

(مقاله پژوهشی)

بهینه‌سازی عوامل مؤثر (گلوکز اکسیداز، اسیدآسکوربیک و صمغ گوار) بر خواص رئولوژیکی خمیر حاصل از آرد گندم با بکارگیری روش سطح پاسخ

شروین اسدزاده^{۱*}، الناز نظری فر^۲

۱- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۸

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۲۱

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر آنزیم گلوکز اکسیداز، اسیدآسکوربیک و صمغ گوار بر برخی خواص رئولوژیکی خمیر گندم اعم از کشش و مقاومت می‌باشد. به منظور تعیین مقادیر بهینه دو متغیر پاسخ کشش و مقاومت به صورت جداگانه و هم‌زمان (بهینه‌سازی تک هدفه و چندهدفه)، از روش سطح پاسخ به‌عنوان یکی از روش‌های طراحی و تحلیل آزمایشات استفاده شد. سطوح هر یک از سه عامل مذکور برابر با دو در نظر گرفته شد و لذا تعداد تیمارها برابر با ۸ بود. طرح آزمایشی مناسب، طرح مکعب مرکزی است که با در نظر گرفتن سه عامل با یک تکرار و تکرار نقاط مرکزی به تعداد چهار بار، تعداد آزمایشات لازم برابر با هجده در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از پژوهش و برازش مدل‌های رگرسیونی نشان داد که به‌کارگیری روش سطح پاسخ به تعیین مقادیر بهینه و عوامل مؤثر در تولید نان منجر می‌شود که از مهمترین دستاوردها در صنعت غلات می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: صمغ گوار، گلوکز اکسیداز، اسیدآسکوربیک، روش سطح پاسخ، گندم ضعیف.

۱- مقدمه

نقش عمده نان در رژیم غذایی جامعه‌ی ایرانی و الزام دولت در جهت استفاده از گندم‌های داخلی و پایین بودن کیفیت این گندم‌ها به دلیل شرایط آب و هوایی و نوع خاک، انجام اقداماتی در جهت بهبود کیفیت آرد گندم را ضروری می‌سازد (۸،۷). ویژگی‌های گندم در درجه‌ی اول تحت تأثیر عواملی مانند شرایط جوی محل کاشت، انواع کود، نوع برداشت و غیره قرار می‌گیرد که هر یک از این عوامل و تغییرات می‌توانند به نحوی کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار دهند (۳). یکی از عمده‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت نان، کیفیت گلوتن^۱ گندم است. عواملی مانند سن زدگی^۲ که بیشتر مورد توجه این تحقیق است، به کیفیت آسیاب کردن گندم و پخت محصولات صدمات زیادی وارد می‌آورد. سن زدگی و آلودگی گندم به آنزیم پروتئاز بزاق حشره سن، موجب تجزیه و تضعیف گلوتن می‌شود، به گونه‌ای که شبکه گلوتنی در خمیر حاصل از آن توانایی نگهداری گازهای تولیدی (در اثر فعالیت مخمرها) را ندارد (مقاومت^۳ خمیر) و در زمان تخمیر سبب ازهم گسسته شدن خمیر می‌شود (کشش^۴ خمیر). لذا مقاومت و کشش خمیر دو متغیر کلیدی خروجی در بررسی کیفیت خمیر می‌باشند. بنابراین برای مواجهه با این مشکل، تأثیر افزودن سه ترکیب بهبود دهنده گلوکز اکسیداز^۵، صمغ گوار^۶ و اسید آسکوربیک^۷ به آرد ضعیف مورد آزمایش قرار گرفت تا عوامل تأثیرگذار و مقدار بهینه آن‌ها برای متغیرهای پاسخ^۸ حجم و کشش با استفاده از روش سطح پاسخ^۹ و طرح مکعب مرکزی^{۱۰} تعیین گردد. کامپوز و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش سطح پاسخ و طرح مکعب مرکزی به بررسی اثر عواملی نظیر دمای استخراج، زمان استخراج و

نسبت آب به دانه بر عملکرد، قوام ظاهری، ثبات امولسیون و رنگ موسیلاژ دانه چیا^{۱۱}، پرداختند. نتایج حاصل از استفاده از روش سطح پاسخ حاکی از آن بود که موسیلاژ دانه چیا که تحت شرایط بهینه استخراج شده بود می‌تواند در فرمولاسیون بستنی به‌عنوان یک امولسیفایر و تثبیت‌کننده باشد (۱۴). یلمه و همکاران (۱۳۹۵) جهت بهینه‌سازی فرآیند استخراج رنگ آناتو به‌عنوان دومین افزودنی رنگ طبیعی با کمک امواج فراصوت و تعیین بهترین شرایط فرآیندی از طرح مکعب مرکزی و روش سطح پاسخ استفاده کردند (۱۳). قنادزاده و همکاران (۱۳۹۰) به منظور بررسی چگونگی تولید اتانول از طریق تخمیر قند موجود در آب پنی و تعیین شرایط بهینه فاکتورهای مؤثر در تولید اتانول در محیط کشت ناپیوسته، از روش سطح پاسخ استفاده کردند و به شرایط عملیاتی بهینه برای فرآیند تولید اتانول دست یافتند (۱۰). کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) نیز به منظور بهینه‌سازی فرآیند تولید ماست تغلیظ شده از روش طراحی آزمایشات استفاده کردند (۲). هراتی و همکاران (۱۳۹۶) به منظور تعیین شرایط بهینه فرآیند تولید پاستیل از میوه زرشک بی‌دانه از روش سطح پاسخ استفاده کردند و به مقادیر بهینه برای دو فاکتور خروجی گوار و ژلاتین دست یافتند (۱۲). سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از روش سطح پاسخ و طرح مکعب مرکزی با شش تکرار در نقاط مرکزی به شرایط بهینه برای فرآیند تولید پودر خرمالو دست یافتند (۶). عبادتی و همکاران (۱۳۹۵) به منظور تولید پودر دوغ با روش خشک کردن کف‌پوشی و تعیین مقادیر بهینه متغیرهای پاسخ تحت عوامل ورودی دما و درصد ترکیبات کف‌زا از روش سطح پاسخ استفاده کردند (۹). از روش سطح پاسخ در صنایع غلات استفاده‌های زیادی شده است. شفیعی سلطانی و همکاران (۲۰۱۴) طی پژوهشی در رابطه با بهینه‌سازی خواص رئولوژیکی خمیر گندم با استفاده از روش سطح پاسخ به این نتیجه رسیدند که گلوکز اکسیداز و زایلاناز بر بهبود کیفیت نان و خمیر تأثیر داشته اما اثرات وابسته به دوز بود. در این تحقیق، دوز مناسب گلوکز

- 1- Gluten
- 2- Eurygaster integriceps
- 3- Resistance
- 4- Extension
- 5- glucose oxidase
- 6- Guar gum
- 7- Ascorbic acid
- 8- Response
- 9- Response Surface Methodology (RSM)
- 10- Central Composite Design (CCD)

گلوتن ضعیف یا آردهای با درصد گلوتن پایین، بسیار کمک کننده است و باعث بهبود حجم و بافت نان می شود. صمغ گوار پودر سفید مایل به زردی است که در آب داغ یا سرد قابل پخش شدن است و در صنایع غذایی به عنوان عامل ژل کننده، ویسکوز دهنده و افزایشده غلظت، چسباننده و پایدار کننده و گاه جهت حفظ رطوبت موجود در فیبرهای محصول به کار می رود. اسید اسکوربیک، در گروه مواد اکسیدکننده قرار دارد و موجب تقویت و توسعه شبکه گلوتنی و تسهیل و تسریع در عمل آوری خمیر می شود. همچنین از دو دستگاه اکسنسوگراف^۳ و فارینوگراف^۴ جهت انجام آزمایشات مربوطه استفاده شد.

۲-۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- روش آماده سازی خمیر گندم

با توجه به آزمایشات طراحی شده و مورد نیاز، تیمارهای ارائه شده در آزمایشگاه آماده شدند. سپس ۳۰۰ گرم از نمونه آماده شده به همراه ۶ گرم نمک، در داخل همزن دستگاه ریخته شد و به مدت یک دقیقه به طور یکنواخت مخلوط گردید. بعد از یکنواخت شدن آرد، به آرامی با استفاده از بورت دستگاه آب به آرد افزوده و نمودار جذب آب شروع به رسم شد. سرعت افزودن آب باید به گونه ای باشد که در کمتر از سه دقیقه نمودار فارینوگراف به خط ۵۰۰ واحد فارینوگراف^۵ (FU) برسد (FU واحد قراردادی برای دستگاه فارینوگراف می باشد). مدت زمان این آزمایش ۵ دقیقه بود. برای تعیین کشش و مقاومت خمیر، دو نمونه از خمیر گندم حاصل از هر تیمار، در داخل دستگاه اکسنسوگراف قرار داده شد.

۲-۲-۲- روش انجام آزمون ها

آزمون فارینوگراف طبق استاندارد AACC به شماره 54-21 توسط دستگاه فارینوگراف انجام شد. دستگاه فارینوگراف، با ثبت و ضبط نحوه میکس شدن آرد و مقاومت ظاهر شده در آرد (در حال خمیر شدن) در سرعت و دمای ثابت تا رسیدن خمیر به قوام مطلوب و در نهایت با

اکسیداز و زایلاناز به ترتیب ۳۰ و ۲۰ هزار در یک میلیون^۱ برآورد شد (۱۸). متینی و همکاران (۱۳۹۵) نیز اثر افزودن پودر آب پنیر و آرد چاودار به آرد گندم با درصد استخراج ۷۲ تا ۹۲ بر فاکتورهای فارینوگراف و اکسنسوگراف را با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار دادند (۱۱). نتایج نشان داد افزایش درصد استخراج آرد گندم موجب افزایش جذب آب و سفتی و کاهش مقاومت گردید. نهایتاً جلدانی و همکاران (۱۳۹۶) به منظور بررسی اثر افزودن آرد کامل کینوا و صمغ زانتان به فرمولاسیون نان بربری جهت تهیه یک فرآورده با ارزش تغذیه ای بالا از روش سطح پاسخ و طرح چرخش پذیر مرکب مرکزی استفاده کردند (۵). متغیرهای مستقل شامل صمغ زانتان و آرد کامل کینوا^۲ بود. متغیرهای وابسته شامل ویژگی های شیمیایی (رطوبت، خاکستر، چربی، پروتئین) و ویژگی های حسی نان بربری بود. نتایج نشان داد با افزودن آرد کامل کینوا به نان بربری میزان خاکستر، پروتئین و چربی به طور معنی داری افزایش یافت و افزودن صمغ زانتان سبب افزایش در میزان رطوبت نمونه های نان شد. پر واضح است در صورت عدم استفاده از روش سطح پاسخ نه تنها هزینه و زمان بیشتری صرف انجام آزمایشات می گردد، بلکه پس از جمع آوری داده ها نیز تحلیل آن ها دشوارتر بوده و بعضاً با تفسیر اشتباه نتایج همراه می باشد. لذا در این پژوهش، سعی شد تا به بررسی تأثیر سه عامل گلوکز اکسیداز، اسیدآسکوربیک و صمغ گوار بر کشش و مقاومت خمیر گندم بپردازیم که در این راستا از طرح مکعب مرکزی استفاده خواهیم کرد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

مواد مصرفی برای انجام این آزمایش شامل آرد گندم ضعیف با کیفیت پایین، گلوکز اکسیداز، صمغ گوار و اسید آسکوربیک بود. آنزیم گلوکز اکسیداز باعث افزایش قدرت خمیر می شود. این خاصیت آنزیم گلوکز اکسیداز بخصوص در هنگام تولید نان های حجیم از آرد های با

3 -Extensograph

4 -Farinograph

5 -Farinograph unit (FU)

1 -Part Per Million (PPM)

2 -Quinoa

تعیین جذب آب در مدت زمان مشخص، اطلاعات دقیقی را از واکنش رئولوژیکی خمیر در اختیار ما قرار داد. آزمون اکستنسوگراف نیز طبق استاندارد AACCC به شماره 10-54 توسط دستگاه اکستنسوگراف انجام شد. در دستگاه اکستنسوگراف عملکرد گازهای تولید شده در تخمیر که حاصل از عواملی چون تجزیه قندها یا تجزیه نشاسته می باشد در خمیر مورد آزمایش، ارزیابی شد و همین طور قدرت نگهداری گاز توسط خمیر با بررسی میزان کشسانی گلو تن مورد بررسی قرار گرفت. این مورد شامل بررسی اطلاعات حاصله از تغییرات گلو تن در مدت زمان تخمیر، بررسی تنش های مکانیکی وارد شده به خمیر در اثر نیروی کششی دستگاه، میزان انرژی صرف شده جهت کشش خمیر و نسبت میان قابلیت کشش و مقاومت ظاهر شده بود که قادر بود پارامترهای تأثیر گذار در پخت را به صورت مجزا بررسی کند (۴). دو نمونه از هر تیمار ابتدا به مدت ۴۵ دقیقه در محفظه تخمیر تعبیه شده در دستگاه اکستنسوگراف برای استراحت قرار گرفت. پس از اتمام ۴۵ دقیقه اول خمیر مورد نظر به قلاب دستگاه انتقال یافت و با شروع به کار دستگاه قلاب به طرف پایین حرکت کرد و منحنی اکستنسوگراف شروع به رسم شد و با پاره شدن خمیر نمودار متوقف گشت. این مرحله برای نمونه دوم نیز انجام شد. سپس مجدداً خمیر دوبار دیگر به مدت ۴۵ دقیقه در محفظه قرار گرفت و این مراحل تکرار شد. در پایان آزمایش برای هر تیمار، نمودار اکستنسوگراف در ۳ مرحله و ۶ منحنی قابل بررسی بود.

۳- طراحی آزمایش ها به کمک روش سطح پاسخ

طراحی آزمایشات^۱ یک ابزار بسیار مهم در دنیای مهندسی برای بهبود فرآیند تحقق محصولات است. در همه فرآیندها، آزمایش به منظور کسب اطلاعات در مورد آن فرآیند یا سیستم خاص انجام می شود. هر آزمایش شامل یک سری ورودی و خروجی است که یک فرآیند میانی با استفاده از داده های ورودی و انجام عملیات بر روی آن، متغیرهای خروجی یا متغیر پاسخ را تولید می کند (۱۵).

استفاده صحیح از روش های طراحی آزمایشات در فرآیند توسعه محصول می تواند منجر به بهبود بازده فرآیند، کاهش تغییرپذیری، انطباق نزدیکتر به مقدار اسمی، کاهش زمان توسعه و کاهش هزینه های کلی شود. از کاربردهای طراحی آزمایشات در طراحی مهندسی می توان به مدل سازی و بهینه سازی اشاره کرد. روش سطح پاسخ، یک مجموعه از تکنیک های آماری و ریاضیات کاربردی برای ساخت مدل های تجربی است. هدف در طرح های سطح پاسخ، بهینه سازی پاسخ (متغیر خروجی) است که تحت تأثیر چندین متغیر مستقل (متغیرهای ورودی) قرار می گیرد (۱۶). روش سطح پاسخ با کاهش تعداد آزمایشات لازم امکان ارزیابی پارامترهای متعدد، برهمکنش بین آنها (اثرات متقابل^۲)، برازش مدل های درجه دوم^۳ و بهینه سازی متغیر پاسخ را نیز فراهم می نماید. در بهینه سازی فرآیندهای استخراجی که در آن چند فاکتور مؤثر است، روش سطح پاسخ کارایی بالایی را از خود نشان می دهد (۱۷، ۱۹). روش سطح پاسخ بسته به کاربرد به روش های متفاوتی طبقه بندی می گردند که یکی از این روش ها طرح های مکعب مرکزی است (۱۶). در این پژوهش ابتدا پارامترهای تأثیر گذار انتخاب و سپس بهینه سازی متغیرهای پاسخ به صورت مجزا و هم زمان (بهینه سازی چند هدفه) انجام شد. با توجه به این که هدف تحقیق، بررسی تأثیر افزودن بهبوددهنده ها بر روی خواص رئولوژیکی آرد اعم از مقاومت و کشش است، سه فاکتور صمغ گوار، اسید آسکوربیک و گلوکز اکسیداز به عنوان مهم ترین پارامترها (فاکتورها) در نظر گرفته شد. همچنین طرح مکعب مرکزی که یکی از طرح های پر کاربرد و مهم در روش سطح پاسخ می باشند مورد استفاده قرار گرفته است. شایان ذکر است که مقدار پارامتر آلفا^۴ برابر با یک در نظر گرفته شده است. بنابراین طرح مربوطه همان طرح Face-Centered می باشد. با توجه به شرایط آزمایش هر یک از سه فاکتور در سه سطح مورد بررسی قرار گرفتند که مقادیر آنها در جدول ۱ گزارش شده است.

2 - Interaction

3 - Second- Order model

4 - Rotatability

1 - Design Of Experiment (DOE)

جدول ۱ - پارامترهای انتخابی و سطوح در نظر گرفته شده

متغیر مستقل	برای آنها		
	نماد ریاضی	سطوح	متغیر
			-۱
			۰
			+۱
گلوکز اکسیداز X	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵
صمغ گوار Y	۰/۱۰	۰/۱۲۵	۰/۱۵
اسیدآسکوربیک Z	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۷

لازم به ذکر است با در نظر گرفتن ۴ تکرار در نقاط مرکزی، تعداد آزمایشاتی لازم به کمک نرم افزار مینی تب، ۱۸ است. برای هر تیمار، سه عدد مجزا برای خروجی های مورد نظر اعم از مقاومت (مقاومت خمیر در ۵ سانتی متر اول کشش در نظر گرفته می شود.) و کشش قابل مشاهده است که بیانگر رفتار خمیر در زمان های مختلف استراحت خود می باشد. برای تسهیل در تحلیل خروجی ها میانگین این سه زمان به عنوان مقادیر متغیر پاسخ در نظر گرفته شد (جدول ۲).

جدول ۲- طرح CCD برای انجام آزمایش

تیمار	گلوکز اکسیداز	صمغ گوار	اسید آسکوربیک	مقاومت	کشش
۱	۰/۰۳	۰/۱۰۰	۰/۰۳	۶۷۷/۰۰۰	۹۳/۰۰۰
۲	۰/۰۵	۰/۱۰۰	۰/۰۳	۶۷۴/۳۳۳	۹۶/۶۶۷
۳	۰/۰۵	۰/۱۵۰	۰/۰۳	۷۲۰/۰۰۰	۸۳/۰۰۰
۴	۰/۰۵	۰/۱۵۰	۰/۰۳	۷۴۱/۶۶۷	۱۰۳/۶۶۷
۵	۰/۰۳	۰/۱۰۰	۰/۰۷	۷۶۰/۶۶۷	۱۰۲/۶۶۷
۶	۰/۰۵	۰/۱۰۰	۰/۰۷	۷۴۰/۰۰۰	۹۵/۶۶۷
۷	۰/۰۳	۰/۱۵۰	۰/۰۷	۶۳۹/۶۶۷	۹۹/۰۰۰
۸	۰/۰۵	۰/۱۵۰	۰/۰۷	۶۶۹/۳۳۳	۹۸/۳۳۳
۹	۰/۰۳	۰/۱۲۵	۰/۰۵	۷۵۰/۰۰۰	۹۰/۳۳۳
۱۰	۰/۰۵	۰/۱۲۵	۰/۰۵	۷۰۸/۶۶۷	۹۹/۰۰۰
۱۱	۰/۰۴	۰/۱۰۰	۰/۰۵	۶۸۱/۳۳۳	۹۸/۳۳۳
۱۲	۰/۰۴	۰/۱۵۰	۰/۰۵	۶۴۵/۰۰۰	۹۵/۰۰۰
۱۳	۰/۰۴	۰/۱۲۵	۰/۰۳	۷۰۱/۳۳۳	۹۵/۰۰۰
۱۴	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۷	۶۳۲/۰۰۰	۱۰۵/۶۶۷
۱۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۶۵۴/۶۶۷	۹۵/۳۳۳
۱۶	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۶۴۰/۰۰۰	۱۰۰/۳۳۳
۱۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۶۵۵/۳۳۳	۹۵/۰۰۰
۱۸	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۶۶۰/۳۳۳	۹۴/۰۰۰

۴- تجزیه و تحلیل خروجی ها

۴-۱- متغیر پاسخ مقاومت

۴-۱-۱- مدل سازی

با وارد کردن داده های مربوط به متغیر پاسخ مقاومت (برای هر تیمار میانگین سه مقاومت ظاهر شده در ۵ سانتی متر اول کشش، در سه زمان استراحت خمیر در نظر گرفته شد) در

نرم افزار مینی تب^۱، نتایج آنالیز واریانس در جدول ۳ مشاهده شد. مطابق جدول ۳، پی-مقدار^۲ برای هر سه عامل گلوکز اکسیداز و صمغ گوار و اسیدآسکوربیک بیشتر از ۰/۰۵ است. پس هیچ کدام از اثرات اصلی به تنهایی مهم نیستند. سطح معنی داری مربعات اثر اصلی گلوکز اکسیداز کمتر از ۰/۰۵ است. بنابراین عامل X (گلوکز اکسیداز) باید در مدل نهایی بیان گردد. در بین اثرات متقابل تنها p-value مربوط به صمغ گوار - اسیدآسکوربیک مهم است. با توجه به اهمیت اثر متقابل صمغ گوار- اسیدآسکوربیک، عامل اسیدآسکوربیک و صمغ گوار نیز در مدل لحاظ می گردد. با استفاده از دو جدول آنالیز واریانس و جدول ضرایب (جدول ۴)، مدل نهایی بر اساس عوامل مؤثر پردازش شده و در قالب مقادیر کد شده به صورت زیر ارائه می گردد:

$$y.z = 662/23 - 1/23x - 11/77y - 7/27z + 57/3 x.x - 37/75 y.z$$

در رابطه فوق X نماد اثر عامل گلوکز اکسیداز، Y نماد عامل صمغ گوار، Z نماد عامل اسیدآسکوربیک، X.X نماد اثر درجه دوم عامل گلوکز اکسیداز و Y.Z نشانگر اثر متقابل گوار-اسیدآسکوربیک می باشد. همان طور که واضح است مدل نهایی، شامل اثرات متقابل و درجه دوم نیز می باشد. قبل از پذیرفتن نتایج تحلیل واریانس و پردازش مدل نهایی، مانده های این آزمایش از لحاظ نرمال بودن، مستقل بودن، تصادفی بودن و برابر بودن واریانس بررسی شد. البته

تمامی نمودارها رضایت بخش بود، بنابراین در اعتبار نتایج مشکلی وجود ندارد. نتایج این بررسی به صورت خلاصه شده در شکل ۱ ارائه شده است. برای باقی مانده ها آزمون نرمال بودن نیز انجام و گزارش شد که در شکل ۲ قابل مشاهده است. همان طور که مشخص است مقدار p-value بیشتر از ۰/۰۵ می باشد، لذا فرض نرمال بودن پذیرفته می شود. شکل ۳ اثرات اصلی را پس از در نظر گرفتن عوامل مؤثر و با توجه به مدل نهایی و شکل ۴ اثرات اصلی را با در نظر گرفتن تمامی عوامل و با توجه به مدل اولیه نشان می دهد. مطابق شکل های مذکور با افزایش عامل X (گلوکز اکسیداز) در سطوح اول تا دوم این عامل مقدار مقاومت کاهش پیدا کرده ولی به تدریج بعد از سطح دوم با افزایش گلوکز اکسیداز مقدار مقاومت افزایش یافت. با افزایش عامل Y (صمغ گوار) مقاومت کاهش پیدا کرده است. نمودار سوم در شکل های ذکر شده تأثیر متغیر Z (اسیدآسکوربیک) را نشان می دهد که این نمودار نیز مانند نمودار قبلی بر رابطه معکوس عامل Z با مقدار متغیر پاسخ مقاومت دلالت می کند. اما همان گونه که از شکل ها و جدول آنالیز واریانس قابل مشاهده است، تأثیرات هیچ کدام از نمودارها به لحاظ آماری، به میزان قابل توجهی مؤثر (معنی دار) نمی باشد.

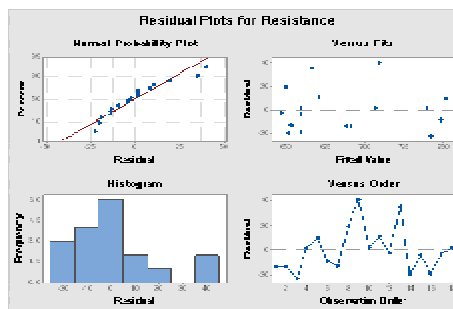
جدول ۳ - نتایج آنالیز واریانس مربوط به متغیر پاسخ مقاومت

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	p-value
مدل	۹	۲۵۳۲۰/۱	۲۸۱۳/۳	۵/۳۳	۰/۰۱۴
خطی	۳	۱۹۳۰/۴	۶۴۳/۵	۱/۲۲	۰/۳۶۴
X	۱	۱۷/۸	۱۷/۸	۰/۰۳	۰/۸۵۹
Y	۱	۱۳۸۴/۵	۱۳۸۴/۵	۲/۶۲	۰/۱۴۴
Z	۱	۵۲۸/۰	۵۲۸/۰	۱/۰۰	۰/۳۴۷
توان دوم	۳	۱۱۲۷۹/۹	۳۶۷۰/۰	۷/۱۲	۰/۰۱۲
X ²	۱	۸۸۸۳/۰	۸۸۸۳/۰	۱۶/۸۲	۰/۰۰۳
Y ²	۱	۲۱۵/۲	۲۱۵/۲	۰/۴۱	۰/۵۴۱
Z ²	۱	۷۹/۳	۷۹/۳	۰/۱۵	۰/۷۰۸
اثرات متقابل	۳	۱۲۱۰۹/۹	۴۰۳۶/۶	۷/۶۴	۰/۰۱۰
XY	۱	۶۹۶/۹	۶۹۶/۹	۱/۳۲	۰/۲۸۴
XZ	۱	۱۲/۵	۱۲/۵	۰/۰۲	۰/۸۸۲
YZ	۱	۱۱۴۰۰/۵	۱۱۴۰۰/۵	۲۱/۵۸	۰/۰۰۲

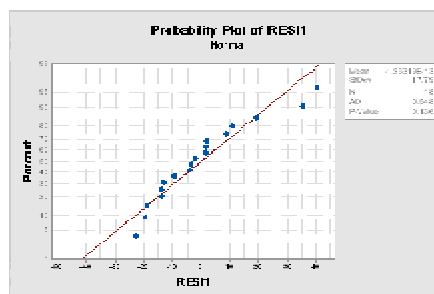
جدول ۴ - اثرگذاری پارامترها بر متغیر پاسخ مقاومت

متغیر	اثر	ضریب رگرسیونی	مقدار آماره t	p-value
ضریب ثابت		۶۶۲/۳۳	۷۳/۲۶	۰۰/۰۰
X	-۲/۶۷	-۱/۳۳	-۰/۱۸	۰/۸۵۹
Y	-۲۳/۵۳	-۱۱/۷۷	-۱/۶۲	۰/۱۴۴
Z	-۱۴/۵۳	-۷/۲۷	-۱/۰۰	۰/۳۴۷
X ²	۱۱۴/۵	۵۷/۳	۴/۱۰	۰/۰۰۳
Y ²	-۱۷/۸	-۸/۹	-۰/۶۴	۰/۵۴۱
Z ²	-۱۰/۸	-۵/۴	-۰/۳۹	۰/۷۰۸
XY	۱۸/۶۷	۹/۳۳	۱/۱۵	۰/۲۸۴
XZ	-۲/۵۰	-۱/۲۵	-۰/۱۵	۰/۸۸۲
YZ	-۷۵/۵۰	-۳۷/۷۵	-۴/۶۵	۰/۰۰۲

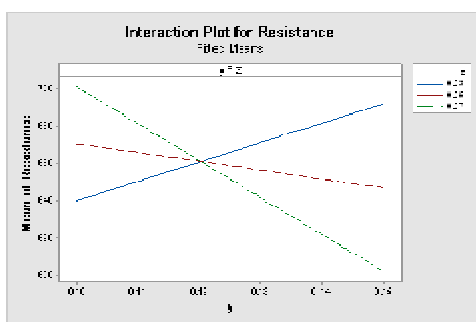
شکل ۵ اثرات متقابل عوامل مؤثر (معنادار) را نشان می دهد و شکل ۶ اثرات متقابل تمامی عوامل (معنادار و غیر معنادار) را نشان می دهد و هر دو شکل نتایج حاصل از جدول آنالیز واریانس را نیز تأیید می کنند. با توجه به تعریف اثر متقابل (عدم توانایی یک عامل در ایجاد اثری یکسان در متغیر پاسخ به ازای سطوح مختلف عوامل دیگر) متقاطع بودن نمودار مربوط به اثرات متقابل گوار - اسید آسکوربیک در هر دو شکل ۵ و ۶ بیانگر وجود اثر متقابل بین این عوامل و موازی بودن نمودارهای مربوط به اثر متقابل گلوکز اکسیداز - اسیدآسکوربیک و گلوکز اکسیداز - گوار در شکل ۶ بیانگر عدم وجود اثرات متقابل بین این دو عامل است.



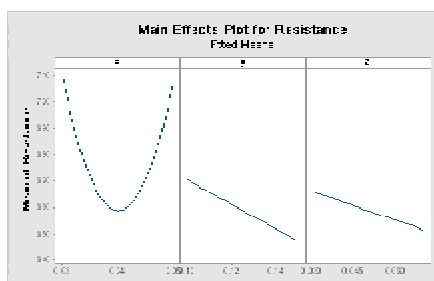
شکل ۱ - بررسی کفایت مدل



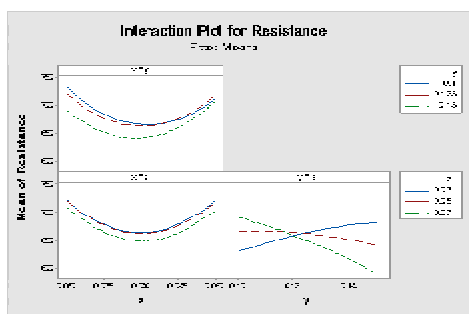
شکل ۲ - آزمون نرمال بودن باقی مانده ها مربوط به متغیر پاسخ مقاومت



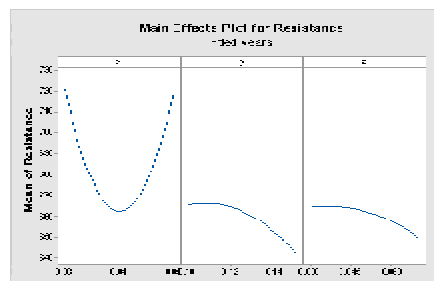
شکل ۵ - اثر متقابل مربوط به متغیر پاسخ مقاومت با در نظر گرفتن عوامل مؤثر



شکل ۳ - اثرات اصلی مربوط به متغیر پاسخ مقاومت با در نظر گرفتن عوامل مؤثر



شکل ۶ - اثرات متقابل عوامل مربوط به متغیر پاسخ مقاومت با در نظر گرفتن تمامی عوامل



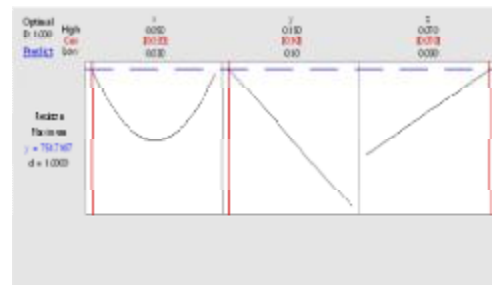
شکل ۴ - اثرات اصلی مربوط به متغیر پاسخ مقاومت با در نظر گرفتن تمام عوامل

۴-۱-۲ بهینه سازی

در این بخش بهینه سازی متغیر پاسخ مقاومت به ازای سه عامل مورد بررسی، مدنظر قرار گرفته است. هدف این است که متغیر پاسخ مقاومت ماکزیمم گردد. بنابراین می بایست مقادیری برای این سه عامل انتخاب شود که مقدار مقاومت

گلوکز اکسیداز و اسیدآسکوربیک کوچک‌تر از ۰/۰۵ و برای عامل صمغ گوار بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ لذا در بین اثرات اصلی، عوامل گلوکز اکسیداز و اسیدآسکوربیک به‌عنوان دو عامل مهم و تأثیرگذار در مدل مشاهده می‌شوند. مربعات هیچ‌کدام از اثرات اصلی مهم نبوده و اثرات متقابل گلوکز اکسیداز - صمغ گوار و گلوکز اکسیداز - اسیدآسکوربیک معنی‌دار می‌باشند؛ بنابراین با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل گلوکز اکسیداز - صمغ گوار عامل صمغ گوار نیز مهم در نظر گرفته می‌شود و در مدل ارائه می‌گردد. در جدول ۶ نوع اثرگذاری پارامترها قابل مشاهده است که با استفاده از این جدول و جدول آنالیز واریانس امکان برازش مدل رگرسیونی فراهم می‌گردد. مشاهده می‌کنیم عامل اسیدآسکوربیک که با عدد ۶ بزرگ‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است مهم‌ترین عامل اثرگذار بر متغیر پاسخ کشش می‌باشد و بعد از آن عامل گلوکز اکسیداز با عدد ۵/۰۶۷ در رتبه دوم قرار می‌گیرد که این دو عامل با متغیر پاسخ رابطه مستقیم دارند. یعنی با افزایش این دو عامل کشش خمیر نیز افزایش پیدا می‌کند. صمغ گوار با عدد ۱/۴۶۷ - کم‌ترین تأثیر را بر کشش داشته و در جهت عکس متغیر پاسخ عمل می‌کند یعنی با افزایش میزان صمغ گوار مقدار کشش خمیر کاهش پیدا می‌کند.

به حداکثر برسد. همان‌طور که شکل ۷ نشان می‌دهد، بیشترین مقدار مقاومت برابر ۷۵۱/۷۱۶۷ واحد اکستنسوگراف (EU) می‌باشد که این مقدار زمانی حاصل می‌گردد که گلوکز اکسیداز مقدار ۰/۰۳ گرم در یک کیلوگرم آرد، گوار ۰/۱ گرم در یک کیلوگرم آرد و اسیدآسکوربیک مقدار ۰/۰۷ گرم در یک کیلوگرم آرد را اختیار کند. بعلاوه مقدار تابع مطلوبیت برابر یک است و بیانگر این است که بهترین مقدار برای متغیر خروجی مقاومت حاصل شده است.



شکل ۷- سطوح بهینه عوامل برای متغیر پاسخ مقاومت

۴-۲- متغیر پاسخ کشش

۴-۲-۱- مدل سازی

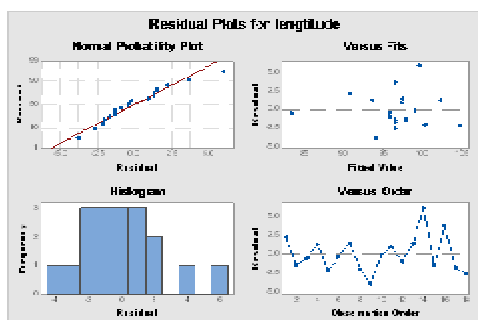
با وارد کردن داده‌های مربوط به متغیر پاسخ کشش در نرم‌افزار مینی تب، نتایج آنالیز واریانس در جدول ۵ قابل مشاهده است. بر این اساس، مقدار p-value برای عامل

جدول ۵ - نتایج آنالیز واریانس مربوط به متغیر پاسخ کشش

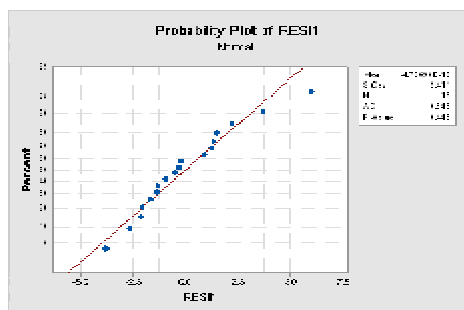
منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	p-value
مدل	۹	۳۸۹/۱۶۴	۴۳/۲۴۰	۵/۳۰	۰/۰۱۴
خطی	۳	۱۵۹/۵۵۶	۵۳/۱۸۵	۶/۵۲	۰/۰۱۵
X	۱	۶۴/۱۷۸	۶۴/۱۷۸	۷/۸۶	۰/۰۲۳
Y	۱	۵/۳۷۸	۵/۳۷۸	۰/۶۶	۰/۴۴۰
Z	۱	۹۰/۰۰۰	۹۰/۰۰۰	۱۱/۰۳	۰/۰۱۱
توان دوم	۳	۳۳/۰۵۳	۱۱/۰۱۸	۱/۳۵	۰/۳۲۵
X ²	۱	۱۸/۰۲۸	۱۸/۰۲۸	۲/۲۱	۰/۱۷۵
Y ²	۱	۰/۹۱۰	۰/۹۱۰	۰/۱۱	۰/۷۴۷
Z ²	۱	۲۵/۸۲۷	۲۵/۸۲۷	۳/۱۷	۰/۱۱۳
اثرات متقابل	۳	۱۹۶/۵۵۶	۶۵/۵۱۹	۸/۰۳	۰/۰۰۹
XY	۱	۶۸/۰۵۶	۶۸/۰۵۶	۸/۳۴	۰/۰۲۰
XZ	۱	۱۲۸/۰۰۰	۱۲۸/۰۰۰	۱۵/۶۹	۰/۰۰۴
YZ	۱	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۰۶	۰/۸۱۱

جدول ۶ - اثرگذاری پارامترها بر متغیر پاسخ کشتش

متغیر	اثر	ضریب رگرسیونی	آماره t	p-value
ضریب ثابت		۹۶/۷۱	۸۶/۰۶	۰/۰۰
X	۵/۰۶۷	۲/۵۳۳	۲/۸۰	۰/۰۲۳
Y	-۱/۴۶۷	-۰/۷۳۳	-۰/۸۱	۰/۴۴۰
Z	۶/۰۰۰	۳/۰۰۰	۳/۳۲	۰/۰۱۱
X ²	-۵/۱۶	-۲/۵۸	-۱/۴۹	۰/۱۷۵
Y ²	-۱/۱۶	-۰/۵۸	-۰/۳۳	۰/۷۴۷
Z ²	۶/۱۷	۳/۰۹	۱/۷۸	۰/۱۱۳
XY	۵/۸۳	۲/۹۲	۲/۸۹	۰/۰۲۰
XZ	-۸/۰۰	-۴/۰۰	-۳/۹۳	۰/۰۰۴
YZ	۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۸۱۱



شکل ۸ - بررسی کفایت مدل برای متغیر پاسخ کشتش



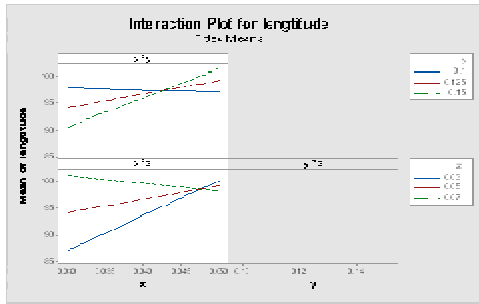
شکل ۹ - آزمون نرمال بودن باقی مانده‌ها مربوط به متغیر

پاسخ کشتش

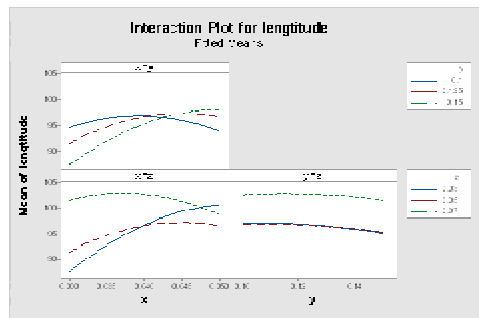
شکل ۱۰ اثرات اصلی را پس از در نظر گرفتن عوامل مؤثر و با توجه به مدل نهایی و شکل ۱۱ اثرات اصلی را با در نظر گرفتن تمامی عوامل و با توجه به مدل اولیه نشان می‌دهد. هر دو شکل نتایج حاصل از جدول آنالیز واریانس را نیز تأیید

مدل نهایی بر اساس عوامل مؤثر با استفاده از دو جدول ۵ و ۶ پردازش شده و در قالب مقادیر کد شده به صورت زیر ارائه می‌گردد:

کشتش = $96/71 + 2/533 X - 0/733 Y + 3/000 Z + 2/91 X.Y - 4/00 X.Z$
 در رابطه فوق X نماد اثر عامل گلوکز اکسیداز، Y نماد عامل صنمغ گوار، Z نماد عامل اسیدآسکوربیک، و X.Y نشانگر اثر متقابل گلوکز اکسیداز-اسیدآسکوربیک می باشد. همان‌طور که مشخص می‌باشد، مدل یک مدل درجه یک به همراه اثرات متقابل می‌باشد. قبل از پذیرفتن نتایج تحلیل واریانس و پردازش مدل نهایی، مانده‌های این آزمایش از لحاظ نرمال بودن، مستقل بودن، تصادفی بودن و برابر بودن واریانس بررسی شد. البته تمامی نمودارها رضایت‌بخش بود، بنابراین در اعتبار نتایج مشکلی وجود ندارد. نتایج این بررسی به صورت خلاصه شده در شکل ۸ آورده شده است. برای باقی مانده‌ها نیز آزمون نرمال بودن انجام و گزارش شد که در شکل ۹ قابل مشاهده می‌باشد. همان‌طور که مشخص است مقدار p-value بیشتر از ۰/۰۵ می باشد لذا فرض غیر نرمال بودن رد می‌گردد.



شکل ۱۲- اثرات متقابل مربوط به متغیر کشش با در نظر گرفتن عوامل مؤثر

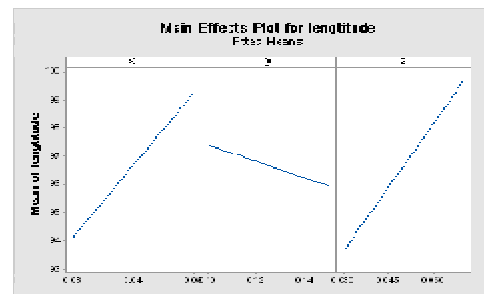


شکل ۱۳- اثرات متقابل مربوط به متغیر پاسخ کشش با در نظر گرفتن تمامی عوامل

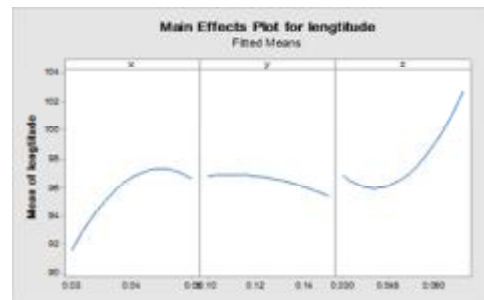
۴-۲-۲ بهینه‌سازی

در این بخش، بهینه‌سازی متغیر پاسخ کشش به ازای سه عامل مورد بررسی مدنظر قرار گرفته است. هدف بر این است تا متغیر پاسخ ماکزیمم گردد. بنابراین می‌بایست مقادیری برای سه عامل انتخاب گردد که مقدار متغیر پاسخ کشش به حداکثر برسد. همان‌طور که شکل ۱۴ نشان می‌دهد، بیشترین مقدار کشش برابر $104/7833$ میلی‌متر می‌باشد که این مقدار زمانی حاصل می‌گردد که گلوکز اکسیداز مقدار $0/03$ گرم در یک کیلوگرم آرد، گوار $0/1$ گرم در یک کیلوگرم آرد و اسیدآسکوربیک مقدار $0/07$ گرم در یک کیلوگرم آرد را اختیار کند. مقدار تابع مطلوبیت^۱ برابر یک می‌باشد و بیانگر این است که بهترین مقدار برای متغیر خروجی حاصل شده است.

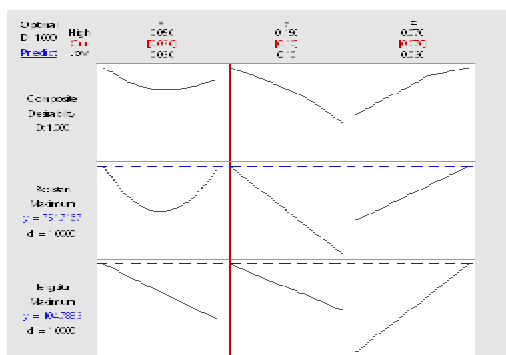
می‌کنند. با افزایش عامل X (گلوکز اکسیداز) مقدار کشش افزایش پیدا کرده است. عامل Y (صمغ گوار) تأثیر اندکی بر مقدار کشش داشته و با افزایش آن کشش کاهش پیدا کرده است. نمودار سوم نیز تأثیر متغیر Z (اسیدآسکوربیک) را نشان می‌دهد که این نمودار بر تأثیر زیاد این عامل بر متغیر کشش و رابطه مستقیم این عامل با متغیر پاسخ دلالت می‌کند. شکل ۱۲ اثرات متقابل عوامل مؤثر را نشان می‌دهد و شکل ۱۳ اثرات متقابل تمامی عوامل را نشان می‌دهد و هر دو شکل نتایج حاصل از جدول آنالیز واریانس را نیز تأیید می‌کنند. متقاطع بودن هر یک از نمودارهای مربوط به اثرات متقابل گلوکز اکسیداز - گوار و گلوکز اکسیداز - اسید آسکوربیک در هر دو شکل ۱۲ و ۱۳ بیانگر وجود اثر متقابل بین این عوامل و موازی بودن نمودارهای مربوط به اثر متقابل گوار - اسیدآسکوربیک در شکل ۱۳ بیانگر عدم وجود اثرات متقابل بین این دو عامل می‌باشد.



شکل ۱۰- اثرات اصلی مربوط به متغیر پاسخ کشش با در نظر گرفتن عوامل مؤثر



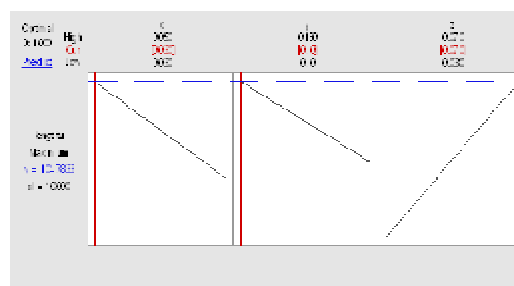
شکل ۱۱- اثرات اصلی مربوط به متغیر پاسخ کشش با در نظر تمام عوامل



شکل ۱۵- سطوح بهینه عوامل برای دو متغیر کشش و مقاومت به طور هم زمان

۵- نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، به منظور بهینه سازی دو مورد از خواص رئولوژیکی خمیر نان اعم از کشش و مقاومت از روش طراحی آزمایشات و تکنیک روش سطح پاسخ استفاده شد. بررسی کفایت مدل و آزمون نرمال بودن حاکی از برازش مناسب مدل های از مرتبه دوم با اثر متقابل دارد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که طراحی آزمایشات و روش سطح پاسخ در جهت تعیین عوامل مؤثر بر روی دو متغیر پاسخ کشش و مقاومت و بهینه سازی دو هدفه این دو عامل به خوبی عمل کرده است. در شرایط بهینه بیشترین مقدار مقاومت برابر ۷۵۱/۷۱۶۷ واحد EU و بیشترین مقدار کشش برابر ۱۰۴/۷۸۳۳ میلی متر می باشد و این دو مقدار به صورت هم زمان، هنگامی حاصل می شود که گلوکز اکسیداز مقدار ۰/۰۳ گرم در یک کیلوگرم آرد، گوار ۰/۱ گرم در یک کیلوگرم آرد و اسیدآسکوربیک مقدار ۰/۰۷ گرم در یک کیلوگرم آرد را اختیار کند. با مقایسه میزان کشش و مقاومت خمیر در زمان قبل و بعد از افزودن بهبوددهنده ها، نتیجه گیری شد که افزودن سه عامل گلوکز اکسیداز، صمغ گوار و اسیدآسکوربیک به آرد ضعیف باعث کاهش کشش و افزایش مقاومت خمیر شده است. بنابراین افزودن این سه بهبود دهنده به آرد مورد آزمایش (آرد سن زده)، می تواند در جهت بهینه سازی تولید آرد مورد نیاز برای عرضه در بازار فروش مؤثر واقع گردد.



شکل ۱۴- سطوح بهینه عوامل برای متغیر پاسخ کشش

۴-۳ بهینه سازی هم زمان دو متغیر پاسخ کشش و مقاومت

با توجه به این که بهترین کیفیت خمیر و نان هنگامی حاصل می شود که هر دو عامل کشش و مقاومت خمیر در شرایط بهینه باشند و هر دو فاکتور جز عوامل مهم در تعیین کیفیت خمیر و نان هستند، بهینه سازی هم زمان دو متغیر پاسخ مقاومت و کشش (بهینه سازی دو هدفه) به ازای سه عامل مورد بررسی در این بخش مدنظر قرار گرفته است. هدف این است که متغیر پاسخ مقاومت و کشش به طور هم زمان ماکزیمم گردند، بنا براین می بایست مقادیری برای سه عامل انتخاب گردد که مقدار مقاومت و کشش به طور هم زمان حداکثر گردد. همان طور که شکل ۱۵ نشان می دهد بیشترین مقداری که مقاومت و کشش به طور هم زمان می توانند اختیار کنند، زمانی حاصل می شود که گلوکز اکسیداز مقدار ۰/۰۳ گرم در یک کیلوگرم آرد، گوار ۰/۱ گرم در یک کیلوگرم آرد و اسیدآسکوربیک مقدار ۰/۰۷ گرم در یک کیلوگرم آرد را اختیار کند. در این حالت بیشترین مقدار مقاومت برابر ۷۵۱/۷۱۶۷ واحد EU و بیشترین مقدار کشش برابر ۱۰۴/۷۸۳۳ میلی متر است. بعلاوه مقدار تابع مطلوبیت برابر یک می باشد و بیانگر این است که بهترین مقدار برای هر دو متغیر خروجی مقاومت و کشش حاصل شده است.

۶- منابع

۱. اسماعیلی، پ. ازدست، ط. دنیوی، ع. حسن زاده، ر. ممقانی شیشوان، س. و لی، ر.، ۱۳۹۴. بررسی تجربی خواص مکانیکی نانو کامپوزیت‌های پلیمری تزریقی حاوی نانولوله‌های کربنی چند دیواره بر پایه طراحی آزمایشات. نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری کامپوزیت، جلد ۲، شماره ۳، ۷۴-۶۷.
 ۲. برداران کاظم‌زاده، ر. سلماس نیا، ع. و کوهستانی، ب. ۱۳۹۳. بهینه‌سازی مقاوم فرآیند تولید ماست تغلیظ شده ی تقلیدی بر پایه‌ی روش‌های موجود در طراحی آزمایشات و تصمیم‌گیری چند معیاره. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد ۱۱، شماره ۲، ۷۲-۵۵.
 ۳. پایان، ر. ۱۳۸۸. مقدمه‌ای به تکنولوژی فرآورده‌های غلات. ویرایش سوم، تهران. انتشارات آبیژ.
 ۴. توکلی، ح. ۱۳۹۰. آشنایی با انواع روش‌های استاندارد پخت نان، مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی دانشگاه امام حسین (ع).
 ۵. جلدانی، ش. ناصحی، ب. برزگر، ح. سپهوند، ن. ۱۳۹۶. بررسی اثر افزودن آرد کامل کینوا و صمغ زانتان بر خصوصیات شیمیایی و حسی نان بربری به روش سطح پاسخ. علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۴، شماره ۷۰، ۸۹-۷۹.
 ۶. سلیمانی، س. شریفی، ا. آرمین، م. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی دما و فرمولاسیون تولید پودر خرمالو به روش سطح پاسخ. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد ۸، شماره ۴، ۳۶-۲۷.
 ۷. شفیعی سلطانی، م. صالحی فر و م. هاشمی، م. ۱۳۹۳. تأثیر استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز با منشأ قارچی بر ویژگی‌های کیفی خمیر و نان تست. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد ۶، شماره ۲، ۵۵-۴۳.
 ۸. صالحی‌فر، م. شفیعی سلطانی، م. و هاشمی، م. ۱۳۹۳. بررسی اثرات استفاده از آنزیم‌های گلوکز اکسیداز و زایلاناز بر ویژگی‌های کیفی آرد نان تست به روش سطح پاسخ. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد ۱۱، شماره ۴۳، ۱۴۷-۱۳۵.
 ۹. عبادتی، ح. ر. شریفی، م. و نیاکوثری، م. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی فرآیند تولید پودر دوغ با خشک کردن کف پوشی به روش سطح پاسخ. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد ۸، شماره ۴، ۲۶-۱۵.
 ۱۰. قناد زاده گیلانی، ح. خیاطی، غ. میرنظامی، ز. و قربان پور، م. ۱۳۹۰. امکان‌سنجی و بهینه‌سازی شرایط تولید اتانول از آب پنیر با استفاده از روش سطح پاسخ. دومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز)، تهران.
 ۱۱. متینی، س. جلیلی، ف. ابراهیمی، ا. مشکانی، س. م. ۱۳۹۵. تأثیر استخراج آرد گندم و افزایش پودر آب پنیر و آرد چاودار بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل به روش سطح پاسخ. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد ۸، شماره ۲، ۴۳-۳۵.
 ۱۲. هراتی فرزقی، م. شریفی، ا. و استیری، س. ۱۳۹۶. بهینه‌سازی فرآیند تولید پاستیل فراسودمند از میوه زرشک بی دانه به روش سطح پاسخ. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد ۹، شماره ۱، ۱۰-۹.
 ۱۳. یلمه، م. حبیبی نجفی، م. فرهوش، ر. و حسینی، ف. ۱۳۹۵. کاربرد روش سطح پاسخ در بهینه‌سازی شرایط استخراج رنگ از دانه آناتو به کمک امواج فراصوت. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد ۱۳، شماره ۵۰، ۵۱-۴۱.
14. Campos, B. E. Ruivo, T. D. da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S. and Bergamasco, R. d. C. 2016. Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and

- structural analysis of polysaccharides from defatted peanut (*Arachis hypogaea*) cakes, *Carbohydrate Research*, 346: 305-310.
18. Shafisoltani, M. Salehifar, M. and Hashemi, M., 2014, Effects of enzymatic treatment using Response Surface Methodology on the quality of bread flour, *Food Chemistry*, 148: 176-183.
19. Tiezheng, M. Qiang, W. and Haiwen, W. 2010. Optimization of extraction conditions for improving solubility of peanut protein concentrates by response surface methodology, 43: 1450-1455.
- application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 874-883 .
15. Montgomery, D. C. 2008. Design and analysis of experiments. (John Wiley & Sons).
16. Myers, R. H. Montgomery, D. C. and Anderson-Cook, C. M. 2016. Response surface methodology process and product optimization using designed experiments. (John Wiley & Sons)
17. Rui, Y. Xiaosong, H. Yuanying, N. and Quanhong, Li. 2011. Optimization of extraction process by response surface methodology and preliminary

(Original Research Paper)

Optimization of Influential Factors (Glucose Oxidase, Ascorbic Acid and Guar Gum) on Rheological Properties of Wheat-Flour Dough Using Response Surface Methodology (RSM)

Shervin Asad Zadeh¹, Elnaz Nazari Far²

1- Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- MSc, Department of industrial Engineering, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Rreceived: 12/07/2017

Accepted:27/02/2018

Abstract

The aim of this research is to evaluate the effects of glucose oxidase, ascorbic acid and guar gum on some of the rheological properties of wheat flour, including resistance and extension. In order to determine the optimal values of the two response variables of the resistance and extension respectively and simultaneously (one-objective and multi-objective optimization), the response surface methodology (RSM) was used as one of the methods in design of experiments. The levels of each factor were considered to be two and thus the number of treatments was equal to eight. The appropriate design is the central composite design (CCD) with 18 tests considering the three factors with four replicates on central points. The analysis of the results and the regression models fit revealed that the application of response surface methodology leads to optimal determination of the effective factors and their corresponding values in bread production which can be considered as the main goal in flour industry.

Keywords: Guar gum, Glucose oxidase, Ascorbic Acid, Response Surface Methodoly, Weak Wheat

*Corresponding Author: Sh_asadzadeh@iau-thb.ac.ir

