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

سید محمد مشکانی[1*]، زهرا پورفلاح[1]، حمید توکلی پور[1]، سید حامد رضا بهشتی[2]

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 گلوتن 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 محدوده۳ تا ۷ گرم و اسید آسکوربیک در محدوده ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ درصد بر مقاومت و کشش پذیری گلوتن با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزایش غلظت پروتئین نخود و اسید آسکوربیک تاثیر 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 فارینوگرافی۹۱/۳، سفتی خمیر(مساحت زیر منحنی) ۳/۳ نیوتن بر میلیمتر، مقاومت ماکزیمم ۰/۰۲ نیوتن و کشش خمیر ۲۲/۹ میلیمتر بود. بنابراین از این پروتئین در تضعیف گلوتن 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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

۱- مقدمه

آرد گندم پر مصرف ترین و مهمترین نوع آرد در تهیه نان و سایر محصولات مشابه مانند بیسکوئیت ها و انواع کیک ها می باشد. آرد گندم ترکیبی پیچیده ای است و تشکیل شده از ۷۰ تا ۸۰ درصد نشاسته، ۸ تا ۱۸ درصد پروتئین، ۲ درصد چربی ها، ۲ درصد پنتوزان ها، آنزیم ها و مهار کننده های آنزیمی و مقادیر جزئی اجزای دیگر می باشد 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 می کند به همین جهت به عنوان مهمترین و پرمصرف ترین نوع پروتئین در جهان بعد از پروتئین سویا شناخته شده است [۱].

مهمترین پروتئین آرد گندم گلوتن که ترکیبی از گلوتنین و گلیادین می باشد. در این بین گلیادین در ویسکوزیته خمیر و گلوتنین در قوام خمیر نقش بسیار برجسته ای دارند [۲و۳]. به همین جهت استفاده از ترکیباتی که بتواند ساختار و نحوه عمل این دو پروتئین را بهبود ببخشد همواره مورد توجه محققین بوده است، یکی از علومی که می تواند پیش بینی مناسبی از افزودن ترکیبات مختلف را به آرد گندم ارائه نماید علم رئولوژی است. رئولوژی علمی است که به شکل پذیری و جریان مواد می پردازد [۴]. یکی از ویژگی های اصلی در رئولوژی خمیر الاستیسیته است [۵]. گلوتن با شبکه سه بعدی که توسط اتصالات داخلی پایدار شده است می تواند الاستیسیته را توجیه کند [۶]. الاستیسیته بر روی ظرفیت نگهداری گاز در خمیر موثر بوده و تعیین کننده کیفیت خمیر می باشد [۷].

محصولات کشاورزی تیره بغولات شامل نخود، عدس، لوبیا و نخود فرنگی جزئی از مهمترین منابع پروتئین، نشاسته و الیاف رژیمی در میان غذاها می باشند [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 می باشند [۹و۱۰]. نخود وابسته به خانواده حبوبات بوده و دارای ارزش باستانی است. این گیاه به خوبی در شرایط مختلف آب و هوایی رشد می کند و پس از لوبیا و نخود فرنگی مهمترین حبوبات است که در فصل سرما هم می تواند رشد کند. این گیاه در شبه قاره هند، شمال افریقا، خاور میانه، جنوب اروپا و استرالیا کشت می شود [۱۱]. در ایران نیز سال هاست که کشت نخود از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. همچنین اهمیت آن به گونه ای 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 بغولات از نظر سطح زیر کشت دارای سومین رتبه در کشور می باشد که کشور ایران به لحاظ سطح زیر کشت این محصول، چهارمین رتبه را در دنیا به خود اختصاص داده است [۱۲].

در ادامه می توان به نتایج محمد و همکاران (۲۰۱۲) اشاره نمود آن ها 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، آن ها نشان دادند که افزایش آرد نخود در فرمولاسیون آردگندم منجر به افزایش میزان جذب آب و زمان توسعه خمیر می شود و این در حالی است که مقاومت به گسترش و کشش کاهش می یابد [۱۳]. همچنین آن ها بیان کردند که در غلظت ۱۰ درصد سطح خمیر کاملا نرمال اما در سطح ۲۰ و ۳۰ درصد سطح خمیر کاملا چسبنده خواهد بود. همچنین سابیناس 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 دوروم نشان دادند که خصوصیات ارگانولپتیک در غلظت پائین (۵ درصد) بهبود می یابد و استفاده از آرد نخود منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی در لازانیا می شود. هم چنین نشان دادند که در غلظت های بالای آرد نخود (۲۰ درصد) رنگ محصول قهوه ای و خصوصیات اکستنسوگرافی نیز کاهش محسوسی می یابد [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 می باشد 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

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

۲-۱-۱- تجهیزات

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

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- 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=۹/۵رسانده و این سوسپانسیون به مدت ۳۰ دقیقه توسط همزن مخلوط گردید. سپس مخلوط حاصل توسط سانتریفوژ با ۷۰۰۰ دور بر دقیقه برای مدت۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف رویی جداسازی گردید و با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به pH=۴/۵که نقطه ایزوالکتریک پروتئین نخود می باشد رسانده شد. سوسپانسیون حاصل دوباره برای جداسازی 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 خنثی برسد. ایزوله مرطوب نخود بوسیله خشک کن انجمادی خشک و در ظروف درب دار در فریزر ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری شد [۱۲].

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 مقادیر 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 سفتی خمیر (نیوتن بر میلی متر)، ماکزیمم مقاومت (نیوتن) و حداکثر کشش خمیر (میلی متر) بود. این آزمون در ۱۰ تکرار انجام شد و میانگین ها گزارش شدند [۱و۱۶].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

۲-۲-۴- 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[1] برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر، جداگانه بیان می نماید. که در فرمول ۱، قابل مشاهده می باشد.

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 متغیر های مستقل کدبندی شده هستند.

جدول ۱ نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن ها

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

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

۳- نتایج و بحث

۳-۱- 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) پاسخ ها روی هر آزمون و اثرات آن ها 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 مدل ها برای پاسخ متغیرها بوسیله ضریب تعیین (R^2)، adj-R^2 و ضریب تغییرات (CV) در جدول۲، آورده شده است. آنالیز رگرسیون چندگانه خطی بر داده های تجربی به کمک معادلات درجه دوم بر ویژگی های 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.

۳-۲- نتایج آزمون فارینوگرافی

همان طور که در جدول ۳ و ۴، مشاهده می شود، عبارت های 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 کفایت مدل را نشان داد، نتایج مدل سازی آرد گندم ۸۵٪ بر اساس این آزمون در جدول ۲، قابل مشاهده است.

1. Response Surface Methodology(RSM)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

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^2	R^2-Adj	R^2-Pre	CV
فارینوگراف	جذب آب (درصد)	$Y=۵۷/۰۲ +۰/۱۷X_۱ +۱/۲۶ X_۲$	۰/۹۷۶۳	۰/۹۶۸۴	۰/۹۵۱۴	۰/۰۴۸
	زمان توسعه خمیر (دقیقه)	$Y=۲/۴۳ -۰/۱۲X_۱ +۹/۰۱ X_۲$	۰/۹۵۸۴	۰/۹۴۴۶	۰/۹۲۶۹	۳/۲۵
	مقاومت خمیر (دقیقه)	$Y=۶/۰۷ -۰/۱۱X_۱ +۲/۳۰ X_۲ +۸/۳۰ X_۱^۲ -۰/۳۳ X_۱ X_۲$	۰/۹۹۳۴	۰/۹۹۱۳	۰/۹۸۶۰	۰/۱۷
	درجه شل شدن خمیر (فارینوگراف)	$Y=۶۱/۳۷ +۰/۷۳X_۱ -۵۰/۳۰ X_۲$	۰/۹۶۰۲	۰/۹۴۶۹	۰/۹۲۶۹	۰/۸۹
	عدد کیفی فارینوگرافی	$Y=۹۲/۶۳ -۴/۱۶X_۱ +۲۵/۳۴ X_۲ +۴۷۲/۷۳ X_۲^۲ -۱۰/۸۳ X_۱ X_۲$	۰/۹۹۲۱	۰/۹۸۹۵	۰/۹۸۳۴	۰/۸۶
کشش خمیر	سفتی (نیوتن بر میلی متر)	$Y=۲/۹۷ +۰/۰۷X_۱ +۱/۴۹ X_۲$	۰/۹۵۴۴	۰/۹۳۹۲	۰/۹۰۲۰	۱/۲۴
	مقاومت ماکزیمم (نیوتن)	$Y=۰/۰۲ -۶/۹۰X_۱ +۰/۰۶ X_۲ -۹\times۱۰^{-۳}X_۱ X_۲$	۰/۹۷۴۸	۰/۹۶۶۴	۰/۹۴۷۰	۱/۶۶
	قابلیت کشش(میلیمتر)	$Y=۲۲/۰۶ +۰/۳۳X_۲ -۱/۲۴ X_۱^۲$	۰/۹۱۰۲	۰/۸۸۰۳	۰/۸۱۱۱	۰/۱۶

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 احتمالا 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 [۱۳و۱۷]. 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 پیوندهای گلوتنین و گلیادین در شبکه خمیر و بهبود کمپلکس این مجموعه پروتئین با نشاسته منجر به افزایش مقاومت خمیر در مقابل نیروی همزن فارینوگراف شده و عدد کیفی فارینوگرافی را نیز بالا برد. اما حضور پروتئین آبدوست 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 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 بررسی فرآورده های لوبیای 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 بررسی 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 پارامتر ها کاهش پیدا کردند اما روند جذب آب با افزایش درصد آرد نخود صعودی بود [۱۴].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

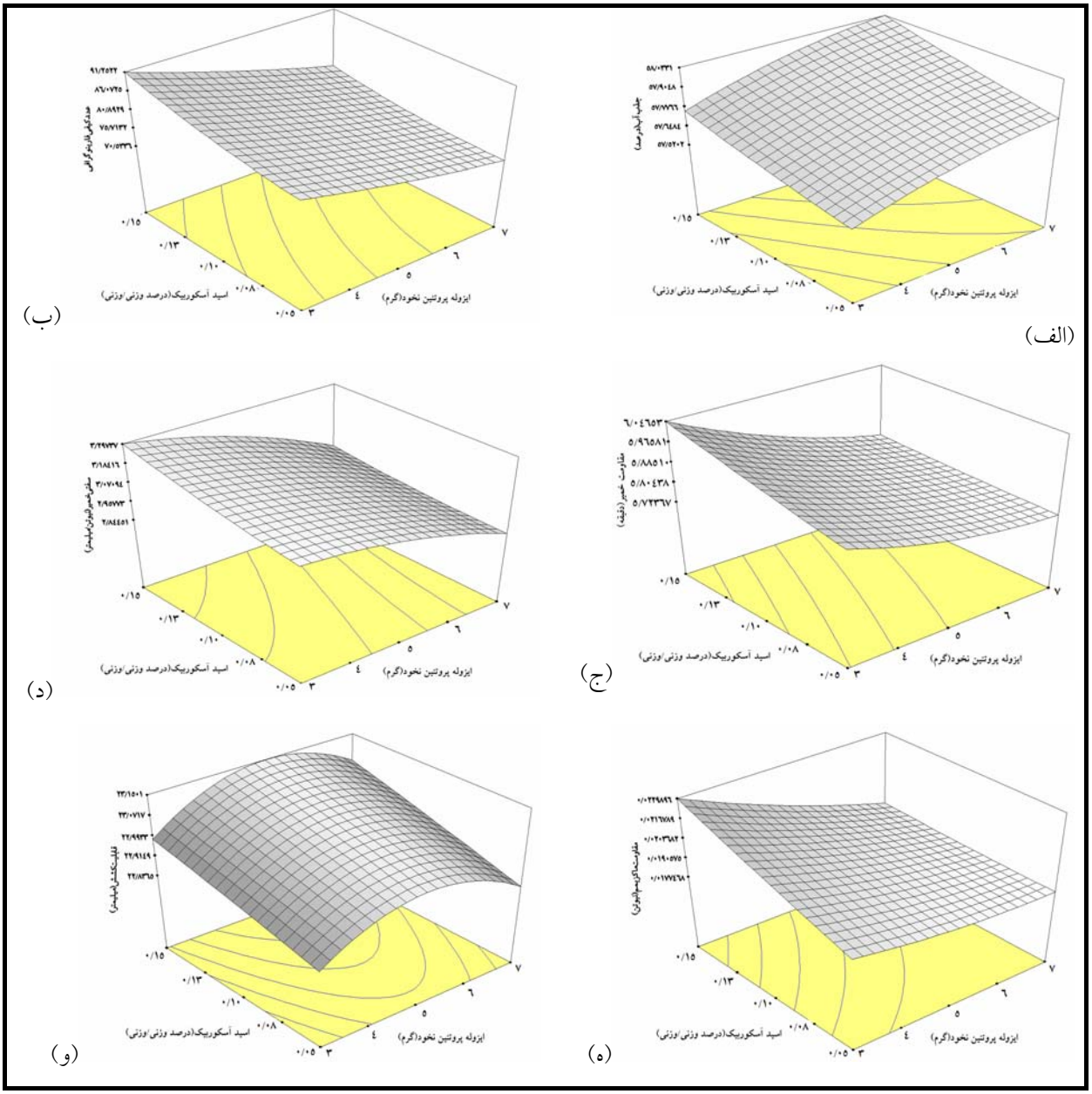
جدول ۳ آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم برای آزمون های فارینوگراف و کشش خمیر

منبع	درجه آزادی	جذب آب (٪)		زمان توسعه خمیر(دقیقه)		مقاومت خمیر(دقیقه)		میزان شل شدن خمیر(واحد فارینوگراف)	
		مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۵	۰/۴۷	<۰/۰۰۰۱	۲/۰۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۲۳	<۰/۰۰۰۱	۱۱۰/۶۵	<۰/۰۰۰۱
خطی									
X_1	۱	۰/۲۶	<۰/۰۰۰۱	۱/۲۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۹	<۰/۰۰۰۱	۷۷/۷۹	<۰/۰۰۰۱
X_2	۱	۰/۲۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۰	<۰/۰۰۰۱	۳۱/۵۰	<۰/۰۰۰۱
درجه دوم									
X_{11}	۱	$۵/۹۸\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۱۳۲_{ns}$	$۱/۶۲\times۱۰^{-۳}$	$۰/۶۱۰۶_{ns}$	$۳/۴۶\times۱۰^{-۳}$	<۰/۰۰۰۱	$۶/۴۹\times۱۰^{-۳}$	$۰/۸۸۶۱_{ns}$
X_{22}	۱	$۴/۰۶\times۱۰^{-۴}$	$۰/۴۷۵۷_{ns}$	۰/۰۱۷	$۰/۱۱۶۸_{ns}$	$۳/۱۸\times۱۰^{-۵}$	$۰/۵۸۶۳_{ns}$	$۶/۴۹\times۱۰^{-۳}$	$۰/۸۸۶۱_{ns}$
اثر متقابل									
X_{12}	۱	$۳/۰۰\times۱۰^{-۴}$	$۰/۵۳۸۸_{ns}$	۰/۰۱۳	$۰/۱۵۶۹_{ns}$	۰/۰۱۳	<۰/۰۰۰۱	۱/۳۳	$۰/۰۵۴۳_{ns}$
باقیمانده	۱۵	۰/۰۱۱		۰/۰۹		$۱/۵۴۳\times۱۰^{-۳}$		۴/۵۹	
عدم برازش	۳	$۱/۵۹\times۱۰^{-۳}$	$۰/۵۹۹۰_{ns}$	۰/۰۱۱	$۰/۶۴۰۲_{ns}$	$۶/۸۹۸\times۱۰^{-۴}$	$۰/۰۶۰۷_{ns}$	۰/۵۹	$۰/۶۳۴۰_{ns}$
خطای خالص	۱۲	$۹/۷۹\times۱۰^{-۳}$		۰/۰۷۹		$۸/۵۳۳\times۱۰^{-۴}$		۴/۰۰	
کل	۲۰	۰/۴۸		۲/۱۷		۰/۲۴		۱۱۵/۲۴	

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

منبع	درجه آزادی	عدد کیفی فارینوگرافی		سفتی خمیر(نیوتن بر میلی متر)		مقاومت ماکزیمم(نیوتن)		کشش خمیر(میلی متر)	
		مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۵	۸۷۸/۲۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۴۵	<۰/۰۰۰۱	$۵/۹۹\times۱۰^{-۵}$	<۰/۰۰۰۱	۰/۲۰	<۰/۰۰۰۱
خطی									
X_1	۱	۷۰۰/۰۷	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۸	<۰/۰۰۰۱	$۳/۳۳\times۱۰^{-۵}$	<۰/۰۰۰۱	$۵/۰۵\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۶۶۴_{ns}$
X_2	۱	۱۵۱/۱۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۴	<۰/۰۰۰۱	$۱/۶۳\times۱۰^{-۵}$	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۰	<۰/۰۰۰۱
درجه دوم									
X_{11}	۱	۱/۴۶	$۰/۰۹۶۲_{ns}$	$۸/۱۵\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۳۰۹_{ns}$	$۳/۳۷\times۱۰^{-۷}$	$۰/۰۹۱۴_{ns}$	۰/۰۵۷	<۰/۰۰۰۱
X_{22}	۱	۴/۳۹	۰/۰۰۷۷	$۶/۲۴\times۱۰^{-۴}$	$۰/۵۱۹۶_{ns}$	$۱/۸۸\times۱۰^{-۸}$	$۰/۶۷۶۲_{ns}$	$۳/۰۰\times۱۰^{-۵}$	$۰/۸۸۰۷_{ns}$
اثر متقابل									
X_{12}	۱	۱۴/۰۸	<۰/۰۰۰۱	$۹/۰۸\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۲۳۸_{ns}$	$۹/۷۲\times۱۰^{-۶}$	<۰/۰۰۰۱	$۱/۹۵\times۱۰^{-۳}$	$۰/۲۳۷۶_{ns}$
باقیمانده	۱۵	۶/۹۶		۰/۰۲۲		$۱/۵۵\times۱۰^{-۶}$		۰/۰۱۹	
عدم برازش	۳	۲/۱۶	$۰/۲۰۱۴_{ns}$	$۵/۲۰\times۱۰^{-۳}$	$۰/۳۲۷۲_{ns}$	$۶/۶۰\times۱۰^{-۷}$	$۰/۰۷۵۱_{ns}$	$۲/۹۲\times۱۰^{-۳}$	$۰/۵۶۴۶_{ns}$
خطای خالص	۱۲	۴/۸۰		۰/۰۱۶		$۸/۹۲\times۱۰^{-۷}$		۰/۰۱۶	
کل	۲۰	۸۸۵/۲۴		۰/۴۷		$۶/۱۶\times۱۰^{-۵}$		۰/۲۲	

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]



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

۳-۳- نتایج آزمون کشش خمیر

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

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 شکل۱-و، مشاهده شد با افزایش درصد اسید آسکوربیک

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

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 درغلظت 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 گلوتن 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 ماکزیمم 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 خمیرکاهش می یابد. آن ها نشان دادند که کاهش سفتی خمیر باافزایش زمان مخلوط کردن در سرعت پایین بدلیل کاهش استحکام شبکه گلوتن است [۲۰و۲۱]. همچنین سابیناس و همکاران (۲۰۰۶)؛ در 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 ۱۰۵-۱۱۵ میلی متر به ۴۴-۵۶ میلی متر کاهش پیدا می کند [۱۴].

۳-۴- بهینه سازی فرمولاسیون آرد

نتایج بهینه سازی فرمولاسیون آرد با درجه استخراج ۸۵٪ حاوی اسید آسکوربیک وایزوله 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 واحد فارینوگراف، عدد کیفی فارینوگرافی۹۱/۳، سفتی خمیر (مساحت زیر منحنی) ۳/۳ نیوتن بر میلیمتر، مقاومت ماکزیمم ۰/۰۲ نیوتن و کشش خمیر ۲۲/۹ میلیمتر، حاوی ۳ گرم ایزوله پروتئین نخود و ۰/۱۵ درصد اسید آسکوربیک با درجه تمایل ۰/۸ بود.

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

ایزوله پروتئین نخود (گرم)	اسید آسکوربیک (٪)	جذب آب(٪)	زمان توسعه (دقیقه)	مقاومت (دقیقه)	درجه شل شدن (واحد فارینوگراف)	عدد کیفی فارینوگرافی	سفتی (نیوتن بر میلی متر)	مقاومت ماکزیمم (نیوتن)	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	۰/۸۱

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.

۵- سپاسگزاری

در پایان از مدیریت محترم آزمایشگاه کنترل کیفیت مواد غذایی تستا، جناب آقای دکتر سید حامد رضا بهشتی و پرسنل محترم آزمایشگاه تستا که نهایت همکاری را با نویسندگان 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

[3] Schofield, J.D., 1994. Wheat production, Properties and Quality (1 sted.) Blackie Acadamic and professional, Glawgow, UK, pp.73-99.
[4] Mejimar, J.A., 1990; Fundmental 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 propertics 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 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., Leôn, 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., Leôn, 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]

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

Meshkani, S. M. [1 *], Pourfallah, Z. [1], Tavakolipour, H. [1], Beheshti. S. H. R. [2]

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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-16]