

# بررسی اثر افزودن ایزوله پروتئینی نخود و اسید آسکوربیک بر خصوصیات رئولوژی خمیر آرد گندم به روش سطح پاسخ

سید محمد مشکانی<sup>۱\*</sup>، زهرا پورفلاح<sup>۱</sup>، حمید توکلی پور<sup>۱</sup>، سید حامد رضا بهشتی<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران.

۲- دکترای داروسازی، آزمایشگاه کنترل کیفی تستا، شهرک صنعتی توس، مشهد، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۸)

## چکیده

آرد گندم دارای پروتئین های متعددی است که مهمترین آن گلوتون می باشد و در هنگام تشکیل خمیر و تهیه نان این پروتئین اهمیت بسیاری پیدا می کند. لذا استفاده از ترکیبات مختلف جهت بهبود فعالیت این پروتئین همچنین غنی سازی آرد مورد توجه است. در این تحقیق تأثیر افزودن ایزوله پروتئین نخود در محدوده ۳ تا ۷ گرم و اسید آسکوربیک در محدوده ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ درصد بر مقاومت و کشش پذیری گلوتون با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزایش غلاظت پروتئین نخود و اسید آسکوربیک تأثیر معنی داری بر پارامترهای فارینوگرافی و بافت سنجی خمیر (کشش خمیر) داشت ( $p < 0.01$ ). نتایج بهینه سازی آزمون های رئولوژی خمیر نشان داد که برای ۳ گرم ایزوله پروتئین نخود و ۰/۱۵ درصد اسید آسکوربیک؛ میزان جذب آب ۵۷/۷ درصد، زمان توسعه خمیر ۲/۸ دقیقه، مقاومت ۶ دقیقه، درجه شل شدن ۵۸ واحد فارینوگراف، عدد کیفی فارینوگرافی ۹۱/۳، سفتی خمیر (مساحت زیر منحنی) ۲/۳ نیوتن بر میلیمتر، مقاومت ماکزیمم ۰/۰۲ نیوتن و کشش خمیر ۲۲/۹ میلیمتر بود. بنابراین از این پروتئین در تضعیف گلوتون آردهای قوی جهت تولید بیسکوئیت استفاده گردد.

**کلید واژگان:** اسید آسکوربیک، آرد گندم، ایزوله پروتئین نخود، بافت سنجی، فارینوگراف.

\* مسئول مکاتبات: s.m.meshkani@gmail.com

## ۱- مقدمه

به گونه‌ای است که ۶۴ درصد سطح زیر کشت حبوبات در ایران چیزی در حدود ۷۵۱۷۰۶ هکتار را به خود اختصاص داده است. نخود در بین سایر بقولات از نظر سطح زیر کشت دارای سومین رتبه در کشور می‌باشد که کشور ایران به لحاظ سطح زیر کشت این محصول، چهارمین رتبه را در دنیا به خود اختصاص داده است [۱۲].

در ادامه می‌توان به نتایج محمد و همکاران (۲۰۱۲) اشاره نمود آن‌ها با بررسی افزایش آرد نخود به آرد گندم به بررسی خصوصیات رئولوژی خمیر حاصل و فرآیند پخت آن پرداختند، به این منظور آرد نخود در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی به آرد گندم افزوده شد، آن‌ها نشان دادند که افزایش آرد نخود در فرمولاسیون آردگندم منجر به افزایش میزان جذب آب و زمان توسعه خمیر می‌شود و این در حالی است که مقاومت به گسترش و کشش کاهش می‌یابد [۱۳]. همچنین آن‌ها بیان کردند که در غلظت ۱۰ درصد سطح خمیر کاملاً نرمال اما در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد سطح خمیر کاملاً چسبنده خواهد بود. همچنین سایناس و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی روند تغییرات رئولوژی خمیر و خصوصیات ارگانولپتیک لازانیا حاصل در اثر افزودن آرد نخود با مقادیر ۵ تا ۲۰ درصد وزنی به آرد گندم واریته دورنم نشان دادند که خصوصیات ارگانولپتیک در غلظت پانین (۵ درصد) بهبود می‌یابد و استفاده از آرد نخود منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی در لازانیا می‌شود. هم چنین نشان دادند که در غلظت‌های بالای آرد نخود (۲۰ درصد) رنگ محصول قهوه‌ای و خصوصیات اکستنسوگرافی نیز کاهش محسوسی می‌یابد [۱۴].

استفاده از مواد مجاز که بتواند منجر به بهبود پیوندهای دی سولفیدی خمیر آرد گندم و در نتیجه بهبود محصول تولیدی شود حائز اهمیت می‌باشد به این جهت در مطالعه حاضر به بررسی اثر اسید آسکوربیک و ایزوله پروتئین نخود روی آرد خام بدون بهبود دهنده پرداخته شد. هدف از این بررسی یافتن مقدار بهینه هر ماده جهت بهبود شرایط آرد خام مصرفی بود 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 face centered انجام شد.

آرد گندم پر مصرف ترین و مهمترین نوع آرد در تهیه نان و سایر محصولات مشابه مانند بیسکوئیت‌ها و انواع کیک‌ها می‌باشد. آرد گندم ترکیبی پیچیده‌ای است و تشکیل شده از ۸۰ تا ۷۰ درصد نشاسته، ۸ تا ۱۸ درصد پروتئین، ۲ درصد چربی‌ها، آنزیم‌ها و مهار کننده‌های آنزیمی و مقادیر جزئی اجزای دیگر می‌باشد ولی به طور کلی یک نوع پروتئین خاص به نام گلوتن در آرد دارای اهمیت تکنولوژیکی بالایی است و آرد گندم را از سایر آرد غلات متمایز می‌کند به همین جهت به عنوان مهمترین و پرمصرف ترین نوع پروتئین در جهان بعد از پروتئین سویا شناخته شده است [۱].

مهترین پروتئین آرد گندم گلوتن که ترکیبی از گلوتنین و گلیادین می‌باشد. در این بین گلیادین در ویسکوزیته خمیر و گلوتنین در قوام خمیر نقش بسیار برجسته‌ای دارند [۲ و ۳]. به همین جهت استفاده از ترکیباتی که بتواند ساختار و نحوه عمل این دو پروتئین را بهبود بخشد همواره مورد توجه محققین بوده است، یکی از علمی که می‌تواند پیش‌بینی مناسبی از افزودن ترکیبات مختلف را به آرد گندم ارائه نماید علم رئولوژی است. رئولوژی علمی است که به شکل پذیری و جریان مواد می‌پردازد [۴]. یکی از ویژگی‌های اصلی در رئولوژی خمیر الاستیسیته است [۵]. گلوتن با شبکه سه بعدی که توسط اتصالات داخلی پایدار شده است می‌تواند الاستیسیته را توجیه کند [۶]. الاستیسیته بر روی ظرفیت نگهداری گاز در خمیر موثر بوده و تعیین کننده کیفیت خمیر می‌باشد [۷].

محصولات کشاورزی تیره بقولات شامل نخود، عدس، لوبیا و نخود فرنگی جزئی از مهمترین منابع پروتئین، نشاسته و الیاف رژیمی در میان غذاها می‌باشند [۸]. به طوری که این مجموعه از محصولات کشاورزی حاوی ۱۸/۵٪ تا ۳۰ درصد پروتئین، ۳۵ تا ۵۲ درصد نشاسته و ۱۴/۶ تا ۲۶/۳ درصد فیبرهای رژیمی در ماده خشک خود می‌باشند [۹ و ۱۰]. نخود وابسته به خانواده حبوبات بوده و دارای ارزش باستانی است. این گیاه به خوبی در شرایط مختلف آب و هوایی رشد می‌کند و پس از لوبیا و نخود فرنگی مهمترین حبوبات است که در فصل سرما هم می‌تواند رشد کند. این گیاه در شبه قاره هند، شمال افریقا، خاور میانه، جنوب اروپا و استرالیا کشت می‌شود [۱۱]. در ایران نیز سال هاست که کشت نخود از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. همچنین اهمیت آن

## ۲-۲-۲- آزمون فارینوگرافی

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 که در حدود ۵۰ درصد بود. در ادامه مراحل انجام آزمون پودر ایزوله پروتئین نخود و اسید آسکوربیک به ترتیب در مقدار ۳، ۵ و ۷ گرم و ۰/۰۵، ۰/۱۰ و ۰/۱۵ درصد و در فرمولاسیون های مختلف آرد توسط دستگاه فارینوگراف مورد ارزیابی قرار گرفت. اطلاعاتی که از دستگاه فارینوگرافی حاصل گردید شامل تغییرات درصد جذب آب (%)، زمان توسعه خمیر (دقیقه)، مقاومت خمیر (دقیقه)، میزان شل شدن خمیر در اثر نیروی همزن (واحد فارینوگراف) و عدد کیفی فارینوگرافی بود. لازم به ذکر است که درصد های مواد خالص به صورت وزنی / وزنی و بر اساس وزن آرد مصرفی پیشنهاد شده توسط نرم افزار فارینوگراف افزوده شد. این آزمون در سه تکرار انجام شد [۱۵].

## ۲-۲-۳- آزمون کشش خمیر

به جهت انجام آزمون کشش خمیر از روش دوبرازیک و سالمانویز (۲۰۰۸) و مشکانی و همکاران (۲۰۱۲)، استفاده گردید، بر این اساس ۱۰ گرم آرد در ظرف تمیزی ریخته و برای تیمارهای مختلف ایزوله پروتئین نخود و اسید آسکوربیک افزوده شد، سپس دقیقاً ۰/۲ گرم نمک سدیم کلراید به همراه میزان ۶۰ درصد آب به طور ثابت برای تمامی تیمارها استفاده گردید. سپس توسط میله شیشه ای به مدت ۳ دقیقه همزده شد تا خمیر یک دست و یک نواختی بدست آمد. سپس نمونه های خمیر توسط قالب مخصوص پروب کیفر تحت پرس و فرم گیری قرار گرفت و تحت همین شرایط برای مدت ۱۰ دقیقه به گرمخانه با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد منتقل شد. پس از این مدت خمیرهای قالب زده شده به فرم میله ای توسط دستگاه بافت سنج و بوسیله پروب کیفر مورد ارزیابی قرار گرفتند. پارامترهایی که توسط این روش مورد بررسی قرار گرفتند میزان سنتی خمیر (نیوتن بر میلی متر)، ماکریسم مقاومت (نیوتن) و حداکثر کشش خمیر (میلی متر) بود. این آزمون در ۱۰ تکرار انجام شد و میانگین ها گزارش شدند [۱۶].

## ۲- مواد و روش ها

### ۱-۲- مواد

آرد گندم رقم سرداری با درجه استخراج ۸۵ درصد خام بدون بهبود دهنده Acee Ard (Iran Mashhad)، نخود واریته فیلیپ با میزان پروتئین حدود ۲۴ درصد جهت تهیه ایزوله پروتئینی، و سایر مواد شیمیایی: اسید آسکوربیک، هگزان، سدیم کلریدریک و سدیم هیدروکسید (Germany Darmstadt Merck).

### ۱-۱- تجهیزات

فارینوگراف (Germany Brabender Duisburg)، بافت سنج (UK TAXT Plus)، پروب و ملحقات Osterode Sigma (UK Surrey Kieffer)، همزن مغناطیسی گرم کن دار (Germany am Harz Heidolph)، خشک کن انجامدی (UK Staffordshire Jenway)، pH متر (Germany Schwabach Osterode am Martin Christ)، ترازوی ۰/۰۰۰۱ (Germany Balingen KERN)، ترازوی Harz (Germany).

## ۲-۲- روش ها

### ۱-۲-۲- تهیه ایزوله پروتئین نخود

ایزوله پروتئینی نخود از آرد بدون چربی (چربی گیری شده با هگزان نرمال) با استفاده از روش مشکانی و همکاران (۲۰۱۲)، از طریق استخراج قلیایی و ترسیب اسیدی تهیه شد. آرد به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر مخلوط و به کمک محلول سود یک نرمال به  $pH=9/5$  رسانده و این سوسپانسیون به مدت ۳۰ دقیقه توسط همزن مخلوط گردید. سپس مخلوط حاصل توسط سانتریفوژ با ۷۰۰۰ دور بر دقیقه برای مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف رویی جداسازی گردید و با اسید کلریدریک ۱/۰ نرمال به  $pH=4/5$  که نقطه ایزوکلریک پروتئین نخود می باشد رسانده شد. سوسپانسیون حاصل دوباره برای جداسازی نخود می باشد رسانده شد. سوسپانسیون حاصل با  $pH=4/5$  محلول رویی دور به سانتریفوژ با ۷۰۰۰ دور بر دقیقه منتقل و سپس محلول رویی دور ریخته شد و رسوبات پروتئینی حاصل با استفاده از آب مقطر شستشو گردید تا  $pH$  آن به محدوده ختی برسد. ایزوله مرتبط نخود بوسیله خشک کن انجامدی خشک و در ظروف درب دار در فریزر -۱۸ درجه سانتی گراد نگهداری شد [۱۲].

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

#### ۱-۳- نتایج تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق از روش سطح پاسخ با پنج نقطه مرکزی و به صورت face centered استفاده شد. در این روش تغییرات (Y) پاسخ‌ها روی هر آزمون و اثرات آن‌ها در معادلات خطی، درجه دوم و اثر متقابل روی غلظت ایزوله پروتئین نخود ( $X_1$ ) و درصد اسید آسکوربیک ( $X_2$ ) بررسی شد. نتایج ارزیابی ضرایب رگرسیون مدل‌ها برای پاسخ متغیرها بوسیله ضریب تعیین ( $R^2$ )، adj- $R^2$  و ضریب تغییرات (CV) در جدول ۲، آورده شده است. آنالیز رگرسیون چندگانه خطی بر داده‌های تجربی به کمک معادلات درجه دوم بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر آرد گندم شامل آزمون فارینوگرافی: جذب آب (٪)، زمان توسعه خمیر (دقیقه)، مقاومت خمیر (دقیقه)، زمان شل شدن خمیر (دقیقه)، عدد کیفی فارینوگرافی (FQN) و آزمون کشش خمیر: سفتی خمیر (نیوتن/میلی متر)، مقاومت ماکزیمم (نیوتن)، قابلیت کشش (میلی متر) انجام شد.

#### ۲-۳- نتایج آزمون فارینوگرافی

همان طور که در جدول ۳ و ۴، مشاهده می‌شود، عبارت‌های مدل که برای آزمون فارینوگراف معنی دار شد، اثرات خطی و درجه دوم و متقابل ایزوله پروتئین نخود و اسید آسکوربیک بود ( $p < 0.01$ ). هم چنین فاکتورهایی که کفايت مدل را نشان داد، نتایج مدل سازی آرد گندم ۸۵٪ بر اساس این آزمون در جدول ۲، قابل مشاهده است.

#### ۲-۴- آنالیز آماری

بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورهای غلظت ایزوله پروتئین نخود و درصد اسید آسکوربیک بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر آرد گندم هدف اصلی این پژوهش بود. در این طرح با توجه به جدول ۱، غلظت ایزوله پروتئین نخود با نماد ریاضی  $X_1$ ، درصد اسید آسکوربیک با نماد  $X_2$ ؛ به عنوان دو فاکتور موثر و تغییرات درصد جذب آب (٪)، زمان توسعه خمیر (دقیقه)، مقاومت خمیر (دقیقه)، میزان شل شدن خمیر در اثر نیروی همزن (واحد فارینوگراف)، عدد کیفی فارینوگرافی، میزان سفتی خمیر (نیوتن بر میلی متر)، ماکزیمم مقاومت (نیوتن) و حداکثر کشش خمیر (میلی متر) متغیرهای وابسته بودند. در روش سطح پاسخ<sup>۱</sup> برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر، جداگانه بیان می‌نماید. که در فرمول ۱، قابل مشاهده می‌باشد.

فرمول (۱)

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j$$

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،  $x_i$ ،  $x_j$  متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند.

جدول ۱ نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن‌ها

متغیرهای مستقل	نماد			کد و سطح مربوطه
	+۱	۰	-۱	
ایزوله پروتئین نخود (g)	۷	۵	۳	$X_1$
اسید آسکوربیک (%)	۰/۱۵	۰/۱	۰/۰۵	$X_2$

1. Response Surface Methodology(RSM)

جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس و مدل سازی آرد خام ۸۵٪ حاوی ایزوله پروتئین نخود و اسید آسکوربیک در آزمون های فارینوگراف و کشش خمیر

آزمون	مدل	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -Adj	R <sup>2</sup> -Pre	CV
جذب آب (درصد)	$Y = 57/0.2 + 0.17X_1 + 0.26X_2$	۰/۹۷۶۳	۰/۹۶۸۴	۰/۹۵۱۴	۰/۰۴۸
زمان توسعه خمیر (دقیقه)	$Y = 2/43 - 0.12X_1 + 0.01X_2$	۰/۹۵۸۴	۰/۹۴۴۶	۰/۹۲۶۹	۳/۲۵
فاريينوگراف مقاومت خمیر (دقیقه)	$Y = 6/0.7 - 0.11X_1 + 0.20X_2 + 0.30X_3 - 0.33X_1X_2$	۰/۹۹۳۴	۰/۹۹۱۳	۰/۹۸۶۰	۰/۱۷
درجه شل شدن خمیر (فارينوگراف)	$Y = 61/37 + 0.073X_1 - 0.070X_2$	۰/۹۶۰۲	۰/۹۴۶۹	۰/۹۲۶۹	۰/۰۹
عدد کیفی فارینوگرافی	$Y = 92/63 - 4/16X_1 + 25/34X_2 + 272/73X_3 - 10/83X_1X_2$	۰/۹۹۲۱	۰/۹۸۹۵	۰/۹۸۳۴	۰/۰۸۶
سفتی (نیوتون بر میلی متر)	$Y = 2/97 + 0.07X_1 + 1/49X_2$	۰/۹۵۴۴	۰/۹۳۹۲	۰/۹۰۲۰	۱/۲۴
کشش خمیر مقاومت ماکریم (نیوتون)	$Y = 0/0.2 - 6/90X_1 + 0/0.6X_2 - 9 \times 10^{-3}X_1X_2$	۰/۹۷۴۸	۰/۹۶۶۴	۰/۹۴۷۰	۱/۶۶
قابلیت کشش (میلیمتر)	$Y = 22/0.6 + 0.033X_1 - 1/24X_2$	۰/۹۱۰۲	۰/۸۸۰۳	۰/۸۱۱۱	۰/۱۶

کیفی فارینوگرافی نیز کاهش می یابد [۱۳]. همچنین دودک و همکاران (۱۹۹۶)؛ نشان دادند که با افزایش درصد افزودن آرد نخود تا میزان ۲۰ درصد به آرد گندم به میزان ۲ درصد جذب آب افزایش می دهد [۱۷]. در مطالعه دیگر روسیا و همکاران (۲۰۰۹)؛ با افزودن ایزوله پروتئین سویا به آرد گندم نشان دادند که شبکه گلوتنی خمیر ضعیف می شود، آن ها مشاهده نمودند که با جایگزین نمودن پروتئین سویا با گلوتن، خمیر حاصل خصوصیات تکنولوژیکی خود را از دست می دهد [۱۸]. ریبوتا و همکاران (۲۰۰۵)؛ با برسی فرآورده های لوپیای سویا از جمله ایزوله پروتئین سویا روی خصوصیات رئولوژی آرد نشان دادند که با افزایش غلظت آن در آرد، شبکه گلوتن ضعیف شده و مقاومت کمتری در مقابل نیروی همزن خواهد داشت و همچنین منجر به حفظ گاز کمتر در نان تولیدی شده که در نهایت نان با حجم کم و شکننده تولید خواهد گردید [۱۹]. همچنین سابیناس و همکاران (۲۰۰۶)، با برسی اثر جایگزینی آرد نخود با آرد دوروم از غلظت صفر تا ۵۰ درصد نشان دادند که با افزایش مقدار آرد نخود تا ۲۰ درصد پارامترهای فارینوگرافی مانند مقاومت و عدد کیفی فارینوگرافی افزایش داشته اما پس ادامه افزایش آرد نخود تا غلظت ۵۰ درصد، این پارامترها کاهش پیدا کردند اما روند جذب آب با افزایش درصد آرد نخود صعودی بود [۱۴].

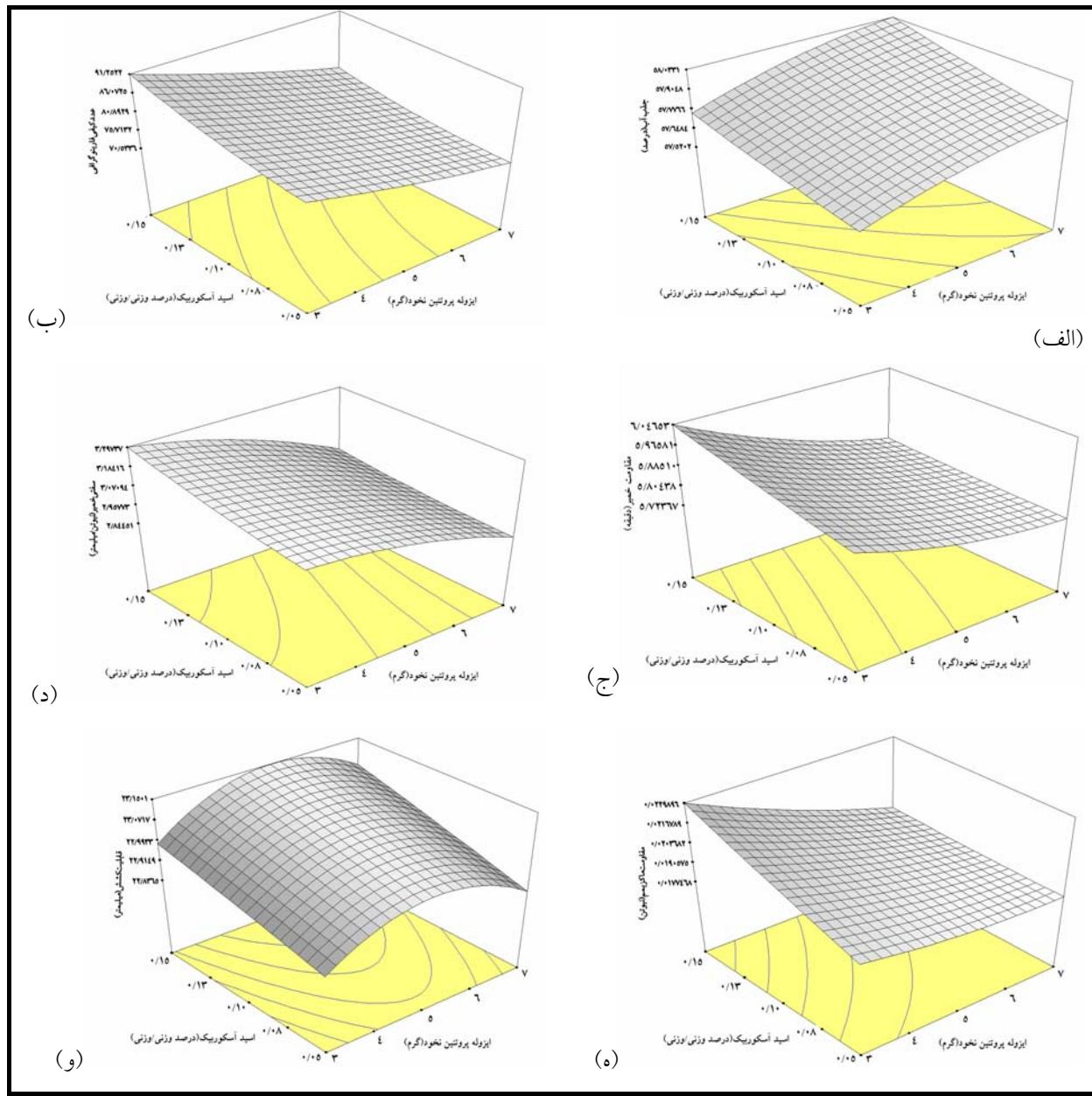
آرد مورد استفاده در این تحقیق از کیفیت رئولوژیکی پایینی برخوردار بود و در این بین استفاده از مواد خالص جهت بهبود شرایط آن مورد توجه بود. طبق نتایج به دست آمده روی درصد جذب آب و با توجه به شکل ۱-الف، مشخص شد که با افزایش میزان ایزوله پروتئین نخود درصد جذب آب افزایش یافت همچنین با افزایش درصد آسکوربیک اسید جذب آب افزایش داشت که احتمالاً با بهبود کمپلکس بین گلوتن و نشاسته منجر به حفظ بیشتر آب شده و پروتئین نخود نیز به دلیل آب دوست بودن منجر به افزایش جذب آب گردید [۱۳ و ۱۷]. با توجه به شکل ۱-ب و ۱-ج، مشخص شد که میزان پارامترهای فارینوگرافی تحت تاثیر درصد ایزوله پروتئین نخود و آسکوربیک اسید قرار داشت. بر این اساس اسید آسکوربیک با اثر بر پیوند های دی سولفیدی شبکه گلوتنی و با تقویت پیوند های 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 نخود منجر به سست شدن این پیوندها شد. در سایر تحقیقات انجام شده، محمد و همکاران (۲۰۱۲)؛ اثر افزودن آرد نخود به آرد گندم و تاثیر آن بر خصوصیات رئولوژی خمیر نشان دادند که با افزایش میزان درصد آرد نخود از ۱۰ تا ۳۰ درصد به آرد میزان جذب آب افزایش، میزان مقاومت کاهش و عدد

جدول ۳ آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم برای آزمون های فارینوگراف و کشش خمیر

میزان شل شدن خمیر(واحد فارینوگراف)		مقاومت خمیر(دقیقه)		زمان توسعه خمیر(دقیقه)		جذب آب (%)		درجه آزادی	منبع	
احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات			
<0.0001	110/65	<0.0001	0/23	<0.0001	2/08	<0.0001	0/47	5	مدل خطی	
<0.0001	77/79	<0.0001	0/19	<0.0001	1/20	<0.0001	0/26	1	X <sub>1</sub>	
<0.0001	31/50	<0.0001	0/030	<0.0001	0/83	<0.0001	0/20	1	X <sub>2</sub>	
درجه دوم										
0/8861 <sub>ns</sub>	6/49×10 <sup>-3</sup>	<0.0001	3/46×10 <sup>-3</sup>	0/6106 <sub>ns</sub>	1/62×10 <sup>-3</sup>	0/0132 <sub>ns</sub>	5/98×10 <sup>-3</sup>	1	X <sub>11</sub>	
0/8861 <sub>ns</sub>	6/49×10 <sup>-3</sup>	0/5863 <sub>ns</sub>	3/18×10 <sup>-3</sup>	0/1168 <sub>ns</sub>	0/017	0/4757 <sub>ns</sub>	4/06×10 <sup>-3</sup>	1	X <sub>22</sub>	
اثر متقابل										
0/0543 <sub>ns</sub>	1/33	<0.0001	0/013	0/1569 <sub>ns</sub>	0/013	0/5388 <sub>ns</sub>	3/00×10 <sup>-4</sup>	1	X <sub>12</sub>	
باقیمانده										
0/6340 <sub>ns</sub>	4/59	0/09	0/0607 <sub>ns</sub>	6/898×10 <sup>-4</sup>	0/6402 <sub>ns</sub>	0/011	0/5990 <sub>ns</sub>	1/59×10 <sup>-3</sup>	3	عدم برازش
خطای خالص										
4/00	115/24		0/24		2/17		0/48	20	کل	

جدول ۴ آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم برای آزمون های فارینوگراف و کشش خمیر

کشش خمیر(نیوتن بر میلی متر)		سفتی خمیر(نیوتن بر میلی متر)		عدد کیفیت فارینوگرافی		درجه آزادی		منبع	
P	احتمال P	P	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P		
<0.0001	0/20	<0.0001	5/99×10 <sup>-5</sup>	<0.0001	0/45	<0.0001	878/28	5	مدل خطی
0/0664 <sub>ns</sub>	5/05×10 <sup>-3</sup>	<0.0001	3/33×10 <sup>-5</sup>	<0.0001	0/38	<0.0001	700/07	1	X <sub>1</sub>
<0.0001	0/10	<0.0001	1/63×10 <sup>-5</sup>	<0.0001	0/054	<0.0001	151/14	1	X <sub>2</sub>
درجه دوم									
<0.0001	0/057	0/0914 <sub>ns</sub>	3/37×10 <sup>-7</sup>	0/0309 <sub>ns</sub>	8/10×10 <sup>-7</sup>	0/0962 <sub>ns</sub>	1/46	1	X <sub>11</sub>
0/8807 <sub>ns</sub>	3/00×10 <sup>-5</sup>	0/6762 <sub>ns</sub>	1/88×10 <sup>-8</sup>	0/0196 <sub>ns</sub>	6/24×10 <sup>-7</sup>	0/0077	4/39	1	X <sub>22</sub>
اثر متقابل									
0/2376 <sub>ns</sub>	1/90×10 <sup>-3</sup>	<0.0001	9/72×10 <sup>-6</sup>	0/0238 <sub>ns</sub>	9/08×10 <sup>-7</sup>	<0.0001	14/08	1	X <sub>12</sub>
باقیمانده									
0/019			1/050×10 <sup>-6</sup>		0/022		6/96	15	
0/0646 <sub>ns</sub>	2/92×10 <sup>-3</sup>	0/0751 <sub>ns</sub>	6/60×10 <sup>-7</sup>	0/3277 <sub>ns</sub>	5/20×10 <sup>-7</sup>	0/2014 <sub>ns</sub>	2/16	3	عدم برازش
خطای خالص									
0/016			8/92×10 <sup>-7</sup>		0/016		2/80	12	
0/22			6/16×10 <sup>-5</sup>		0/47		885/24	20	کل



شکل ۱ نمایش نمودار سه بعدی، اثر هم‌مان متغیرهای مستقل غلظت ایزوله پروتئین نخود و درصد اسید آسکوربیک بر روی خصوصیات فارینوگرافی (جذب آب (الف)، مقاومت خمیر (ب) و عدد کیفی فارینوگرافی (ج) و سفتی خمیر (د)، مقاومت ماکریم (ه) و قابلیت کشش (و)).

با توجه به اشکال ۱-د و ۱-ه، مشاهده شد که تغییرات درصد ایزوله پروتئین نخود و درصد اسید آسکوربیک در خصوصیات کشش خمیر تاثیر معنی داری داشت. همانطور که قبلاً اشاره شد اسید آسکوربیک 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 بهبود کیفیت بافت خمیر گردید اما حضور پروتئین آبدوست نخود منجر به سست شدن این پیوندها شد. همچنین با توجه به شکل ۱-و، مشاهده شد با افزایش درصد اسید آسکوربیک

### ۳-۳- نتایج آزمون کشش خمیر

همانطور که در جدول ۲-۳، مشاهده می شود، عبارت های خطی، درجه دوم و متقابل ایزوله پروتئین نخود و اسید آسکوربیک، برای آزمون کشش خمیر شامل میزان سفتی خمیر، ماکریم مقاومت و حداقل کشش خمیر معنی دار شد ( $p < 0.01$ ). همچنین فاکتورهایی که برآزش مناسب مدل را نشان داد و نتایج مدل سازی آرد گندم بر اساس این آزمون در جدول ۲، قابل مشاهده است.

تحقیقی مشابه بر روی اثر افزودن آرد نخود به آرد گندم، خصوصیات کششی خمیر را توسط دستگاه اکستنسوگراف اندازه گیری کردند و مشاهده نمودند که با افزایش درصد آرد نخود از صفر تا ۵۰ درصد، میزان کشش از ۱۱۵-۱۰۵ میلی متر به ۵۶-۴۴ میلی متر کاهش پیدا می کند [۱۴].

### ۴-۳- بهینه سازی فرمولاسیون آرد

نتایج بهینه سازی فرمولاسیون آرد با درجه استخراج ۸۵٪ حاوی اسید آسکوربیک و ایزوله پروتئین نخود توسط نرم افزار Design Expert 6.0.2 محاسبه گردید که در جدول ۴، قابل مشاهده است. بر این اساس فرمول بهینه به جهت داشتن جذب آب در محدوده ۵۷/۷ درصد، زمان توسعه خمیر ۲/۸ دقیقه، مقاومت ۶ دقیقه، درجه شل شدن ۵۸ و اند فارینوگرافی، عدد کثیفی فارینوگرافی ۹۱/۳، سفتی خمیر (مساحت زیر منحنی) ۳/۳ نیوتون بر میلیمتر، مقاومت ماکریم ۰/۰۲ نیوتون و کشش خمیر ۲۲/۹ میلیمتر، حاوی ۳ گرم ایزوله پروتئین نخود و ۰/۱۵ درصد اسید آسکوربیک با درجه تمایل ۰/۸ بود.

قابلیت کشش خمیر افزایش داشت اما با افزایش درصد ایزوله پروتئین نخود تا غلظت ۵ گرم قابلیت کشش خمیر افزایش داشت اما پس از آن کاهش پیدا کرد ضمن این که خمیر حاوی ایزوله پروتئین نخود در غلظت های بالا رنگ تیره تر و چسبناک تر نسبت به خمیر شاهد داشت. روسیا و همکاران (۲۰۰۹): با بررسی اثر ایزوله پروتئین سویا بر خصوصیات کششی خمیر و گلوتون نشان دادند که با افزایش درصد ایزوله پروتئین سویا سفتی خمیر (مساحت زیر منحنی) کاهش یافت همچنین مشاهده نمودند که با افزایش غلظت پروتئین از میزان کشش خمیر نیز کاسته شده اما مقاومت ماکریم به طور کلی روند افزایش دارد [۱۸]. از سایر نتایج روی سفتی و کشش خمیر می توان به نتایج کیم و کورنیلون (۲۰۰۱): و هم چنین مانوهار و هاریداس (۱۹۹۷): اشاره کرد آن ها بیان کردند که سیالیت خمیر بدلیل افزایش برخوردهای بین مولکول های آب و سایر ماکرومولکول ها در طی مرحله مخلوط کردن خمیر کاهش می یابد. آن ها نشان دادند که کاهش سفتی خمیر با افزایش زمان مخلوط کردن در سرعت پایین بدلیل کاهش استحکام شبکه گلوتون است [۲۰ و ۲۱]. همچنین سایناس و همکاران (۲۰۰۶): در

جدول ۴ بهینه سازی نهایی فرمولاسیون آرد خام ۸۵٪ حاوی ایزوله پروتئین نخود و اسید آسکوربیک

ایزوله پروتئین نخود (گرم)	اسید آسکوربیک (%)	زمان توسعه آب (%)	مقادیر (دقیقه)	درجه شل شدن (واحد فارینوگرافی)	عدد کثیفی فارینوگرافی	سفتی (نیوتون بر میلی متر)	مقاومت ماکریم (نیوتون)	کشش خمیر (میلی متر)	درجه تمایل
۳/۰۰	۰/۱۵	۵۷/۷۵	۲/۸۶	۶/۰۵	۵۸/۰۳	۹۱/۲۵	۳/۳۰	۰/۰۲۳	۲۲/۹۸

### ۵- سپاسگزاری

در پایان از مدیریت محترم آزمایشگاه کترول کیفیت مواد غذایی تست، جناب آقای دکتر سید حامد رضا بهشتی و پرسنل محترم آزمایشگاه تست که نهایت همکاری را با نویسندهای این اثر داشتند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### ۶- منابع

- [1] Meshkani, S. M., Pourfallah, Z., Mohammadi, M. and Nahardani, M. 2012. The effect of ascorbic acid and DATEM on bread dough rheological properties by response surface methodology. The second national seminar on food security. Islamic Azad University of Savadkooh. Code: 2726. [in Persian].
- [2] MacRitchie, F., 1980. Studies of Gluten protein from wheat flours. Cereal foods word 25. pp. 382-385.

### ۴- نتیجه گیری

آنالیز سطح پاسخ به صورت طرح مرکب با پنج نقطه مرکزی در بهینه سازی فرمولاسیون آرد گندم حاوی اسید آسکوربیک و ایزوله پروتئین نخود و با کمک آزمون های رئولوژی شامل فارینوگراف و بافت سنج انجام شد. نتایج به طور معنی داری تاثیر این دو ماده را بر ساختار خمیر نان نشان داد به طوری که با افزایش درصد پروتئین گندم میزان جذب آب آرد گندم افزایش اما سایر پارامترهای فارینوگرافی آن کاهش داشت، در حالی که اسید آسکوربیک این پارامتر ها را بهبود بخشید و به طور کلی اثر اسید آسکوربیک بر روی آرد ضعیف مطلوب تر از ایزوله پروتئین نخود بود. بنابراین از این پروتئین می توان در تضعیف شبکه گلوتنی قوی آرد های سخت جهت تبدیل مصرف و غنی سازی آن، در تولید بیسکوئیت و کراکر استفاده نمود.

- with using from chickpea protein isolated (*Cicer arietinum L.*). JFST .36; 109-117. [in Persian].
- [13] Mohammed, I., Ahmed, A. R., Senge, B. 2012. Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. Industrial Crops and Products. 36 ;196– 202.
- [14] Sabanis, D., Makri, E., and Doxastakis, G.. 2006. Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagna. *J Sci Food Agric* 86:1938–1944.
- [15] 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.
- [16] Dobraszczyk, B, J, and Salmanowicz, B, P..2008. Comparison of predictions of baking volume using large deformation rheological properties. *Journal of Cereal Science* 47; 292–301.
- [17] Dodok, L., Modhir, A. A., Hozova, B., Halasova, G., Polacek, I.. 1993. Importance and utilization of chickpea in cereal technology. *Acta Alimentaria* 22, 119–129.
- [18] Roccia, P., Ribotta, P. D., P rez, G. T., León, A. E., 2009. Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. *LWT Food Sci. Technol.* 42, 358–362.
- [19] Ribotta, P. D, Arnulphi, S. A., León, A. E., Anôn, M. C., 2005. Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. *J. Sci. Food Agric.* 85, 1889–1896.
- [20] Kim, Y. R and Cornillon, P. 2001. Effects of Temperature and Mixing Time on Molecular Mobility in Wheat Dough. *Journal of Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 34: 417-423.
- [21] Manohar, R. S and Haridas, P. R. 1997. Effect of Mixing Period and Additives on the Rheological Characteristics of Dough and Quality of Biscuits. *Journal of Cereal Science*, 25: 197–206.
- [3] Schofield, J.D., 1994. Wheat production, Properties and Quality (1 sted.) Blackie Academic and professional, Glawgow, UK, pp.73-99.
- [4] Mejimar, J.A., 1990; Fundamental aspects of dough rheology. Pp: 1-15 in dough rheology and baked product texture. Hamed faridi, J. Faubion. New York.
- [5] Matz, S.A., 1951; The chemistery and technology of cereals as food and feed. The AVI publishing company INC, pp: 35-50.
- [6] Etiason, A. C., 1990; Rheological properties of cereal proteins. pp: 67-100 in dough rheology and baked product texture. Hamed Faridi., M. Faubion. New York.
- [7] Main, K., 1992; Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. *Cereal chem.* 62(2): 222-225.
- [8] Perez-Hidalgo, M.A., Guerra-Hernandez, E., Garcia-Villanova, B., 1997. Dietary fiber in three raw legumes and processing effect on chick peas by an enzymatic–gravimetric method. *J. Food Compos. Anal.* 10, 66–72.
- [9] Wang, N., Hatcher, D.W., Toews, R., Gawalko, E.J., 2009. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culi-naris*). *LWT Food Sci. Technol.* 42, 842–848.
- [10] de Almeida Costa, G.E., da Silva Queiroz-Monici, K., Machado Reis, S.M.P., Costa de Oliveira, A., 2006. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chem.* 94, 327–330.
- [11] FAO, 2001. Bulletin of Statistics. Food and Agriculture Organisation.
- [12] Meshkani, S. M., Mortazavi, S. A., Milani, E., Bakhshimoghadam, F. 2012. Effect of physical properties and optimized formulation of edible film

## The effect of adding chickpea protein isolate and ascorbic acid on wheat dough rheological properties by response surface methodology

**Meshkani, S. M. <sup>1\*</sup>, Pourfallah, Z. <sup>1</sup>, Tavakolipour, H. <sup>1</sup>, Beheshti. S. H. R. <sup>2</sup>**

1. Department of Food Science & Technology , Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
2. Testa Quality Control Laboratory, North-East Food Industrial Technology and Biotechnology Park, Mashhad, Iran

(Received: 91/3/23 Accepted: 91/10/8)

Wheat flour has many proteins in which gluten is an important protein in it and this protein has important role in dough formation and bread making. Thus, Uses of different materials must be considered to improve gluten quality as well as wheat flour enrichment. In this study the effects of adding chickpea protein isolate in range of 3 to 7 g and ascorbic acid in range of 0.05 to 0.15 % in wheat flour formulation on gluten stability and extensibility were investigated by response surface methodology. Therefore, The results showed that increasing of chickpea protein and ascorbic acid concentration had significant effect ( $p<0.01$ ) on farinograph parameters texture analyzes (dough extensibility) . The results of optimization in the case of 3 gr of chick pea protein isolate and 0.15% of ascorbic acid were as follows; water absorption 57.7%, dough development time 2.8 minute, dough stability 6 minute, mixing tolerance index 58 FU, farinograph quality number 91.3, toughness (area under curve) 3.3 N/mm, maximum resistance 0.02 N and dough extensibility 22.9 mm. Therefore, chickpea protein weakens strong flours gluten and it can be uses for making biscuit .

**Keywords:** Ascorbic acid, Chickpea protein isolated, Farinograph, Texture analyzer, Wheat flour.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: s.m.meshkani@gmail.com