تاثیر استخراج آرد گندم و افزایش پودر آب پنیر و آرد چاودار بر ویژگی های رئولوژیکی خمیر حاصل به روش سطح پاسخ

سارا متینی[1]، فرامرز جلیلی[1]، امیر ابراهیمی[1]، سید محمد مشکانی[2]*

[1] گروه علوم و صنایع غذایی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.
[2] گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۹

چکیده

در این پژوهش اثر افزودن پودر آب پنیر در محدوده ۲ تا ۴ درصد و آرد چاودار در محدوده ۰ تا ۲۰ درصد به آرد گندم با درصد استخراج ۷۲ تا ۹۲ بر فاکتورهای فارینوگراف و اکستنسوگراف با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزایش درصد استخراج آرد گندم موجب افزایش جذب آب و سفتی و کاهش مقاومت گردید همچنین عدد کیفی و الاستیسیته تحت تاثیر افزایش آن، افزایش پیدا کرد. افزایش درصد آرد چاودار و پودر آب پنیر منجر به کاهش جذب آب و سطح زیر منحنی اکستنسوگرافی و افزایش عددکیفی فارینوگرافی شد($P<0.05$). نتایج بهینه سازی آزمون رئولوژی خمیر نشان داد که برای درجه استخراج ۹۲ درصد آرد گندم ، ۱/۹۶ درصد آرد چاودار و ۲ درصدپودر آب پنیر، میزان جذب آب ۶۲/۶۱ درصد، عدد کیفی فارینوگراف ۶۳/۳۹، مقاومت ۴/۰۵ دقیقه، الاستیسیته ۱۹/۳۹ درصد و سفتی خمیر (مساحت زیر منحنی) ۶/۸۷ نیوتن بر میلیمتر بود.

واژه های کلیدی: آرد گندم، آرد چاودار، پودر آب پنیر، رئولوژی خمیر ، روش سطح پاسخ.

Archive

* مسوول مکاتبات : s.m.meshkani@gmail.com

www.SID.ir

۱- مقدمه

نان یکی از ارزنده ترین و مهمترین مواد غذایی مورد استفاده انسان می باشد. اگرچه با ارتقاء سطح زندگی در کشورهای پیشرفته از میزان مصرف نان کاسته شده است ولی هنوز هم بخش عمده ای از انرژی روزانه مردم در کشورهای مختلف از جمله کشور ما را تامین می کند. از طرفی نان از نظر کیفیت و ارزش غذایی جایگاه ویژه ای دارد، زیرا به تنهایی می تواند قسمت اعظم انرژی، پروتئین و سایر مواد مغذی بدن را تامین کند. درصد سهم نان در تامین انرژی به طور میانگین ۵۱/۸، پروتئین ۵۳/۶، چربی ۵، کربوهیدرات ۶۸/۷، کلسیم ۳۳/۹، آهن ۴۵/۳ و فیبر ۶۴/۲ درصد است (۷ و ۲).

معمولاً آرد مصرفی در نانوایی، آرد گندم است که یکی از غلات مهم و پرمصرف در سرتاسر جهان و نیز به خاطر خواص تغذیه ای و تکنولوژی منحصر به فرد، مورد توجه بیشتر مردم جهان قرار گرفته است (۱۷). میزان دریافت برخی ریز مغذی ها مانند روی، ویتامین، آهن و کلسیم از نان قابل توجه بوده اما درصورت بالا بودن درجه استخراج آرد، به دلیل عناصر مزاحم مثل اسید فیتیک و فیتات با مشکل مواجه است (۱۳ و ۱۸).

یکی از روش های جبران از دست رفتن ریز مغذی ها و حفظ ارزش تغذیه ای نان افزودن آرد سایر غلات همانند چاودار، جو، سویا (۱۱)، ارزن، سورگوم (۲۴)، سویا، لوبیا (۱۴) و غنی کننده ها می باشد. همچنین استفاده از افزودنی ها در صنایع نانوایی با هدف بهبود کیفیت نان تازه و بالا بردن زمان ماندگاری نان در طی دوره نگهداری نیز می باشد. این ترکیبات قادر به بهبود خواص ژلاتیناسیون نشاسته و بالا بردن کیفیت محصول نهایی در طی نگهداری هستند (۴). پایان و همکاران ۱۳۹۰ به جایگزینی آرد چاودار در نان سنگک پرداخته و نشان دادند که ویژگیهای رئولوژیکی حاصل از فارینوگراف و اکستنسوگراف به لحاظ آماری دچار تغییر معنی داری نگردیده ولی ویژگی حسی نمونه های تولید شده تحت تاثیر افزایش آرد چاودار قرار گرفته بدین ترتیب افزایش آرد چاودار باعث بهبود فرم، شکل و پوکی نمونه ها گردیده ولی اثر منفی بر ویژگیهای سطح زیری و رویی داشته در عین حال قابلیت جویدن و میزان سختی نمونه ها تغییری مشاهده نگردید (۱). در این رابطه سانا و همکاران ۲۰۰۶ بر روی خواص آنتی اکسیدانی، تغذیه ای، فیبرهای رژیمی، نشاسته مقاوم، نان حاصل از ۴ غله جو، ارزن، چاودار و سورگوم پرداخته و نشان دادند که خواص تغذیه ای این نان در مقایسه با نان حاصل از آرد گندم بیشتر است همچنین میزان آنتی اکسیدان، فیبرهای رژیمی، نشاسته مقاوم بالایی داشتند. جو دارای بالاترین میزان فسفر، کلسیم، پتاسیم، منیزیم، سدیم، مس، روی، آهن را داشت. سورگوم فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی داشت (۲۴).

پابلو و همکاران ۲۰۰۵ خواص رئولوژی جزء پروتئینی نان حاصل از آرد سه غله گندم، جو، چاودار را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که پروتئین حاصل از گندم، خاصیت الاستیسیته بالا و مقاومت کمتری در مقابل گسترش از خود نشان می دهد همچنین خمیر حاصل از چاودار مانند گندم عمل کرده در حالیکه خمیر حاصل از جو برای تهیه نان مناسب نبود (۲۰).

سایر پژوهش ها شامل؛ جمالیان و رحیمی ۱۳۸۲ اثر پودر آب پنیر (در۵ سطح، صفر تا ۵) بر خواص رئولوژیکی خمیر و بیاتی نان سنگک (۳)، مشایخی و همکاران ۱۳۸۷ به بررسی و مقایسه اثرات نان های غنی شده با آرد سویای بدون چربی (۵)، داگزاستاکیس و همکاران ۲۰۰۱و ۲۰۰۲به بررسی ویژگی های رئولوژیکی آرد گندم غنی شده با لوپین[۱]، سویا و تریتیکاله (۱۴و۱۵)، راسل و همکاران ۲۰۰۱ به بررسی اثر افزودن هیدروکلوئیدها (سدیم آلژینات، کاراگینان، گزانتان و هیدروکسی متیل سلولز) بر ویژگی رئولوژیکی خمیر وکیفیت نان (۲۳)، کولار و همکاران ۲۰۰۵ به غنی سازی آرد گندم با فیبر سبوس نخود (۱۲) و میلانی و همکاران ۱۳۸۸ به بررسی ویژگی رئولوژیکی آرد بربری غنی شده با سبوس برنج (۸) پرداختند.

هدف از این پژوهش بهینه سازی فرمولاسیون آرد گندم با پودر آب پنیر و آرد چاودار به روش سطح پاسخ جهت بهبود ویژگی تکنولوژیکی می باشد به این جهت از نرم افزار Design Expert 6.0.2 برای بهینه سازی فرمولاسیون حاوی این دو ترکیب به روش ۵ نقطه مرکزی و به صورت متمرکز[۲] استفاده شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد و تجهیزات

در این پژوهش برای تهیه نان از آرد با درجه استخراج ۷۲ تا ۹۲

[۱] این دانه نوعی از حبوبات است که در اروپا کشت شده و انواع مختلفی دارد که بیشتر آن ها حاوی آلکالوئیدها بوده و سمی هستند و فقط برخی از گونه های آن ها دارای ارزش تغذیه ای می باشند.

[۲] Face Centered

www.SID.ir

درصد از کارخانه آرد سفید ساوالان خوی، آرد چاودار از مرکز تهیه و اصلاح بذر و نهال کرج، پودر آب پنیر با نام تجاری Alacen392-WPC از طریق نمایندگی شرکت NZMP نیوزیلند تهیه گردید. تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق شامل فارینوگراف (Brabender، Duisburg، Germanny)، بافت سنج (TAXT Plus، Surrey، UK)، پروب و ملحقات کیفر (Kieffer، Surrey، UK) ، ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ (KERN، Balingen، Germany) بود.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- آزمون کشش خمیر

آزمایش کشش خمیر با استفاده از دستگاه بافت سنج و پروب کیفر مطابق روش مشکانی و همکاران ۱۳۹۴؛ انجام گردید و پارامترهای مورد بررسی با این دستگاه، میزان سفتی خمیر (نیوتن بر میلی متر) و ماکزیمم مقاومت (نیوتن) بود(۶). این آزمون در ۳ تکرار انجام شد و میانگین ها گزارش شدند.

۲-۲-۲- آزمون فارینوگراف

به جهت انجام آزمون فارینوگراف بر طبق روش ریدرو و همکاران ۲۰۱۲؛ مقدار ۳۰۰ گرم آرد گندم جدا شد (غربال شده با الک ۴۷۵ میکرون به جهت حفظ سلامت تیغه های دستگاه) و به کمک استفاده از منحنی تیتراسیون حاصل از دستگاه فارینوگراف میزان درصد جذب آب آرد خام در دمای ثابت ۳۰ درجه سانتی گراد و سرعت ۶۳ دور بر دقیقه تعیین گردید. اطلاعاتی که از دستگاه فارینوگرافی حاصل گردید شامل تغییرات درصد جذب آب (٪)، مقاومت خمیر (دقیقه)، عدد کیفی فارینوگرافی بود (۲۲).

۲-۳- آنالیز آماری

بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورهای درصد استخراج آرد گندم، درصد آرد چاودار و درصد پودر آب پنیر بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر آرد گندم هدف اصلی این پژوهش بود. در این طرح با توجه به جدول ۱، درصد استخراج آرد گندم با نماد ریاضی x_1، درصد آرد چاودار با نماد x_2 و درصد پودر آب پنیر با نماد x_3؛ به عنوان ۳ فاکتور موثر و تغییرات درصد جذب آب (٪)، مقاومت خمیر (دقیقه)، عدد کیفی فارینوگرافی، میزان سفتی خمیر (نیوتن بر میلی متر)، ماکزیمم مقاومت (نیوتن) متغیرهای وابسته بودند. در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر، جداگانه بیان می نماید. که در فرمول ۱، قابل مشاهده می باشد.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j \quad \text{فرمول(۱)}$$

در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش‌بینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_i اثرات خطی، b_{ii} اثر مربعات و b_{ij} اثرات متقابل، x_i ، x_j متغیر های مستقل کدبندی شده هستند.

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن ها

متغیرهای مستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه		
		-۱	۰	+۱
استخراج آرد گندم	X_1	۷۲	۸۲	۹۲
آرد چاودار	X_2	۰	۱۰	۲۰
پودر آب پنیر	X_3	۲	۳	۴

از نرم افزار Design Expert 6.0.2 جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آزمون فارینوگرافی

جدول ۲ ، آنالیز واریانس مدل های مختلف(خطی، درجه دوم و اثر متقابل) سطح پاسخ برای متغیرهای وابسته حاصل از آزمون های فارینوگراف را نشان می دهد. همچنین فاکتورهایی که کفایت مدل را نشان داد، نتایج مدل سازی آرد گندم بر اساس این آزمون در جدول ۲، قابل مشاهده است.

همان طور که در جدول۲ مشاهده می شود، عبارت های مدل که برای آزمون جذب آب معنی دار شد، اثرات خطی تمام متغیرها و درجه دوم استخراج آرد گندم بود ($p<0.05$). با افزایش درصد استخراج آرد گندم، میزان جذب آب افزایش یافت. پژوهش ها نشان داده که حضور سبوس موجب تولید خمیرهای چسبنده و نرم گردیده که به دلیل افزایش جذب آب در اثر حضور سبوس و درنتیجه نرمتر شدن خمیر و کاهش قابلیت الاستیک آن می باشد که حضور گروه های هیدروکسیل موجود در فیبر سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر با آب می گردد (۱۶و۲۵).

همچنین با افزایش میزان آرد چاودار و پودر آب پنیر، درصد جذب آب کاهش غیر معنی داری مشاهده گردید (شکل ۱). پژوهشگران نشان دادند که با افزودن آرد چاودار (به نسبت ۴۰ و ۶۰ درصد) به آرد بربری موجب افزایش جذب آب و مقاومت خمیر گردیده که به دلیل حضور پنتوزان محلول در آب و پروتئین های آن، جذب آب آرد، مقاومت خمیر و زمان

Archive of SID

www.SID.ir

گسترش خمیر افزایش می یابد. علت مغایرت این پژوهش با نتایج حاضر احتمالاً به دلیل درصد پایین آرد چاودار بوده است(۲۱،۱۹،۹).

عبارت های مدل که برای آزمون عدد کیفی فارینوگراف معنی دار شد، اثرات خطی آرد چاودار و پودر آب پنیر و اثر متقابل استخراج آردگندم- پودر آب پنیر بود ($p<0.05$). نتایج نشان داد در مقادیر پایین پروتئین آب پنیر (۲ تا ۳ درصد)،افزایش درصد استخراج گندم موجب افزایش عدد کیفی فارینوگرافی (FQN) می‌گردد اما در مقادیر بالای پروتئین آب پنیر (۳ تا ۴ درصد)، افزایش درصد استخراج موجب کاهش عدد کیفی می گردد. بیشترین FQN در سطح ۴ درصد پروتئین آب پنیر و ۷۲ درصد استخراج آرد گندم مشاهده گردید (شکل ۲). بر این اساس پروتئین آب پنیر احتمالا با اثر بر پیوند های دی سولفیدی شبکه گلوتنی و با تقویت پیوندهای گلوتنین و گلیادین در شبکه خمیر و بهبود کمپلکس این مجموعه پروتئین با نشاسته منجر به افزایش مقاومت خمیر در مقابل نیروی همزن فارینوگراف شده و عدد کیفی فارینوگرافی را نیز بالا برد. اما حضور پروتئین آبدوست آرد چاودار منجر به سست شدن این پیوندها شد. همچنین افزایش میزان آرد چاودار، کاهش عدد کیفی را به همراه داشته و بیشترین میزان عدد کیفی در نمونه بدون آرد چاودار و ۷۲ درصد استخراج آرد بود.

پایان و سیدین ۱۳۹۰ به بررسی جایگزینی آرد چاودار به آرد گندم پرداخته و نشان دادند که افزودن آرد چاودار تا حدود ۲۵ درصد بر ویژگی های فارینوگرافی مانند زمان گسترش، ثبات مقاومت، درجه سست شدن و عدد والریمتری بی تاثیر بوده و موجب کاهش غیر معنی دار جذب آب گردیده که علت آنرا تفاوت اندک درصد پنتوزان آرد چاودار در مقایسه با آرد گندم و درصد پایین پروتئین آرد چاودار دانسته اند (۱).

جدول ۲ – آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ برای آزمون های فارینوگراف (در سطح آماری ۹۵ درصد)

منبع	درجه آزادی	جذب آب (%)		عدد کیفی فارینوگراف		مقاومت خمیر(min)	
		مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۹	۳۲/۹۵	۰/۰۰۱۰	۵۷/۵۷	۰/۰۰۱۰	۲/۸۹	<۰/۰۰۰۱
خطی							
X_1	۱	۸/۲۸	۰/۰۰۱۱	۱/۶۰	ns ۰/۱۶۷۶	۲/۴۰	<۰/۰۰۰۱
X_2	۱	۱۵/۸۸	۰/۰۰۰۱	۱۹/۶۰	۰/۰۰۰۴	۰/۳۲	۰/۰۰۰۶
X_3	۱	۲/۱۲	۰/۰۴۵۶	۱۲/۱۰	۰/۰۰۲۲	۰/۰۴۹	ns ۰/۰۸۲۴
درجه دوم							
X_{11}	۱	۳/۴۷	۰/۰۱۵۳	۰/۴۶	$۰/۴۴۳۴_{ns}$	۰/۰۵۱	$۰/۰۷۷۰_{ns}$
X_{22}	۱	۰/۰۴۵	ns ۰/۷۴۷۳	۰/۴۶	$۰/۴۴۳۴_{ns}$	۰/۰۲۱	$۰/۲۴۰۳_{ns}$
X_{33}	۱	$۲/۰۴۵\times۱۰^{-۳}$	$۰/۹۴۴۸_{ns}$	۲/۲۷	$۰/۱۰۶۶_{ns}$	۰/۰۷۴	۰/۰۳۹۶
اثر متقابل							
X_{12}	۱	۰/۷۲	$۰/۲۱۲۵_{ns}$	۰/۵۰	$۰/۴۲۵۰_{ns}$	$۱/۲۵۰\times۱۰^{-۳}$	۰/۷۶۴۳
X_{13}	۱	۰/۱۸	$۰/۵۲۰۶_{ns}$	۱۲/۵۰	۰/۰۰۲۰	$۱/۲۵۰\times۱۰^{-۳}$	۰/۷۶۴۳
X_{23}	۱	۰/۴۰	$۰/۳۴۱۵_{ns}$	۰/۰۰۰	$۱/۰۰۰۰_{ns}$	$۱/۲۵۰\times۱۰^{-۳}$	۰/۷۶۴۳
باقیمانده	۱۰	۴/۰۶		۷/۲۳		۰/۱۳	
عدم برازش	۵	۳/۱۱	$۰/۱۱۰۳_{ns}$	۴/۳۹	$۰/۳۲۱۰_{ns}$	۰/۰۶۳	$۰/۵۳۲۶_{ns}$
خطای خالص	۵	۰/۹۵		۲/۸۳		۰/۰۶۸	
کل	۱۹	۳۷/۰۱		۶۴/۸۰		۳/۰۳	

Archive of SID

www.SID.ir

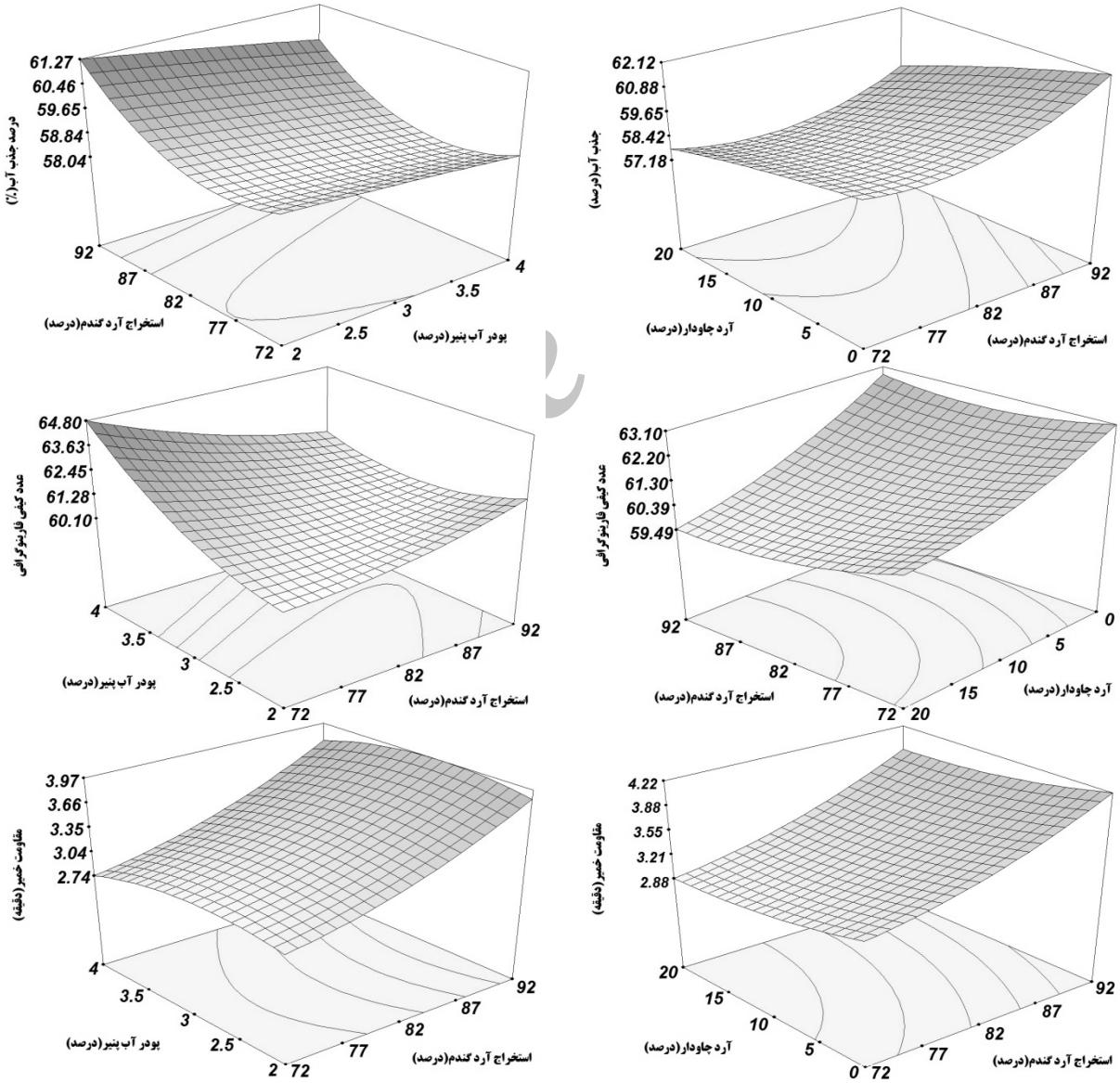
عبارت های مدل که برای آزمون مقاومت خمیر معنی دار شد، اثرات خطی استخراج آرد گندم و آرد چاودار و درجه دوم پودر آب پنیر بود ($p<0.05$). افزایش میزان درصد استخراج گندم موجب کاهش مقاومت خمیر گردیده زیرا آرد با درجه استخراج بالا حاوی شبکه گلوتنی تضعیف شده به دلیل پیوند پلی ساکارید با پروتئین می باشد (۲۵).

افزایش میزان آرد چاودار موجب کاهش مقاومت خمیر گردید اما پودر آب پنیر تا میزان ۳ درصد، موجب افزایش در مقاومت و پس از آن موجب کاهش مقاومت خمیر می گردد (شکل ۲).

پژوهشگران نشان دادند که با افزایش میزان پودر آب پنیر به آرد سنگک، خواص فارینوگرافی بهبود می یابد. با افزایش درصد پودر آب پنیر، مقاومت خمیر و زمان افت خمیر و عدد والریمتری افزایش می یابد که این مطلب را به دلیل حضور گروه های سولفیدریل موجود در بتالاکتوگلبولین حاضر در آب پنیر دانستند (۳).

۳-۲- آزمون اکستنسوگراف

عبارت های مدل که برای آزمون الاستیسیته معنی دار شد، اثرات خطی استخراج آرد گندم و آرد چاودار و درجه دوم استخراج آردگندم و آرد چاودار بود ($p<0.05$). همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است افزایش درصد آرد چاودار تا میزان ۱۵ درصد موجب افزایش الاستیسیته و پس از آن موجب کاهش گردید. اثر متقابل درصد



شکل ۲- نمایش نمودار سه بعدی، اثر همزمان متغیرهای مستقل درصد آرد گندم، درصد آردچاودار و درصد پودر آب پنیر بر روی برخی خصوصیات فارینوگرافی(جذب آب، مقاومت خمیر و عدد کیفی فارینوگرافی)

www.SID.ir

جدول ۳ – آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ برای آزمون های اکستنسوگراف (در سطح آماری ۹۵ درصد)

منبع	درجه آزادی	الاستیسیته (%)		سطح زیر منحنی (N/mm)	
		مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۹	۱۶/۰۷	۰/۰۰۳۰	۱/۵۳	<۰/۰۰۰۱
خطی					
X_1	۱	۰/۲۰	<۰/۰۰۰۱	۱/۰۴	<۰/۰۰۰۱
X_2	۱	۵/۳۹	۰/۰۰۱۱	۰/۲۳	<۰/۰۰۰۱
X_3	۱	$۲/۵۰۰\times۱۰^{-۴}$	۰/۹۷۵۹ ns	۰/۰۴۹	۰/۰۰۲۲
درجه دوم					
X_{11}	۱	۲/۲۰	۰/۰۱۵۹	۰/۱۳	<۰/۰۰۰۱
X_{22}	۱	۱/۸۴	۰/۰۲۴۱	$۳/۸۰۲\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۸۳۹ ns
X_{33}	۱	۰/۰۸۶	۰/۵۸۰۰ ns	۰/۰۱۴	۰/۰۵۵۴ ns
اثر متقابل					
X_{12}	۱	$۴/۵۰۰\times۱۰^{-۴}$	۰/۹۶۷۷ ns	۰/۰۶۰	۰/۰۰۱۲
X_{13}	۱	۰/۳۹	۰/۲۵۱۷ ns	$۴/۱۴۰\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۶۴۶ ns
X_{23}	۱	۰/۰۱۳	۰/۸۲۹۴ ns	$۴/۶۰۸\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۴۰۹ ns
باقیمانده	۱۰	۲/۶۲		۰/۰۳۰	
عدم برازش	۵	۱/۹۸	۰/۱۱۹۵ ns	۰/۰۲۲	۰/۱۴۶۶ ns
خطای خالص	۵	۰/۶۴		$۷/۹۳۱\times۱۰^{-۳}$	
کل	۱۹	۱۸/۶۹		۱/۵۶	

استخراج آرد گندم و چاودار نشان داد که بیشترین میزان الاستیسیته در ۸۲ درصد استخراج آرد گندم و ۱۵ درصد آرد چاودار بوده اما افزایش درصد پودر آب پنیر تغییرات جزیی و غیر معنی داری در الاستیسیته نشان داده و بیشترین میزان الاستیسیته در ۸۵ درصد استخراج آرد گندم و ۴ درصد پودر آب پنیر مشاهده گردید.

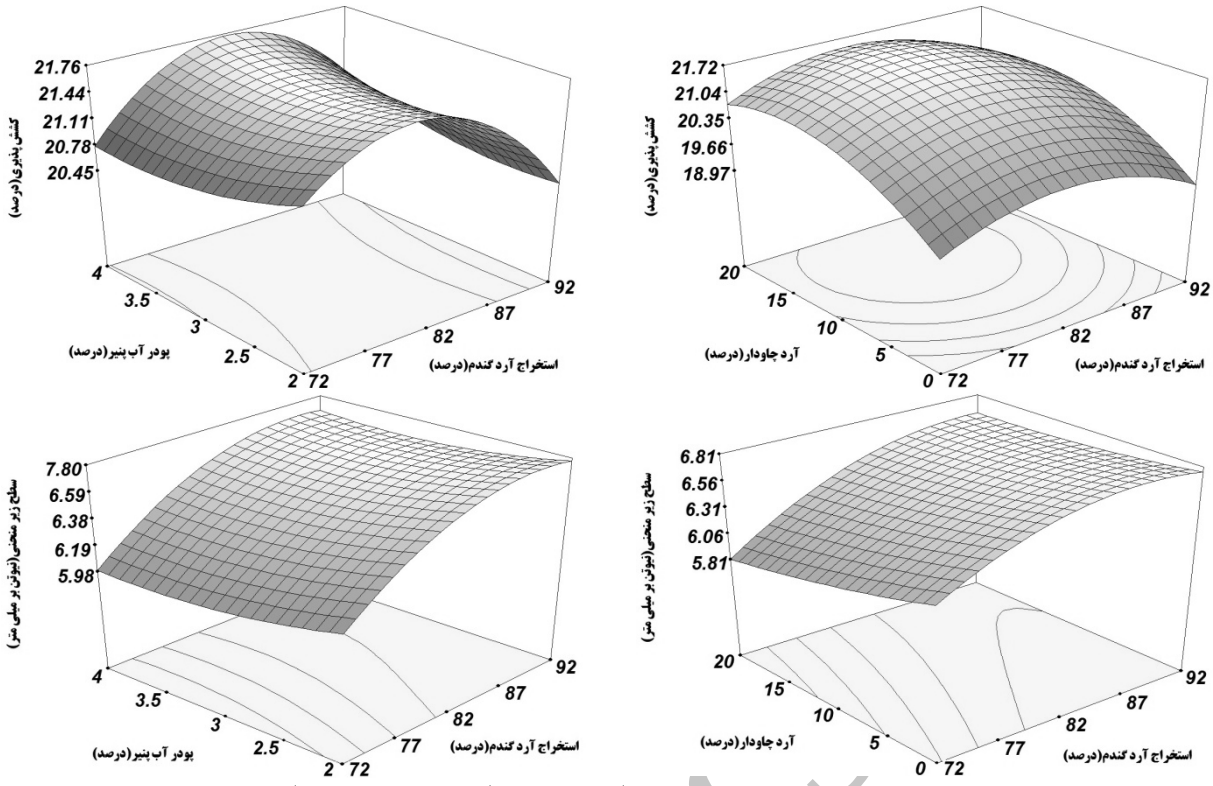
بهرامی و شاهدی ۱۳۸۳ کشش پذیری و نسبت مقاومت به کشش آرد گندم ۹۵ درصد استخراج تجن را به ترتیب ۱۱۱ میلی متر ۱/۷۱ و ۷۰ درصد استخراج تجن را ۱۵۷ میلی متر و ۱/۵۸ نشان داده و بیان کردند که با افزایش درجه استحصال آرد به علت تضعیف شبکه گلوتنی، کشش پذیری کاهش و سفتی بافت افزایش می یابد (۱۰).

عبارت های مدل که برای آزمون سطح زیر منحنی (سفتی خمیر) معنی دار شد، اثرات خطی تمام متغییرها و درجه دوم استخراج آرد گندم و اثر متقابل استخراج آردگندم-آرد چاودار بود ($p<0.05$). افزایش درصد استخراج احتمالا به دلیل افزایش میزان آندوسپرم و ایجاد کمپلکس مناسب گلوتن و نشاسته موجب افزایش سفتی و همچنین افزایش درصد آرد چاودار و پودر آب پنیر موجب کاهش سفتی خمیر شد و همچنین نتایج نشان داد که بیشترین سفتی خمیر در ۹۲ درصد استخراج آرد گندم ، ۰ درصد آرد چاودار و ۲ درصد پودر آب پنیر مشاهده گردید.

نجف نجفی و همکاران ۱۳۸۷ در بررسی افزودن آرد چاودار به خمیر آرد گندم نشان دادند که مقاومت خمیر پس از ۴۵ دقیقه از تخمیر نسبت به ۲۰ دقیقه کاهش می یابد و در همین جهت قابلیت کشش در ۴۵ دقیقه افزایش نشان می دهد (۹). جمالیان و رحمانی ۱۳۸۲ در بررسی ویژگی آرد سنگک حاوی درصدهای مختلف پودر آب پنیر نشان دادند که با افزایش پودر آب پنیر در آرد متغیرهای اکستنسوگراف (کشش پذیری ، مقاومت در برابر کشش، حداکثر مقاومت در برابر کشش و انرژی خمیر) افزایش می یابد (۳). پژوهشگران در سال ۱۳۹۰ ویژگی های اکستنسوگرافی آرد گندم جایگزین شده با آرد چاودار با نسبت های ۰، ۵، ۱۰ و ۲۵ درصد مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مقاومت به کشش در زمان ۴۵ دقیقه به ترتیب ۹۰، ۸۴، ۱۲۰ و ۱۲۰ برابندر، در زمان ۹۰ دقیقه به ترتیب ۱۰۰، ۱۳۵، ۱۶۰ و ۱۳۰ برابندر و در زمان ۱۳۵ دقیقه به ترتیب ۱۱۳، ۱۲۰،

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- نمایش نمودار سه بعدی، اثر همزمان متغیرهای مستقل درصد آرد گندم، درصد آردچاودار و درصد پودر آب پنیر بر روی برخی خصوصیات اکستنسوگراف(سطح زیر منحنی، الاستیسیته)

جدول ۳- مدل ریاضی بهینه یابی شده آرد گندم حاوی پودر آب پنیر و آرد چاودار در آزمون های فارینوگراف و اکستنسوگراف

	آزمون	مدل ریاضی بهینه یابی شده	R^2	CV
فارینوگراف	جذب آب	$Y=123.47-1.68X_1+0.08X_2+0.71X_3+0.01X_1^2$	۰/۸۹	۱/۰۸
	عددکیفی فارینوگرافی	$Y=65.41-0.02X_2+5.90X_3-0.13X_1X_3$	۰/۸۹	۱/۳۸
	مقاومت فارینوگرافی	$Y=7.94-0.18X_1 0.05X_2-0.16X_3^2$	۰/۹۶	۳/۴۱
اکستنسوگراف	الاستیسیته	$Y=-31.87+0.23X_2-8.94X_1^2-8.19X_2^2$	۰/۸۶	۲/۴۶
	سطح زیر منحنی	$Y=-8.52+0.38X_1-0.10X_2-0.71X_3-2.20X_1^2+8.63X_1X_2$	۰/۹۸	۰/۸۴

۱۶۰ و ۱۶۰ برابندر بوده و قابلیت کشش آن در زمان ۴۵ دقیقه به ترتیب ۸۳، ۸۵، ۹۰ و ۷۵ میلیمتر، در زمان ۹۰ دقیقه به ترتیب ۸۴، ۸۶، ۸۷ و ۱۸۰ میلیمتر و در زمان ۱۳۵ دقیقه به ترتیب ۹۲، ۸۰، ۸۵ و ۹۲ میلیمتر بود (۱).

۳-۳- مدل ریاضی بهینه یابی شده

نتایج ارزیابی ضرایب رگرسیون مدل ها برای پاسخ متغیرها، ضریب تبیین (R2) و ضریب تغییرات (CV) در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد مدلها از ضریب تبیین بالا و ضریب تغییرات مناسبی برخوردار است که نشان دهنده برازش مناسب مدل بر داده های ورودی به سیستم می باشد.

۳-۴- بهینه سازی فرمولاسیون آرد

نتایج بهینه سازی فرمولاسیون موثر در رئولوژی خمیر آرد گندم با درجات استخراج مختلف حاوی پودر آب پنیر و آرد چاودار در جدول ۴ قابل مشاهده است. بر این اساس فرمول بهینه به جهت داشتن ۶۱/۶۱ درصد جذب آب، ۶۳/۳۹ عدد کیفی فارینوگرافی، ۴/۰۵ دقیقه مقاومت خمیر، ۱۹/۳۹ درصد الاستیسیته، ۶/۸۷ نیوتن بر میلی متر سطح زیر منحنی (سفتی)؛ با درجه استخراج ۹۲ درصد آرد گندم، ۱/۹۶ درصد آرد چاودار و ۲ درصد پودر آب پنیر با درجه تمایل ۰/۸۳ بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- بهینه سازی نهایی فرمولاسیون آرد گندم با پروتئین آب پنیر و آرد چاودار

استخراج آرد گندم (%)	آرد چاودار (%)	پروتئین آب پنیر(%)	جذب آب (%)	عدد کیفی فارینوگراف	مقاومت خمیر (min)	الاستیسیته (%)	سطح زیر منحنی (N/mm)	درجه تمایل
۹۲/۰۰	۱/۹۶	۲	۶۲/۶۱	۶۳/۳۹	۴/۰۵	۱۹/۳۹	۶/۸۷	۰/۸۳۹

۴-نتیجه گیری

بررسی ویژگی های رئولوژیکی آرد گندم با درجات استخراج مختلف همراه با پودر آب پنیر و آرد چاودار نشان داد که افزایش درجه استخراج موجب افزایش جذب آب و سفتی خمیر و همچنین کاهش مقاومت گردید و از طرفی عددکیفی فارینوگرافی و الاستیسیته نیز تحت تاثیر تغییرات افزودنی های مورد استفاده قرار گرفتند به طوری که با افزایش پودر آب پنیر عدد کیفی فارینوگرافی افزایش داشت. همچنین افزایش آرد چاودار و پودر آب پنیر موجب کاهش جذب آب و سفتی و موجب افزایش عدد کیفی خمیرشد. مقاومت خمیر یکی دیگر از شاخص های تحت تاثیر میزان پودر آب پنیر و الاستیسیته تحت تاثیر میزان آرد چاودار قرار داشت. هدف از انجام این تحقیق بررسی و انتخاب درجه استخراج مناسب آرد حاوی مواد افزودنی به جهت استفاده در تولید نان مسطح بود، بدین منظور خواص رئولوژیکی خمیر آن مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت فرمول بهینه یابی شده شامل ۹۲ درصد استخراج آرد گندم، ۱/۹۶ درصد آرد چاودار و ۲ درصد پروتئین آب پنیر بود.

۵-منابع

۱- پایان، م.، سیدین، م. ۱۳۹۰. تاثیر جایگزینی آرد گندم با آرد چاودار در ماندگاری نان. مجله علوم و صنایع غذایی. دوره ۳.شماره۱.صفحات ۷۷-۸۵.

۲- پیغمبر دوست، س. ه. ۱۳۸۸. غلات و محصولات آن. دانشگاه علوم پزشکی تبریز. ویرایش نخست.

۳- جمالیان، ج. رحیمی، ع. ر. ۱۳۸۲. اثرپودر آب پنیر روی خواص رئولوژی خمیر و رتروگراداسیون نان سنگک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۷. شماره ۱. نوبت بهار.

۴- کوچکی، آ. شهیدی، ف. مرتضوی، س. ع. کریمی، م. و میلانی، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی تاثیر صمغ دانه قدومه شیرازی و زانتان روی خصوصیات رئولوژی خمیر آرد گندم و کیفیت نان. پژوهش های علوم و صنایع غذایی. نوبت بهار. شماره هفتم. صفحات ۹ الی ۱۶.

۵- مشایخ، م. محمودی، م. ر. انتظاری، م. ح. ۱۳۸۷. اثر غنی سازی با آرد سویای بدون چربی بر ویژگیهای حسی و رئولوژی نان تافتون. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۵. شماره ۳. صفحات ۹-۱۷.

۶- مشکانی، س. م.، پورفلاح، ز.، توکلی پور، ح.، و بهشتی، ح. ر. ۱۳۹۴. بررسی اثر افزودن ایزوله پروتئینی نخود و اسید آسکوربیک بر خصوصیات رئولوژی خمیر آرد گندم به روش سطح پاسخ. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۱۲، شماره ۲. صفحه ۱۹۷-۲۰۶.

۷- موحد، س. ۱۳۹۰. تکنولوژی غلات و محصولات آن. انتشارات ترویج کشاورزی.

۸- میلانی، ا.، پورآذرنگ، ه.، مرتضوی، س. ع. ۱۳۸۸. اثر افزودن سبوس برنج بر ویژگی های رئولوژیک خمیر و بافت نان بربری. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۶. شماره۱. صفحات ۲۳-۳۱.

۹- نجفی، ن.، خداپرست، ح.، رجب زاده، ن.، مرتضوی، س. ع. ۱۳۸۷.بررسی امکان استفاده از مخلوط آرد چاودار و گندم در تولید نان بربری. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۵. شماره ۱. صفحات ۲۱-۲۸.

10- Bahrami, S. Shaahedi, M. 2004. Effect of wheat cultivar, flour extraction, baking time and temperature on the rheological properties of dough and bread sensory properties during storage. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. Year 8. No. 1. Spring.

11- Casiraghi, M. Pagani, M. Erba, D. Martia, A. 2013. Quality and nutritional properties of pasta products enriched with immature wheat grain. Food Science:64(5),544-550.

12- Collar, C. Santos, E. Rosell, C.M. 2007. Assessment of the rheological profile of

Archive of SID

www.SID.ir

fibre-enriched bread doughs by response surface methodology. Journal of Food Engineering .78: 820–826.

13- Dewettinck, K. Van Bockstaele, F. Kühne, B. Van de Walle, D. Gellynck, X. 2008. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. Cereal Science:48(2),243-257.

14- Doxastakis, D. Zafiriadis, I. Irakli, M. Marlani, H. Taranaki, C. 2001. Lupin, soya and triticale adition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties.Food chemistry and technology:77(2),219-227.

15- Doxastakis, G. I. Zafiriadis, I. Irakli, M. Marlanib, H. Tananaki, C. Lupin. 2002. Soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. Food Chemistry .77: 219–227.

16- Gomez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A. & Apesteguia, A. 2003. Effects of dietary fiber on dough rheology and bread quality. European Food Research and Technology, 216, 51-56.

17- Kent, N.L. 1975. Technology of cereals, with special refrence to wheat. Pergamon Press.

18- Lopz,W. Leerhardt, F. Coudray, C. Remesy, C. 2002. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition?. Food science and technology:37(1),724-739.

19- Michniewicz, J and Biliaderis, C.G. 1991. Effect of added pentosans on some physical and technological characteristics of dough and gluten.Cereal Chem. 68(3): 252,258.

20- Pablo,R. Arnulphi, S. Alberto, L. 2005. Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. Science of Food and Agriculture:85(11),1889-1896.

21- Pelschenke, P. F. 1954. Brotgetreid and Brot. P. 544, 547.

22- Rieder, A,. Holtekjølen,A, K,. Sahlstrøm, S, and Moldestad, A. 2012. Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. Journal of Cereal Science 55; 44-52.

23- Rosell, C.M. Rojas, J.A. Benedito de Barber, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, Food Hydrocolloids. 15: 75-81.

24- Sanna, R. El-Sayed, M. 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. Food Chemistry:98(1),32-38.

25- Sudha, M. L., Vetrimani, R. & Leelvathi, K. 2007. Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. Food Chemistry, 100, 1365-1370.

Archive of SID

www.SID.ir