(مقاله پژوهشی)

بهینه‌سازی تولید نان بروتچن بدون گلوتن بر پایه ذرت حاوی آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه

بهنام مصطفی زاده[۱]، مهدی قره خانی[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۲/۱۶

چکیده

بیماری سلیاک رایج‌ترین بیماری است که در اثر مصرف گلوتن بروز پیدا می‌کند. تنها راه درمان این بیماری استفاده از مواد غذایی فاقد گلوتن می‌باشد. هدف از این پژوهش، بهینه‌سازی تولید نان بروتچن بدون گلوتن بر پایه ذرت حاوی آرد عدس و موسیلاژ به دانه بود. بدین منظور آرد عدس در سه سطح (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) به عنوان جایگزین آرد ذرت و موسیلاژ به‌دانه در سه سطح (۱، ۲ و ۳ درصد)، به فرمولاسیون اضافه شدند و در نهایت نمونه بهینه به‌دست آمده با نمونه فاقد آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه مقایسه گردید. تجزیه‌وتحلیل آماری و بهینه‌سازی فرایند به روش سطح پاسخ انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد که با افزودن موسیلاژ به‌دانه و آرد عدس، میزان ویسکوزیته، دانسیته و رطوبت نمونه‌ها افزایش و میزان روشنایی و سفتی بافت نمونه‌ها کاهش یافت. حجم مخصوص نمونه‌ها با افزایش میزان آرد عدس به صورت خیلی جزئی کاهش ولی با افزایش میزان موسیلاژ به‌دانه، ابتدا کاهش و سپس با روند بیشتری افزایش یافت. پذیرش کلی نمونه‌ها نیز نشان داد که با افزایش میزان آرد عدس میزان پذیرش کلی از دید ارزیابان ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت در حالی که با افزایش موسیلاژ به‌دانه میزان پذیرش کلی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. نتایج بهینه یابی فرمولاسیون نشان داد که به منظور رسیدن به اهداف ذکر شده، بایستی غلظت آرد عدس ۲۵ درصد و غلظت موسیلاژ به-دانه ۳ درصد باشد. از طرفی نتایج مقایسه میان نمونه شاهد و نمونه بهینه نشان داد که نمونه بهینه دارای ویسکوزیته، رطوبت و پذیرش کلی بیشتری نسبت به نمونه شاهد بود. با توجه به یافته‌های به دست آمده می‌توان بیان نمود که از موسیلاژ به‌دانه، به منظور تقلید از خواص گلوتن و همچنین از آرد عدس می‌توان در تولید نان بدون گلوتن استفاده نمود.

واژه های کلیدی: سلیاک، نان بروتچن، موسیلاژ به‌دانه، آرد عدس.

[*]مسؤول مکاتبات: m.gharekhani@iaut.ac.ir

۱-مقدمه

از سال‌های بسیار دور غلات به صورت‌های مختلف بخشی از غذای اصلی قسمت اعظمی از مردم جهان بوده وامروزه نیز هنوز این مقام را در تغذیه مردم حفظ نموده است. مصرف غلات در تغذیه، از مراحل ابتدائی و به صورت دانه بو داده شروع گردیده و سپس مراحل تکاملی خود را به شکل خمیر و نان مسطح و نازک طی نموده و امروزه در فرم نان حجیم و متخلخل و یا در انواع مختلف رشته، ماکارونی، شیرینی، بیسکویت و ... نقش عمده‌ای به عهده دارد. (۲). محصولات نانوایی از محصولات غذایی پرمصرف در جامعه به شمار می‌آیند و به همین دلیل تحقیقات زیادی برای بهبود کیفیت آن‌ها و تولید محصولاتی با ارزش غذایی بالاتر و سالم‌تر انجام شده است. بیماری‌های گوارشی در بین جوامع انسانی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه از اهمیت فراوانی برخوردار هستند. یکی از این بیماری‌ها، بیماری سلیاک است. این بیماری نوعی بیماری خود ایمنی گوارشی است که در اثر هضم گلوتن در افرادی که از لحاظ ژنتیکی مستعد آن هستند وجود دارد (۱۹). بیماری سلیاک در اثر پاسخ ایمنی نامناسب به یک پروتئین خاص (گلوتن) در گندم، جو و چاودار بوجود می‌آید. هنگامی که افراد مبتلا به بیماری سلیاک محصول حاوی گلوتن مصرف نمایند، سیستم ایمنی بدن بر علیه این پروتئین تولید آنتی‌بادی می‌نماید، که باعث آسیب به پرزهای کوچک در روده کوچک می‌گردد. بنابراین، روده مواد مغذی را جذب نمی‌کند و این افراد در تمام طول زندگی خود باید در رژیم غذایی خود از مصرف محصولات حاوی گلوتن خودداری نمایند (۱۸). بیماری سلیاک با این که شیوع کمتری نسبت به دیگر بیماری‌های گوارشی دارد ولی کم اهمیت‌تر از آن‌ها نمی‌باشد، زیرا تخمین زده می‌شود در ایران حدود هفتصد هزار نفر به آن مبتلا هستند. از این رو امروزه با توجه به این که تنها راه درمان این بیماری استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن است، مطالعات پیرامون تولید مواد غذایی بدون گلوتن به ویژه محصولات صنایع پخت که قوت غالب افراد جامعه را تشکیل می‌دهد از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۲). نان بروتچن از دسته نان‌های حجیم به اندازه کوچک می‌باشد که ضخامت آن حدود ۵- ۲/۵ سانتی‌متر است و این نان دارای پوسته‌ای سخت و ترد و مغزی نرم و اسفنجی می‌باشد (۱۳). از آن‌جا که محصولات صنایع پخت در سبد غذایی افراد جامعه حتی بیماران سلیاکی جایگاه ویژه‌ای دارد، لذا استفاده از آردهای بدون گلوتن نظیر گندم سیاه[1]، مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب‌زمینی و برنج)، ارزن، کاساوا، ذرت، آمارانت و سورگوم در این دسته از محصولات امری اجتناب‌ناپذیر است. عدس یکی از مهم‌ترین حبوبات سرمادوست است که در ایران اغلب به صورت دیم کشت می‌شود. این گیاه با حدود ۲۸ درصد پروتئین، از حبوبات عمده در کشورهای در حال توسعه بوده و به عنوان مکملی برای غلات و منبعی مناسب جهت تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه در رژیم غذایی مردم این کشورها محسوب می‌شود. این گیاه به سبب توانایی تثبیت نیتروژن، موجب افزایش حاصل‌خیزی خاک شده و در تناوب با برخی گیاهان زراعی خصوصا غلاتی نظیر گندم و جو بهبود و پایداری عملکرد را به دنبال خواهد داشت (۲ و ۲۰). خانواده عدس از ترکیب پروتئینی منحصر به فردی شامل اسیدآمینه‌های مختلف همچون ایزولوسین، لوسین، لایزین، فنیل‌آلانین، تیروزین و والین برخوردار می‌باشد . افزودن یک منبع ارزشمند غذایی مثل آرد عدس به آرد نانوایی با داشتن مقادیر بالایی از فیبر، پروتئین، ویتامین‌های گروه B و مواد معدنی باعث تکمیل الگوی اسیدآمین‌های ضروری در نان می‌شود (۳۸). هیدروکلوئیدها ترکیبات محلول در آب بوده و به دلیل وزن مولکولی بالا و توانایی آن‌ها جهت بهبود بافت و خواص رئولوژیکی به طور وسیع‌تر در صنایع غذایی کاربرد دارند. این ترکیبات اغلب به

1- Buckwheat

عنوان ترکیب غذایی و مواد افزودنی به منظور افزایش ویسکوزیته، تشکیل ساختار ژل و افزایش مقاومت فیزیکی، تشکیل فیلم و بهبود بافت کاربرد دارند. هیدروکلوئیدها به دلیل خاصیت آبدوستی بالا با آب تعامل قوی برقرار می‌کنند و با محبوس کردن آب آزاد موجود در ساختار مواد غذایی موجب بهبود بافت می‌شوند(۲۲). موسیلاژ دانه به از دانه درخت *Cydonia oblonga* به دست می‌آید. این درخت عمدتا در آسیا مرکزی رشد می‌کند و ایران مهم‌ترین تولید کننده دانه به در دنیا محسوب می‌شود. موسیلاژ دانه به، به سادگی و با قرار گرفتن دانه‌ها در آب گرم و حتی آب سرد از دانه خارج می‌شوند. این موسیلاژ در واقع ترکیبی از میکروفیبریل‌های سلولزی است که در زمینه‌ای از آرابینوز و زایلوز پراکنده شده‌اند. از جمله ویژگی‌های این موسیلاژ می‌توان به توانایی تولید ویسکوزیته بالا (حتی در غلظت‌های پایین) بدون تشکیل ژل، پایداری در غلظت‌های مختلف نمک، pH (۱۰-۴) و دما (۵۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد)، خصوصیات پایدارکنندگی مناسب، فرایند استخراج ساده و داشتن اثرات مثبت بر سلامت انسان اشاره کرد(۲۶). در رابطه با تولید محصولات فاقد گلوتن، روشی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تولید نان بدون گلوتن با استفاده از ترکیب آردهای برنج، نشاسته‌ی ذرت و نشاسته جو در سطوح مختلف با افزودن ۱/۵ درصد صمغ زانتان پرداختند. هدف از بررسی‌های انجام شده دست‌یابی به فرمولاسیون ترکیبی مطلوبی از نان بدون گلوتن که شبیه به ساختار نان تولید شده با آرد گندم باشد، بوده است. در نهایت نان حاصل از آردهای ۵۰ درصد آرد برنج، ۴۰ درصد نشاسته ذرت و ۱۰ درصد نشاسته جو بود به عنوان نمونه بهینه معرفی گردید (۳۵). دال آستا و همکاران (۲۰۱۳)، اثر افزودن آرد شاه بلوط (نسبت آرد گندم/ آرد شاه بلوط ۰/۱۰۰، ۲۰/۸۰، ۵۰/۵۰) را بر خواص فیزیکو شیمیایی و مواد فرار در تولید نان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حجم پایین‌تر، سخت‌تر و تیره‌تر خمیر نان نشان داد که نان فرموله شده با ۵۰/۵۰ نسبت آرد شاه‌بلوط درمقایسه با فرمولاسیون‌های دیگر دارای مقدار بیشتری فیبر و شکر و در نتیجه رنگ تیره‌تر است (۱۷). رضاقلی و همکاران (۱۳۹۶) اثر افزودن آرد خرفه در چهار سطح صفر، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی (بر پایه آرد برنج) و تاثیر آن بر ویژگی‌های گوناگون نان مسطح بدون گلوتن را برررسی نمودند. نتایج حاصل از آزمون‌های مختلف نشان داد که بهترین تیمار نمونه نان حاوی ۸۵ درصد آرد برنج و ۱۵ درصد آرد خرفه می‌باشد (۵). هدف از این مطالعه بهینه‌سازی تولید نان بروتچن بدون گلوتن بر پایه ذرت حاوی آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بود.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

برای انجام این پژوهش، آرد عدس (که میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر آن به ترتیب ۸/۵، ۲۴/۷، ۱/۲۵ و ۳ درصد بود) از شرکت برتر (ایران) و موسیلاژ به دانه (با ۲/۲۵ درصد خاکستر و محلول در آب) به صورت آماده از عطاری، تهیه گردیدند. آرد ذرت (با رطوبت ۸/۵ درصد، پروتئین ۱۰/۲۳ درصد و چربی ۷/۷ درصد) نیز از شرکت ایلیا ذرت سبز (کرمانشاه) خریداری شد.

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های نان تولید شده، به روش عطایی صالحی و همکاران (۱۳۹۰)، تهیه گردید. برای تولید نمونه‌های نان بدون گلوتن حجیم (بروتچن) از آرد ذرت استفاده گردید. همچنین آرد عدس در سه سطح (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) به عنوان جایگزین آرد ذرت و موسیلاژ به‌دانه نیز در سه سطح (۱، ۲ و ۳ درصد)، برای بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان حجیم بدون گلوتن به نمونه‌ها اضافه شدند. برای تهیه نان ابتدا مواد پودری توزین و داخل میکسر ریخته شد و به مدت ۲ دقیقه با دور کند مخلوط گردید. سپس مواد مایع افزوده گردید و مجدداً به مدت ۲ دقیقه با دور کند

همزده شد. سپس ۱۱ دقیقه با دور تند مواد باهم مخلوط و به داخل قیف ریخته شد و در قالب‌های مخصوص که در سینی‌ها قرار داده شده بود به مقدار ۵۰ گرم پر گردید. سپس سینی‌ها به گرمخانه با دمای آن ۳۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۸۰ درصد انتقال یافتند. بعد از گذشت ۴۵ دقیقه سینی‌ها به داخل فر با دمای ۲۱۰ درجه‌سانتی‌گراد برده برده شدند تا با گذشت ۶۰ دقیقه به همراه بخار پخت کامل گردد. سپس محصولات از فر خارج و ار داخل سینی‌ها تخلیه شدند و به مدت۴۵ دقیقه در دمای محیط قرار داده شدند تا خنک گردند و سرانجام در بسته بندی‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی گردیدند (۸). بعد از به دست آمدن نمونه بهینه مجدد این نمونه با فرمولاسیون به‌دست آمده در این شرایط تهیه و با نمونه شاهد که فاقد آرد عدس و موسیلاژ به دانه بود مقایسه گردید.

۲-۳- اندازه‌گیری ویسکوزیته خمیر

اندازه‌گیری ویسکوزیته با استفاده از دستگاه ویسکومتر(Colorflex، ساخت کشور امریکا) و با استفاده از اسپندل شماره ۶ و به روش Morris (۲۰۱۲) انجام گرفت. در این روش خمیر در بشر ریخته و زیر دستگاه قرار داده شد. سپس اسپیندل تا خط نشانه داخل خمیر فرو برده شد و با تنظیم کردن سرعت در rpm ۱۰۰، دستگاه را روشن نموده و ویسکوزیته یاداشت گردید (۳۳).

۲-٤- اندازه‌گیری دانسیته خمیر

برای اندازه‌گیری دانسیته ۲۴۰ میلی‌لیتر خمیر در بشر با حجم مشخص برداشته و وزن گردید. سپس همان بشر در مرحله بعد با آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، پر و وزن شد و دانسیته محاسبه گردید (۲۹).

۲-۵-اندازه‌گیری حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های نان از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC شماره ۱۰-۷۲ (۲۰۰۰) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ظرف از دانه کلزا پر شده و وزن کلزا یادداشت شد. سپس نمونه داخل همان ظرف قرار داده و از دانه کلزا پر شد و بر اساس وزن باقیمانده کلزا حجم نمونه به دست آمد. در انتها از تقسیم حجم به وزن، حجم مخصوص نمونه محاسبه شد (۱۱).

۲-٦- اندازه‌گیری رطوبت

جهت انجام این آزمایش از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵ استفاده گردید. برای این منظور نمونه‌ها در آون (مارک ریحان طب، ساخت کشور ایران) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفتند تا رطوبت خود را از دست بدهند. عمل وزن کردن نمونه تا رسیدن به وزن ثابت ادامه یافت. درصد رطوبت از اختلاف بین وزن پلیت و نمونه قبل و بعد از قرار گرفتن در آون بر وزن نمونه به دست آمد (۶).

۲-۷- اندازه‌گیری شاخص روشنایی

آنالیز روشنایی پوسته نان از طریق تعیین شاخص *L، صورت پذیرفت. شاخص *L معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. برای آنالیز رنگ نمونه‌ها از روش پردازش تصاویر با کامپیوتر استفاده شد. در این روش با استفاده از دوربین دیجیتال از سطح نان عکس‌برداری شد و بعد از انتقال به کامپیوتر، جهت اندازه‌گیری این شاخص تصاویر تهیه شده از نمونه‌ها در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، مؤلفه فوق توسط نرم افزار محاسبه شد. در نهایت با استفاده از کالیبره کردن مقدار این پارامترها توسط کارت‌های رنگی (RAL Colors) ، میزان واقعی این پارامترها تعیین شد (۳۷).

۲-۸- اندازه‌گیری سفتی بافت

ارزیابی سفتی بافت نان با استفاده از دستگاه بروکفیلد (آمریکا) پس از تولید انجام گرفت. سرعت پروب در طی این آزمون ۲ میلی‌متر در ثانیه میزان (مسافت) فشرده

شدن ۵ میلی متر و آستانه‌ی شروع ۵۰ نیوتون در نظر گرفته شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان بروتچن، به عنوان شاخص سفتی[1] محاسبه گردید. در واقع میزان سفتی با توجه به منحنی نیرو- تغییر شکل به دست آمد. به این صورت که سفتی برابر با حداکثر مقدار نیرو در منحنی نیرو- تغییر شکل بود و بر اساس نیوتن (N) بیان شد (۲۸).

۲-۹- پذیرش کلی

در این مطالعه به منظور مقایسه تیمارهای مختلف، پذیرش کلی نمونه‌ها توسط ۲۰ نفر از افراد غیر ماهر به روش هدونیک پنج نقطه‌ای (۱- خیلی ضعیف، ۲- ضعیف، ۳- متوسط، ۴- خوب و ۵- خیلی خوب) مورد ارزیابی قرار داده شد که این افراد پس از توجیه شدن، جداول مربوطه را تکمیل نمودند. ارزیابی حسی طی یک روز پس از تولید و نگهداری نمونه‌ها در بسته‌بندی‌های مناسب در دمای اتاق، انجام گردید (۱).

۲-۱۰- آنالیز آماری

روش شناسی سطح پاسخ (RSM[2])، با استفاده از طرح چرخش پذیر مرکب مرکزی برای ارزیابی پارامترهای ثابت مطالعه، میزان آرد عدس (x_1) و موسیلاژ به‌دانه (x_2) بر پارامترهای متغیر، مورد استفاده قرار گرفت. به کمک این طرح کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها قابل برآورد هستند. مهم‌ترین مسئله در تحقیق پیش‌رو بررسی اثر متقابل فاکتورها و بهینه‌یابی بهترین شرایط در فراوری تولید نان‌های تولیدی بود. از این‌رو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب گردید. توابع پاسخ(Y) در مورد پارامترهای اندازه‌گیری شده با استفاده از مدل‌های خطی، چند جمله‌ای ساده، چند جمله‌ای درجه دوم و چند جمله‌ای درجه سوم مورد بررسی قرار گرفتند. آنالیز آماری توسط نرم افزار Design Expert نسخه 6.0.2 صورت گرفت. برای مقایسه نمونه شاهد با بهینه نیز از نرم افزار SAS و آزمون t تست استفاده شد.

1 -Hardness

2 -Response Surface Methodology

جدول ۱- انتخاب مدل برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

مدل‌ها	ویسکوزیته خمیر		دانسیته خمیر		حجم مخصوص نان		رطوبت		شاخص L		سفتی روز اول		پذیرش کلی	
	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال
عرض از مبدا	$۱/۱\times۱۰^{۸}$		۱/۴۹		۱۵۸/۰۶		۱۲۳۸۷/۸۲		۵۲۶۳۹		۲۰۹۹		۱۱۴/۷۹	
مدل خطی	$۶/۴۶\times۱۰^{۶}$	۰/۰۰۰۲	۰/۶۰	<۰/۰۰۱	۰/۰۸۷	۰/۲۴۳۷	۹۵/۴۹	۰/۰۰۹	۸۷۵	<۰/۰۰۱	۱۰۰۲	<۰/۰۰۱	۰/۲۰	۰/۲۹۵
چندجمله‌ای	۸۰۹۴۰	۰/۴۸۹۲	۰/۱۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۲۸	۰/۶۷۲	۱۳/۶۵	۰/۲۵۹۸	۳۶/۹۱	۰/۱۹۷	۰/۰۱۳	۰/۶۹۴
چندجمله‌ای درجه ۲	$۱/۳۶\times۱۰^{۶}$	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۷۸۵	۰/۱۸۵	۰/۲۴	۰/۰۰۰۳	۱۳/۰۴	۰/۱۳۵	۵۷/۷۹	۰/۰۱۴۱	۱۶۶/۷۳	<۰/۰۰۱	۰/۷۲	<۰/۰۰۱
چندجمله‌ای درجه ۳	۲۵۴۲۸	۰/۰۹۲۳	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۷۰۵۷	۹/۶۱	۰/۱۲۴۰	۰/۴۲	۰/۹۵۸	۳/۵۸	۰/۹۵۸	۰/۰۰۰۰۷	۰/۹۸۹
باقیمانده	۱۵۹۵۳		۰/۰۰۲		۰/۰۲۲		۲/۹۴		۲۴/۷۴		۰/۷۳		۰/۰۰۱۸	
کل	$۱/۱۸\times۱۰^{۸}$		۲/۲۰		۱۵۸/۴۱		۹۶۴/۹۷		۵۳۶۱۳		۳۳۱۰/۱۶		۱۱۵/۷۳	

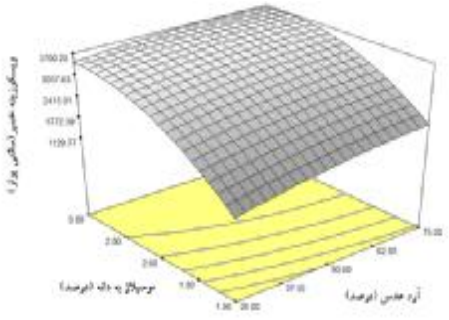
جدول ۲- آنالیز واریانس برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

مدل‌ها	ویسکوزیته خمیر		دانسیته خمیر		حجم مخصوص نان		رطوبت		شاخص L		سختی روز اول		پذیرش کلی	
	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال
مدل	$۷/۹۰\times۱۰^{۶}$		۰/۷۰		۰/۳۳		۹۵/۴۹	۰/۰۰۹۱	۹۴۹	<۰/۰۰۱	۱۲۰۶	<۰/۰۰۱	۰/۹۴	<۰/۰۰۱
A	$۳/۵۹\times۱۰^{۵}$	<۰/۰۰۱	۰/۴۷	<۰/۰۰۱	۰/۰۶۰	۰/۰۰۴۹	۷/۳۳	۰/۲۹۹	۷۹۳	<۰/۰۰۱	۴۵/۵۴	<۰/۰۰۱	۰/۱۹	<۰/۰۰۱
B	$۶/۱\times۱۰^{۶}$	<۰/۰۰۱	۰/۱۲	<۰/۰۰۱	۰/۰۲۷	۰/۰۳۶	۸۸/۱۷	۰/۰۰۳۵	۸۱/۹۲	۰/۰۰۲	۹۵۶/۸۵	<۰/۰۰۱	۰/۰۱۷	<۰/۰۰۱
A^2	۳۷۴۴۱	۰/۰۴۰		<۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۵۹۳۶			۳۷/۴۸	۰/۰۱۴	۰/۲۱	۰/۵۷۹	۰/۴۶	<۰/۰۰۱
B^2	$۹/۷۹\times۱۰^{۵}$	<۰/۰۰۱			۰/۲۲	<۰/۰۰۱		۰/۰۸	۴/۱۴	۰/۳۱۴	۱۳۸	<۰/۰۰۱	۰/۵۴	<۰/۰۰۱
AB	۸۰۹۴۰	۰/۰۰۷	۰/۱۱		۰/۰۰	۱/۰۰			۱۳/۶۵	۰/۰۹۲	۳۶/۹۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲
باقیمانده	۵۹۱۱		۰/۰۰۲		۰/۰۲۶		۶۱/۳۰		۲۵/۱۶		۴/۳۲		۰/۰۰۱	
فقدان برازش	۱۱۲۸۵	۰/۰۶	۰/۰۰۲		۰/۰۱۶	۰/۲۲۴۳	۶۱/۲۹	۰/۰۰۹۱	۱۴/۶۴	۰/۲۸	۳/۶۳	۰/۰۸۰	۰/۰۰۰۰۱	۰/۹۹۸
خطای خالص	۱۸۸۱		۰/۰۰		۰/۰۰۹		۰/۰۱۴	۰/۲۹۹	۱۰/۵۲		۰/۶۹		۰/۰۰۱	
مجموع مربعات کل			۰/۷	<۰/۰۰۱	۰/۳۵		۱۵۶/۷۹	۰/۰۰۳۵	۹۷۴/۲۵		۱۲۱۰		۰/۹۴	

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تغییرات ویسکوزیته

برای برازش داده‌های حاصل از ویسکوزیته خمیر نان‌های تولیدی مدل چند جمله‌ای درجه دوم نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، مدل بهتری بود (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری نیز بیان‌گر معنی‌دار بودن ($p<۰/۰۱$) تمامی اثرات پارامترهای مورد مطالعه بر ویسکوزیته خمیر نان‌های تولیدی بود. با توجه به نتایج به دست آمده در شکل ۱ می‌توان بیان نمود که با افزایش میزان آرد عدس و همچنین موسیلاژ به‌دانه در فرمولاسیون نان‌های تولیدی میزان ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. علت این افزایش ویسکوزیته را می‌توان، به توانایی جذب آب بالاتر آرد عدس نسبت به آرد ذرت مربوط باشد. آرد عدس به علت داشتن گروه‌های هیدروکسیل نقش آب دوست را دارد و با حفظ آب در نان منجر به ویسکوزیته بالاتر می‌شود (۱۶). از طرفی ساختار منحصر به فرد موسیلاژ به‌دانه از جمله وجود نانوفیبریل‌های سلولزی ذخیره شده در اپیدرم دانه و ساختار خطی، بزرگ و انعطاف پذیر آن باعث بالاتر رفتن ویسکوزیته در مقدار کم خود نیز می‌گردد (۲۶ و ۲۷). معادله مربوط به برازش نتایج آزمایشگاهی در اندازه‌گیری ویسکوزیته خمیر توسط مدل چند جمله‌ای درجه دوم مطابق با رابطه‌ای که در جدول ۱ آورده شده می‌باشد، نشان از تاثیر بیشتر پارامتر خطی میزان موسیلاژ به‌دانه بر ویسکوزیته خمیر داشت.



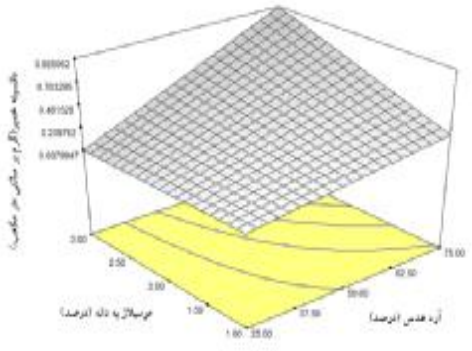
شکل ۱- تأثیر آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بر ویسکوزیته خمیر نمونه‌های تولیدی

۳-۲- بررسی تغییرات دانسیته خمیر

برای برازش داده‌های حاصل از دانسیته خمیر نمونه‌های تولیدی، مدل چند جمله‌ای ساده نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، مدل بهتری بود (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری بیان‌گر معنی‌دار بودن (در سطح ۱ درصد) اثر متقابل میزان آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بر دانسیته خمیر بود (جدول ۲). نتایج بررسی تغییرات دانسیته خمیر نشان داد که با افزایش آرد عدس و همچنین موسیلاژ به‌دانه میزان دانسیته خمیرهای تولیدی همواره افزایش یافت که روند این افزایش با تغییرات میزان آرد عدس بیشتر بود (شکل ۲). علت این امر این است که، نان‌های فاقد گلوتن قادر نیستند تا دی‌اکسیدکربن تولید شده در طی فرآیند تخمیر را به نحو مطلوب نگه دارند، در نتیجه منجر به تولید محصول با حجم ویژه کم (دانسته بالا) و ساختار مغز فشرده می‌شوند (۱۵). مطابق یافته‌های لازاریدیو و همکاران (۲۰۰۷) علت افزایش حجم نان در اثر افزودن هیدروکلوئیدها بدین صورت قابل توجیه است که هیدروکلوئیدها با افزایش ویسکوزیته خمیر، توسعه خمیر و قابلیت نگهداری گازها توسط خمیر را بهبود می‌دهند. بعضی مشتقات اصلاح شده پلی‌ساکاریدها مانند هیدروکسی پروپیل‌متیل‌سلولز[1]، متیل‌سلولز[2] و کربوکسی‌متیل‌سلولز[3] با توجه به ماهیت هیدروفیلی خود قادر به نگهداری آب می‌باشند، در عین حال حاوی گروه‌های هیدروفوبیک بوده که موجب افزایش فعالیت بین سطحی در سیستم خمیر در طی تخمیر و تشکیل شبکه‌های ژلی در طی حرارت دهی در فرآیند تهیه نان می‌شوند. همچنین افزودن پکتین به میزان ۱ درصد باعث ایجاد حجم بسیار کم نان (۱۶۳/۲۲ سانتی متر مکعب) می‌شود که با افزاش غلظت پکتین از ۱ به ۳ درصد، حجم نان حاصل نیز افزایش معنی‌داری

1- Hydroxypropyl Methylcellulose
2- Methylcellulose
3 -Carboxy Methylcellulos

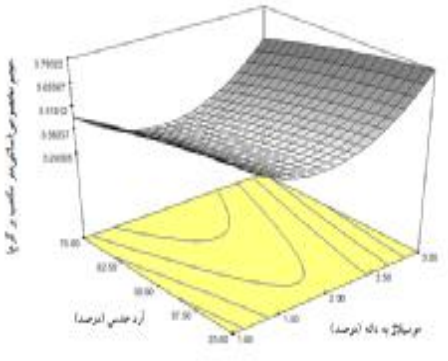
را نشان داد به طوری که نان حاصل از پکتین ۳ درصد تقریباً حجمی نزدیک به نان کنترل گندم (۲۱۶/۲۵ سانتی متر مکعب) را ایجاد نمود (۲۸).



شکل ۲- تأثیر آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بر دانسیته خمیر نمونه‌های تولیدی

۳-۳- بررسی تغییرات حجم مخصوص نان‌های تولیدی

برای برازش داده‌های حاصل از حجم مخصوص نان‌های تولیدی همانند دانسیته، مدل چند جمله‌ای ساده نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، بهتر بود (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری بیان‌گر معنی‌دار بودن اثر متقابل میزان آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بر حجم مخصوص نان‌های تولیدی بود (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده در شکل ۳، بیشترین میزان حجم مخصوص در حضور ۲۵ درصد آرد عدس و ۳ درصد موسیلاژ به دانه مشاهده شد. حجم مخصوص نمونه‌ها با افزایش میزان آرد عدس به صورت خیلی جزئی کاهش یافت ولی با افزایش میزان موسیلاژ به‌دانه، میزان حجم مخصوص نمونه‌ها ابتدا کاهش و سپس با روند بیشتری افزایش یافت. معادله مربوط به برازش نتایج آزمایشگاهی برای حجم مخصوص در جدول ۳ آورده شده است، همانطور که مشخص است بیشترین تاثیر را بر حجم مخصوص نان‌ها پارامتر درجه دوم میزان موسیلاژ به‌دانه داشت. با جایگزینی و افزایش درصد جایگزینی آرد عدس در فرمولاسیون نان‌های تولیدی، موجب ناپایداری شبکه گلوتنی و سست شدن پیوندهای دی‌سولفیدی بین اجزای ماتریکس خمیر شده و توان کافی برای نگهداری گازهای حاصل از تخمیر را از دست داده و منجر به کاهش معنی داری در حجم مخصوص نسبت به شاهد شده بود. مطابق نتایج صحرائیان و همکاران (۱۳۹۳)، افزودن صمغ‌ها منجر به بهبود حجم کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن می‌شوند (۷). نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، گزارش کردند استفاده توام از صمغ‌های گوار و زانتان باعث افزایش حجم و تخلخل بسیار مطلوبی در کیک‌های بدون گلوتن گردیده است (۱۰). در این راستا ورونکوسکا و همکاران در سال (۲۰۱۳) در مطالعه‌ی اثر جایگزینی نشاسته آرد گندم سیاه بر روی فرمولاسیون نان بدون گلوتن بیان داشتند که با افزودن آرد گندم سیاه افزایش چشم‌گیری در حجم مخصوص نان مشاهده می‌گردد، که علت این امر را توانایی جذب آب توسط آرد گندم سیاه بیان داشتند (۳۹). معادله مربوط به برازش نتایج حجم مخصوص در جدول ۳ آورده شده است، همانطور که مشخص است بیشترین تاثیر را بر حجم مخصوص نان‌ها پارامتر درجه دوم میزان موسیلاژ به‌دانه داشت.

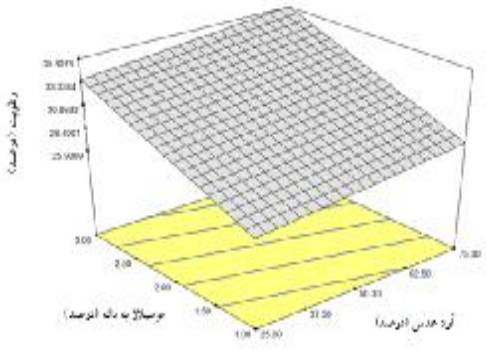


شکل ۳- تأثیر آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بر حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی

۳-٤- بررسی متغیر رطوبت نان‌های تولیدی

برای برازش داده‌های حاصل از رطوبت نان‌های تولیدی، مدل خطی نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، بهتر بود (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل

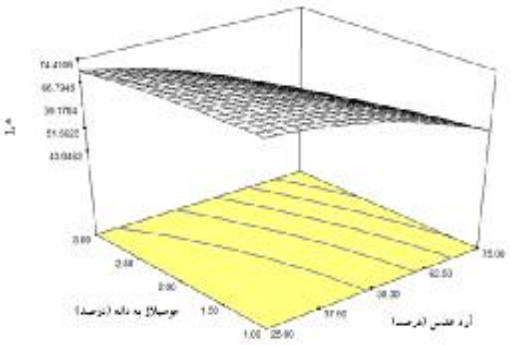
اطلاعات آماری بیان‌گر معنی‌دار بودن فقط پارامتر خطی میزان موسیلاژ به‌دانه بر میزان رطوبت نان‌های تولیدی داشت (جدول ۲). بررسی نتایج رطوبت نمونه‌ها نشان داد که بیشینه میزان رطوبت نان‌های تولیدی در حضور بیشترین میزان آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه، به‌دست آمد به عبارت دیگر با افزایش این دو متغیر میزان رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت که تاثیر میزان موسیلاژ به‌دانه بیش از آرد عدس بود (شکل ۴). نتایج نشان‌دهنده افزایش میزان رطوبت در سطوح بالای آرد عدس در نمونه‌های نان بروتچن بدون گلوتن تولیدی می‌باشد، این امر به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار آرد ذکر شده است. در این زمینه رستمیان و همکاران (۱۳۹۱) افزایش میزان رطوبت نان بدون گلوتن را با استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود گزارش نمودند (۴). همچنین اسکیارینی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر صمغ گزانتان، کربوکسی متیل سلولز، آلژینات و کاراگینان در فرمولاسیون نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج، آرد سویا و نشاسته کاساوا به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۶). در اینجا باید گفت که هیدروکلوئیدها دارای ماهیت آبدوست هستند و همه آن‌ها با آب برهم‌کنش می‌دهند و سبب انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند (۳۰). از این‌رو با افزودن آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه به فرمولاسیون محصولات نانوایی انتظار افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی وجود دارد.



شکل ٤- تأثیر آرد عدس و موسیلاژ به دانه بر رطوبت نمونه‌های تولیدی

۳-۵- بررسی شاخص روشنایی نان‌های تولیدی

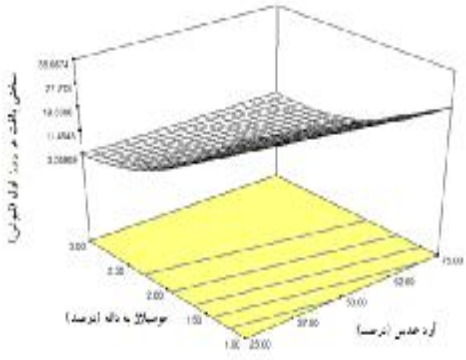
برای برازش داده‌های حاصل از شاخص روشنایی (L^*) نان‌های تولیدی همانطور که در جدول ۱ آورده شده است، مدل چند جمله‌ای درجه دوم بهترین مدل بود. نتایج روشنایی نمونه‌ها نشان داد که با افزایش میزان آرد عدس و همچنین موسیلاژ به‌دانه در فرمولاسیون میزان شاخص L^* به علت وجود منبع پروتئینی و ظریفت نگهداری آب کاهش یافت (شکل ۵). هرچند میزان تاثیر موسیلاژ به‌دانه بر این شاخص‌ها بسیار ناچیزتر بود و میزان آرد عدس در فرمولاسیون بیشترین تاثیر را بر افزایش این شاخص‌ها داشت. همان‌گونه که نتایج نشان داد، افزایش میزان جایگزینی آرد ذرت با آرد عدس در فرمولاسیون نان بروتچن بدون گلوتن، سبب کاهش میزان شاخص روشنایی پوسته نان گردید. به طور کل کاهش میزان مؤلفه L^* در تیمار با آرد، به دلیل جذب مقادیر بالاتری از آب باعث می‌شود که این آب آزاد در حین فرآیند پخت از پوسته خارج گردد، در نتیجه میزان فعل و انفعالات بیشتری در پوسته این نمونه‌ها صورت می‌گیرد. در همین راستا پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) بیان نمودند که تغییرات سطح محصولات صنایع پخت، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه L^* داشتند (۳۴). لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) با افزودن صمغ به نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج و نشاسته ذرت به این نتیجه دست یافتند که استفاده از صمغ در محصولات خمیری بدون گلوتن سبب روشن‌تر شدن رنگ پوسته می‌گردد (۲۸). از سوی دیگر نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود به بررسی اثر صمغ گزانتان و گوار بر مؤلفه‌های رنگی پوسته کیک روغنی بدون گلوتن سورگوم پرداختند. یافته‌های این محققین در مورد مؤلفه L^* با نتایج پژوهش حاضر مغایرت داشت (۱۰). افزایش میزان مؤلفه L^* به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب توسط صمغ‌ها است.



شکل ۵- تأثیر آرد عدس و موسیلاژ به دانه بر شاخص L* نان‌های تولیدی

۳-۶- بررسی سفتی نان‌های تولیدی

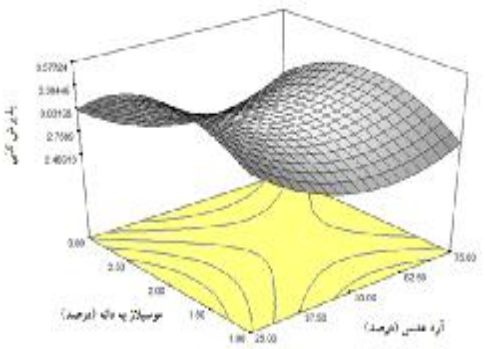
نتایج سفتی روز اول نمونه‌ها نشان داد که با افزایش میزان موسیلاژ به‌دانه در فرمولاسیون میزان سفتی بافت نان‌های تولیدی با شیب تندی به علت خاصیت جذب آب بالا کاهش یافت (شکل ۶) و همچنین، با افزایش آرد عدس در فرمولاسیون میزان سختی نمونه‌ها با شیب کمتری کاهش یافت. در همین راستا اسکیارینی و همکاران (۲۰۱۲)، موریرا و همکاران (۲۰۱۲)، دمیرکیسن و همکاران (۲۰۱۰)، گورجال و همکاران (۲۰۰۴) و نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) بیان نمودند که با افزودن صمغ نظیر گزانتان و گوار به فرمولاسیون محصولات خمیری حاوی آرد بدون گلوتن، سفتی مغز نمونه‌ها نسبت به نمونه فاقد صمغ کاهش یافت (۳۶، ۳۲، ۱۸، ۲۴ و ۱۰). رستمیان و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای بر روی تولید نان بدون گلوتن با استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود انجام دادند، بیان نمودند که آرد نخود مقدار رطوبت محصول را افزایش داده که این امر باعث کاهش سفتی بافت نان شد (۴). گوردا و همکاران (۲۰۰۴) اثر هیدروکلوئیدها (آلژینات سدیم، زانتان، کارگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز HPMC) را در کیفیت نان گندم تازه و تأثیر آن‌ها را در بیاتی نان مورد بررسی قرار دادند. HPMC و آلژینات‌سدیم کمترین مقدار سفتی مغز نان را نشان داد. اما زانتان و کاراگینان موجب افزاش سفتی مغز نان شدند، که می‌تواند به علت ظرفیت پائین نگهداری آب توسط کاراگینان باشد (۲۴). مور و همکاران (۲۰۰۷)، گزارش کردند که در طی نگهداری بافت مغز نان حاوی گوار نسبت به پکتین سفت‌تر بود که می‌تواند به علت ظرفیت بالای نگهداری آب گوار باشد، در نتیجه آب متصل شده در طی تهیه خمیر، هنگام پخت آزاد شده و ژلاتیناسیون نشاسته راحت‌تر صورت می‌گیرد. آمیلوز و به دنبال آن آمیلوپکتین از گرانول‌های نشاسته خارج شده و در هنگام پخت یا در طی سرد شدن نان‌ها، آمیلوز رتروگراد شده و در نتیجه موجب سفتی بافت مغز نان می‌گردد (۳۱).



شکل ٦- تأثیر آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بر میزان سختی بافت در روز اول نان‌های تولیدی

۳-۷- پذیرش کلی

برای برازش داده‌های حاصل از پذیرش کلی از دید ارزیابان، نان‌های تولیدی، مدل چند جمله‌ای درجه دوم نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، مدل بهتری بود (جدول ۱). معادله مربوط به برازش میزان پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی در جدول ۳ آورده شده است. همان طور که مشخص است با توجه به این معادلات می‌توان بیان داشت که بیشترین تاثیر بر میزان پذیرش کلی نمونه‌ها مربوط به، پارامتر خطی میزان آرد عدس بود. نتایج پذیرش کلی نمونه‌ها در شکل ۷ نشان داد که با افزایش آرد عدس میزان پذیرش کلی از دید ارزیابان ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت در حالی که با افزایش موسیلاژ به‌دانه، پذیرش کلی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت.



شکل ۷- تأثیر آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه بر پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی

۳-۸- بهینه‌سازی فرمولاسیون نان حاوی آرد عدس و موسیلاژ به دانه

به منظور یافتن بهترین شرایط تهیه فرمولاسیون نان با افزودن و جایگزینی آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه، با توجه به غلظت آرد عدس که در دامنه غلظتی ۲۵ تا ۷۵ درصد و موسیلاژ به‌دانه که بین ۱ تا ۳ درصد تنظیم شده بود. فرایند بهینه‌سازی فرمولاسیون در شرایط ذکر شده به منظور رسیدن به حداقل سختی و حداکثر حجم مخصوص، شاخص رنگی L^* و پذیرش کلی بهینه‌یابی گردید. نتایج نشان داد که به منظور رسیدن به اهداف ذکر شده، بایستی غلظت آرد عدس ۲۵ درصد و غلظت موسیلاژ به‌دانه ۳ درصد باشد. تحت شرایط مذکور مطلوبیت ۰/۸۶۷ حاصل گردید.

جدول ۳- مدل برازش داده شده برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

متغیر اندازه‌گیری شده	مدل به‌دست آمده	R^2	R^2-adj	ضریب تغییرات
ویسکوزیته خمیر	$Y=+32377.55+244.83X_1+1008.83X_2 - 116.43X_1^2 - 595.43\ X_2^2 - 142.25X_1X_2$	۰/۹۹۵	۰/۹۹۱	۲/٦٤
دانسیته خمیر	$Y=+0.34-0.28X_1+0.14X_2+0.16X_1X_2$	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	٤/۷٦
حجم مخصوص	$Y=+3.37+0.1X_1+1008.830.067X_2 - 0.020X_1^2 + 0.28\ X_2^2 - 0.00X_1X_2$	۰/۹۲	۰/۸۷۵	۱/۷۳
رطوبت	$Y=+30.87+ 1.10X_1 +3.83X_2$	۰/٦۱	۰/٥٤	۸/۰۲
L^*	$y= +65.90 - 11.50\ X_1 - 3.70\ X_2 - 3.68X_1^2 - 1.22\ X_2^2 - 1.85X_1X_2$	۰/۹۷۲	۰/۹٥٦	۲/۹۸
سفتی	$y= +9.32 - 2.76\ X_1 - 12.63\ X_2 + 0.27X_1^2 + 7.07\ X_2^2 + 3.04X_1X_2$	۰/۹۹٦	۰/۹۹۳	٦/۱۸
پذیرش کلی	$y= +2.99 - 0.18\ X_1 - 0.053\ X_2 + 0.041X_1^2 - 0.44\ X_2^2 + 0.058X_1X_2$	۰/۹۹۸	۰/۹۹٦	۰/٥٤

۳-۹- مقایسه نمونه حاصل از شرایط بهینه با نمونه شاهد

آنالیز داده‌های به دست آمده نشان داد که نوع نمونه بر میزان تمام پارامترهای مورد بررسی تاثیر معنی‌دار دارد ($P<۰/۰۱$). همان طور که مشخص است افزودن صمغ و همچنین موسیلاژ به‌دانه منجر به افزایش ویسکوزیته خمیر نسبت به نمونه شاهد گردید که دلیل این امر وجود صمغ (هیدروکلوئیدها) در خمیر می‌باشد که باعث حبس شدن حباب‌ها می‌گردد. بنابراین گومز و همکاران(۲۰۰۷) بیان کردند، وجود هیدروکلوئید در خمیر کیک سبب افزایش ویسکوزیته می‌شود که از صعود حباب‌ها به سطح جلوگیری می‌کند و در نتیجه سبب افزایش ثبات، پایداری و تشکیل ساختار سلولی یکنواخت می‌گردد. از طرفی مشخص گردید که استفاده از صمغ‌های مختلف در فرمولاسیون منجر به کاهش دانسیته خمیر به دلیل نبود شبکه گلوتنی گردید (۲۲). جدول ۴، نشان داد که نمونه بهینه دارای میزان رطوبت بیشتری نسبت به نمونه شاهد بود که علت آن قابلیت بالای نگه‌داری آب به دلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار صمغ‌ها می‌باشد، که نتایج به دست آمده با نتایج مویدی و همکاران(۱۳۹۲) نیز مطابقت دارد. همانطور که مشخص است نمونه شاهد دارای بیشترین میزان حجم مخصوص بود به عبارت دیگر افزودن صمغ‌های مختلف به فرمولاسیون نان‌های تولیدی میزان حجم مخصوص را کاهش داد (۹). در جدول ۴، آورده شد که میزان شاخص روشنایی در نمونه شاهد بیش از نمونه بهینه بود. نتایج نشان داد که به ترتیب نمونه شاهد و بهینه سفتی و پذیرش کلی بیشتری داشتند. کاهش سفتی در نمونه بهینه نسبت به شاهد را می توان به واکنش بیشتر هیدروکلوئیدها با آب در مقایسه با نمونه شاهد بیان کرد.

جدول ٤- مقایسه برخی از خصوصیات نمونه بهینه و شاهد

نوع نمونه	ویسکوزیته (سانتی پواز)	دانسیته خمیر (گرم بر سانتی متر مکعب)	رطوبت (درصد)	حجم مخصوص (سانتی مترمکعب بر گرم)	شاخص روشنایی	سختی (نیوتن)	پذیرش کلی
بهینه	۳۵۰۰±۱۱^{a}	۰/۰٦±۰/۰۰۷^{b}	۳۱/۱۷±۰/۲۹^{a}	۳/۸۰±۰/۲^{b}	٦۹/۱۷±۰/۹^{b}	٤/۷۳±۰/۲^{b}	۳/۲۳±۰/۱^{a}
شاهد	۱۱۷۰±۱۰^{b}	۰/۱٤±۰/۰۰۵^{a}	۲٤/٦۰±۰/۱۷^{b}	٤/۱۰±۰/۰۹^{a}	۸۵/۵۰±۰/۱^{a}	۹/۲۵±۰/۳^{a}	۱/۹۵±۰/۵^{b}

داده‌ها عبارت است از میانگین سه تکرار ±SD و اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشد.

٤- نتیجه‌گیری

تأثیر سطوح مختلف موسیلاژ به‌دانه و آرد عدس منجر به کاهش میزان ویسکوزیته، دانسیته و رطوبت در نمونه‌ها شد. از طرفی میزان روشنایی و سفتی بافت نمونه‌ها، با افزوده شدن آرد عدس و موسیلاژ به‌دانه کاهش یافت. با افزایش میزان موسیلاژ به‌دانه، میزان حجم مخصوص نمونه‌ها ابتدا کاهش و سپس با روند بیشتری افزایش و با افزایش میزان آرد عدس به صورت خیلی جزئی کاهش یافت. پذیرش کلی نمونه‌ها نیز نشان داد که با افزایش میزان آرد عدس میزان پذیرش کلی از دید ارزیابان ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت در حالی که با افزایش موسیلاژ به‌دانه میزان پذیرش کلی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. نتایج بهینه‌یابی فرمولاسیون، نمونه حاوی آرد عدس ۲۵ درصد و غلظت موسیلاژ به‌دانه ۳ درصد را به عنوان نمونه بهینه نشان داد. از طرفی نتایج مقایسه میان نمونه شاهد و نمونه بهینه نشان داد که نمونه بهینه دارای ویسکوزیته، رطوبت و پذیرش کلی بیشتری نسبت به نمونه شاهد بود. با توجه به یافته‌های به دست آمده می‌توان بیان نمود که از هیدروکلوئید موسیلاژ به‌دانه، به منظور تقلید از خواص گلوتن و آرد عدس می‌توان در تولید نان بدون گلوتن استفاده نمود.

٥- منابع

١. ابراهیم پور، ن.، پیغمبردوست، ه.، آزاد مرد دمیرچی، ص. و قنبرزاده، ب. ۱۳۸۹. تاثیر افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف روی ویژگی‌های حسی و بیاتی نان بدون گلوتن. *مجله پژوهش‌های صنایع غذایی*، دوره۲۰. ۳، شماره۱، ۱۱۵– ۹۹.

٢. پارسا، م . و باقری، ع. ۱۳۸۷. *حبوبات*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

٣. رجب زاده، ن.۱۳۹۲. *تکنولوژی نان*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ٤٤٨ صفحه.

٤. رستمیان، م.، میلانی، ج. و ملکی، گ. ۱۳۹۱. استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود در تهیه نان فاقد گلوتن. *نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، جلد۱، شماره۲، ۱۲۸– ۱۱۷.

٥. رضاقلی، ف.، موحد، س. و غیاثی طرزی، ب. ۱۳۹٦. تاثیر افزودن آرد خرفه بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفی نان مسطح بدون گلوتن بر پایه آرد برنج. *پژوهش‌های صنایع غذایی ایران*، جلد١٤، شماره۷۰، ۱۱۲–۹۹.

٦. سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۷٤. استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵، روش اندازه‌گیری رطوبت غلات و فرآورده‌های آن به روش معمولی.

٧. صحرائیان، ب.، کریمی، م.، حبیبی نجفی، م.، حداد خداپرست، م.، قیافه‌داودی، م.، شیخ‌الاسلامی، ز. و نقی‌پور، ف . ۱۳۹۳. بررسی تأثیر صمغ بومی بالنگو شیرازی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان بربری نیمه حجیم بدون گلوتن سورگوم. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، جلد۱۱، شماره٤٢، ۱۳۹– ۱۲۹.

٨. عطای صالحی، ا.، رستمیان، م. و میلانی، ج. ۱۳۹۰. ارزیابی بافتی و حرارتی بیاتی نان فاقد گلوتن تهیه شده از آرد ذرت و نخود. *مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی*، جلد۳، شماره٤، ٤٠– ۳۵..

٩. مویدی، س.، صادق ماهونک، ع.، عزیزی، م.ح. و مقصودلو، ی. ۱۳۹۲. بررسی اثر صمغ کتیرا بر ویژگی‌های کیفی نان حجیم. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، جلد۱۰، شماره۳۸، ۱۱۲– ۱۰۳.

۱۰. نقی‌پور، ف ، صحرائیان، ب.، کریمی، م.، حبیبی نجفی، م.، حداد خداپرست، م.، قیافه‌داودی، م و شیخ‌الاسلامی، ز. ۱۳۹۲. بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و گزانتان. *علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد۱۰، شماره۴۱، ۱۳۹-۱۲۷.

11. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
12. Akbari, M. R., Mohammadkhania, A., Fakheri, H., Zahedi, M. J., Shahbazkhani, B., Nouraie, M., Sotoudeh, M., Shakeri, R. and Malekzadeh, R. 2006. Screening of the adult population in Iran for celiac disease: comparison of the tissue tranglutaminase antibody and anti- endomysial antibody tests. *European Journal pf gastroenterology and Hepatology*, 18(11):1181-1186.
13. Amendola., J. and Rees, N. 2003. *The Baker's Manual: 150 Master Formulas for Baking*. John Wiley & Sons, New Jersey, USA, pp. 15-25.
14. Arendt, E. K. and Bello, F. D. 2008. Gluten- free cereal products and beverages. Food Science Technology International Series, Ireland.
15. Arendt, E.,and Dall Bellom, F. 2008. Gluten-free cereal products and beverages. Food science Technology international series, Ireland. 464 p.
16. Ashraf, A., Ghufran Saeed, S.M., Sayeed, S.A., Kanwar, H., Ahmed, M and Ali, R. 2012. Impact of Lentil Fortification on Physical, Chemical and Instrumental Properties of Dough and its Influence on overall Quality of Cookies. *The Arab Gulf Journal of Scientific Research*. 30(2): 125-134.
17. Dall'Asta, C., Cirlini, M., Morini, E., Rinaldi, M., Ganino, T. and Chiavaro, E. 2013. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. *Food Science and Technology*, 53: 233-239.
18. Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 101: 329–336.
19. Elke, K.A. and Dal Bello, F. 2008. The gluten-free cereal products and beverages Elsevier Inc, 1-394.
20. Erskine, W., and Saxena, M. C. 1993. Lentil in south Asia. Proceedings of the Seminar on Lentils in South Asia, 11- 15 March 1991, New Delhi, India, ICARDA, Aleppo, Syria, 236 pp.
21. Erskine, W., Muehlbauer, F.J., Sarker, A., Sharma, B. 2009. *The Lentil*, London. CABI, 478p.
22. Fattouch, S., Caboni, P., Coroneo, V., Tuberoso, C., Angioni, A. and Dessi, S. 2008. Comparative analysis polyphenols profiles and antioxidant and antimicrobialactivities of Tunisian pome fruit pulp and peel aqueous acetone extracts, *Journalof Agricultural and Food Chemistry*, 56: 1084-1090.
23. Gomez, M., Ronda, F., Caballero, PA., Blanco, C.A. and Rosell, CM. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloid*, 21(2):167-73.
24. Guarda, A., Rosell, CM., Benedito, C. and Galotto, M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 241-247.
25. Gujral, H., Haros, M. and Rosell, M. 2004. Improving the texture and delaying staling in rice flour chapatti with hydrocolloids and α-amylase. *Journal of Food Engineering*, 65: 89-94.
26. Jouki, m., Mortazavi, S.A., Tabatabaei Yazdi, F., Koocheki, A. and Khazaei, N. 2014. Use of quince seed mucilage edible films

containing natural preservatives to enhance physicochemical quality of rainbow trout fillets during cold storage, *Food Science and Human Wellness*, 3: 65–72.

27. Jouki, M., TabatabaeiYazdi, F., Mortazavi, S.A., and koocheki, A. 2013.Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticizededible film from quince seed mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62: 500-507
28. Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of food Engineerin*g, 79:1033-1047.
29. Lin, S. D., Hwang, C. and Fand Yeh C. H. 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cakes prepared with erythritol as replacement for sucrose. *Journal of Food Science*, 68: 2107-2110.
30. McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J. and Arendt, E. K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 609-615
31. Moore, M. M., Juga, B., Schober, T. J. and Arendt, E. K. 2007. Effect of lactic acid bacteria on properties of gluten-free sourdoughs, batters, and quality and ultrastructure of gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 84: 357-364.
32. Moreira, R., Chenlo, F. and Torres, M. D. 2012. Effect of chia (*Sativa Hispanica L.*) and hydrocolloids on the rheology of gluten free doughs based on chesnut flour. Food Science and Technology.In Press.
33. Morris, and C. and Morris, GA. 2012. The effect of Inulin and fructo oligosaccharide supple mentation on textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food chemistry*, 1-12.
34. Purlis, E. and Salvadori, V. 2009. Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865- 870.
35. Roshi, M., Wazed, A., Islam, R., Mahomud, S. and Khatun. H. 2016. Preparation of gluten free bread using the mixture of different cereals grain flour. *international journal of advanced multidisciplinary research*, 3 (5): 9-16.
36. Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E. and Perez, G. T. 2012. Incorporation of several additives into gluten free bread: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111 (4): 590- 597.
37. Sun, D. 2008. Computer vision technologyfor food quality evaluation. Academic Press, New York.
38. Wang, N. K. and Daun, J. 2004, The chemical composition and nutritive value of Canadian pulses. Canadian Grain Commission, *Grain Research Laboratory*, 14-18.
39. Wronkowska, M., Haros, M., and Soral-Smietana, M. 2013. Effect of starch substitution by Buckwheat flour on Gluten-free bread quality. *Food Bioprocess Technology*, 6: 1820-1.

(Original Research Paper)

Optimization of Producing Gluten Free Brotchen Bread Based on Corn Containing Lentils Flour and Mucilage to the Quince Seeds

Behnam Mostafazadeh[1], Mehdi Gharekhani[2*]

1-M.Sc graduated of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received:01/01/2019 Accepted:06/05/2019

Abstract:
Celiac disease is the most common disease that occurs because of consuming Gluten. The only method to treat this disease is to use gluten-free foodstuffs. The purpose of this research was to optimize the production of Gluten-free Brotchen bread based on corn that contains lentils flour and Mucilage to the seeds. For this reason, the lentils flour was added to the formulation in three levels of (25, 50, and 75 percent) as the replacement of wheat flour and mucilage to the quince seeds in three levels of (1, 2, and 3 percent), and finally the resulted and obtained optimized sample was compared to the sample that was without lentils flour and mucilage to the quince seeds. The statistical analysis and optimization of this process was performed in response surface method. The obtained results indicated that with adding lentils flour and mucilage to the seeds, the amount of viscosity, density and moisture of seeds were increased and the lightness and stiffness level of the sample tissues were decreased. The samples particular volume was decreased very slightly with adding lentils flour but it was decrease at first and then increased with more trend through adding the mucilage amount to the seeds. Also, the general reception of samples indicated that with increase in the amount of lentils flour the amount of general reception, from the viewpoint of evaluators, was decreased at first and increased then, while with increase in the amount of mucilage to quince seeds the amount of general reception was increased at first and decreased then. The results of formulation optimization indicated that to reach the above mentioned purposes it is necessary that density of lentils flour will be 25% and density of mucilage to quince seeds will be 3%. On the one side, the results of comparison between the control and optimized sample indicated that the optimised sample had more viscosity, moisture and general reception than control sample. According to the obtained results it can be said that mucilage to quince seeds can be used to simulate and imitate the properties of gluten and also the lentils flour can be used in producing the gluten-free bread.

Key words: Celiac, Brotchen Bread, Mucilage to Quince Seeds, Lentils Flour.

*Corresponding Author: m.gharekhani@iaut.ac.ir