بهینه‌سازی فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن حاوی آرد برنج، جوانه برنج قهوه‌ای، بادام زمینی و بذرکتان

حبیب اسدالله نژاد رودبنه[a]، سارا جعفریان[b] *، لیلا روزبه نصیرایی[b]، مهدی شریفی سلطانی[c]

[a] دانشجوی دکترای گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.
[b] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.
[c] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1402.20.2.6.6 DOI:10.30495/JFTN.2022.68941.11216

چکیده

مقدمه: کوکی‌ها به‌دلیل ماندگاری طولانی و هزینه کم تولید، مطلوب‌ترین محصولات خانواده شیرینی‌جات برای افراد در تمام سنین به‌شمار می‌روند. حذف شکر، جایگزین‌کردن چربی‌های غیراشباع و تولید فرآورده‌ای عاری از گلوتن می‌تواند به بهبود سطح سلامت جامعه کمک کند و به این ترتیب کوکی‌ها می‌توانند به‌عنوان محصولی برای رساندن مواد مغذی ضروری به بدن افراد مبتلا به بیماری سلیاک مورد مصرف قرار گیرند. برای این منظور فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن انجام شد.

مواد و روش‌ها: متغیرهای مستقل شامل آرد بادام‌زمینی (۵ تا ۱۵ درصد)، آرد برنج (۶۵ تا ۹۰ درصد)، آرد جوانه برنج قهوه‌ای (۵ تا ۱۵ درصد) و پودر بذرکتان (۰ تا ۳ درصد) و متغیرهای پاسخ، شامل؛ فعالیت آبی، سختی، نسبت پهن‌شوندگی و پذیرش کلی در نظر گرفته شد. رابطه عملکردی بین پارامترهای مؤثر بر فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن با استفاده از طرح آزمایشی باکس بنکن تعیین شد.

یافته‌ها: در این مطالعه هدف از بهینه‌یابی دستیابی به بالاترین درصد گسترش‌پذیری، سختی و مقبولیت کلی و هم‌چنین کاهش میزان فعالیت آبی است که از شاخص‌های کیفی مهم کوکی می‌باشند. بر اساس مدل‌های انتخاب‌شده، فرمولاسیون بهینه انتخابی توسط نرم‌افزار شامل ۸۸/۲۳ ٪ آرد برنج، ۱۵٪ جوانه برنج قهوه‌ای، ۱/۵۵٪ بذرکتان و ۱۱/۴۵٪ بادام‌زمینی معرفی گردید. براساس نتایج با افزایش هر ۴ فاکتور مستقل، میزان گسترش‌پذیری، میزان سفتی و پذیرش کلی افزایش یافته و میزان فعالیت آبی کاهش یافت. به‌طور کلی، کوکی‌های با کیفیت بالا، دارای سفتی مطلوب، گسترش‌پذیری بالا، بی‌نظمی ظاهری کمتر، رنگ قهوه‌ای، ظاهر جذاب و عطر و طعم دلپذیر هستند.

نتیجه‌گیری: استفاده توأم از این ترکیبات در غلظت مناسب می‌تواند علاوه‌بر افزایش سختی و هم‌چنین گسترش‌پذیری، بدون ایجاد تأثیر نامطلوب بر خصوصیات حسی کوکی، با داشتن خواص مفید تغذیه‌ای و سلامتی‌بخش، به‌عنوان یک محصول بدون گلوتن مورد استفاده قرار گیرند که درنتیجه آن می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی برای سلامت افراد مبتلا به بیماری سلیاک مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: *برنج قهوه‌ای، سلیاک، فراسودمند، کوکی، گلوتن.*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: Drsjafarian@yahoo.com

مقدمه

کوکی‌ها، شیرینی‌های مهمی هستند که به‌دلیل تولید کم‌هزینه، سهولت در پخت، ماندگاری طولانی و کیفیت غذایی مطلوب، برای تمام گروه‌های سنی مطلوب هستند. علاوه‌براین کوکی‌ها می‌توانند به‌عنوان وسیله‌ای برای رساندن مواد مغذی ضروری به بدن افراد مبتلا به بیماری سلیاک مورد استفاده قرار گیرند. بیماران مبتلا به سلیاک، به علت آسیب روده‌ای که موجب اختلال در جذب مواد مغذی و ریزمغذی‌ها، نفخ در ناحیه شکم، اسهال و یبوست شدید می‌شود، به میزان روزانه بیشتری از کالری، پروتئین، فیبر، ویتامین و موادمعدنی نیاز دارند (Taranto *et al*., 2012). بیماری سلیاک یا اسپروی سلیاک اختلال خودایمنی روده باریک با زمینه ژنتیکی است. در این بیماری گوارشی پرزهای روده باریک آسیب دیده و در جذب مواد اختلال ایجاد می‌کند. در صورتی‌که بیماران مبتلا به سلیاک پروتئینی از دسته گلوتن (گلیادین) که در برخی از غلات مانند گندم، جو، چاودار و گاه جوی دوسر وجود دارد را مصرف کنند، دچار علایم عدم تحمل می‌شوند (Olawoye *et al*., 2020). بنابراین تولید انواع محصولات مغذی و سالم برای بیماران مبتلا به سلیاک، از اهمیت بسیاری برخوردار است. با این‌حال، گروه محصولات مناسب برای بیماران سلیاک محدود و کمیاب است، زیرا این یک چالش برای تولید محصولات نانوایی و شیرینی‌پزی بدون گندم است، به‌دلیل آن‌که گندم عامل ایجاد خواص ویسکوالاستیک و تشکیل خمیری منسجم می‌باشد (Olawoye *et al*., 2020). محققین معتقدند که بیماری سلیاک می‌تواند با اجتناب از مصرف گلوتن مهارشود (Demirkesen, 2016).

تولید کوکی‌های بدون گلوتن، با کیفیت بالا نیاز به تشکیل خمیر چسبنده مشابه خمیر حاصل از آرد گندم دارد (Jan *et al*., 2016). در خمیر بیسکوییت و کوکی برخلاف خمیر نان، نیاز به تشکیل شبکه منسجم و کامل گلوتن نیست. که این خود اجازه می‌دهد موادمغذی متنوع‌تری در تولید کوکی‌های بدون گلوتن استفاده شود. از این‌رو کوکی‌های بدون گلوتن، توان بالقوه‌ای از لحاظ مواد مغذی ضروری در رژیم غذایی بیماران سلیاک برخوردار هستند (Schober, *et al*., 2005).

برنج که حاوی مقادیر سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و دارای مقدار زیادی کربوهیدرات آسان هضم است، یکی از مناسب‌ترین غلات جانشین گندم برای فرمولاسیون محصولات بدون گلوتن است (Man *et al*., 2010). برنج قهوه‌ای جوانه‌زده یک ماده‌غذایی فراسودمند است که دارای نرخ هضم و جذب بالا و حاوی موادمغذی نظیر گاماآمینوبوتیریک اسید و فرولیک اسید در مقادیر چند برابر برنج قهوه‌ای معمولی است. دارای طعم شیرین‌تر از برنج قهوه‌ای بوده و بافت و قابلیت پخت بهتری دارد و میزان لیزین، نیاسین، منیزیم ویتامین B_1، گاما اوریزانول و مهارکننده پرولیل آندوپپتید بالاتری دارد. ترکیبات تغذیه‌ای برنج قهوه‌ای عمدتاً در جوانه و سبوس قرار دارد که در اثر فرآیند آسیاب‌کردن یا پولیش نمودن حذف می‌شود (Monks, *et al*., 2013).

بادام‌زمینی منبع غذایی عالی و مقرون به‌صرفه بوده که مکمل‌های غذایی ضروری برای بدن انسان چون پروتئین، کربوهیدرات، چربی‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر غذایی را تأمین می‌کند. اهمیت تغذیه بادام‌زمینی به علت انرژی و مؤلفه‌های رشد بهتر در آن است که شامل کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، موادمعدنی و برخی از اسیدهای آلی می‌شود. کره بادام‌زمینی، مخلوطی از روغن بادام‌زمینی به‌همراه بادام‌زمینی بوداده آسیاب‌شده پراکنده در آن است. کره بادام‌زمینی منبع مناسبی برای تأمین پروتئین و فیبر است و میزان چربی آن کم است. بنابراین به‌طور مداوم برای تهیه محصولات غذایی کم‌کالری بهبود یافته، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Settaluri,*et al*., 2012).

بذر کتان به‌دلیل ارزش غذایی بیولوژیکی بالا، میزان قابل‌توجه چربی، فیبر، پروتئین و سهولت دستیابی به‌عنوان یک غنی‌کننده با توجیه اقتصادی بالا استفاده می‌شود. این گیاه دارای حدود ۳۸ تا ۴۵ درصد روغن، ۲۵ درصد فیبر، ۱۹ تا ۲۹ درصد پروتئین بوده و به‌عنوان یک غنی‌کننده با توجیه اقتصادی بالا در ایالات متحده آمریکا و بیشتر کشورهای اروپایی در تولید محصولات غذایی و صنایع پخت نظیر نان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Khouryieh, & Aramouni, 2012).

Schmelter و همکاران در سال ۲۰۲۱ به جایگزینی آرد باقلا به‌جای آردگندم در کوکی پرداختند. مقادیر بالای پروتئین و فیبر در فرمولاسیون منجر به افزایش سختی و

رنگ تیره‌تر کوکی‌ها شد. تنوع ارقام باقلا به‌طور قابل‌توجهی بر طعم و مزه تأثیر گذاشت. آنها نتیجه گرفتند که امکان تولید کوکی‌های بدون گلوتن از آرد باقلا رقم *Vicia faba* وجود دارد. Bolarinwa و همکاران در سال ۲۰۱۹ ویژگی‌های کوکی بدون گلوتن تهیه شده از آرد جوانه برنج قهوه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نمونه شامل ۷۵ درصد آرد برنج قهوه‌ای و ۲۵ درصد نشاسته سیب‌زمینی دارای بالاترین امتیاز حسی برای بافت و پذیرش کلی بود. Karami و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی ویژگی‌های عملکردی نمونه آردها و ترکیب آرد ارزن و آرد برنج با نسبت‌های مختلف در تهیه کوکی بدون گلوتن پرداختند. کوکی‌هایی که حاوی آرد ارزن بیشتری نسبت به نمونه‌های دیگر بودند، سفتی بافت بالاتر، فعالیت آبی پایین‌تر و بیشترین افت پخت را از خود نشان دادند.

اخیراً توجه مصرف‌کنندگان به محصولات غذایی کم‌کالری با تأکید بر دنبال‌کردن یک رژیم غذایی سالم و افزایش فیبر در یک رژیم متعادل، معطوف گشته‌است. از دید صنعت غذایی، درک عملکرد این موادخام به‌منظور مدیریت و تنظیم کیفیت محصول نهایی، بسیار ضروری است. کوکی‌ها شیرینی‌های مهمی هستند که به‌دلیل ماندگاری طولانی و هزینه کم تولید، مطلوب‌ترین محصولات خانواده شیرینی‌جات برای افراد در تمام سنین به‌شمار می‌روند. حذف شکر، جایگزین‌کردن چربی‌های غیراشباع و تولید فرآورده‌ای عاری از گلوتن می‌تواند به بهبود سطح سلامت جامعه کمک کند و به این ترتیب کوکی‌ها می‌توانند به‌عنوان محصولی برای رساندن مواد مغذی ضروری به بدن افراد مبتلا به بیماری سلیاک مورد مصرف قرار گیرند (Jan *et al*., 2016). این پژوهش بر پایه استفاده از مواد دارای ارزش تغذیه‌ای بالا و بدون گلوتن بنا نهاده شده است که می‌تواند ضمن حفظ ویژگی‌های کیفی و حسی محصول، نیازهای اصلی گروه مصرف‌کنندگان هدف را تأمین کند.

مواد و روش‌ها

- مواد

در این پژوهش بذر کتان از عطاری معتبر، آرد برنج، برنج قهوه‌ای و بادام زمینی و سایر مواد اولیه شامل پودرشکر، شورتنینگ، تخم‌مرغ، وانیل و نمک از فروشگاه‌های معتبر مواد غذایی تهیه شد. مواد شیمیایی از جمله اتانول از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

- بهینه‌سازی فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن

برای تهیه کوکی، ۵۰ گرم شورتنینگ و ۴۰ گرم شکر به‌مدت ۵ دقیقه با دور متوسط همزن (Feller- ساخت آلمان) مخلوط و به‌دنبال آن تخم‌مرغ، وانیل، و ۲۰ میلی‌لیتر آب اضافه شده و به‌مدت ۳ دقیقه مخلوط شد. ۱ گرم نمک و ۱ گرم سدیم بی‌کربنات همراه با آردهای بدون گلوتن به‌منظور تشکیل خمیر مطابق با فرمولاسیون‌های ارائه شده توسط نرم‌افزار مخلوط گردیدند. خمیر به‌صورت ورقه‌هایی با ضخامت یکسان ۰/۶ سانتی‌متر درآمد و به‌مدت نیم‌ساعت در دمای یخچال استراحت داده شد. سپس توسط قالب‌هایی با قطر ۵ سانتی‌متر برش داده شد. جهت پخت در فر در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت (Sharma *et al*., 2016).

در این پژوهش متغیرهای مستقل شامل؛ آرد بادام‌زمینی (۵ تا ۱۵ درصد)، آرد برنج (۶۵ تا ۹۰ درصد)، آرد جوانه برنج قهوه‌ای (۵ تا ۱۵ درصد) و پودر بذرکتان (۰ تا ۳ درصد) و متغیرهای پاسخ، شامل؛ فعالیت آبی، سختی، نسبت پهن‌شوندگی و پذیرش کلی در نظر گرفته شد. رابطه عملکردی بین پارامترهای مؤثر بر فرمولاسیون کوکی از طریق نرم‌افزار Design Expert11 با استفاده از روش RSM[1] و طرح آزمایشی باکس بنکن (BBD)[2] تعیین شد. سایر مواد متشکله شامل شکر، شورتنینگ، سدیم بی‌کربنات، پودر وانیل و نمک در تمامی تیمارها ثابت درنظر گرفته‌شد. در مجموع ۲۹ آزمایش توسط نرم‌افزار پیشنهاد گردید. سپس فرمولاسیون کوکی براساس این تیمارها (جدول ۱) انجام شد. آزمایشات مربوط نیز در سه تکرار انجام شدند.

- انجام آزمون‌ها بر روی تیمارهای کوکی

الف- فعالیت آبی (aw[3])

بدین منظور ابتدا تیمارهای کوکی خرد شده، پس از ریخته‌شدن داخل ظرف مخصوص نمونه درون دستگاه واتر اکتیویته novasina (مدل LabStart، کره) قرار گرفت.

[1] Response Surface Methodology
[2] Box-Behnkenn
[1] Water Activity

فعالیت آبی کوکی‌ها در دمای ثابت خوانده شد (Dhankhar *et al*., 2013).

ب- گسترش‌پذیری[1]

گسترش‌پذیری کوکی از نسبت قطر به ضخامت به‌دست آمد (Naseer *et al*., 2021). جهت اندازه‌گیری قطر، با استفاده از کولیس (TUFF- چین) لبه تا لبه هر کوکی اندازه‌گیری شد. سپس هر کوکی به میزان ۹۰ درجه چرخانده شده و مجدداً قطر آن اندازه‌گیری گردید. میانگین آنها به‌عنوان قطر کوکی ثبت گردید (Olawoye *et al*., 2020). جهت اندازه‌گیری ضخامت کوکی، ۶ کوکی به‌طور تصادفی انتخاب، و بر روی یکدیگر قرار داده‌شد و توسط کولیس قطر آنها اندازه‌گیری شده و میانگین آنها محاسبه گردید. بار دیگر ضخامت هر یک به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد و میانگین این دو به‌عنوان ضخامت نهایی گزارش شد (Naseer *et al*., 2021).

ج- بافت

ارزیابی بافت ۲۴ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج، (TexMax TX-100، انگلستان) با نرم‌افزار Expert Texture صورت گرفت. تیمارهای کوکی برای اندازه‌گیری میزان سفتی (برحسب نیوتن) روی پایه مخصوص آزمون خمش در سه نقطه به فاصله ۴ سانتی‌متر روی دستگاه بافت‌سنج، قرار داده شد. پروب با سرعت ۵mm/s به طرف پایین حرکت کرده و پس از برخورد به سطح نمونه و شکستن آن، به سمت بالا حرکت نمود (کرمی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Olawoye *et al*., 2020).

د- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های کوکی به روش امتیازدهی از محدوده ۵ (بسیار خوب) تا ۱ (بسیار بد) به کمک ۱۵ نفر ارزیاب انجام شد. ویژگی‌های حسی مورد ارزیابی شامل رنگ و ظاهر، عطرو بو، بافت، طعم ومزه، احساس دهانی و پذیرش کلی بود (Jan *et al*., 2016).

در نهایت فرمولاسیون بهینه کوکی براساس نتایج آزمون‌های حسی، بافت، گسترش‌پذیری و فعالیت آبی، انتخاب گردید.

- تجزیه و تحلیل آماری

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون از نرم‌افزار Design Expert 11، استفاده گردید. داده‌های به‌دست‌آمده این مطالعه بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح آماری استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمایش‌های بررسی اثر چهار متغیر فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن از جمله درصد بادام‌زمینی (X1)، درصد جوانه برنج قهوه‌ای (X2)، درصد بذرکتان (X3) و آرد برنج (X4)، بر چهار ویژگی کوکی (فعالیت آبی، سختی، گسترش‌پذیری و پذیرش کلی) در قالب طرح BBD در جدول ۴-۱ ارائه شده است:

تأثیر چهار متغیر فعالیت آبی، سختی، گسترش‌پذیری و پذیرش کلی بر روی پاسخ‌ها با استفاده از مدل‌های انتخاب‌شده در جدول ۲ بررسی‌شده است. برای تأیید نتایج، آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. پس از تجزیه داده‌ها جهت تعیین بهترین مدل پیشنهادی از میان مدل‌های موجود با توجه به جدول تجزیه واریانسی، مدلی که مقدار مجموع مربعات آن دارای اختلاف معنی‌دار باشد و مقدار عدم برازش آن معنی‌دار نشود، به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد. لذا پس از بررسی نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه مدل‌های رگرسیونی نتایج حاکی از آن بود که مدل Quadratic برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان پاسخ فعالیت آبی، گسترش‌پذیری و پذیرش کلی، و مدل Cubic برای پاسخ سختی، انتخاب‌شده که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با سایر مدل‌ها بوده‌اند. معادلات رگرسیونی به شرح ذیل می‌باشند:

هرچه میزان R^2 و $R^2_{adjusted}$ در مدل برازش‌شده به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده بالاتر بودن قدرت و دقت مدل رگرسیون در پیش‌بینی و برازش داده‌ها می‌باشد (Hadidi, *et al*., 2020).

[1] Spread Ratio

جدول ۱- طراحی آزمایش باکس بنکن و پاسخ آزمون‌ها

Table 1- Box-Behnken design and responses

Run	Independent Variables				Responses			
	Peanut (%)	Brown Rice germ (%)	Flaxseed (%)	Rice (%)	Water activity	Hardness (N)	Width ratio(mm)	General acceptance
1	15	5	1.5	79	0.3	22	3.1	3
2	10	15	3	79	0.23	24	3.4	4
3	5	15	1.5	79	0.22	23	3.3	4
4	5	10	1.5	68	0.38	22	3.1	2
5	10	10	1.5	79	0.26	22	3.3	4
6	10	15	1.5	90	0.21	26	3.4	5
7	10	10	3	90	0.25	22	3.1	3
8	15	10	1.5	68	0.36	22	3.2	2
9	10	15	1.5	68	0.35	21	3.4	2
10	10	10	0	90	0.27	24	3	3
11	15	10	1.5	90	0.21	21	3.2	4
12	15	10	3	79	0.25	20	3.2	3
13	15	15	1.5	79	0.2	24	3.5	4
14	5	10	0	79	0.29	27	3	4
15	15	10	0	79	0.28	20	3.1	3
16	10	10	1.5	79	0.26	22	3.3	4
17	10	10	3	68	0.3	21	3.1	2
18	5	5	1.5	79	0.35	21	3	3
19	10	5	3	79	0.27	23	3.1	4
20	10	5	0	79	0.32	23	3	3
21	10	10	0	68	0.38	23	3	2
22	10	5	1.5	68	0.38	20	3.2	2
23	10	10	1.5	79	0.26	22	3.3	4
24	10	15	0	79	0.29	24	3.3	5
25	5	10	3	79	0.26	24	3	4
26	5	10	1.5	90	0.23	27	3.1	3
27	10	5	1.5	90	0.23	24	3.2	4
28	10	10	1.5	79	0.26	22	3.3	4
29	10	10	1.5	79	0.26	23	3.3	5

* بالاترین امتیاز پذیرش کلی برابر ۵ و کمترین امتیاز برابر با ۱ است.

Water activity = +0.2600 - 0.0108 X1 -0.0292X2 -0.0225X3 -0.0625X4 +0.0075X1X2 +0.0000X1X3 +0.0000X1X4 -0.0025X2X3 +0.0025X2X4 +0.0150X3X4 +0.0025$X1^2$ +0.0050$X2^2$ +0.0100$X3^2$ +0.0300$X4^2$

Hardness= +22.20 -1.50X1 +0.7500X2 -1.00X3X4 +0.0000X1X2 +0.7500X1X3 -1.50X1X4 +0.0000X2X3+0.2500X2X4+0.0000X3X4+0.1917$X1^2$+0.4417$X2^2$+0.4417$X3^2$+0.1917$X4^2$+0.0000X1X2X3+0.0000X1X2X4+0.0000X1X3X4+0.0000X2X3X4+0.2500 $X1^2$ X2 +0.2500 $X1^2$X3 +0.5000 $X1^2$X4 +2.00 X1$X2^2$ -1.25 X1$X3^2$ +0.0000 X1$X4^2$ +1.00 $X2^2$X3 +1.75 $X2^2$X4 -0.2500 X2$X3^2$ +0.0000 X2$X4^2$ +0.0000 $X3^2$X4 +0.0000 X3$X4^2$ +0.0000 $X1^3$ +0.0000 $X2^3$+0.0000 $X3^3$+0.0000 $X4^3$

width ratio= +3.30+0.0667X1+0.1417X2+0.0417X3+0.0000X4+0.0250X1X2+0.0250X1X3 +0.0000X1X4+0.0000X2X3+0.0000 X2X4+0.0000 X3X4-0.0917 $X1^2$+0.0458 $X2^2$-0.1542 $X3^2$-0.0667 $X4^2$

overall acceptance= +4.20 -0.0833X1+0.4167X2+0.0000X3+0.8333X4+0.0000X1X2 +0.0000X1X3+0.2500X1X4-0.5000X2X3+0.2500X2X4+0.0000X3X4-0.4750 $X1^2$+0.0250 $X2^2$-0.3500 $X3^2$-1.10 $X4^2$

جدول ۲- نتایج مدل‌سازی پاسخ‌ها

Table 2- Response modeling results

Response	Water activity	Hardness	width ratio	overall acceptance
Model	Quadratic	Cubic	Quadratic	Quadratic
p-value	0.0002	0.0078 <	0.0001 <	0.002
R-Squared	0.892	0.967	0.956	0.838
Adj R-Squared	0.784	0.847	0.912	0.676
Adeg-Precision	10.84	10.87	16.72	8.62
Lack-of-fit	N. S	N. S	N. S	N. S
C.V. %	8.91	3.18	1.35	15.76
A-Peanut	0.1541	0.0060	< 0.0001	0.5999
B-Rice germ	0.0012	0.0832	< 0.0001	0.0178
C-flaxseed	0.0074	0.0325	0.0047	1.0000
D-Rice	< 0.0001	0.2157	1.0000	< 0.0001
AB	0.5566	1.0000	0.2639	1.0000
AC	1.0000	0.0832	0.2639	1.0000
AD	1.0000	0.0060	1.0000	0.3683
BC	0.8438	1.0000	1.0000	0.0841
BD	0.8438	0.5149	1.0000	0.3683
CD	0.2483	1.0000	1.0000	1.0000
A^2	0.8019	0.5245	< 0.0001	0.0411
B^2	0.6171	0.1706	0.0167	0.9074
C^2	0.3238	0.1706	< 0.0001	0.1197
D^2	0.0083	0.5245	0.0014	0.0001

- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر فعالیت آبی تیمارهای کوکی

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم موادغذایی بوده که از نقطه‌نظر حفظ سلامت ماده غذایی، زمان نگهداری، طعم، رنگ و ارزش غذایی آن و بالاخره جنبه‌های اقتصادی دارای اهمیت فوق العاده‌ای است. فعالیت آبی نشان‌دهنده حساسیت موادغذایی به فساد میکروبی و هم‌چنین میزان خشکی محصول است. تحت تأثیر دما و pH بوده و یکی از مهم‌ترین عوامل رشد میکروبی به‌شمار می‌رود (Pirouti *et al*., 2020). به‌طوری‌که فعالیت آبی بیشتر از ۰/۸ سبب تسهیل رشد میکروب‌های مختلف می‌شود (Olawoye *et al*., 2020). در مواد غذایی که تغییرات بیولوژی و شیمیایی در آن‌ها سریع‌تر اتفاق می‌افتد، فعالیت آبی بالاتری مشاهده می‌گردد (Hamdani *et al*., 2020). در فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن ترکیباتی مانند شکر و صمغ، با باند کردن آب، میزان آب در دسترس برای رشد میکروبی را کمتر می‌کنند (Einhorn-Stoll *et al*., 2012).

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مدل Quadratic برای میزان فعالیت آبی از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش‌یافته است. نتایج به‌دست‌آمده برای ضریب تبیین ۰/۹۱۶ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۸۳۳ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر فاکتورهای مستقل بر فعالیت آبی در شکل ۱ آمده است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود با افزایش هر چهار فاکتور مستقل (بادام‌زمینی، برنج، جوانه برنج قهوه‌ای و بذر کتان) میزان فعالیت آبی به‌طور معناداری ($p< ۰/۰۵$) کاهش می‌یابد.

- -بررسی اثر متغیرهای مستقل بر میزان سختی تیمارهای کوکی

ویژگی بافتی یکی از عوامل کلیدی برای ارزیابی کیفیت کوکی‌ها است و سختی، ضروری‌ترین ویژگی بافتی برای کوکی‌ها به‌شمار می‌رود (Jan *et al*., 2016). حداکثر نیروی ثبت‌شده از منحنی نیرو/ فاصله (حداکثر نیروی مورد نیاز برای شکستن کوکی یا حداکثر مقاومت کوکی در هنگام شکستن) به‌عنوان سختی، استحکام و نیروی شکستن گزارش شده‌است (Mamat *et al*., 2010; Schmelter *et al*., 2021). سفتی کوکی‌ها به فاکتورهای ازجمله محتوای رطوبت، فعالیت آبی و افت پخت بستگی دارد. علاوه‌براین، نوع و مقدار ترکیبات تشکیل‌دهنده محصول به شدت بر روی سفتی و ویژگی‌های بافتی آن تأثیرگذار است (Christ-Ribeiro *et al*., 2021).

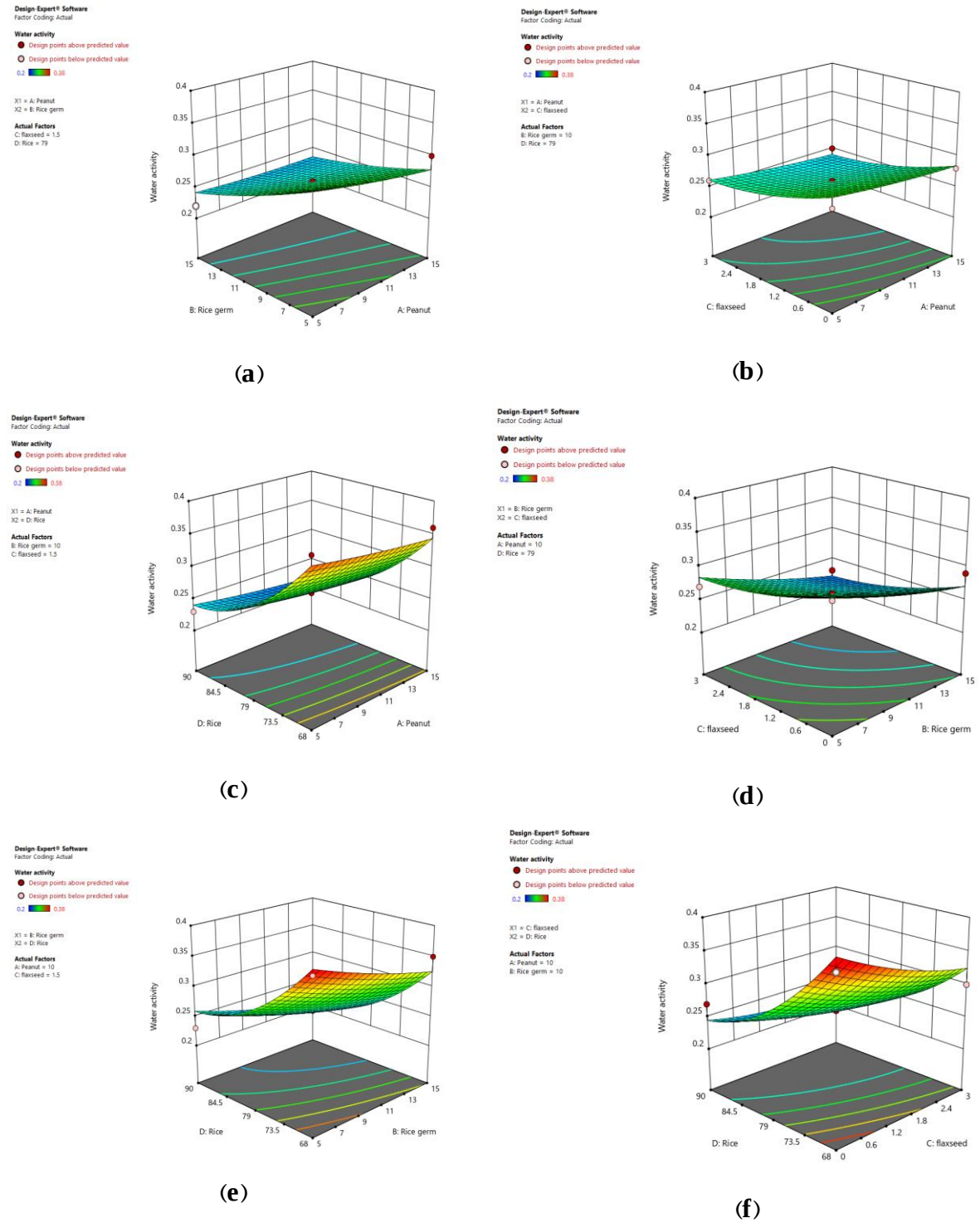

Figure 1- Response level diagram showing the effect of factors a) peanuts (%) and brown rice germ (%), b) peanuts (%) and flaxseed (%), c) peanuts (%) and rice flour (%), d) Brown rice germ (%) and flaxseed (%), e) rice flour (%) and brown rice germ (%), and) seed (%) and rice flour (%) on the water activity of the treatments.

شکل ۱-نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر فاکتورهای a) بادام‌زمینی (٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، b) بادام‌زمینی (٪) و بذر کتان (٪)، c) بادام‌زمینی (٪) و آردبرنج (٪)، d) جوانه برنج قهوه‌ای (٪) و بذر کتان (٪)، e) آردبرنج(٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، f) بذرکتان (٪) و آردبرنج (٪) بر فعالیت آبی تیمارها.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مدل Cubic برای میزان سفتی و سختی از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش‌یافته است. نتایج به‌دست‌آمده برای

ضریب تبیین ۰/۹۶۷ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۸۴۷ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر فاکتورهای مستقل بر میزان سفتی در شکل ۲ آورده شده است.

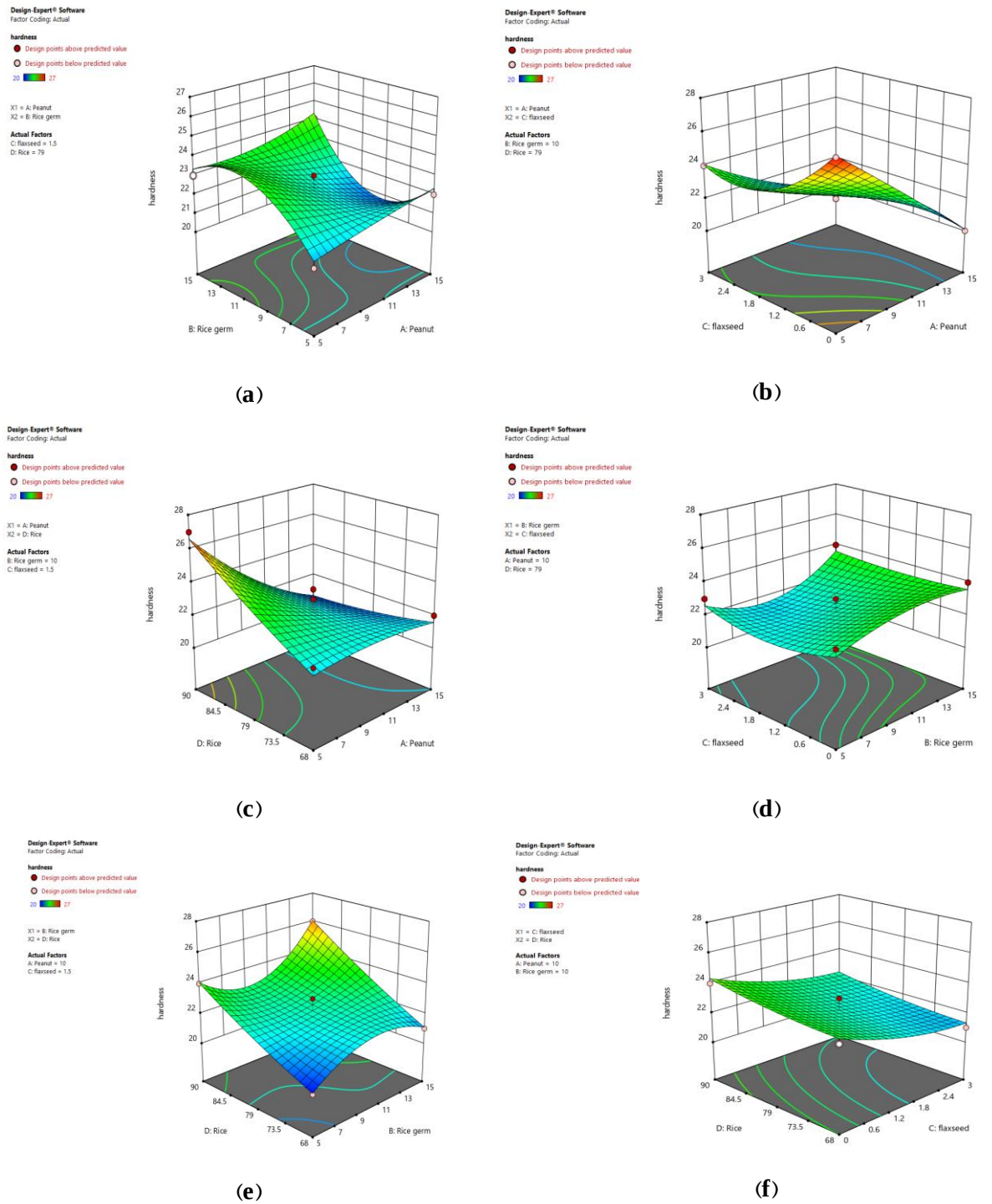

Figure 2- Response level diagram showing the effect of factors a) peanuts (%) and brown rice germ (%), b) peanuts (%) and flaxseed (%), c) peanuts (%) and rice flour (%), d) Brown rice germ (%) and flaxseed (%), e) rice flour (%) and brown rice germ (%), and) seed (%) and rice flour (%) on the Hardness of treatments (N).

شکل ۲- نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر متقابل فاکتور a) بادام‌زمینی (٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، b) بادام‌زمینی (٪) و بذر کتان(٪)، c) بادام‌زمینی (٪) و آردبرنج (٪)، d) جوانه برنج قهوه‌ای (٪) و بذر کتان (٪)، e) آردبرنج (٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، f) بذرکتان (٪) و آردبرنج (٪) بر میزان سفتی تیمارها (N).

- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر گسترش‌پذیری تیمارهای کوکی

گسترش‌پذیری کوکی، میزان گسترش خمیر در طول پخت است که یکی از پارامترهای کیفی مهم به‌شمار می‌رود (Schmelter *et al*., 2021). ضریب پخش بالاتر به‌معنای بازده بالاتر محصول است (Jan *et al*., 2018). گسترش‌پذیری کوکی‌ها به میزان قند، چربی و پروتئین آن‌ها مربوط است و حاصل نسبت قطر به ضخامت کوکی می‌باشد (Sharma *et al*., 2016). مقادیر مختلف گسترش‌پذیری برای هر تیمار در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مدل Quadratic برای گسترش‌پذیری از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده برای ضریب تبیین ۰/۹۵۶ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۹۱۲ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر فاکتورهای مستقل بر میزان گسترش‌پذیری تیمارهای کوکی در شکل ۳ آورده شده است.

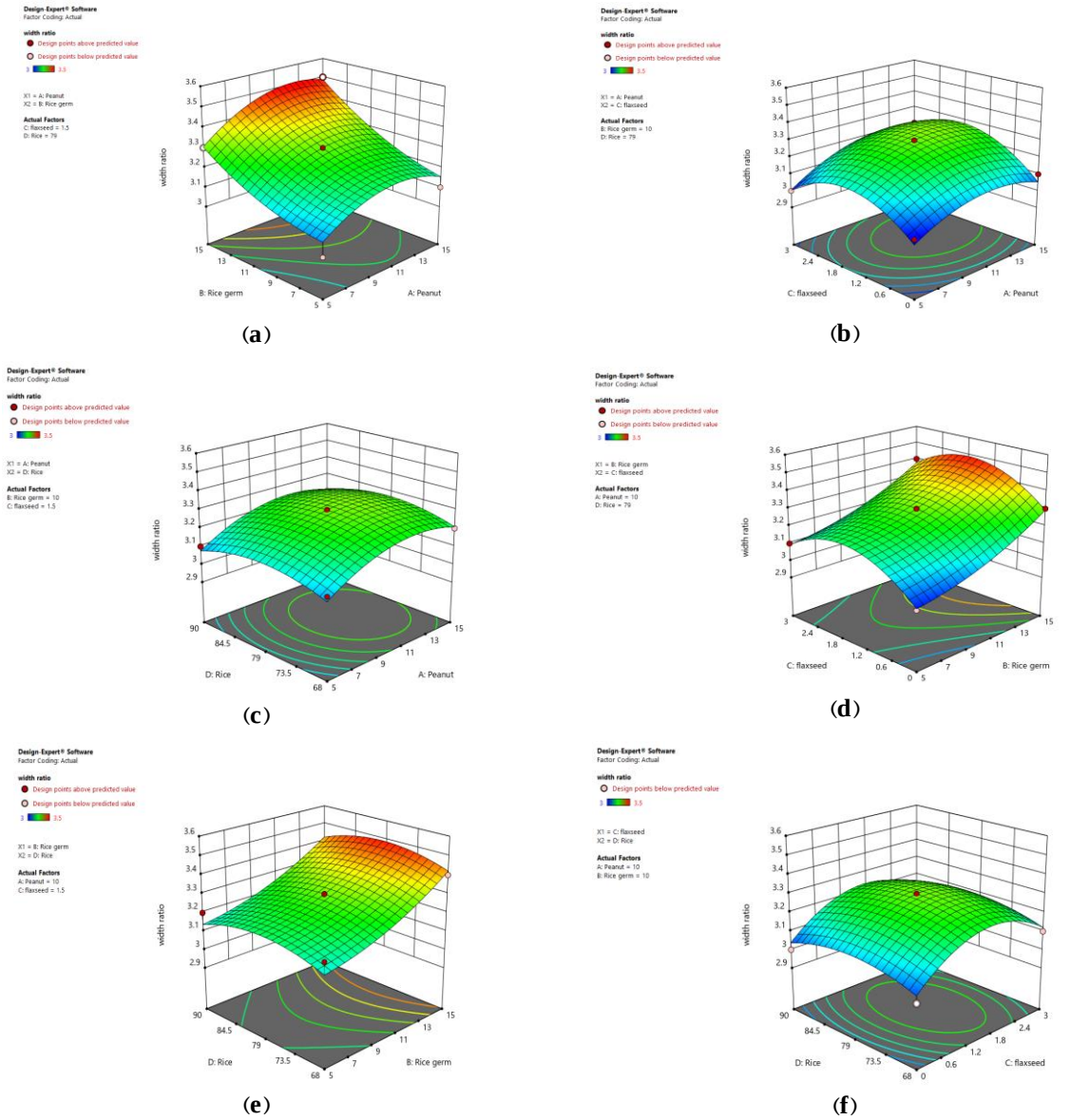

Figure 3- Response level diagram showing the effect of factors a) peanuts (%) and brown rice germ (%), b) peanuts (%) and flaxseed (%), c) peanuts (%) and rice flour (%), d) Brown rice germ (%) and flaxseed (%), e) rice flour (%) and brown rice germ (%), and) seed (%) and rice flour (%) on the Width ratio of treatments (mm).

شکل ۳- نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر فاکتورهای a) بادام‌زمینی (٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، b) بادام‌زمینی (٪) و بذر کتان (٪)، c) بادام‌زمینی (٪) و آردبرنج (٪)، d) جوانه برنج قهوه‌ای (٪) و بذر کتان (٪)، e) آردبرنج (٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، f) بذرکتان (٪) و آردبرنج (٪) بر میزان گسترش‌پذیری تیمارها (mm).

- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر پذیرش کلی تیمارهای کوکی

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد مدل Quadratic برای میزان پذیرش کلی از نظر آماری معنی‌دار بوده و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست که نشانگر تناسب مدل برازش‌یافته است. نتایج به‌دست‌آمده برای ضریب تبیین ۰/۸۳۸ و ضریب تبیین اصلاح‌شده ۰/۶۷۶ بیانگر تطبیق خوب مدل محاسباتی با نقاط آزمایش‌شده و دقت مدل است. اثر فاکتورهای مستقل بر میزان پذیرش کلی در شکل ۴ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش هر چهار فاکتور مستقل پذیرش کلی تیمارهای کوکی افزایش می‌یابد.

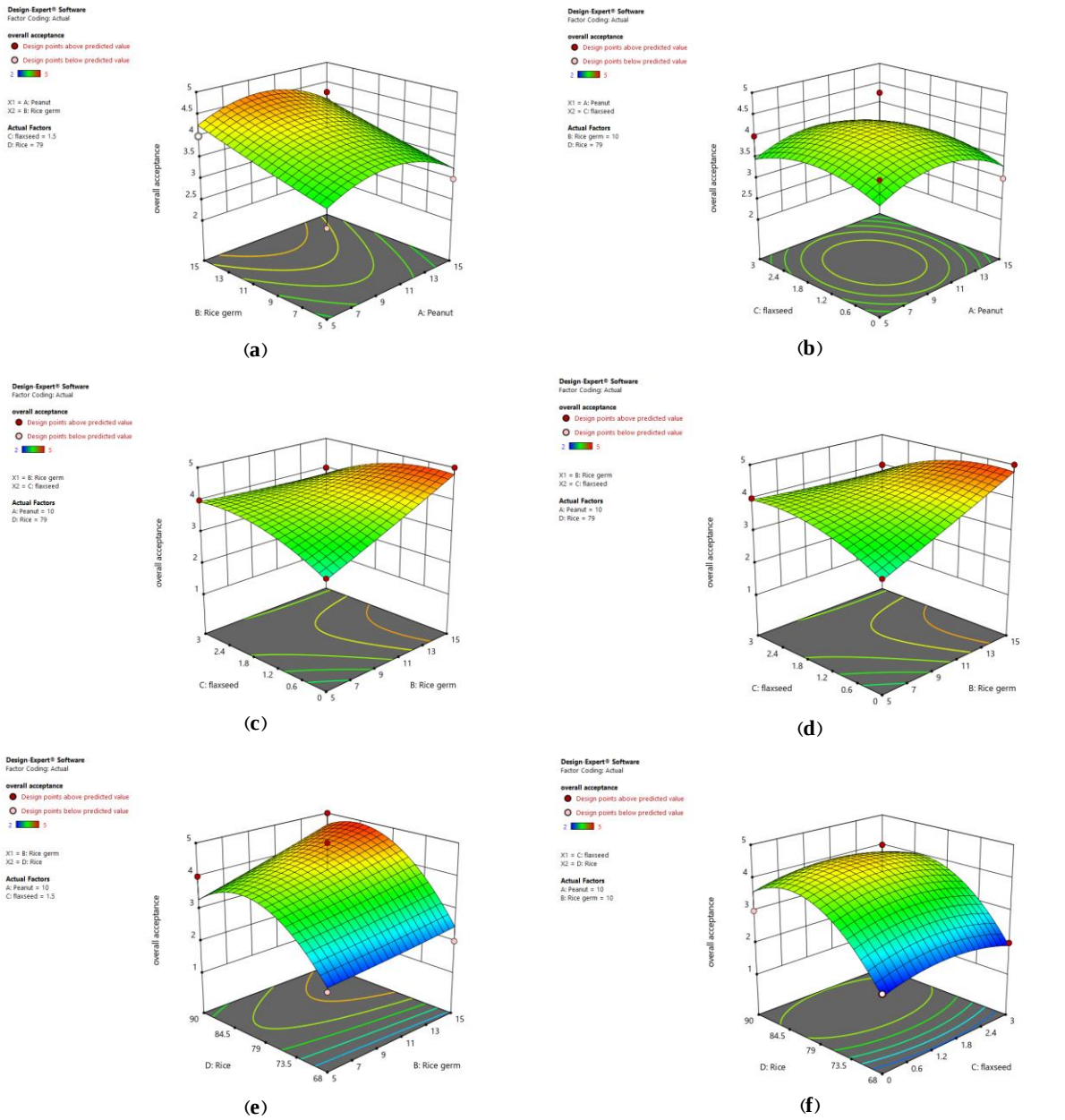

Figure 4- Response level diagram showing the effect of factors a) peanuts (%) and brown rice germ (%), b) peanuts (%) and flaxseed (%), c) peanuts (%) and rice flour (%), d) Brown rice germ (%) and flaxseed (%), e) rice flour (%) and brown rice germ (%), and) seed (%) and rice flour (%) on the general acceptance of treatments.

شکل ٤- نمودار سطح پاسخ نشان‌دهنده اثر فاکتورهای a) بادام‌زمینی (٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، b) بادام‌زمینی (٪) و بذر کتان (٪)، c) بادام‌زمینی (٪) و آردبرنج (٪)، d) جوانه برنج قهوه‌ای (٪) و بذر کتان (٪)، e) آردبرنج (٪) و جوانه برنج قهوه‌ای (٪)، f) بذرکتان (٪) و آردبرنج (٪) بر میزان پذیرش کلی تیمارها.

- بهینه‌یابی

در این مطالعه هدف از بهینه‌یابی، دستیابی به کمترین میزان فعالیت آبی و بیشترین میزان سفتی، گسترش‌پذیری و مقبولیت و پذیرش کلی در کوکی‌ها است. براساس مدل‌های انتخاب‌شده، فرمولاسیون بهینه انتخابی توسط نرم‌افزار، در جدول ۳ ارائه‌شده است. نرم‌افزار پیش‌بینی می‌کند درصورتی‌که فرمولاسیون مطابق با جدول ۳ انجام شود، میزان فعالیت آبی کوکی برابر با ۰/۲، سختی برابر با ۲۵/۴۸ نیوتن، گسترش‌پذیری برابر با ۳/۴۶ میلی‌متر و مقبولیت کلی برابر با امتیاز ۴/۷۵ خواهد بود.

جدول ۳- درصدهای بهینه فاکتورهای مستقل

Table 3- Optimal percentages of independent factors

Rice flour (%)	Flaxseed (%)	Brown Rice germ (%)	Peanut (%)
88.23	1.55	15	11.45

عدد مطلوبات (Desirability) ۰/۸۹۶ به‌دست آمد که نشان‌دهنده تأیید نتایج است.

بحث

کاهش فعالیت آبی احتمالاً به مقدار فیبر بیشتر موجود در کوکی مربوط است که درنتیجه با جذب آب بیشتر، سبب کاهش فعالیت آبی می‌شود. فیبر موجود در بذر کتان (Khouryieh & Aramouni, 2012)، بادام‌زمینی (Settaluri *et al*., 2012)، جوانه برنج قهوه‌ای (Shokri & Saremnejad, 2018) و همین‌طور برنج (Man, *et al*., 2010) می‌تواند عامل این کاهش باشد. Duta and Culetu (۲۰۱۵)، با بررسی خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، حرارتی، مکانیکی و حسی کوکی‌های بدون گلوتن برپایه جوی دوسر دریافتند که با افزایش مقدار سبوس جوی دوسر در فرمولاسیون، مقدار جذب آب نیز افزایش یافته و مقدار آب آزاد دردسترس کاهش و درنتیجه فعالیت آبی نیز کاهش می‌یابد. Karami و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی جایگزینی آرد ارزن در تولید کوکی بدون گلوتن، گزارش کردند که نمونه‌های کوکی با ۵۰٪ ارزن دارای کمترین میزان فعالیت آبی بوده است که مربوط به میزان فیبر بالای آرد ارزن است.

افزایش سفتی تیمارها، به محتوای رطوبت و فعالیت‌آبی و ترکیب پروتئین آن‌ها مربوط است. در واقع با افزایش سطح جایگزینی آرد برنج، جوانه برنج قهوه‌ای، بادام‌زمینی و بذر کتان، فعالیت آبی کاهش و میزان افت پخت کوکی‌ها افزایش یافت، که این می‌تواند سبب سفتی و خشک‌تر شدن بافت کوکی‌های فرموله‌شده شود. سفتی کوکی‌ها وابسته به ساختار پروتئین، لیپید و قندهایی است که در گرانول‌های نشاسته وجود دارند (Chevallier *et al*., 2000; Christ-Ribeiro *et al*., 2021).

در این پژوهش همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد با افزایش فاکتورهای مستقل رفته‌رفته میزان سفتی نیز افزایش می‌یابد و تغییر معناداری در اثر فاکتورهای مستقل بر میزان سفتی مشاهده شد ($p<$۰/۰۵). با افزایش درصد متغیرهای مستقل و درنتیجه افزایش مقدار پروتئین در تیمارهای کوکی، ماتریکس پروتئین در طی پخت تشکیل شده و باعث سفتی بافت کوکی شد. میزان سختی بین تیمارها از ۲۰ تا ۲۷ نیوتن متغیر است. Naseer و همکاران در سال ۲۰۲۱ گزارش کردند که فیبر در طول پخت و در دمای بالا با پروتئین تعامل دارد که ممکن است منجر به سخت‌شدن کوکی‌ها گردد. نتایج بررسی Mancebo و همکاران (۲۰۱۵) درخصوص تأثیر خصوصیات آرد بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکری بدون گلوتن نشان داد که بالاترین میزان سفتی مربوط به کوکی‌های تهیه‌شده از آردهای باکویت، تف[1] و ذرت بود. سفتی بیشتر کوکی‌های حاصل از آردهای تف و باکویت به‌دلیل محتوای بالای پروتئین این آردها بوده است. Jan و همکاران (۲۰۱۶) میزان سفتی کوکی‌های تهیه‌شده از جوانه آرد *Chenopodium* را کمتر از آرد خام آن گزارش کردند. تخریب ساختاری نشاسته و پروتئین ناشی از جوانه‌زنی می‌تواند دلیل اصلی کاهش سختی کوکی‌ها باشد. درنتیجه این تخریب ماکرومولکول‌ها به تشکیل ماتریس ضعیف‌تر در کوکی و درنتیجه ایجاد بافت نرم‌تر می‌پردازند.

قطر و گسترش‌پذیری تیمارها با افزایش میزان آردبرنج، جوانه برنج قهوه‌ای، بذرکتان و بادام‌زمینی به‌طور معنی‌داری ($p<$ ۰/۰۵) افزایش یافت. با افزایش این ترکیبات در کوکی‌ها و جایگزینی با آرد گندم، مقدار پروتئین افزایش یافت که این خود بر میزان گسترش‌پذیری تأثیرگذار است.

[1] Teff

هم‌چنین ژلاتینه‌شدن نشاسته برنج می‌تواند دلیلی دیگر در افزایش گسترش‌پذیری کوکی‌ها باشد. در تأیید این نتایج، Mancebo و همکاران (۲۰۱۵)، در بررسی تأثیر خصوصیات آرد بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکری بدون گلوتن دریافتند که در کوکی‌های بدون گلوتن با افزایش محتوای پروتئین، نسبت گسترش‌پذیری افزایش می‌یابد. هم‌چنین Chung و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که افزایش محتوای پروتئین غیرگندمی، عامل گسترش‌پذیری کوکی‌ها است. Hadnadev و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر آرد باکویت و کربوکسی‌متیل‌سلولز بر رفتار رئولوژیک خمیر و عملکرد پخت کوکی بدون گلوتن دریافتند با افزایش جایگزینی آرد برنج با باکویت نسبت گسترش‌پذیری کوکی‌ها افزایش یافت. افزایش میزان گسترش‌پذیری کوکی‌های غنی‌شده با باکویت را می‌توان به تفاوت در ژلاتینه‌شدن نشاسته برنج و باکویت نسبت داد. با اضافه‌کردن باکویت به آرد برنج، حداکثر پیک نیروی گشتاوری در طول ژلاتینه‌شدن کاهش یافته و منجر به کاهش ویسکوزیته خمیر و افزایش گسترش‌پذیری کوکی‌ها شد (Karami, *et al*., 2019). درنتیجه همبستگی منفی بین گسترش‌پذیری و نشاسته آسیب‌دیده و ظرفیت نگهداری آب در کوکی‌ها مشاهده گردید (Mancebo, *et al*., 2015).

به‌طور کلی، کوکی‌های با کیفیت بالا، دارای سفتی مطلوب، گسترش‌پذیری بالا، بی‌نظمی ظاهری کمتر، رنگ قهوه‌ای، ظاهر جذاب و عطر و طعم دلپذیر هستند (Hamdani, *et al*., 2020). درکوکی طعم و مزه نسبت به ظاهر مهم‌تر است. در واقع در ارزیابی حسی، به‌ترتیب عطر و طعم، بافت و سپس ظاهر بیشترین اهمیت را دارند (Naseer, *et al*., 2021). همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش میزان بذرکتان و هم‌چنین بادام‌زمینی در ابتدا پذیرش کلی افزایش یافته و با افزایش درصد این فاکتورها، کمی پذیرش کلی کاهش می‌یابد. که این امر می‌تواند به‌دلیل خاصیت نرم‌شدگی بافت کوکی و درنتیجه عدم مقبولیت در غلظت‌های بالاتر باشد. Sharma و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که با افزایش میزان صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز و جوانه ارزن در کیک، به‌دلیل تلخ‌شدگی، پذیرش کلی کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

استفاده از آرد برنج، جوانه برنج قهوه‌ای، بذرکتان و بادام‌زمینی در فرمولاسیون کوکی، موجب بهبود خواص تأثیرگذار نظیر سختی، فعالیت آبی، گسترش‌پذیری و در ارتقاء بازارپسندی و پذیرش کلی محصول توسط مصرف‌کنندگان گردید. با استفاده از روش سطح پاسخ غلظت‌های مطلوب به‌دست آمد و فرمول بهینه شامل ۸۸/۲۳ ٪ آرد برنج، ۱۵٪ جوانه برنج قهوه‌ای، ۱/۵۵٪ بذرکتان و ۱۱/۴۵٪ بادام‌زمینی معرفی گردید. نتایج نشان داد استفاده توأم از این ترکیبات در غلظت مناسب می‌تواند علاوه‌بر افزایش سختی و هم‌چنین گسترش‌پذیری، بدون ایجاد تأثیر نامطلوب بر خصوصیات حسی کوکی، با داشتن خواص مفید تغذیه‌ای و سلامتی‌بخش، به‌عنوان یک محصول بدون گلوتن مورد استفاده قرار گیرند. که درنتیجه آن می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی برای سلامت افراد مبتلا به بیماری سلیاک مفید باشد.

منابع

Bolarinwa, I. F., lim, P. T. & mohammad, KH. (2019). quality of gluten-free cookies from germinated brown rice flour. *Food Research*, 3(3), 199-207.

Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G. & Lourdin, D. (2000). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31(3), 241- 252.

Christ-Ribeiro, A., Chiattoni, L. M., Mafaldo, C. R. F., Badiale-Furlong, E. & Souza-Soares, L.A. (2021). Fermented rice-bran by Saccharomyces cerevisiae: Nutritious ingredient in the formulation of gluten-free cookies. *Food Bioscience*, 40, 100859

Chung, H., Cho, A. & Lim, S.T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 260-266.

Dhankhar, P. & Tech, M. (2013). A study on development of coconut based gluten free cookies. *International Journal of Engineering Science Invention*, 2(12), 10-19.

Duta, D.E. & Culetu, A. (2015). Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based

gluten free cookies. *Journal of Food Engineering, 162, 1- 8.*

Einhorn-Stoll, U., Hatakeyama, H. & Hatakeyama, T. (2012). Influence of pectin modification on water binding properties. *Food Hydrocolloids*, 27(2), 494- 502. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.08.019

Hadidi, M., Motamedzadegan, A., Jeylani, A. Z. & Khashadeh, S. (2020). Nanoencapsulation of hyssop essential oil in chitosan-pea protein isolate nano-complex. *LWT - Food Science and Technology*, 144, 111254.

Hadnađev, T. R., Dapčević, T., Aleksandra, M. & Hadnađev, M. S. (2013). Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten -free cookie dough. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1770-1781.

Hamdani, A. M., Wani, I. A. & Bhat, N. A. (2020). Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya, *Food Bioscience*, https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100541

Jan, R., Saxena, D. & Singh, S. (2016). Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten–Free cookies made from raw and germinated Chenopodium (Chenopodium album) flour. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 281-287.

Karami, F., Aalami, M., Sadeghi Mahonak, A. & Shahiri Tabarestani, H. (2019). Evaluation of functional properties of millet flour for use in gluten-free cookie formulation based on rice flour, *Journal of Food Science and Technology*, 87 (16) 15-1. [In Persian]

Khouryieh, H. & Aramouni, F. (2012). Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseedflour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 2366–2372

Naseer, B., Naik, H.R., Hussain, S.Z., Zargar, I., Beenish, Bhat, T.A. & Nazir, N. (2021). Effect of carboxymethyl cellulose and baking conditions on in-vitro starch digestibility and physico-textural characteristics of low glycemic index gluten-free rice cookies, *LWT - Food Science and Technology*, 141, 110885.

Mamat, H., Hardan, M. & Hill, S.E. (2010). Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121(4), 1029-1038.

Man, S., Paucean, A., Muste, S. & Pop, A. (2014). Studies on the formulation and quality characteristics of gluten free muffins. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20(2), 122-127.

Mancebo, C.M., Picón, J. & Gómez, M. (2015). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 264-269.

Monks, J. L., Vanier, N. L., Casaril, J., Berto, R. M., Oliveira, M. & Gomes, C. B. (2013). Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2), 73–79.

Olawoye, B., Gbadamosi, S.O., Otemuyiwa, I. O. & Akanbi, C. T. (2020). Gluten-free cookies with low glycemic index and glycemic load: optimization of the process variables via response surface methodology and artificial neural network, *Heliyon*. 6, e05117.

Pirouti, Sh., Faraji, A. & Naghipour, F. (2020). Evaluation of the synergistic effect of quinoa flour and whey protein as a gluten substitute in the production of Yazdi cake based on rice flour, *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 12 (1) 47-62.

Schmelter, L., Rohm, H. & Struck, S. (2021). Gluten-free bakery products: Cookies made from different Vicia faba bean varieties. *Future Foods*, 4,100038

Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H. & Arendt, E. K. (2005). Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82(4), 394-404.

Settaluri, V.S., Kandala, C.V.K., Puppala, N. & Sundaram, J. (2012). Peanuts and Their Nutritional Aspects, *A Review Food and Nutrition Sciences*, 3, 1644-1650

Sharma, S., Saxena, D. & Riar, C. (2016). Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets, *Journal of Cereal Science*, 72, 153-161. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.10.012

Shokri Ghaleh, S. & Saremnejad, S. (2019). The effect of germination on phenolic compounds, antioxidant activity and gamma amino butyric acid concentration in different

varieties of Iranian brown rice - *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 85, 23-32. [In Persian]

Taranto, F., Delvecchio, L. N., Mangini, G., Del Faro, L., Blanco, A. & Pasqualone, A. (2012). Molecular and physico-chemical evaluation of enzymatic browning of whole meal and dough in a collection of tetraploid wheats. *Journal of Cereal Science*, 55(3), 405-414.

Optimization of Gluten-Free Cookie Formulation Containing Rice Flour, Brown Rice Germ, Peanut and Flaxseed

H. AsadollahNejad Roudbaneh [a], S. Jafarian [b *], L. Roozbeh Nasiraei [b], M. Sharifi Soltani [c]

[a] PhD Student of the Department of Food Science and Technology, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

[b*] Assistant Professor of the Department of Food Science and Industry, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran.

[c] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalus, Iran.

Received: 12 August 2022 Accepted: 27 September 2022

Abstract

Introduction: Cookies are important sweets that are the most desirable products of the family of sweets for people of all ages due to their long shelf life and low production cost. Eliminating sugar, replacing unsaturated fats and producing a gluten-free product can help improving the health level of society, and in this way, cookies can be used as a product to deliver essential nutrients to the body of people with celiac disease.

Materials and Methods: In order to carry out this project, gluten-free cookie treatment was performed based on the cookie formulation and based on the highest response level. Independent variables included peanut flour (5 to 15%), rice flour (65 to 90%), brown rice sprout flour (5 to 15%) and flaxseed powder (0 to 3%) and response variables included; water activity, hardness, expanding ratio and overall acceptability were considered. The functional relationship between the parameters affecting the formulation of gluten-free cookies was determined using the experimental design of Box-Benken.

Results: In this study, the aim of optimization is to achieve the highest percentage of expanding ratio, hardness and overall acceptability, as well as reducing the amount of water activity, which are important quality indicators of cookies. Based on the selected models, the optimal formulation selected by the software was introduced including 88.23% rice flour, 15% brown rice sprouts, 1.55% flaxseed and 11.45% peanuts. Based on the results, with the increase of all 4 independent factors, the amount of expandability, the amount of stiffness and overall acceptance increased and the amount of water activity decreased. In general, high quality cookies have good hardness, high expanding ratio, less irregular appearance, brown color, attractive appearance and pleasant flavor.

Conclusion: The combined use of these compounds in appropriate concentrations can be used as a gluten-free product in addition to increasing the hardness and width ratio, without adversely affecting the sensory properties of the cookie, with beneficial nutritional and health properties, which can be significantly useful for the health of people with celiac disease.

Keywords: *Brown Rice, Celiac, Cookie, Functional, Gluten.*

* Corresponding Author: Drsjafarian@yahoo.com