود [۳۸].

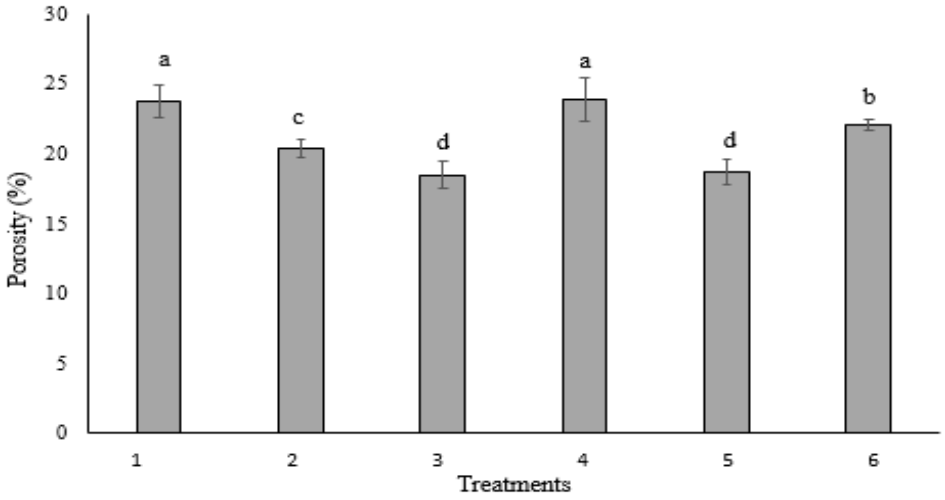

Fig 2- The effect of treatments on the porosity of cupcakes.
Different letters represent significant differences from one another ($p<0.05$).

٤-٤-بافت

جدول ۲ نشان‌دهنده میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی طی یک ماه نگهداری (۲ ساعت، یک و دو هفته و یک ماه پس از پخت) است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش درجه استخراج آرد بر سفتی بافت نمونه‌های تولیدی افزوده شد. این در حالی بود که حضور آنزیم زایلاناز، امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) و قند الکلی سوربیتول منجر به کاهش سفتی بافت کیک‌ها شدند. همچنین نتایج بیانگر افزایش میزان سفتی بافت تمام نمونه‌های تولیدی بود. لازم به ذکر است در روزهای اول نگهداری نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۷۸ درصد و فاقد بهبوددهنده (تیمار ۱) و نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول (تیمار ٤) دارای کمترین میزان سفتی بافت در مقایسه با سایر نمونه‌های تولیدی داشت. در حالی که پس از یک ماه نگهداری کیک‌ها نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول دارای کمترین میزان سفتی بافت بود. سبوس گندم از طریق از هم گسیختن پیوندهای عرضی میان نشاسته و گلوتن، موجب کاهش الاستیسیته و افزایش سفتی بافت درونی فراورده‌های نانوایی می‌شود [۳۹]. همچنین فیبرهای رژیمی موجود در سبوس به خصوص انواع نامحلول آن‌ها به طور معمول باعث تضعیف بافت محصولات پخت می‌گردد که علت آن رقابت برای جذب آب بین آن‌ها و شبکه گلوتنی است [٤۰]. بات و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند آنزیم زایلاناز به واسطه افزایش فیبرهای محلول و بهبود جذب آب در شبکه گلوتن-نشاسته باعث کاهش سفتی مغز نان شد [۳۰]. از طرفی باید گفت امولسیفایرها در فراورده‌های پخت به عنوان تقویت‌کننده ساختار خمیر عمل می‌کنند و ساختاری لایه لایه در سطح مشترک گلوتن و نشاسته تشکیل می‌دهند و موجب توسعه شبکه گلوتنی می‌شوند. همچنین از طریق بهبود خصوصیات رئولوژیکی خمیر از جمله افزایش خصوصیاتی همچون پایداری خمیر و گسترش پذیری آن در محصولات پخت حاوی آرد کامل و غنی شده با سبوس، موجب کاهش سفتی می شوند [٤۱]. سوربیتول نیز از طریق بهبود ظرفیت نگهداری آب در شبکه گلوتنی، باعث افزایش

نرمی بافت درونی محصولات نانوایی می‌شود. در واقع ترکیب فیبرها و قندهای الکلی باعث بهبود ویژگی‌های بافتی و نرمی بافت می‌شود. این امر می‌تواند بنا به افزایش ظرفیت نگهداری آب در اثر افزودن فیبرها و خاصیت جذب آب پلی‌ال‌ها باشد [۳۵]. شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۲۱) استفاده از امولسیفایر و آنزیم زایلاناز به طور همزمان را عاملی موثر بر بهبود بافت نان حاوی آرد با درجات مختلف استخراج (۸۸ و ۹٦ درصد) دانستند [۳۲].

Table 2- The effect of treatments on the firmness of cupcakes during one month.

Treatments	Firmness (N)			
	2 hours	1 week	2 week	1 month
1	5.2 ± 1.3^{c}	7.9 ± 0.4^{b}	12.1 ± 0.2^{c}	22.1 ± 0.4^{a}
2	7.7 ± 1.9^{b}	8.3 ± 1.7^{a}	14.7 ± 0.5^{b}	19.5 ± 0.5^{b}
3	9.0 ± 1.2^{a}	12.8 ± 0.2^{b}	19.2 ± 0.2^{a}	20.2 ± 0.2^{b}
4	4.9 ± 0.8^{c}	6.1 ± 0.2^{a}	8.9 ± 0.9^{d}	9.4 ± 0.7^{d}
5	9.2 ± 0.2^{a}	12.2 ± 1.4^{b}	14.5 ± 0.6^{b}	20.2 ± 0.3^{b}
6	7.4 ± 0.9^{b}	6.5 ± 0.1^{a}	9.2 ± 0.5^{d}	12.2 ± 0.3^{c}

Different letters in each column represent significant differences from one another ($p<0.05$).

٤-۵-رنگ پوسته (مولفه‌های $L^*a^*b^*$)

جدول ۳ نشان‌دهنده مولفه‌های $L^*a^*b^*$ پوسته نمونه‌های تولیدی است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش درجه استخراج آرد از میزان روشنایی (L^*) و زردی (b^*) کاسته و بر میزان قرمزی (a^*) افزوده شد. این در حالی بود که حضور مجموع آنزیم زایلاناز، امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) و قند الکلی سوربیتول در قالب یک بهبوددهنده منجر به افزایش روشنایی (L^*) و کاهش زردی (b^*) و قرمزی (a^*) پوسته نمونه‌های کیک شد. ایجاد رنگ قهوه‌ای مایل به زرد در پوسته فراورده‌های نانوایی یکی از عوامل نشان‌دهنده کیفیت محصول است. اما افزودن مقادیر بالای سبوس گندم در این دسته از محصولات، باعث کاهش روشنایی پوسته می‌شود، زیرا وجود قندهای احیاکننده در سبوس گندم نقش مهمی در واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی دارد و در نتیجه موجب کاهش مولفه رنگی L^* می‌شود [٤۱ و ۳۱]. گوشال و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند غنی‌سازی نان با ذرات سبوس گندم، منجر به کاهش رنگ زرد و اینجاد رنگ قرمز مایل به خاکستری در پوسته شد. این محققان نیز گزارش کردند آنزیم زایلاناز باعث افزایش روشنایی نان حاوی آرد کامل گندم شد [٤۲]. افزایش مولفه رنگی L^* در فراورده‌های نانوایی حاوی آنزیم زایلاناز ممکن است به واسطه توانایی این آنزیم در تبدیل آرابینوزایلان‌ها از فرم نامحلول به محلول و جذب آب آزاد شده از پنتوزان‌ها به وسیله شبکه گلوتنی باشد. این امر نشان می‌دهد که فراورده‌های نانوایی با جذب آب بیشتر دارای پارامتر روشنایی بالاتری هستند [٤۳]. ماتسوهیتا و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که افزودن آنزیم زایلاناز به نان حاوی آرد کامل گندم منجر به کاهش میزان قرمزی (a^*) پوسته نان در مقایسه با نمونه فاقد آنزیم شد [۳۳]. گوشال و همکاران (۲۰۱٦) حضور آنزیم زایلاز در نان تهیه شده از آرد کامل را عاملی بر افزایش زردی (b^*) دانستند [٤٤]. امولسیفایرها نیز با توجه به ظرفیت جذب آب بالا و افزایش جذب آب در خمیر، با رقیق‌سازی آمینواسیدها و قندها موجب افزایش پارامترهای روشنایی پوسته فراورده‌های نانوایی می‌شوند [٤۵]. احمد (۲۰۱٦) و بهیس و کار (۲۰۱٤) گزارش کردند قندهای الکلی از جمله سوربیتول منجر به افزایش روشنایی و کاهش زردی پوسته نان شد که علت آن عدم شرکت قندهای الکلی در واکنش مایلارد و برهمکنش با آمینواسیدها بود [٤٦ و ۳٦].

Table 3- The effect of treatments on the crust color of cupcakes

Treatments	Crust color values		
	L*	a*	b*

1	52.07±1.92[b]	6.52±0.77[c]	23.41±0.09[a]
2	55.49±1.76[a]	5.87±0.19[d]	20.97±1.87[b]
3	47.09±1.21[c]	8.41±1.24[a]	20.31±0.76[b]
4	50.94±0.22[b]	7.28±1.09[b]	18.58±0.25[c]
5	45.81±0.95[d]	8.53±0.21[a]	18.98±1.80[c]
6	48.044±1.89[c]	7.40±0.38[b]	18.21±0.59[c]

Different letters in each column represent significant differences from one another ($p<0.05$).

٦-٤-ویژگی های حسی

جدول ٤ و شکل ٣ به ترتیب نشان‌دهنده امتیاز ویژگی‌های حسی و پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد در بین نمونه های فاقد بهبوددهنده، نمونه تهیه شده از آرد با درجه استخراج ٧٨ درصد از بیشترین امتیاز فرم و شکل، پوکی و تخلخل، قابلیت جویدن و سفتی و نرمی بافت برخوردار بود. این بدین معناست که نمونه کیک‌های سبوس‌دار در غیاب بهبوددهنده (آنزیم زایلاناز، امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ٢-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) و قند الکلی سوربیتول) نتوانستند رضایت حداکثری ارزیابان حسی را به لحاظ پارامترهای بافتی کسب کنند و افزایش درجه استخراج آرد با کسب امتیاز این چهار ویژگی حسی رابطه عکس داشت. این در حالی بود که بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی و در نهایت امتیاز پذیرش کلی به نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ٨٨ درصد، ٠/٠٤ درصد آنزیم زایلاناز، ٠/٥ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ٢-لاکتیلات و ٣ درصد قند الکلی سوربیتول تعلق گرفت. سبوس گندم باعث تضعیف ویژگی های بافتی و ایجاد مزه و بوی نامطلوب در نان می شود [٨]. بررسی گوشال و همکاران (٢٠١٣) در خصوص تاثیر آنزیم زایلاناز بر کیفیت نان تولید شده با آرد کامل گندم نیز حاکی از بهبود قابل توجه ویژگی‌های حسی نان حاوی آنزیم زایلاناز بود. براساس نتایج این محققان مشخص شد نان‌های حاوی آنزیم زایلاناز بافت نرم‌تر، ساختار سلولی یکنواخت‌تر (تخلخل بیشتر) و بو و مزه بهتری نسبت به نمونه‌های فاقد این افزودنی داشتند [٤٢]. کومار و ساتینانا (٢٠١٤) گزارش کردند افزودن آنزیم زایلاناز به حاصل از آرد گندم کامل منجر به افزایش امتیاز ویژگی‌های حسی شد و نمونه‌های تولیدی مورد استقبال مصرف‌کنندگان شد [٤٧]. همچنین مطالعات شیخ‌الاسلامی و همکاران (٢٠٢١) نشان داد بیشترین امتیاز ویژیگی‌های حسی نان حاوی آرد سبوس‌دار به نان‌های حاوی مخلوط آنزیم زایلاناز و ا امولسیفایرهای سدیم استئاروئیل ٢-لاکتیلات (SSL) و استرهای مونو و دی گلیسرید تارتاریک اسید (داتم) تعلق گرفت. این فرضیه مطرح است که ترکیب امولسیفایرها و آنزیم زایلاناز، باعث ایجاد ساختار همگن و یکنواخت در بافت فراورده‌های پخت می‌شود که در آن گرانول‌های نشاسته، پیوند نزدیکی با پروتئین‌های گلوتنی دارند [٣٢]. دینگ و یانگ (٢٠٢١) افزودن قند الکلی سوربیتول به فراورده‌های نانوایی را عاملی موثر در بهبود ویژگی‌های حسی به ویژه سفتی و نرمی بافت و قابلیت جویدن از طریق افزایش ظرفیت اتصال آب به اجزای آرد دانست [٢٥].

Table 3- The effect of treatments on the crust color of cupcakes

Treatments	Sensory properties					
	Form	upper surface	Texture	Porosity	Chewiness	Odor&Taste
1	3.40±0.96[b]	4.00±0.81[b]	4.00±0.47[a]	3.20±0.44[b]	3.00±0.87[b]	4.40±0.81[a]
2	3.30±0.48[b]	3.30±0.67[c]	2.80±0.78[c]	3.30±0.51[b]	2.80±0.56[b]	3.30±0.67[b]
3	3.70±0.95[b]	2.50±0.53[d]	2.60±0.56[c]	4.00±0.85[a]	3.00±0.49[b]	3.30±0.53[b]
4	4.20±0.92[a]	4.80±0.42[a]	4.00±0.81[a]	4.20±0.82[a]	4.10±0.78[a]	4.20±0.42[a]
5	2.40±0.51[c]	2.70±0.67[d]	1.90±0.57[d]	2.60±0.51[c]	2.20±0.64[c]	3.10±0.67[b]
6	4.10±0.60[a]	3.90±0.87[b]	3.40±0.52[b]	4.10±0.58[a]	3.90±0.55[a]	4.20±0.87[a]

Different letters in each column represent significant differences from one another ($p<0.05$).

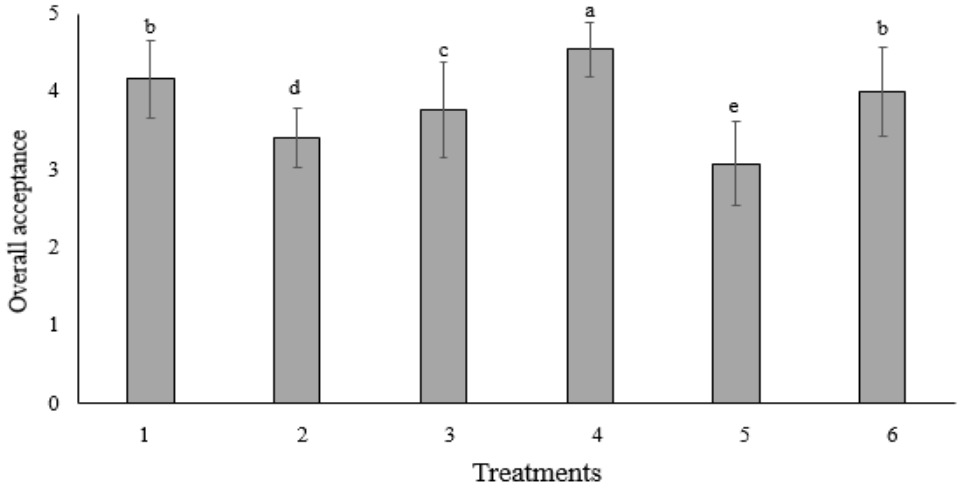

Fig 3- The effect of treatments on the overall acceptance of cupcakes.
Different letters represent significant differences from one another ($p<0.05$).

۵-نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش مشخص شد استفاده از آردهای سبوس‌دار (آرد با درجه استخراج بالا: ۸۸ و ۹٦ درصد) جایگزین آرد سفید (آرد با درجه استخراج ۷۸) در فرمولاسیون کیک روغنی به تنهایی امکان‌پذیر نیست و ویژگی‌های تکنولوژیکی و حسی فراورده تولیدی دستخوش تغییرات نامطلوب می‌شود. این در حالی است که با کاربرد مخلوطی از افزودنی‌ها (در قالب یک بهبوددهنده) نظیر آنزیم‌ها، امولسیفایرها و قندهای الکلی در فرمولاسیون فراورده‌های پخت سبوس‌دار می‌توان محصولی با کمیت و کیفیت مناسب ارائه نمود. همانطور که یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول به لحاظ سفتی بافت، حجم مخصوص، تخلخل، رنگ و ویژگی‌های حسی نسبت به سایر نمونه‌های تولیدی حتی نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۷۸ درصد و فاقد بهبوددهنده و نمونه حاوی آرد با درجه استخراج ۸۸ درصد، ۰/۰٤ درصد آنزیم زایلاناز، ۰/۵ درصد امولسیفایرهای داتم و سدیم استئاروئیل ۲-لاکتیلات و ۳ درصد قند الکلی سوربیتول برتری داشت و به عنوان بهترین نمونه این مطالعه به لحاظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی معرفی می‌گردد و تاییدکننده موفقیت تولید کیک روغنی سبوس‌دار با اصلاح شیمیایی (امولسیفایرها و قندالکلی سوربیتول) و آنزیمی (آنزیم زایلاناز) آرد است.

۵- منابع

[1] Ferng, L., Liou, C., Yeh, R., & Hsin, S. (2015). Food Hydrocolloids physicochemical property and glycemic response of chiffon cakes with different rice fl ours. Food Hydrocolloids, 53: 172–179.

[2] 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.

[3] Fekri, A., Torbati, M., Yari Khosrowshahi, A., Bagherpour Shamloo, H. and Azadmard-Damirchi, S. (2020). Functional effects of phytate-degrading, probiotic lactic acid bacteria and yeast strains isolated from Iranian traditional sourdough on the technological and nutritional properties of whole wheat bread. Food Chemistry, 306: 1–11.

[4] Rezaei, S., Najafi, M. A. and Haddadi, T. (2019). Effect of fermentation process, wheat bran size and replacement level on some characteristics of wheat bran, dough, and high-fiber Tafton bread. Journal of Cereal Science, 85, 56–61.

[5] Spaggiari, M., Ricci, A., Calani, L., Bresciani, L., Neviani, E., Asta, C. D. and Galaverna, G. (2019). Solid state lactic acid fermentation: A strategy to improve wheat branfunctionality. LWT - Food Science and Technology, 108668.

[6] Ozkaya, B. and Duman, B. (2016). Dephytinization of Wheat and Rice Brans by Hydrothermal Autoclaving Process and the Evaluation of Consequences for Dietary Fiber Content, Antioxidant Activity and Phenolics.

Innovative Food Science and Emerging Technologies, 39: 209–215.
[7] Jiang, Y., Zhao, Y., Zhu, Y., Qin, S., Deng, Y., & Zhao, Y. (2019). Effect of dietary fiber-rich fractions on texture, thermal, water distribution, and gluten properties of frozen dough during storage. Food Chemistry, 297: 124902.
[8] Tebben, L., Shen, Y. and Li, Y. (2018). Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. Trends in Food Science and Technology, 81: 10–24.
[9] Liu, W., Brennan, M. A., Serventi, L. and Brennan, C. S. (2017). Effect of cellulase, xylanase and α-amylase combinations on the rheological properties of Chinese steamed bread dough enriched in wheat bran. Food Chemistry, 234: 93–102.
[10] Altınel, B. and Ünal, S. S. (2017b). The effects of certain enzymes on the rheology of dough and the quality characteristics of bread prepared from wheat meal. Journal of Food Science and Technology, 54: 1628–1637.
[11] Colakoglu, A. S. and Ozkaya, H. (2012). Potential use of exogenous lipases for DATEM replacement to modify the rheological and thermal properties of wheat flour dough. Journal of Cereal Science, 55: 397–404.
[12] Suhendro, E. L., Waniska, R. D., Rooney, L. W. and Gomez, M. H. (1995). Effects of polyols on the processing and qualities of wheat tortillas. Cereal Chemistry, 72: 122–127.
[13] Tian, Y., Xu, X., Li, Y., Jin, Z., Chen, H. and Wang, H. (2009). Effect of β-cyclodextrin on the long-term retrogradation of rice starch. European Food Research and Technology, 228: 743–748.
[14] Liu, L., Sun, Y., Yue, Y., Yang, J., Chen, L., Ashraf, J. and Tong, L. (2020). Composition and foam properties of whole wheat dough liquor as affected by xylanase and glucose oxidase. Food Hydrocolloids, 108, 106050.
[15] 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.
[16] Bhise, S. and Kaur, A. (2017). Synergistic Effect of Polyols and Fibres on Baking, Sensory and Textural Quality of Bread with Improved Shelf Life. International Journal of CurrentMicrobiology and Applied Sciences, 6: 1–12.
[17] AACC, I. (2000). Approved Methods of the AACC. Association of Cereal Chemists, St. Paul. Abdul-Hamid, A., & Luan, Y. S. (2000). Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, 68, 15–19.
[18] Bárcenas, 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.
[19] Ronda, F. and Gomez, M. (2005). Effect of polyols and nondigestible oligosaccharids on the quality sugar free sponge cakes. Food Chemistry,90: 549-555.
[20] Sabbaghi, H., Ziaiifar, A. and Kashaninejad, M. (2018). Fractional conversion modeling of color changes in apple during simultaneous dry-blanching and dehydration process using intermittent infrared irradiation. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14(2): 383-397.
[21] Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A. H., Haddad Khodaparast, M. H. and Karimi, M. (2019). The effect of Balangu Shirazi (Lallemantia Royleana) gum on the quality of gluten-free pan bread containing pre-gelatinization simple corn flour with microeave Carpathain Journal of Food Science and Technology.
[22] Tebben, L., Chen, G., Tilley, M. and Li, Y. (2020). Individual effects of enzymes and vital wheat gluten on whole wheat dough and bread properties. Journal of Food Science, 85: 4201–4208.
[23] Shah, A. R., Shah, R. K., & Madamwar, D. (2006). Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from Aspergillus foetidus. Bioresource Technology, 97: 2047–2053.
[24] Pourfarzad, A., Khodaparast, M. H. H., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Davoodi, M. G., Sourki, A. H. and Razavizadegan Jahromi, S. H. (2011). Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. Journal of Food Process Engineering, 34: 1435–1448.
[25] Ding, S. and Yang, J. (2021). The effects of sugar alcohols on rheological properties, functionalities, and texture in baked products – A review. Trends in Food Science and Technology, 111: 670–679.
[26] Ding, S., Peng, B., Li, Y. and Yang, J. (2019). Evaluation of specific volume, texture, thermal features, water mobility, and inhibitory effect of staling in wheat bread affected by maltitol. Food Chemistry, 283: 123–130.
[27] Pourfarzad, A., Hossein, M. and Khodaparast, H. (2014). Optimization of a novel improver gel formulation for Barbari flat bread using response surface methodology. Journal of Food Science and Technology, 51: 2344–2356.
[28] Hemdane, S., Langenaeken, N. A., Jacobs, P. J., Verspreet, J., Delcour, J. A. and Courtin, C. M. (2018). Study of the role of bran water binding and the steric hindrance by bran in straight dough bread making. Food Chemistry, 253: 262–268.
[29] Courtin, C. M. and Delcour, J. Al. (2002). Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. Journal of Cereal Science, 35, 225–243.
[30] Both, J., Biduski, B., Gómez, M., Bertolin, T. E., Friedrich, M. T. and Gutkoski, L. C. (2020). Micronized whole wheat flour and xylanase

application: dough properties and bread quality. Journal of Food Science and Technology, 56: 3902–3912.
[31] Ghoshal, G., Shivhare, U. S. and Banerjee, U. C. (2017). Rheological properties and microstructure of xylanase containing whole wheat bread dough. Journal of Food Science and Technology, 54: 1928–1937.
[32] Sheikholeslami, Z., Mahfouzi, M., Karimi, M. and Ghiafehdavoodi, M. (2021). Modification of dough characteristics and baking quality based on whole wheat flour by enzymes and emulsifiers supplementation. LWT – Food Science and Technology, 139: 110794.
[33] Matsushita, K., Santiago, D. M., Noda, T., Tsuboi, K., Kawakami, S. and Yamauchi, H. (2017). The bread making qualities of bread dough supplemented with whole wheat flour and treated with enzymes. Food Science and Technology Research, 23: 403–410.
[34] Kurek, M. A., Wyrwisz, J., Piwińska, M. Wierzbicka, A. (2015). Influence of the wheat flour extraction degree in the quality of bread made with high proportions of β-glucan. Food Science and Technology, 35: 273–278.
[35] Zhou, C. F., Qian, P., Meng, J., Gao, S. M. and Lu, R. R. (2016). Effect of glycerol and sorbitol on the properties of dough and white bread. Cereal Chemistry, 93, 196–200.
[36] Bhise, S. and Kaur, A. (2014). Baking quality, sensory properties and shelf life of bread with polyols. Journal of Food Science and Technology, 51: 2054–2061.
[37] Packkia-Doss, P. P., Chevallier, S., Pare, A. and Le-Bail, A. (2019). Effect of supplementation of wheat bran on dough aeration and final bread volume. Journal of Food Engineering, 252: 28–35.
[38] Pourfarzad, A., Mohebbi, M. and Mazaheri-Tehrani, M. (2012). Interrelationship between image, dough and Barbari bread characteristics; use of image analysis to predict rheology, quality and shelf life. International Journal of Food Science and Technology, 47: 1354–1360.
[39] Penella, J. M. S., Collar, C. and Haros, M. (2008). Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread. Journal of Cereal Science, 48: 715–721.
[40] Rosell, C. M. (2019). Trends in Science of Doughs and Bread Quality. In Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (2nd ed.). Elsevier Inc.
[41] Atalay, M. H., Bilgiçli, N., Elgün, A. and Demir, M. K. (2013). Effects of buckwheat (fagopyrum esculentum moench) milling products, transglutaminase and sodium stearoyl-2-lactylate on bread properties. Journal of Food Processing and Preservation, 37: 1–9.
[42] Ghoshal, G., Shivhare, U. S. and Banerjee, U. C. (2013). Effect of xylanase on quality attributes of whole-wheat bread. Journal of Food Quality, 36: 172–180.
[43] Niu, M., Hou, G. G., Kindelspire, J., Krishnan, P. Zhao, S. (2017). Microstructural, textural, and sensory properties of whole-wheat noodle modified by enzymes and emulsifiers. Food Chemistry, 223: 16–24.
[44] Ghoshal, G., Shivhare, U. S. and Banerjee, U. C. (2016). Thermo-mechanical and microstructural properties of xylanase containing whole wheat bread. Food Science and Human Wellness, 5: 219–229.
[45] Bilgiçli, N., Demir, M. K. and Yilmaz, C. (2014). Influence of some additives on dough and bread properties of a wheat-lupin flour blend. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods, 6: 167–173.
[46] Ahmad, A. (2016). Optimization of Gluten Free Bread Formulation by Adding Xanthan Gum , Potato Starch and Sorbitol Using Response Surface Methodology. The National Conference for Postgraduate Research, 607–615.
[47] Kumar, Vikash, and Satyanaana, T. (2014). Production of thermo-alkali-stable xylanase by a novel polyextremophilic Bacillus halodurans TSEV1 in cane molasses medium and its applicability in making whole wheat bread. Bioprocess and Biosystems Engineering, 37: 1043–1053.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Production of cup cake containing whole wheat flour using chemical and enzymatic modification of the formulation

Zahra Sheikholeslami[1], Mahdi Karimi[2], Bahareh Sahraiyan[3*], Mojtaba Hadiyan[4]

1- Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

2- Associate professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

3- Assistant professor Food Quality and Safety Research Department, ACECR, Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran.

4- CEO and member of the board of directors of Razavi Food Industry Company

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/8/12

Accepted:2025/4/15

Keywords:

Functional cupcake,
Whole flour,
DATEM emulsifier,
Xylanase enzyme,
Sorbitol

DOI: 10.22034/FSCT.22.162.171.

*Corresponding Author E-

Baharehsahraiyan@yahoo.com

ABSTRACT

The issue of separating bran from wheat has emerged as a principal challenge in the production and consumption of wheat within the country. Beyond the economic implications stemming from the exclusion of bran, which is characterized by its fibrous texture and large particle size—both of which contribute to the diminished quality of bran-containing flour products—there is also a notable reduction in the nutritional value of refined flour compared to whole flour. To enhance the quality of baked goods made with bran, various additives are employed. Therefore, the objective of this research was to produce cupcakes using flour with extraction rates of 78%, 88%, and 96%, while incorporating xylanase enzyme (0.4%), sodium stearoyl lactylate (SSL) emulsifiers, and mono- and diglyceride esters of tartaric acid (DATEM) (0.5%) as well as sorbitol (3%) as a sugar alcohol, followed by the evaluation of the quantity and quality of the final product. The results indicated that increasing the flour extraction rate and the presence of additives in the formulation led to an increase in the moisture content of the samples. Conversely, as the percentage of bran increased (resulting from a higher extraction rate), both the specific volume and porosity of the cupcakes decreased. The inclusion of the improvement agents (a mixture of enzyme, emulsifiers, and sugar alcohol) contributed to an increase in these two parameters. The cupcake sample containing flour with an extraction rate of 88%, along with the enzyme, emulsifiers, and sugar alcohol, exhibited the lowest textural firmness over a one-month storage period. Additionally, the increase in flour extraction and the presence of improvement agents corresponded to a diversification in the surface coloration of the cupcakes, resulting in darker and lighter shades, respectively. Ultimately, the sample comprising flour with an extraction rate of 88%, 0.4% xylanase enzyme, 0.5% DATEM and SSL emulsifiers, and 3% sorbitol emerged with the highest overall acceptance score, thus being recognized as the optimal sample.