به‌کارگیری روش سطح پاسخ در بهینه‌سازی فرمولاسیون نان مسطح برنج، حاوی خمیر کنجد و هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز

مریم اسمعیلی بازارده[1]، فریبا زینالی[2*]، محسن اسمعیلی[3]

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 هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز (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[1] (RSM) و طرح مرکب مرکزی[2](CCD)، ۵ سطح از این دو متغیر انتخاب و ۱۲ آزمایش پخت انجام شد. سه پارامتر کیفی در محصول شامل سفتی فشرش، پذیرش کلی مصرف‌کننده و سختی نفوذ، به عنوان پاسخ ارزیابی شدند. بر اساس نتایج، خمیر کنجد به صورت معنادار (P<۰/۰۵) موجب افت پارامترهای کیفی و HPMC فقط سبب اندکی بهبود در آن‌ها می‌شود. مدل‌های ریاضی به‌دست‌آمده در این پژوهش توانستند به خوبی پاسخ‌های مورد بررسی را پیش‌بینی کنند. انطباق مناسب بین پاسخ‌های پیش‌بینی‌شده و نتایج در نان بهینه، حاوی۱۰/۷٪ خمیر کنجد و۱/۵٪ HPMC، نشان‌دهنده قابلیت بالای RSM برای بهینه‌سازی فرمولاسیون محصولات فاقد گلوتن بود.

کلید واژگان: نان، برنج، کنجد، هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز، روش سطح پاسخ

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

1. Response Surface Methodology
2. Central Composite Design

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

۱- مقدمه

سلیاک یک بیماری خود ایمنی است که با مصرف خوراکی گلوتن و درواقع جزء پرولامین آن فعال می‌شود. با توجه به اینکه تنها چاره بیماران مبتلابه سلیاک، پیروی از یک رژیم غذایی صد درصد فاقد گلوتن در تمام طول عمر است،تهیه محصولات رژیمی برای این افراد ضروری است [۲، ۱]. در حال حاضر انرژی دریافتی از محصولات فاقد گلوتن عرضه‌شده در بازار متعادل نیست. معمولاً مقدار پروتئین، ویتامین، مواد معدنی و فیبر محصولاتی که از آرد گلوتن زدایی شده تهیه می‌شوند،کمتر از فراورده‌های حاصل از گندم است. اغلب محصولات نانوایی فاقد گلوتن حاوی کربوهیدرات زیاد هستند و برای بهبود تخلخل و کاهش سرعت بیاتی، روغن فراوانی در آن‌ها استفاده می‌شود[۳].

مردم ایران با مصرف سرانه حدود ۱۱۷ Kg نان حاصل از گندم در سال، از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان نان در جهان محسوب می‌شوند [٤]. دلیل این امر می‌تواند قیمت مناسب، تأمین انرژی، جنبه‌های تغذیه‌ای، سنت‌های غذایی و در دسترس بودن این محصول برای اقشار مختلف جامعه باشد[۵]. بر اساس مطالعات انجام‌شده در تهران،۳۹/۱٪ از نان‌های مصرف‌شده لواش، ۱۰/۷٪ سنگک و ۱۳/۸٪ بربری است [٦] که نشان می‌دهد نان‌های مسطح بیشتر از نان‌های حجیم مورد پسند ذائقه مردم ایران هستند. با توجه به اهمیت نان مسطح به‌عنوان یک وعده غذایی اصلی در ایران و ویژگی‌های منحصر به فرد برنج، به‌عنوان یک ماده اولیه مناسب برای رژیم‌های غذایی فاقد گلوتن، در این مطالعه تولید نان مسطح بر پایه آرد برنج مورد مطالعه قرارگرفته است.

در میان بسیاری از ترکیبات بررسی شده برای غنی‌سازی محصولات فاقد گلوتن، کنجد گزینه‌ای ایده آل به نظر می‌رسد. کنجد حاوی ۲۷-۲۰٪ پروتئین و ٥٦-٤٨٪ روغن است. کنجد دارای پروتئین با پرولامین اندک(۱/٤٪) و غنی از گلوتامیک اسید، آرژنین و آمینو اسیدهای متیونین و سیستین (به ترتیب g/16g N ۵/۹ و ۳/۷) است که این آمینواسیدهای حاوی گوگرد در اغلب پروتئین‌های گیاهی به مقدار کمی وجود دارند[۷]. کنجد همچنین غنی از اسید اگزالیک (۲/۵٪) و اسید فیتیک (۵٪) و حاوی مقادیر قابل‌توجهی ترکیبات فعال زیستی ازجمله توکوفرول‌ها، فیتواسترول‌ها، رزوراترول[3]، فلاونوئیدها و لیگنان‌ها است [۱۰- ۸]. تأثیرات ناشی از مصرف این دانه گیاهی برکاهش فشار و کلسترول خون و افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ویتامین E، در حیوانات آزمایشگاهی و انسان به اثبات رسیده است [۱۲، ۱۱].

در نان‌های فاقد گلوتن نیاز به استفاده از افزودنی‌هایی مانند هیدروکلوئیدها وجود دارد تا خصوصیات ویسکو الاستیک 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 به‌عنوان بهترین گزینه برای ایجاد ساختار مناسب در محصولات نانوایی فاقد گلوتن توصیه‌شده 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 نان‌های فاقد گلوتن را فراهم می‌کند[۱۳].

روش سطح پاسخ یک تکنیک آماری مؤثر برای بهینه‌سازی فرایندها یا فرمولاسیون‌ها است. تاکنون در هیچ مطالعه‌ای این روش، برای بهینه‌سازی فرمولاسیون نان برنج مسطح حاوی HPMC و خمیر کنجد استفاده نشده است. هدف از تحقیق حاضر یافتن مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی 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 روش‌ها

۲-۱- تهیه نان

برنج هاشمی از ارقام محلی گیلان، با همکاری مرکز تحقیقات برنج رشت از یک شالی‌کوبی در گیلان خریداری وآرد برنج به روش آسیاب کردن نیمه مرطوب تهیه شد[١٤]. HPMC با مارک سیگما سنت لوییس و کنجد به صورت بسته‌بندی 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 ٤ به ۱) و HPMC(با توجه به مقادیر تعیین شده در جدول ۱)،به مدت ۱۰ دقیقه به وسیله همزن نانوایی مخلوط شده و خمیر حاصل به صورت چانه‌های یک کیلوگرمی درآمد. چانه‌ها به مدت ٤۰ دقیقه در دیگ آب جوش (۳°C ± ۹۷) قرار گرفتند[۱۵] و پس از خروج از دیگ، ۲۰ دقیقه به‌وسیله همزن نانوایی مخلوط شدند. سایر اجزا شامل ۰/۸٪ نمک، ۵٪ شکر و خمیر کنجد با توجه به مقادیر تعیین‌شده

3. resveratrol

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

در جدول ۱، به خمیر اضافه و نمونه طی ۱۰ دقیقه هم زدن کاملاً همگن شد. خمیر به ضخامت mm ۱ پهن‌شده و پس از برش با قالب دایره‌ای به قطر cm ۲۰، 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 $^{\circ}C$ ۱۰ ±۲۲۰ و به مدت ۲ دقیقه انجام شد. نان‌ها پس از ۱۰ دقیقه خنک شدن، در کیسه‌های پلی اتیلن بسته‌بندی‌شده و پس از ۱۸ ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند.

۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی

آمیلوز ظاهری با روش کالرومتریک و با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد[۱۶]. مقدار پروتئین(N×۵/۹۵) [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 سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و خاکستر باقیمانده با mL ۵ آب مقطر به لوله منتقل شد. با ٤ بار تکرار این روند، حجم نمونه به mL ۲۰ رسید. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. هریک از مواد معدنی جداگانه با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری شد [۲۱]. ویژگی‌های بافتی نان به‌وسیله بافت سنج (TA.XT plus ,Stable Micro Systems, UK) و انجام تست‌های نفود و فشرشبررسی شد[۱٤]. در آزمون نفوذ، حداکثر نیروی لازم برای سوراخ کردن نمونه به‌عنوان سختی[4]ودر آزمون فشرش، سفتی[5] 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[6] تحت تنش ثابت ۱Pa بررسی شد. مدول ذخیره (G')، مدول افت (G")، تانژانت افت (tan δ) به‌عنوان تابعی از فرکانس در فاصله ۲۰-۱ هرتز و نمودار جریان در محدوده تنش برشی s^{-1} ۱۲۰-۱ و نرخ برش Pa ۵۰۰-۱ به دست آمد[۲۲].

جهت تهیه تصاویر با میکروسکوپ الکترونی[7](SEM)نان پس از انجماد کامل در فریزر، توسط خشک‌کن انجمادی و تحت خلأ ۰/۹ میلی بار کاملاً خشک شد. نمونه‌های خشک‌شده 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 مقیاس ۹ درجه‌ای، به‌منظور 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 ٤۵ سال انجام شد. یک‌چهارم از هر نمونه نان در ظروف یک‌بار مصرف (کد گذاری شده با سه رقم تصادفی) قرار گرفت و به‌صورت 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

RSMبرای ارزیابی اثر مقدار HPMC (X_1) و خمیر کنجد (X_2) بر کیفیت محصول استفاده شد [۲٤]. حدود بالا و پایین ۱/۵-۰/۵٪ برای HPMC و ۲۰-۱۰٪ برای خمیر کنجد در نظر گرفته شد. سختی نفوذ، سفتی فشرش 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 ۱/٤۱٤، پنج سطح از هر متغیر انتخاب و دوازده آزمایش پخت شامل چهار تکرار (آزمایش‌های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲)با به‌کارگیری 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.

$$Y_i= b_0+ b_1X_1+ b_2X_2+ b_{11}X_1^2+ b_{22}X_2^2+ b_{12}X_1X_2$$

معادله (۱)

این معادله در برگیرنده اثرات خطی، درجه دوم و برهمکنش است. b_0 شاخص پاسخ برازش شده در نقطه مرکز طرح، b_1 وb_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[8]، ضریب همبستگی چندگانه (R^2_{adj}) و معناداری مدل (در سطح ۹۵٪) مورد بررسی قرار گرفت. نمودارهای سه‌بعدیمدل‌ها برای تجسم بخشیدن به روند کلی ترسیم شد. در گام بعد با به‌کارگیریروش مطلوبیت[9]، 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.

4. hardness
5. stiffness
6. frequency sweep test
7. Scanning Electron Microscope (SEM)
8. lack-of-fit
9. desirability

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

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)

۳- نتایج و بحث

ترکیبات کنجد و برنج در جدول ۲ ارائهشده است. ارقام برنج بر اساس مقدار آمیلوز ظاهری اندازه‌گیری شده بر مبنای وزن خشک نمونه با روش کالریمتری با یُد در بافر استات، به انواع واکسی (۲-۰٪)، بسیار آمیلوز پایین (۹-۳٪)، آمیلوز پایین (۱۹-۱۰٪)، آمیلوز متوسط (۲۵-۲۰٪) و آمیلوز بالا (بیشتر از ۲۵٪) تقسیم می‌شوند[۲۵]. نظر به این طبقه‌بندی 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 پروتئین، ۷۰۰ mg کلسیم، ۳۰۰ mg-۲۷۰منیزیم، ۱۶۰۰mgسدیم، ۳۵۰۰mg پتاسیم، ۹/۵mg-۷ روی، ۱۴/۸mg-۸/۷ آهن مورد نیاز است [۲۶]. از سوی دیگر تحقیقات نشان می‌دهد پروتئین موجود در برخی مواد غذایی فاقد گلوتن نصف مقدار آن در همتایان دارای گلوتن آن‌ها است. بیشتر این محصولات از نظر مواد مغذی مانند سدیم، آهن، روی و ویتامین‌های گروه B کمبود دارند[۲۷] و۳۸-۲۰٪ مبتلایان به سلیاک دچار سوء جذب و فقراین مواد مغذی هستند[۲۸]. بنابراین کنجد که غنی از پروتئین و مواد معدنی است (جدول ۲ و ۳) می‌تواند مکمل رژیمی ایده آلی در محصولات فاقد گلوتن باشد.

Table 2 Composition of rice andsesame 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 ofsesame 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

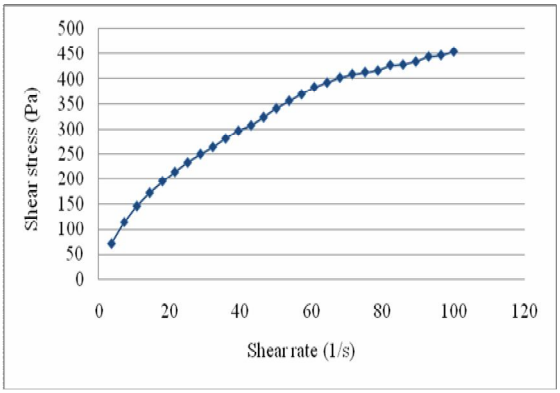

Fig 1 Shear flow curve for sesame paste sample

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 فرکانس‌های بررسی‌شده، در خمیر کنجدG' بیشتر از"G است (شکل ۲). 'G با ویژگی الاستیک ارتباط دارد و بیشتر بودن آن نشان دهنده برهم‌کنش‌های قوی بین ذرات و یا ساختار شبکه‌ای پایدار شده است. می‌توان 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 می‌گردد [۲۲].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

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 ٣).

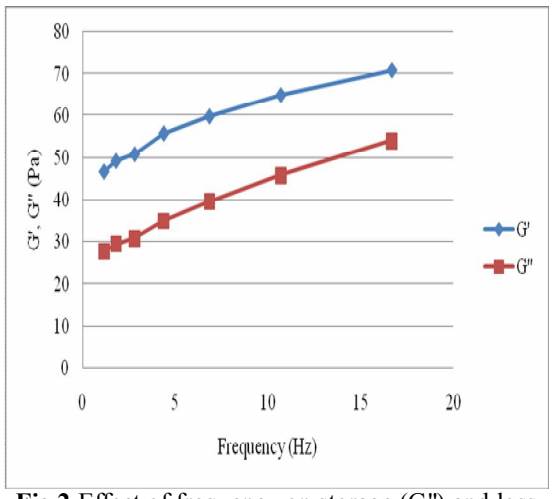

Fig 2 Effect of frequency on storage (G") and loss modulus (G') for sesame paste

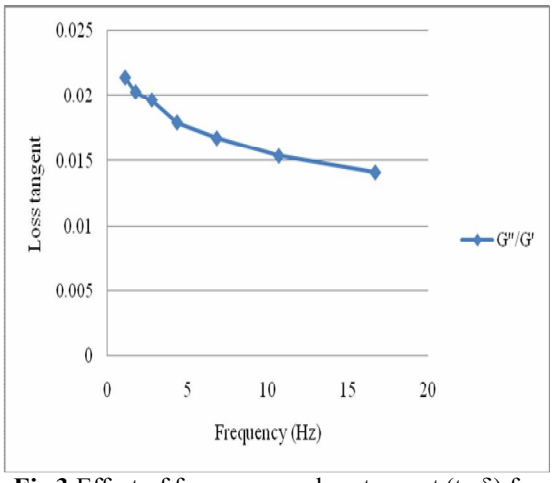

Fig 3 Effect of frequency on loss tangent (tg δ) for sesame paste

نمودار سطح پاسخ پذیرش مصرف‌کننده، سختی و سفتی بافت نان‌های برنج حاوی مقادیر مختلف خمیر کنجد و HPMC، در شکل‌های ٤ تا ٦ ارائه شده است.

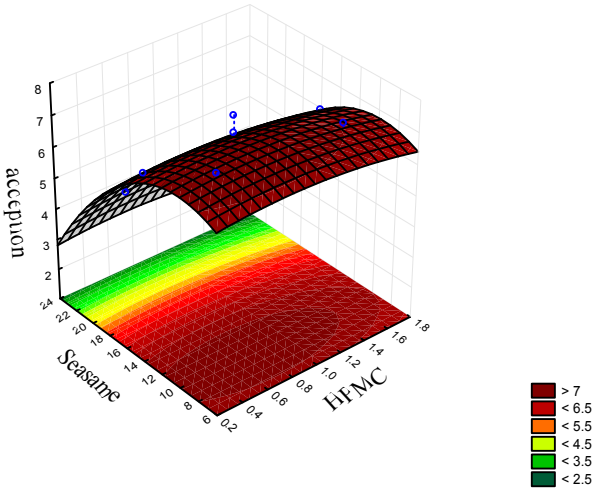

Fig 4 Effect of HPMC and sesame paste on overall consumer acceptance of rice bread

نان تهیه شده از برنج فاقد مزه خاصی است و به نظر می‌رسد طعم و بوی ناشی از افزودن خمیر کنجد تا حدود ١٠٪، موجب افزایش پذیرش مصرف‌کننده شدهاما 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 [٢٩].

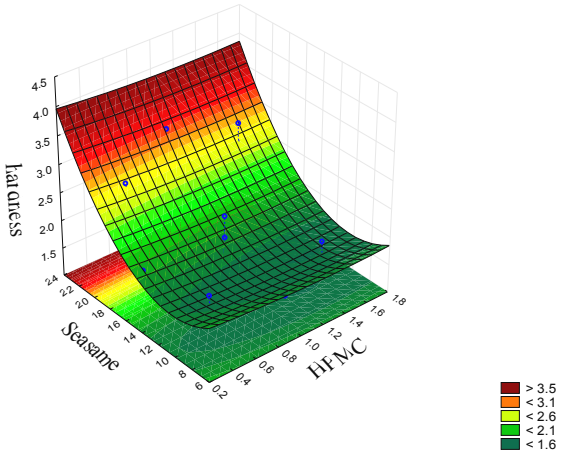

Fig 5 Effect of HPMC and sesame paste on penetration hardness of rice bread

نتایج آزمون‌های بافتی نشان داد با افزایش مقدار جایگزینی خمیر کنجد در فرمولاسیون، سفتی محصول افزایش می‌یابد. مطابق با یافته های این پژوهش، نتایج بررسی اثر جایگزینی ١٥-٥٪ آرد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

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].

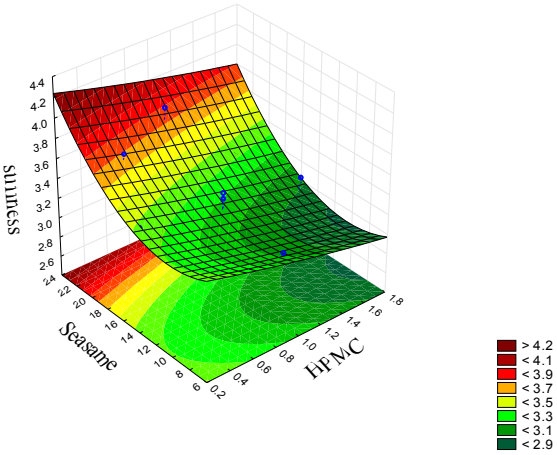

Fig 6 Effect of HPMC and sesame paste on compression stiffness of rice bread

چنانچه در شکل ۷ در تصویر به‌دست‌آمده 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) به‌صورت معنادار ($p<۰/۰۵$) 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 افزودنHPMC ۱/۵٪ ذکرشده است [۱۳]. یافته‌های سیواراماکریشنان و همکاران (۲۰۰٤) نیز نشان می‌دهد در اثر افزودن ٤/۵٪ HPMC، بافت نان به اندازه ای سفت می‌شود که توانایی اتساع و نگهداشتن گاز را ندارد [۳۱].

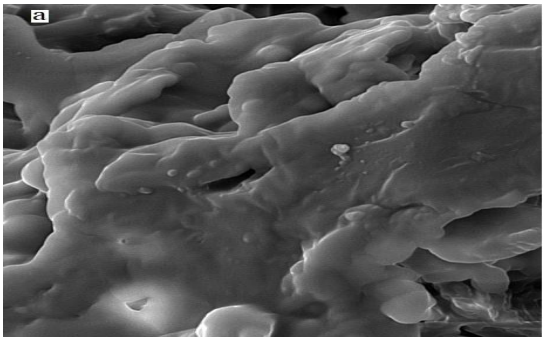

Fig 7 Scanning electron micrographs of bread with (a) and without (b) HPMCand sesame paste.

به نظر می‌رسد به دلیل تفاوت موجود درروش فراوری خمیرو نان در این پژوهش، باید مقادیر بیشتری از HPMC جهت ارتقاء کیفت محصول مورداستفاده قرار گیرد.پس از برازش داده‌ها با مدل کوادراتیک، به ترتیب معادلات ۲ تا ٤ برای پیش‌بینی تأثیر مقادیر مختلف خمیر کنجد و HPMC بر پذیرش کلی، سختی نفوذ و سفتی فشرش به دست آمد:

$$Y_{acception}=4.900+(0.591\times X_1)-(0.437\times X_1^2)+(0.426\times X_2)-(0.022\times X_2^2)+(0.004\times X_1\times X_2)$$
$(R^2_{adj}:0.87)$ معادله (۲)

$$Y_{hardness}=3.409-(0.558\times X_1)+(0.085\times X_1^2)-(0.276\times X_2)+(0.012\times X_2^2)+(0.021\times X_1\times X_2)$$
$(R^2_{adj}:0.77)$ معادله (۳)

$$Y_{stiffness}=3.668-(0.077\times X_1)+(0.034\times X_1^2)-(0.088\times X_2)+(0.005\times X_2^2)-(0.018\times X_1\times X_2)$$
$(R^2_{adj}:0.70)$ معادله (٤)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

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

٤- 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 فشرش و حداکثر پذیرش مصرف کننده تعیین شد (شکل ۸).

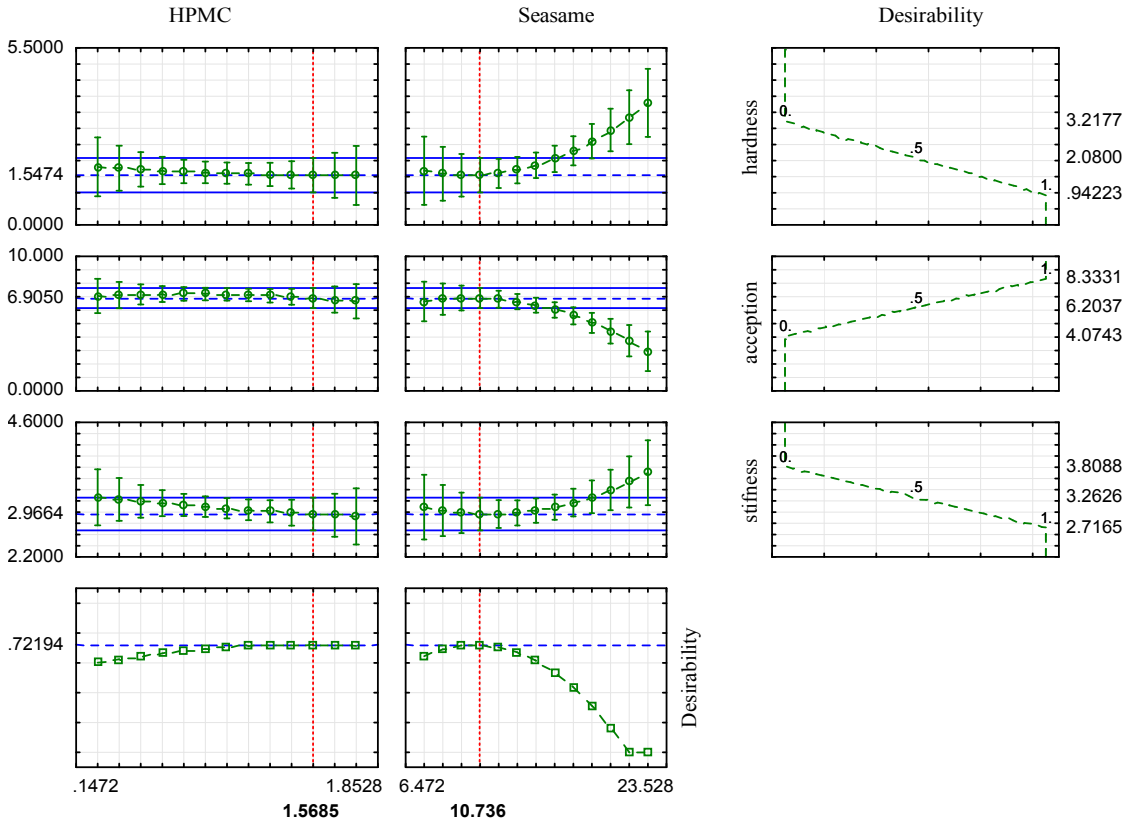

Fig 8 Profiles for predicted values and desirability

نان بهینه با استفاده از ۱۰/۷۳٦٪ خمیر کنجد و ۱/۵٦۸٪ HPMC در فرمولاسیون تهیه شد. بر اساس مقادیر پیش‌بینی‌شده انتظار می‌رود در نان بهینه سختی نفوذ ۱/۵٤۷، پذیرش کلی مصرف‌کننده ٦/۹۰۵ و سفتی فشرش ۲/۹٦٦ باشد. در ارزیابی پارامترهای کیفی محصول نان بهینه، سختی نفوذ ۱/٤٤، پذیرش کلی مصرف‌کننده ٦/۹۳٤ و سفتی فشرش ۳/۱۹۸ به دست آمد. چنانچه مشاهده می‌شود انطباق مناسبی بین پاسخ‌های به‌دست‌آمده در نان بهینه و مقادیر پیش‌بینی‌شده وجود دارد.

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 گرفتن‌شرایط ویژه فراوری خمیر در این مطالعه، نیاز به استفاده از مقادیر بیشتر از ۱/۵٪ HPMCدر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

فرمولاسیون وجود دارد. پیش بینی‌های دقیق RSM در مورد تأثیر کنجد و HPMC بر کیفیت محصول و تعیین حدود بهینه این ترکیبات، می‌توان از این روش جهت بهبود عمر ماندگاری محصول تولیدشده در این تحقیق استفاده کرد.

٦- 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.

[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 (Sesamumindicum 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 sesamolin 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] EsmaiiliBazardeh, M., zeynali, F. and Esmaiili, M. 2018.Production of gluten-free flat bread from three Iranian ricecultivars.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., Kongseree, 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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

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 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. andBacchetti, 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 (Sesamumindicum 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]

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

Esmaiili Bazardeh, M. [1], Zeinali, F. [2*], Esmaiili, 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 theflat 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 usingresponse 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.zeynali@urmia.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-28]