

به کارگیری روش سطح پاسخ در بهینه سازی فرمولاسیون نان مسطح برنج، حاوی خمیر کنجد و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز

مریم اسمعیلی بازارده^۱، فریا زینالی^{۲*}، محسن اسمعیلی^۳

۱ گروه علوم و صنایع غذایی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

۲ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ایران

۳ استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۴)

چکیده

در این پژوهش کنجد به عنوان یک مکمل غذایی و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) به دلیل توانایی تشکیل یک شبکه ژلی طی حرارت دهی، به آرد برنج جهت تهیه نان مسطح اضافه شدند. جهت تعیین مقادیر بهینه خمیر کنجد (در محدوده ۲۰-۱۰٪) و HPMC (در محدوده ۱/۵-۰/۵٪) در فرمولاسیون محصول با استفاده از روش سطح پاسخ^۱ (RSM) و طرح مرکب مرکزی^۲ (CCD)، ۵ سطح از این دو متغیر انتخاب و ۱۲ آزمایش پخت انجام شد. سه پارامتر کیفی در محصول شامل سفتی فشرش، پذیرش کلی مصرف کننده و سختی نفوذ، به عنوان پاسخ ارزیابی شدند. بر اساس نتایج، خمیر کنجد به صورت معنادار ($P < 0/05$) موجب افت پارامترهای کیفی و HPMC فقط سبب اندکی بهبود در آن ها می شود. مدل های ریاضی به دست آمده در این پژوهش توانستند به خوبی پاسخ های مورد بررسی را پیش بینی کنند. انطباق مناسب بین پاسخ های پیش بینی شده و نتایج در نان بهینه، حاوی ۱۰/۷٪ خمیر کنجد و ۱/۵٪ HPMC، نشان دهنده قابلیت بالای RSM برای بهینه سازی فرمولاسیون محصولات فاقد گلوتن بود.

کلید واژگان: نان، برنج، کنجد، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، روش سطح پاسخ

* مسئول مکاتبات: f.zeynali@urmia.ac.ir

1. Response Surface Methodology
2. Central Composite Design

۱- مقدمه

سلیاک یک بیماری خود ایمنی است که با مصرف خوراکی گلوتن و درواقع جزء پرولامین آن فعال می شود. با توجه به اینکه تنها چاره بیماران مبتلا به سلیاک، پیروی از یک رژیم غذایی صد درصد فاقد گلوتن در تمام طول عمر است، تهیه محصولات رژیمی برای این افراد ضروری است [۱، ۲]. در حال حاضر انرژی دریافتی از محصولات فاقد گلوتن عرضه شده در بازار متعادل نیست. معمولاً مقدار پروتئین، ویتامین، مواد معدنی و فیبر محصولاتی که از آرد گلوتن زدایی شده تهیه می شوند، کمتر از فرآورده های حاصل از گندم است. اغلب محصولات نانوائی فاقد گلوتن حاوی کربوهیدرات زیاد هستند و برای بهبود تخلخل و کاهش سرعت بیاتی، روغن فراوانی در آنها استفاده می شود [۳]. مردم ایران با مصرف سرانه حدود ۱۱۷ Kg نان حاصل از گندم در سال، از بزرگترین مصرف کنندگان نان در جهان محسوب می شوند [۴]. دلیل این امر می تواند قیمت مناسب، تأمین انرژی، جنبه های تغذیه ای، سنت های غذایی و در دسترس بودن این محصول برای اقشار مختلف جامعه باشد [۵]. بر اساس مطالعات انجام شده در تهران، ۳۹/۱٪ از نان های مصرف شده لواش، ۱۰/۷٪ سنگک و ۱۳/۸٪ بربری است [۶] که نشان می دهد نان های مسطح بیشتر از نان های حجیم مورد پسند ذائقه مردم ایران هستند. با توجه به اهمیت نان مسطح به عنوان یک وعده غذایی اصلی در ایران و ویژگی های منحصر به فرد برنج، به عنوان یک ماده اولیه مناسب برای رژیم های غذایی فاقد گلوتن، در این مطالعه تولید نان مسطح بر پایه آرد برنج مورد مطالعه قرار گرفته است.

در میان بسیاری از ترکیبات بررسی شده برای غنی سازی محصولات فاقد گلوتن، کنجد گزینه ای ایده آل به نظر می رسد. کنجد حاوی ۲۷-۲۰٪ پروتئین و ۵۶-۴۸٪ روغن است. کنجد دارای پروتئین با پرولامین اندک (۱/۴٪) و غنی از گلوتامیک اسید، آرژنین و آمینو اسیدهای متیونین و سیستین (به ترتیب ۱۶g/16g N و ۵/۹ و ۳/۷) است که این آمینو اسیدهای حاوی گوگرد در اغلب پروتئین های گیاهی به مقدار کمی وجود دارند [۷]. کنجد همچنین غنی از اسید اگزالیك (۲/۵٪) و اسید فیتیک (۵٪) و حاوی مقادیر قابل توجهی ترکیبات فعال زیستی از جمله توکوفرول ها، فیتواسترول ها، رزوراترول^۳، فلاونوئیدها و لیگنان ها است [۸-۱۰]. تأثیرات ناشی از مصرف این دانه گیاهی بر کاهش فشار و کلسترول خون و افزایش فعالیت های آنتی اکسیدانی و ویتامین

E، در حیوانات آزمایشگاهی و انسان به اثبات رسیده است [۱۱، ۱۲].

در نان های فاقد گلوتن نیاز به استفاده از افزودنی هایی مانند هیدروکلوئیدها وجود دارد تا خصوصیات ویسکوالاستیک گلوتن شبیه سازی شود. هیدروکلوئیدها همچنین توانایی جذب آب افزوده شده در خمیر و آزاد کردن رطوبت مورد نیاز برای ژلاتینه شدن نشاسته حین پخت نان را دارند. در میان هیدروکلوئیدها، HPMC به عنوان بهترین گزینه برای ایجاد ساختار مناسب در محصولات نانوائی فاقد گلوتن توصیه شده است. ویژگی بارز HPMC توانایی تشکیل یک شبکه ژلی طی حرارت دادن است. این خصوصیت در طی پخت، به حفظ گازهای حاصل از تخمیر کمک کرده و امکان ایجاد یک بافت متخلخل، افزایش حجم مخصوص، کاهش سفتی و سرعت بیاتی نان های فاقد گلوتن را فراهم می کند [۱۳].

روش سطح پاسخ یک تکنیک آماری مؤثر برای بهینه سازی فرایندها یا فرمولاسیون ها است. تاکنون در هیچ مطالعه ای این روش، برای بهینه سازی فرمولاسیون نان برنج مسطح حاوی HPMC و خمیر کنجد استفاده نشده است. هدف از تحقیق حاضر یافتن مدل های مناسب برای پیش بینی خصوصیات کیفی نان تولید شده با مقادیر مختلف خمیر کنجد و HPMC و همچنین تعیین سطوح بهینه این دو افزودنی جهت به حداکثر رساندن مطلوبیت محصول است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه نان

برنج هاشمی از ارقام محلی گیلان، با همکاری مرکز تحقیقات برنج رشت از یک شالی کوبی در گیلان خریداری و آرد برنج به روش آسیاب کردن نیمه مرطوب تهیه شد [۱۴]. HPMC با مارک سیگما سنت لویس و کنجد به صورت بسته بندی با نام تجاری برتر، از بازار تهیه و خمیر کنجد از طریق آسیاب کردن نمونه به مدت ۵ دقیقه با استفاده از مولینکس به دست آمد. جهت تهیه نان، آرد برنج، آب ۱۰۰°C (به نسبت ۴ به ۱) و HPMC (با توجه به مقادیر تعیین شده در جدول ۱)، به مدت ۱۰ دقیقه به وسیله همزن نانوائی مخلوط شده و خمیر حاصل به صورت چانه های یک کیلوگرمی درآمد. چانه ها به مدت ۴۰ دقیقه در دیگ آب جوش (۳°C ± ۹۷) قرار گرفتند [۱۵] و پس از خروج از دیگ، ۲۰ دقیقه به وسیله همزن نانوائی مخلوط شدند. سایر اجزا شامل ۵٪ نمک، ۵٪ شکر و خمیر کنجد با توجه به مقادیر تعیین شده

مقیاس ۹ درجه‌ای، به منظور تعیین میزان علاقه مصرف‌کنندگان به نان‌های تهیه شده با فرمولاسیون‌های مختلف اجرا شد [۲۳]. ارزیابی حسی توسط ۲۰ ارزیاب از هر دو جنس، در محدوده سنی بین ۱۳ تا ۴۵ سال انجام شد. یک‌چهارم از هر نمونه نان در ظروف یک‌بار مصرف (کد گذاری شده با سه رقم تصادفی) قرار گرفت و به صورت تصادفی به ارزیاب‌ها عرضه شد. پذیرش کلی با در نظر گرفتن رنگ، طعم، نرمی بافت، قابلیت پاره شدن، شکننده بودن یا چسبیدن به دهان و دندان، با اعداد ۱ تا ۹ برای هر نمونه اعلام شد.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

RSM برای ارزیابی اثر مقدار HPMC (X_1) و خمیر کنجد (X_2) بر کیفیت محصول استفاده شد [۲۴]. حدود بالا و پایین ۱/۵-۰/۵٪ برای HPMC و ۲۰-۱۰٪ برای خمیر کنجد در نظر گرفته شد. سختی نفوذ، سفتی فشردن و پذیرش کلی به عنوان پاسخ (Y_i)، به نمایندگی از پارامترهای کیفی اصلی محصول انتخاب شدند. بر اساس طرح مرکب مرکزی و α برابر با ۱/۴۱۴، پنج سطح از هر متغیر انتخاب و دوازده آزمایش پخت شامل چهار تکرار (آزمایش‌های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲) به کارگیری نرم‌افزار STATISTICA نسخه ۱۰ طراحی شد (جدول ۱). برای ساخت مدل‌های پیش‌بینی کننده خصوصیات نان تولید شده با مقادیر مختلف HPMC و خمیر کنجد، داده‌های تجربی با معادله ۱ برازش شد.

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad \text{معادله (۱)}$$

این معادله در برگزیده اثرات خطی، درجه دوم و برهمکنش است. b_0 شاخص پاسخ برازش شده در نقطه مرکز طرح، b_1 و b_2 پارامتر خطی، b_{11} و b_{22} پارامتر درجه دوم و b_{12} پارامتر اثر متقابل است. برای قضاوت کفایت برازش مدل، عدم برازش^۸، ضریب همبستگی چندگانه (R^2_{adj}) و معناداری مدل (در سطح ۹۵٪) مورد بررسی قرار گرفت. نمودارهای سه بعدی مدل‌ها برای تجسم بخشیدن به روند کلی ترسیم شد. در گام بعد با به کارگیری روش مطلوبیت^۹، پاسخ‌ها بسته به ماهیت آن‌ها به حداکثر یا حداقل رسانده شد تا مقدار بهینه کنجد و HPMC برای دستیابی به مطلوب‌ترین پاسخ‌ها تعیین گردد. در آخرین مرحله برای ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل، نمونه نان با مقادیر بهینه پیشنهاد شده تولید و مورد ارزیابی کیفی قرار گرفت.

در جدول ۱، به خمیر اضافه و نمونه طی ۱۰ دقیقه هم زدن کاملاً همگن شد. خمیر به ضخامت ۱ mm پهن شده و پس از برش با قالب دایره‌ای به قطر ۲۰ cm، به مدت ۳۰ دقیقه استراحت داده شد. در طی زمان استراحت و به منظور جلوگیری از خشک شدن، روی سطح خمیر با پارچه نخی پوشانده شد. پخت نان بر روی سینی مسی با دمای 100 ± 22 °C و به مدت ۲ دقیقه انجام شد. نان‌ها پس از ۱۰ دقیقه خنک شدن، در کیسه‌های پلی اتیلن بسته‌بندی شده و پس از ۱۸ ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند.

۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی

آمیلولز ظاهری با روش کالرومتریک و با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۶]. مقدار پروتئین ($N \times 5/95$) [۱۷]، چربی [۱۸]، رطوبت [۱۹] و خاکستر [۲۰] طبق استانداردهای ملی مربوطه ارزیابی شد. جهت اندازه‌گیری منیزیم، کلسیم، سدیم، پتاسیم، آهن و روی، خاکستر از کروزه به یک لوله سانتیفریوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و خاکستر باقیمانده با ۵ mL آب مقطر به لوله منتقل شد. با ۴ بار تکرار این روند، حجم نمونه به ۲۰ mL رسید. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتیفریوژ شد. هریک از مواد معدنی جداگانه با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری شد [۲۱]. ویژگی‌های بافتی نان به وسیله بافت سنج (TA.XT plus, Stable Micro Systems, UK) و انجام تست‌های نفوذ و فشردن نفوذی شد [۱۴]. در آزمون نفوذ، حداکثر نیروی لازم برای سوراخ کردن نمونه به عنوان سختی^۴ و در آزمون فشردن، سفتی^۵ با توجه به شیب منحنی نیرو-زمان در محدوده خطی تعیین شد. ویژگی‌های ویسکوالاستیک خمیر کنجد به وسیله رئومتر و از طریق آزمون رفت و برگشت فرکانس^۶ تحت تنش ثابت ۱ Pa بررسی شد. مدول ذخیره (G')، مدول افت (G'')، تانژانت افت ($\tan \delta$) به عنوان تابعی از فرکانس در فاصله ۱-۲۰ هرتز و نمودار جریان در محدوده تنش برشی $1-120 \text{ s}^{-1}$ و نرخ برش ۱-۵۰۰ Pa به دست آمد [۲۲].

جهت تهیه تصاویر با میکروسکوپ الکترونی (SEM) نان پس از انجماد کامل در فریزر، توسط خشک‌کن انجمادی و تحت خلأ ۰/۹ میلی بار کاملاً خشک شد. نمونه‌های خشک شده آسیاب و با الک مش ۸۰ غربال شد. این نمونه‌ها با پوششی از طلا پوشانده و تصاویر با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ ثبت شد. آزمون کام پذیری با

4. hardness
5. stiffness
6. frequency sweep test
7. Scanning Electron Microscope (SEM)

8. lack-of-fit
9. desirability

Table 1 Worksheet of the central composite experimental design

Trial		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Variablescode	HPMC	-1	-1	+1	+1	-1.414	+1.414	0	0	0	0	0	0
	Sesame	-1	+1	-1	+1	0	0	-1.414	+1.414	0	0	0	0
Variables value	HPMC*	0.5	0.5	1.5	1.5	0.293	1.707	1	1	1	1	1	1
	Sesame**	10	20	10	20	15	15	7.93	22.1	15	15	15	15

HPMC* (g/100g flour base) and sesame paste** (g/100 g paste after heat treatment)

پروتئین، ۷۰۰ mg کلسیم، ۳۰۰-۲۷۰ mg منیزیم، ۱۶۰۰ mg سدیم، ۳۵۰۰ mg پتاسیم، ۷-۹ mg روی، ۸/۷-۱۴/۸ mg آهن مورد نیاز است [۲۶]. از سوی دیگر تحقیقات نشان می دهد پروتئین موجود در برخی مواد غذایی فاقد گلوتن نصف مقدار آن در همتایان دارای گلوتن آن ها است. بیشتر این محصولات از نظر مواد مغذی مانند سدیم، آهن، روی و ویتامین های گروه B کمبود دارند [۲۷] و ۳۸-۲۰٪ مبتلایان به سلیاک دچار سوء جذب و فقر این مواد مغذی هستند [۲۸]. بنابراین کنجد که غنی از پروتئین و مواد معدنی است (جدول ۲ و ۳) می تواند مکمل رژیمی ایده آلی در محصولات فاقد گلوتن باشد.

۳- نتایج و بحث

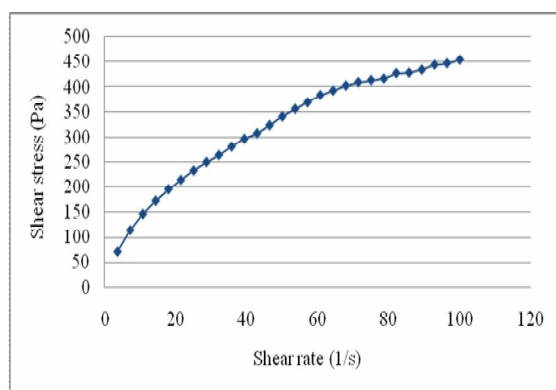
ترکیبات کنجد و برنج در جدول ۲ ارائه شده است. ارقام برنج بر اساس مقدار آمیلوز ظاهری اندازه گیری شده بر مبنای وزن خشک نمونه با روش کالریمتری با ید در بافر استات، به انواع واکسی (۲-۰٪)، بسیار آمیلوز پایین (۳-۹٪)، آمیلوز پایین (۱۹-۱۰٪)، آمیلوز متوسط (۲۵-۲۰٪) و آمیلوز بالا (بیشتر از ۲۵٪) تقسیم می شوند [۲۵]. نظر به این طبقه بندی رقم هاشمی آمیلوز متوسط است. بر اساس توصیه بنیاد تغذیه انگلستان در رژیم غذایی روزانه یک فرد بالغ ۶۰ کیلویی (۵۰-۱۹ سال) ۴۵ گرم

Table 2 Composition of rice and sesame seeds (%)

Mineral	Moisture	Amylose	Protein	Oil	Ash
Sesame	4.83 ± 0.07	-	23.75 ± 0.24	37.32 ± 0.04	6.01 ± 0.05
Rice	11.94 ± 0.23	21.83 ± 0.70	7.13 ± 0.25	0.56 ± 0.05	0.74 ± 0.07

Table 3 Mineral composition of sesame seeds (g /100 g of dry matter basis)

Mineral	Potassium	Calcium	Sodium	Magnesium	Zinc	Iron
Composition	0.16 ± 0.02	0.15 ± 0.03	0.02 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.09 ± 0.01

**Fig 1** Shear flow curve for sesame paste sample

بررسی رابطه تنش برشی-نرخ برش در خمیر کنجد نشان دهنده رفتار سود و پلاستیک نمونه است (شکل ۱). در سایر تحقیقات نیز گزارش شده خمیر کنجد رفتار سود و پلاستیک و تیکسوتروپیک دارد [۲۲]. در فرکانس های بررسی شده، در خمیر کنجد G' بیشتر از G'' است (شکل ۲). G' با ویژگی الاستیک ارتباط دارد و بیشتر بودن آن نشان دهنده برهم کنش های قوی بین ذرات و یا ساختار شبکه ای پایدار شده است. می توان از طریق کاهش اندازه ذرات، مدول افت را در خمیر کنجد افزایش داد که در نتیجه خمیر تمایل بیشتری به حالت ویسکوز یافته و رفتار آن بیشتر شبیه مایع می گردد [۲۲].

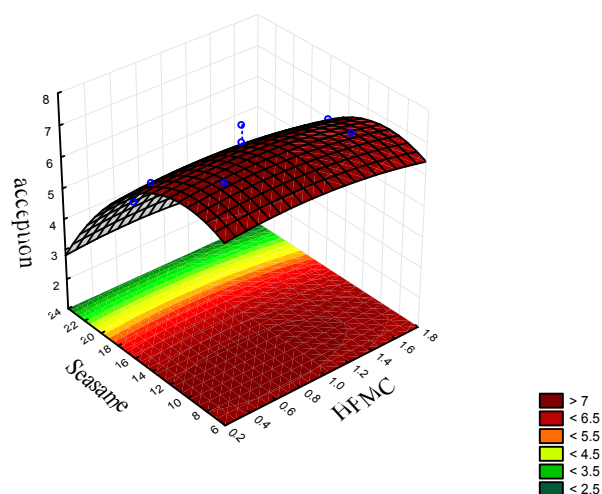


Fig 4 Effect of HPMC and sesame paste on overall consumer acceptance of rice bread

نان تهیه شده از برنج فاقد مزه خاصی است و به نظر می‌رسد طعم و بوی ناشی از افزودن خمیر کنجد تا حدود ۱۰٪، موجب افزایش پذیرش مصرف‌کننده شده‌ها استفاده از مقادیر بالاتر، نمونه را سفت و رنگ آن را تیره‌تر کرد. امتیاز پایین پذیرش کلی در نمونه‌های حاوی مقادیر زیاد کنجد، همچنین می‌تواند به دلیل ترکیبات تلخی باشد که در دمای بالای پخت در خمیر کنجد تولید می‌شود [۲۹].

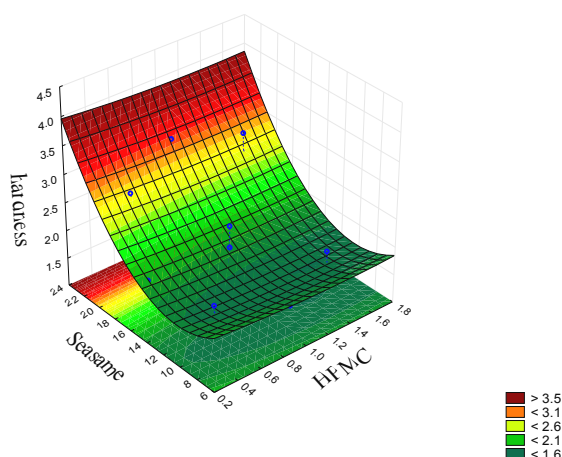


Fig 5 Effect of HPMC and sesame paste on penetration hardness of rice bread

نتایج آزمون‌های بافتی نشان داد با افزایش مقدار جایگزینی خمیر کنجد در فرمولاسیون، سفتی محصول افزایش می‌یابد. مطابق با یافته‌های این پژوهش، نتایج بررسی اثر جایگزینی ۵-۱۵٪ آرد

در فرکانس‌های بالاتر با توجه به اینکه شکل طبیعی ماکرو مولکول‌ها تغییر می‌کند، افزایش G' نسبت به G'' بیشتر است و کاهش تانژانت افت (نسبت مدول افت به مدول ذخیره) رخ می‌دهد (شکل ۳).

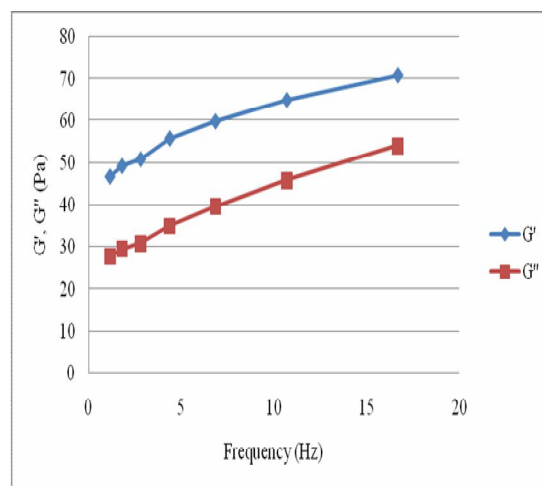


Fig 2 Effect of frequency on storage (G'') and loss modulus (G') for sesame paste

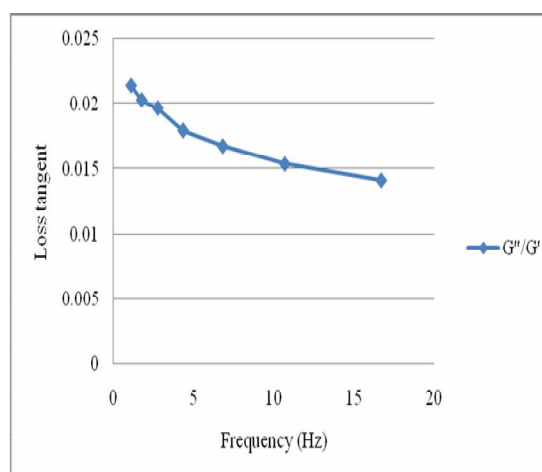


Fig 3 Effect of frequency on loss tangent ($\tan \delta$) for sesame paste

نمودار سطح پاسخ پذیرش مصرف‌کننده، سختی و سفتی بافت نان‌های برنج حاوی مقادیر مختلف خمیر کنجد و HPMC، در شکل‌های ۴ تا ۶ ارائه شده است.

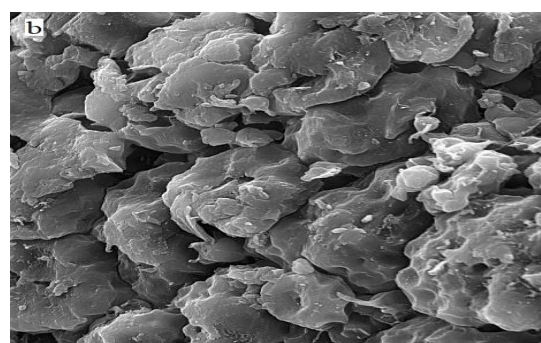
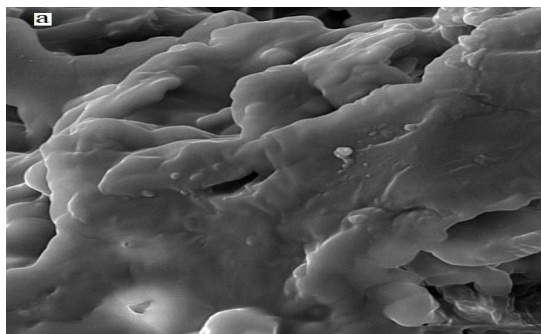


Fig 7 Scanning electron micrographs of bread with (a) and without (b) HPMC and sesame paste.

به نظر می‌رسد به دلیل تفاوت موجود در روش فراوری خمیر و نان در این پژوهش، باید مقادیر بیشتری از HPMC جهت ارتقاء کیفیت محصول مورد استفاده قرار گیرد. پس از برآزش داده‌ها با مدل کوادراتیک، به ترتیب معادلات ۲ تا ۴ برای پیش‌بینی تأثیر مقادیر مختلف خمیر کنجد و HPMC بر پذیرش کلی، سختی نفوذ و سفتی فشردن به دست آمد:

$$Y_{\text{acceptance}} = 4.900 + (0.591 \times X_1) - (0.437 \times X_1^2) + (0.426 \times X_2) - (0.022 \times X_2^2) + (0.004 \times X_1 \times X_2)$$

معادله (۲) ($R^2_{\text{adj}}: 0.87$)

$$Y_{\text{hardness}} = 3.409 - (0.558 \times X_1) + (0.085 \times X_1^2) - (0.276 \times X_2) + (0.012 \times X_2^2) + (0.021 \times X_1 \times X_2)$$

معادله (۳) ($R^2_{\text{adj}}: 0.77$)

$$Y_{\text{stiffness}} = 3.668 - (0.077 \times X_1) + (0.034 \times X_1^2) - (0.088 \times X_2) + (0.005 \times X_2^2) - (0.018 \times X_1 \times X_2)$$

معادله (۴) ($R^2_{\text{adj}}: 0.70$)

کنجد سفید با آرد گندم [۳۰] و یا افزودن ۲۰-۵٪ آرد کنجد سیاه به نان [۲۹] نیز نشان داد استفاده از کنجد در فرمولاسیون، اثرات سوئی بر رنگ پوسته، بافت، حجم محصول و پذیرش مصرف کننده دارد. محققین دلیل کاهش حجم و افزایش تراکم نان را ممانعت کنجد از تشکیل یک شبکه منسجم، قابلیت اتساع کمتر، همچنین جذب آب بیشتر توسط فیبر کنجد ذکر کرده‌اند [۲۹، ۳۰].

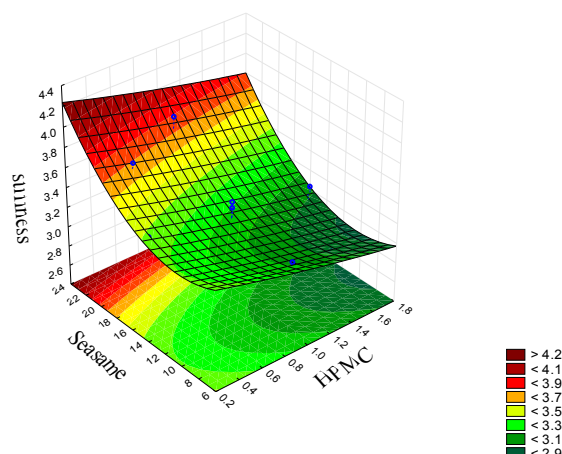


Fig 6 Effect of HPMC and sesame paste on compression stiffness of rice bread

چنانچه در شکل ۷ در تصویر به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی نیز مشاهده می‌شود، نان حاوی خمیر کنجد و HPMC شبکه‌ای پیوسته با حفرات و فضای خالی کم است و در آن سطح گرانول‌های نشاسته متلاشی شده، پوشیده از روغن می‌باشد. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، فقط افزودن خمیر کنجد (X_2^2) به صورت معنادار ($p < 0.05$) بر کلیه پاسخ‌ها تأثیر گذاشته‌است. هرچند افزودن HPMC تا حدی موجب کاهش سفتی و سختی محصول شده، اثر HPMC و همین‌طور اثر متقابل خمیر کنجد و HPMC بر پارامترهای کیفی محصول معنادار نیست. در بسیاری از تحقیقات، مقدار بیشینه توصیه شده برای افزودن HPMC ۱/۵٪ ذکر شده است [۱۳]. یافته‌های سیواراماکریشنان و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان می‌دهد در اثر افزودن ۴/۵٪ HPMC، بافت نان به اندازه ای سفت می‌شود که توانایی اتساع و نگهداشتن گاز را ندارد [۳۱].

۴- بهینه‌سازی نان تهیه شده با خمیر کنجد و

HPMC

مقادیر بهینه خمیر کنجد و HPMC از طریق مطلوب در نظر گرفتن حداقل سختی نفوذ، سفتی فشردن و حداکثر پذیرش مصرف کننده تعیین شد (شکل ۸).

R^2 قابل قبول غیر معنادار بودن عدم برازش این مدل‌ها، نشان‌دهنده انطباق خوب مدل رگرسیون با داده‌های به دست آمده و قابلیت پیش‌بینی مناسب آن‌ها است.

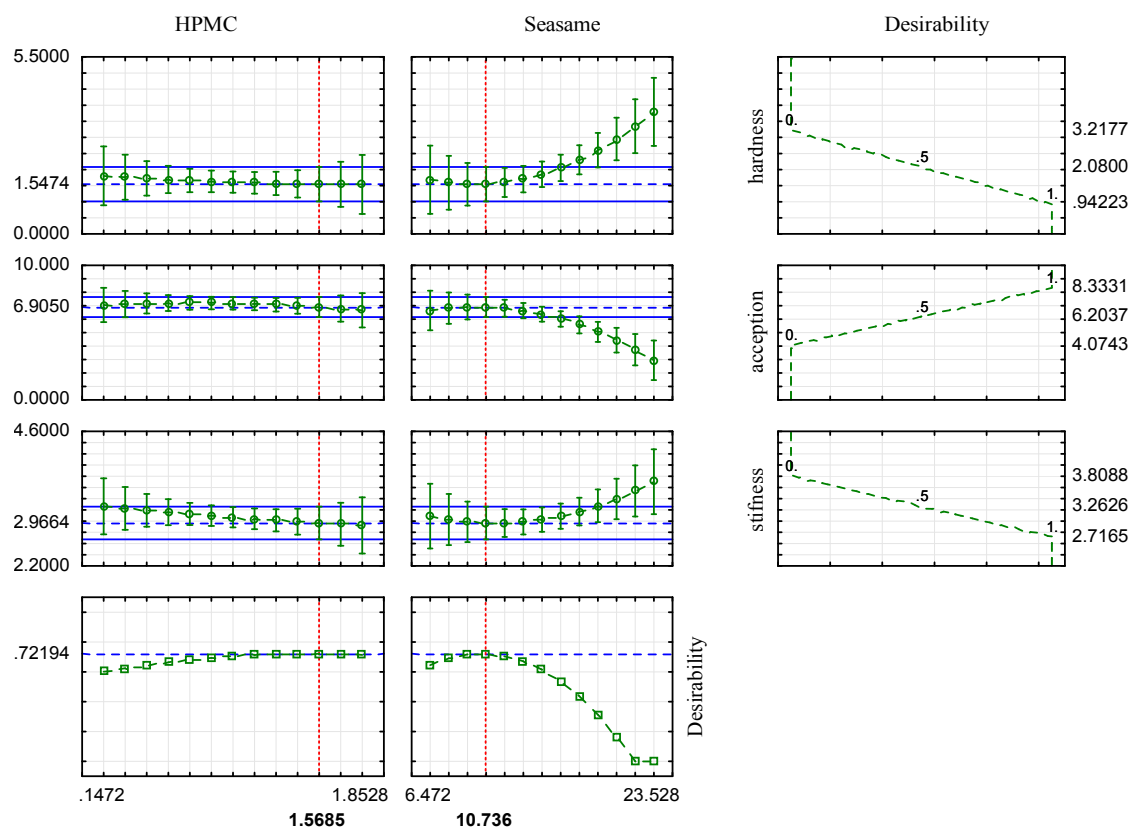


Fig 8 Profiles for predicted values and desirability

۵- نتیجه‌گیری

تهیه نان برنج غنی‌شده، اقدامی ارزشمند در راستای برآورده سازی نیاز مبرم مبتلایان سلیاک، به استفاده از محصولات رژیمی است. نتایج این پژوهش مشخص کردکنجد حاوی پروتئین، مواد معدنی و ترکیبات مورد نیاز برای بهبود ارزش غذایی محصولات فاقد گلوتن است و استفاده از آن تا حدود ۱۰٪ در نان مسطح بر پایه برنج قابل قبول است. برای ایجاد تغییرات بافتی مطلوب در محصول و با در نظر گرفتن شرایط ویژه فراوری خمیر در این مطالعه، نیاز به استفاده از مقادیر بیشتر از ۱/۵٪ HPMC در

نان بهینه با استفاده از ۱۰/۷۳۶٪ خمیر کنجد و ۱/۵۶۸٪ HPMC در فرمولاسیون تهیه شد. بر اساس مقادیر پیش‌بینی شده انتظار می‌رود در نان بهینه سختی نفوذ ۱/۵۴۷، پذیرش کلی مصرف‌کننده ۶/۹۰۵ و سفتی فشردن ۲/۹۶۶ باشد. در ارزیابی پارامترهای کیفی محصول نان بهینه، سختی نفوذ ۱/۴۴، پذیرش کلی مصرف‌کننده ۶/۹۳۴ و سفتی فشردن ۳/۱۹۸ به دست آمد. چنانچه مشاهده می‌شود انطباق مناسبی بین پاسخ‌های به دست آمده در نان بهینه و مقادیر پیش‌بینی شده وجود دارد.

- [10] Kapadia, G. J., Azuine, M. A., Tokuda, H., Takasaki, M., Mukainaka, T., Konoshima, T. and Nishino, H. 2002. Chemopreventive effect of resveratrol, sesamol, sesame oil and sunflower oil in the epsteinbarr virus early antigen activation assay and the mouse skin two-stage carcinogenesis. *Pharmacological Research*, 45 (6), 499-505.
- [11] Anilakumar, K. R., Pal, A., Khanum, F. and Bawa, A. S. 2010. Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds- an overview. *Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS)*, 75 (4), 159-168.
- [12] Sirato-Yasumoto, S. M. J., Katsuta, Y., Okuyama, Y., Takahashi Ide, T. 2001. Effect of sesame seeds rich in sesamin and sesamol on fatty acid oxidation in rat liver. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2647-2651.
- [13] Nishita, K. D., Roberts, R. L. and Bean, M. M. and Kennedy, B. M. 1976. Development of a yeast-leavened rice bread formula. *Cereal Chemistry*, 53 (5), 626-635.
- [14] EsmailiBazardeh, M., zeynali, F. and Esmaili, M. 2018. Production of gluten-free flat bread from three Iranian rice cultivars. *Journal of Food Science and Technology, Tarbiatmodaresuniversity*, 15 (78), 179-191.
- [15] Lii, C. Y., Tsai, M. L. and Tseng, K. H. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chemistry*, 73 (4), 415-420.
- [16] Juliano, B. O., Perez, C. M., Blakeney, A. B., Castillo, D., Kongseeree, N., Laignelet, B., Lapis, E. T., Murty, V. V. S., Paule, M. and Webb, B. D. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice, *Starch – Stärke*, 33 (5), 157-166.
- [17] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2015. Cereals and pulses, Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content, kjeldahl method, Number 19502, First edition.
- [18] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1987. Cereal and cereal products, Determination of fat content, Number 2862, First edition.
- [19] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2010. Cereal and cereal

فرمولاسیون وجود دارد. پیش بینی های دقیق RSM در مورد تأثیر کنگد و HPMC بر کیفیت محصول و تعیین حدود بهینه این ترکیبات، می توان از این روش جهت بهبود عمر ماندگاری محصول تولید شده در این تحقیق استفاده کرد.

۶- منابع

- [1] Comino, I., Moreno, Mde. L., Real, A., Rodríguez-Herrera, A., Barro, F. and Sousa, C. 2013. The gluten-free diet: testing alternative cereals tolerated by celiac patients. *Review. Nutrients*, 5, 4250-4268.
- [2] Moreno, Mde. L., Comino, I. and Sousa, C. 2014. Alternative grains as potential raw material for gluten-free food development in the diet of celiac and gluten-sensitive patients. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2 (3), 1-9.
- [3] Litwinek, D., Ziobro, R., Gambuś, H. and Sikora, M. 2014. Gluten Free bread in a diet of celiacs. *International Journal of Celiac Disease*, 2 (1), 11-16.
- [4] Caboli, N. and Sabooni, S. 2014. Annual consumption of bread in Iran and the world, coordinated message in the wheat field, flour and bread, 12 (93), 68.
- [5] Kalantari, N. and Ghaffar Pour, M. 2004. Comprehensive pattern of household food consumption patterns and nutritional status of the country, 2000-2002. National report of the national institute of nutrition and food technology research, Shahidbeheshtiuniversity.
- [6] Azizi, M. H. 2013. Department of food science and technology, faculty of agriculture, Tarbiatmodarresuniversity, Investigating the methods of reduction of waste and improvement of bread quality.
- [7] Onsaard, E. 2012. Sesame proteins, Mini Review. *International Food Research Journal*, 19(4), 1287-1295.
- [8] Shoryabi, Z. 2014. Study of chemical composition and nutritive value of treated sesame straw by using in vitro gas production method. *Journal of Novel Applied Sciences*, 3(9), 978-983.
- [9] Namiki, M. 1990. Antioxidants/antimutagens in food. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, 29, 273-300.

- endosperm. The Japanese Journal of Genetics, 61, 559-568.
- [26] British Nutrition Foundation, Nutrition Requirements. 2016.
- [27] Missbach, B., Schwingshackl, L., Billmann, A., Mystek, A., Hickelsberger, M., Bauer, G. and König, J. 2015. Gluten-free food database: the nutritional quality and cost of packaged gluten-free foods. PeerJ 3:e1337, <https://doi.org/10.7717/peerj.1337>
- [28] Saturni, L., Ferretti, G. and Bacchetti, T. 2010. The gluten-free diet: safety and nutritional quality. Nutrients, 2, 16-34.
- [29] Makinde, F. M. and Akinoso, R. 2014. Physical, nutritional and sensory qualities of bread samples made with wheat and black sesame (*Sesamum indicum* Linn) flours, International Food Research Journal, 21 (4), 1635-1640.
- [30] Ali, M., 2006. Effect of addition sesame flour to wheat flour on bread quality. M.Sc. Thesis. Dept. Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Khartoum, Sudan.
- [31] Sivaramakrishnan, H. P., Senge, B. and Chattopadhyay, P. K. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. Journal of Food Engineering, 62, 37-45.
- products, Determination of moisture content, Reference method, Number 2705, First revision.
- [20] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2009. Cereals, pulses and by products -Determination of ash yield by incineration, Number 2706, First revision.
- [21] AOAC, 1990. Official Methods of Analyses. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- [22] Çiftçi, D., Kahyaoglu, T., Kapucu, S. and Kaya, S. 2008. Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. Journal of Food Engineering, 87, 428-435.
- [23] Matos, M. E. and Rosell, C. M. 2012. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. European Food Research and Technology, 235 (1), 107-117.
- [24] Hager, A. S. and Arendt, E. K. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. Food Hydrocolloids, 32, 1, 195-203.
- [25] Kumar, I. and Khush, G. S. 1986. Gene dosage effect of amylose content in rice

Application of response surface methodology in optimization of flat rice bread formulation containing sesame paste and hydroxypropyl methylcellulose

Esmaili Bazardeh, M.¹, Zeinali, F.^{2*}, Esmaili, M.³

1. Department of Food Science and Technology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

2. Associate Professor, Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran

3. Professor, Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran

(Received: 2018/05/31 Accepted: 2019/02/13)

In this study, sesame as a dietary supplement and hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) due to its ability to form a gel network during heating, were added to rice flour for making the flat bread. In order to determine the optimal amounts of sesame paste (in the range of 10-20%) and HPMC (in the range of 0.5-1.5%), in product formulation using response surface methodology (RSM) and central composite design (CCD), five levels of these two variables were selected and 12 baking tests were performed. Three qualitative parameters in the product, including compression stiffness, overall consumer acceptance and penetration hardness, were evaluated as responses. According to the results, sesame paste significantly ($P < 0.05$) reduced the quality parameters and HPMC only slightly improved them. The mathematical models obtained in this study can accurately predict the responses. Correct matching between predicted responses and the results in optimized bread, containing 10.3% sesame paste and 1.5% HPMC, indicates the high capability of RSM to optimize the formulation of gluten-free products.

Keywords: Bread, Rice, Sesame, HPMC, RSM

* Corresponding Author E-Mail Address: f.zeinali@urmia.ac.ir