

بررسی تاثیر افزودن پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز بر خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم

سید محمد مشکانی^{1*}، زهرا پورفلاح¹، سید حامد رضا بهشتی²، سحر صباحی¹

¹دانش آموخته ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
²دکترای داروسازی، آزمایشگاه کنترل کیفی تستا، شهرک صنعتی توس، مشهد، ایران.

تاریخ پذیرش: 1393/2/3

تاریخ دریافت: 1392/8/11

چکیده

برای بررسی خصوصیات فارینوگرافی (درصد جذب آب، مقاومت، زمان توسعه، درجه شل شدن، عدد کیفی فارینوگرافی) و آنالیز بافت (مقاومت ماکزیمم، کشش پذیری، مساحت زیر منحنی) خمیر حاوی پودر آب پنیر (0/2-0/6 درصد) و کربوکسی متیل سلولز (CMC) (0/1-0/5 درصد) از روش شناسی سطح پاسخ استفاده شد. نتایج نشان داد افزایش درصد پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز تاثیر معنی داری روی پارامترهای فارینوگرافی و آنالیز بافت خمیر (کشش خمیر) داشت ($p < 0.01$). نتایج بهینه سازی آزمون نیز نشان داد که در فرمولاسیون آرد استفاده از 0/54 درصد پودر آب پنیر، 0/5 درصد CMC، درصد جذب آب 53/12، زمان توسعه 2/3 دقیقه، مقاومت فارینوگرافی 2/73 دقیقه، درجه شل شدن خمیر 183/82 فارینوگراف، عدد کیفی فارینوگرافی 25/69، سفتی 3/2 نیوتن بر میلی متر، ماکزیمم مقاومت 0/022 نیوتن و کشش خمیر 23/22 میلیمتر بود.

واژه های کلیدی: آرد گندم، آنالیز بافت، پودر آب پنیر، فارینوگراف، کربوکسی متیل سلولز.

1- مقدمه

در صنعت آرد و نان، بهینه سازی ویژگی های خمیر و بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری محصول نهایی ارجحیت دارد. بر این اساس جهت بهبود خصوصیات خمیر تحقیقات گسترده ای صورت پذیرفته است و همیشه برای رسیدن به این هدف، استفاده از افزودنی های غذایی و مواد کمک فرآیند بهبود کیفیت نان اهمیت داشته است (16).

نان یکی از پر مصرف ترین محصولات غذایی در نقاط مختلف دنیا می باشد. از مواد اولیه اصلی در تولید نان می توان به آرد گندم، آب، نمک، خمیر مایه فعال اشاره کرد. علاوه بر این ها بهبود دهنده ها (شامل گسترده وسیعی از افزودنی ها مانند استایبیلایزرها، امولسیفایرها، اکسیدانت ها، صمغ ها و آنزیم ها مثل آلفا آمیلازها، پروتئازها، هیدرولازها برای پلی ساکاریدهای غیر سلولزی، لپازها و لیپوکسیژنازها) بطور وسیعی در تهیه انواع نان استفاده می شوند (7).

کربوکسی متیل سلولز¹ (CMC) یکی از مشتقات سلولز می باشد که با گروه های کربوکسی متیل ($-\text{CH}_2-\text{COOH}$) باند شده بطوریکه برخی از گروه های هیدروکسیل از منومرهای گلوکوپیرانوز توسط سلولز مستحکم شده اند. این ترکیب سریعاً در آب سرد حل شده و می توان از آن برای کنترل ویسکوزیته بدون تشکیل ژل استفاده کرد که در شرایط ثابت ویسکوزیته را در سطح بالایی حفظ می کند اما در اثر اعمال حرارت ویسکوزیته کاهش می یابد (1). پودر آب پنیر² به عنوان ترکیبی غنی از پروتئین های حیوانی می تواند به آرد جهت بهبود و غنی سازی اضافه گردد. این ترکیب اگر که به روش دنا تورا سیون حرارتی بدست آمده باشد (لاکتو آلبومین³) دارای کارایی بسیار پایین و در آب نامحلول است اما از طرف دیگر کنسانتره پروتئین آب پنیر که به روش اولترافیلتراسیون حاصل شده باشد با مورد قبل تفاوت دارد (5 و 18).

استفاده از مواد طبیعی که می تواند منجر به بالابردن کیفیت خمیر نان شود حائز اهمیت می باشد به این جهت در مطالعه حاضر به بررسی اثر دو ماده پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز روی آرد خام بدون بهبود دهنده و بهینه سازی فرمولاسیون آرد مذکور با درجه استخراج 85 درصد حاوی دو ماده پودر آب پنیر و

کربوکسی متیل سلولز 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 از روش 5 نقطه بصورت مرکزی⁴ استفاده شد.

2- مواد و روش ها

1-2- مواد و تجهیزات

جهت بررسی خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم، از مواد و تجهیزاتی در این تحقیق استفاده شد که بدین شرح بود؛ آرد گندم رقم سرداری با درجه استخراج 85 درصد خام و بدون بهبود دهنده (Acee Ard, Mashhad, Iran)، پودر آب پنیر (Parvar Powder, Mashhad, Iran) و کربوکسی متیل سلولز (Merck, Darmstadt, Germany) بود. همچنین از تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق دستگاه فارینوگراف⁵ مدل E (Brabender, Duisburg, Germany) و دستگاه بافت سنج⁶ و پروب کیفی⁷ (TAXT Plus, Surrey, UK) بود.

2-2- آزمون فارینوگرافی

جهت انجام آزمون فارینوگراف بر طبق روش Rieder و همکاران (2012) و استاندارد ISO (1978) با کمی اعمال تغییرات؛ مقدار 300 گرم آرد گندم جدا شد و به کمک منحنی تیتراسیون حاصل از دستگاه فارینوگراف میزان درصد جذب آب آن در دمای ثابت 30 درجه سانتی گراد و سرعت 63 دور بر دقیقه تعیین گردید که در حدود 50 درصد بود. در ادامه مراحل انجام آزمون پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز در محدوده 0/2 تا 0/6 و 0/1 تا 0/5 درصد به ترتیب مورد استفاده قرار گرفت و در فرمولاسیون های مختلف توسط دستگاه فارینوگراف مورد ارزیابی قرار گرفت. اطلاعاتی که از دستگاه فارینوگرافی حاصل گردید شامل تغییرات درصد جذب آب⁸ (%،) زمان توسعه خمیر⁹ (دقیقه)، مقاومت خمیر¹⁰ (دقیقه)، میزان شل شدن خمیر¹¹ در اثر

⁴ Face Centered

⁵ Farinograph

⁶ Texture Analyzer

⁷ Kieffer

⁸ Water Absorption

⁹ Dough Development Time (DDT)

¹⁰ Dough Stability (DS)

¹¹ Degree of Softening

¹ Carboxymethyl Cellulose (CMC)

² Whey Protein Powder

³ Lacto Albumin

فارینوگرافی، میزان سفتی خمیر (نیوتن بر میلی متر)، ماکزیم مقاومت (نیوتن) و حداکثر کشش خمیر (میلی متر) متغیرهای وابسته بودند. در روش سطح پاسخ (RSM) 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 1، قابل مشاهده می باشد.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j \quad (1) \text{ فرمول}$$

در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش بینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_i اثرات خطی، b_{ii} اثر مربعات و b_{ij} اثرات متقابل، x_i ، x_j متغیرهای مستقل کد بندی شده هستند.

جدول 1- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن ها.

متغیرهای مستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه		
		-1	0	+1
پودر آب پنیر (%)	X_1	0/2	0/4	0/6
کربوکسی متیل سلولز (%)	X_2	0/1	0/3	0/5

از نرم افزار Design Expert 6.0.2 جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ استفاده گردید (13).

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج آنالیز آماری

در این تحقیق از روش سطح پاسخ با پنج نقطه و به صورت مرکزی 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 درصد پودر آب پنیر (X_1) و درصد CMC (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 جدول 1 و 2، 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/میلیمتر)، مقاومت ماکزیم (نیوتن)، قابلیت کشش (میلیمتر) انجام شد.

نیروی همزن (واحد فارینوگراف) و عدد کیفی فارینوگرافی¹ بود. این آزمون در سه تکرار انجام شد و میانگین ها گزارش شدند (9 و 15).

2-3- آزمون کشش خمیر

جهت انجام آزمون کشش خمیر از روش Dobraszczyk & Salmanowicz (2008) و بر اساس روش Kieffer و همکاران (1998) استفاده شد بر این اساس 10 گرم آرد در ظرف تمیزی ریخته شد و برای تیمارهای مختلف بر اساس درصدهای وزنی/وزنی مواد خالص افزوده شد سپس دقیقاً 0/2 گرم نمک سدیم کلراید ساخت شرکت مرک با خلوص بالا به همراه میزان 60 درصد آب به طور ثابت برای تمامی تیمارها استفاده گردید. سپس توسط همزن دستی یا میله شیشه ای به مدت 3 دقیقه همزده شد تا خمیر یک دست و یک نواختی حاصل بدست آمد. سپس نمونه های خمیر توسط قالب مخصوص پروب کیفر تحت پرس و فرم گیری قرار گرفت و تحت همین شرایط برای مدت 10 دقیقه به گرمخانه با دمای 50 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. از پارامترهایی که توسط این روش مورد بررسی قرار گرفتند می توان به میزان سفتی خمیر² (نیوتن بر میلی متر)، ماکزیم مقاومت³ (نیوتن) و حداکثر کشش خمیر⁴ (میلی متر) اشاره نمود. این آزمون در 10 تکرار انجام شد و میانگین ها گزارش شدند (4 و 11).

2-4- آنالیز آماری

بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورهای درصد پودر آب پنیر و درصد کربوکسی متیل سلولز بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر آرد گندم هدف اصلی این پژوهش بود. در این طرح با توجه به جدول 1، درصد پودر آب پنیر با نماد ریاضی x_1 ، درصد CMC با نماد x_2 ؛ به عنوان دو فاکتور موثر و تغییرات درصد جذب آب (%، زمان توسعه خیر (دقیقه)، مقاومت خمیر (دقیقه)، میزان شل شدن خمیر در اثر نیروی همزن (واحد فارینوگراف)، عدد کیفی

¹ Farinograph Quality Number (FQN)

² Toughness

³ Maximum Resistance (R Max)

⁴ Elongation at Break

جدول 1- 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)	
		احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات
مدل خطی	5	<0/0001	3/64	0/0001	0/63	<0/0001	0/50	<0/0001	631/83
X ₁	1	<0/0001	0/37	0/0014	0/11	<0/0001	0/11	<0/0001	170/67
X ₂	1	<0/0001	3/23	<0/0001	0/48	<0/0001	0/37	<0/0001	450/67
درجه دوم									
X ₁₁	1	0/0320 _{ns}	0/018	0/2830 _{ns}	5/55×10 ⁻³	0/6856 _{ns}	2/96×10 ⁻⁴	0/8079 _{ns}	0/03
X ₂₂	1	0/3406 _{ns}	2/66×10 ⁻³	0/0435 _{ns}	0/025	0/1496 _{ns}	4/34×10 ⁻³	0/0309 _{ns}	3/36
اثر متقابل									
X ₁₂	1	0/0879 _{ns}	0/01	1 _{ns}	0	0/0438 _{ns}	0/01	0/0079	6/25
باقیمانده	7		0/018		0/029		0/012		3/24
عدم برازش	3	0/6250 _{ns}	5/816×10 ³	0/2771 _{ns}	0/017	0/6475 _{ns}	3/61×10 ⁻³	0/5429 _{ns}	1/24
خطای خالص	4		0/012		0/012		8/00×10 ⁻³		2/00
کل	12		3/66		0/66		0/51		635/08
R ²			0/9951		0/9567		0/9771		0/9949
R ² -Adj			0/9917		0/9257		0/9608		0/9912
CV			0/097		3/24		1/75		0/37
مدل ریاضی			Y=50/41 +2/50X ₁ +3/63X ₂		Y=0/96 +1/56X ₁ +2/84X ₂		Y=1/87 +0/50X ₁ +0/16X ₂		Y=208/6 -19/4X ₁ +47/38X ₂ -31/3X ₁ X ₂

جدول 2- 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)	
		احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات
مدل خطی	5	<0/0001	37/85	<0/0001	0/13	<0/0001	$1/98 \times 10^{-5}$	<0/0001	0/16
X ₁	1	0/0004	8/17	0/0004	0/020	<0/0001	$5/04 \times 10^{-6}$	<0/0001	0/011
X ₂	1	<0/0001	28/17	<0/0001	0/11	<0/0001	$1/41 \times 10^{-5}$	<0/0001	0/14
درجه دوم									
X ₁₁	1	0/2601 _{ns}	0/30	0/2535 _{ns}	$8/05 \times 10^{-4}$	0/2783 _{ns}	$9/05 \times 10^{-8}$	0/0067	$2/49 \times 10^{-3}$
X ₂₂	1	0/0401 _{ns}	1/25	0/6223 _{ns}	$1/38 \times 10^{-4}$	0/0687 _{ns}	$3/03 \times 10^{-7}$	0/0017	$4/20 \times 10^{-3}$
اثر متقابل									
X ₁₂	1	0/2976 _{ns}	0/25	0/1687 _{ns}	$1/23 \times 10^{-3}$	0/5763 _{ns}	$2/25 \times 10^{-8}$	0/0321 _{ns}	$1/23 \times 10^{-3}$
باقیمانده	7		1/38		$3/64 \times 10^{-3}$		$4/58 \times 10^{-7}$		$1/21 \times 10^{-3}$
عدم برازش	3	0/8898 _{ns}	0/18	0/0481 _{ns}	$3/04 \times 10^{-3}$	0/0013	$4/47 \times 10^{-7}$	0/0019	$1/17 \times 10^{-3}$
خطای خالص	4		1/20		$6/00 \times 10^{-4}$		$1/20 \times 10^{-8}$		$3/88 \times 10^{-5}$
کل	12		39/23		0/14		$2/02 \times 10^{-5}$		0/16
R ²			0/9648		0/9732		0/9773		0/9927
R ² -Adj			0/9396		0/9541		0/9611		0/9875
CV			1/97		0/76		1/29		0/057
مدل ریاضی			$Y=16/25 + 14/26X_1 + 3/25X_2$		$Y=2/82 - 0/18X_1 + 0/39X_2$		$Y=0/017 + 4X_1 + 1/95X_2$		$Y=22/83 - 0/25X_1 + 0/36X_2 + 0/75X_1^2 + 0/98X_2^2$

3-2- نتایج آزمون فارینوگرافی

همانطور که در جداول 1 و 2، مشاهده می شود، عبارت های مدل برای آزمون مقاومت فارینوگرافی و جذب آب معنی دار شد؛ اثر خطی پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز بود ($p < 0.01$). همچنین فاکتورهایی که برازش مناسب مدل را نشان داد، نتایج مدل سازی و بهینه سازی فرمولاسیون آرد گندم 85% بر اساس این آزمون در جدول 1 و 2، آورده شده است. با توجه به شکل 1، مشخص شد که با افزایش درصد پودر آب پنیر از 0/2 تا 0/6 درصد افزایش مناسبی در میزان مقاومت خمیر مشاهده گردید و این احتمالاً به دلیل بهبود کمپلکس بین نشاسته و گلوتن و تقویت پیوندهای دی سولفیدی بود. همچنین با توجه به شکل 2 مشاهده شد که با افزایش درصد هر دو عامل بهبود دهنده میزان درصد جذب آب نیز افزایش پیدا کرد. بر این اساس و طبق مشاهدات انجام گرفته توسط سایر محققین استفاده از فرآورده های حاصل از شیر مانند پودر آب پنیر باعث افزایش جذب آب، تاخیر در از دست دادن آب و بیاتی نان می شود. Collar و همکاران (2001) با بررسی اثر کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز¹ بر روی خمیر و نان گندم نشان دادند که حضور این ترکیبات در خمیر منجر به افزایش جذب آب و حفظ بیشتر آن می شود (2). Tavakolipour & Kalbasi-Ashtari (2006) نشان دادند که با افزایش درصد کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در دو آرد حاصل از گندم سرخه و سرداری، پارامتر های زمان توسعه خمیر، مقاومت خمیر و جذب آب به طور معنی داری افزایش پیدا کرد (21). Schirali و همکاران (1996) و Kadharmestan و همکاران (1998) نشان دادند که افزایش پودر آب پنیر در فرمولاسیون آرد منجر به افزایش جذب آب شد و حجم نان را نیز افزایش داد (10 و 17). Shalini & Laxmi (2007) اثرات صمغ گوار²، کربوکسی متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کاپا کاراگینان³ را روی خمیر نان هندی (چاپاتی) که نوعی نان مسطح می باشد در غلظت های 0/25، 0/50، 0/75 و 1 درصد بررسی کردند. آن ها مشاهده نمودند که با افزایش درصد این بهبود دهنده ها درصد جذب آب، زمان توسعه و مقاومت خمیر افزایش پیدا کرد (19). در تحقیقی دیگر Parimala & Sudha (2012) اثرات

هیدروکلونیدهای مختلف از جمله صمغ عربی⁴، صمغ لوبیای لوکاست⁵، صمغ گوار، زانتان⁶، کاراگینان، کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز را روی رئولوژی و انتقال جرم خمیر آرد کامل گندم بررسی کردند. آن ها مشاهده نمودند که حضور کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز در آرد کامل باعث شد تا درصد جذب آب افزایش و مقاومت خمیر کاهش پیدا کند (14). همچنین Gujral & Pathak (2002) به بررسی اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و پودر شیر خشک بدون چربی بر خصوصیات رئولوژی نان سنتی مسطح هندی با نام چاپاتی پرداختند آن ها مشاهده نمودند که با افزایش درصد CMC درصد جذب آب افزایش داشت. اما با افزایش پودر شیر خشک بدون چربی درصد جذب آب کاهش یافت (6). از طرفی Lazaridou و همکاران (2007) با بررسی اثر هیدروکلونیدهایی مانند زانتان، کربوکسی متیل سلولز، آگارز⁷ و پکتین روی خصوصیات فارینوگرافی خمیر آرد بدون گلوتن نشان دادند که در استفاده از این مواد درصد جذب آب افزایش داشت و همچنین زمان توسعه خمیر نیز افزایش یافت که این مورد برای کربوکسی متیل سلولز به 26 دقیقه رسید (12). از تحقیقات دیگر Correa و همکاران (2010) با بررسی اثر کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز بر خصوصیات رئولوژیکی و میکروسکوپی خمیر آرد گندم با و بدون نمک نشان دادند که با افزایش درصد این ترکیبات از 0/25 درصد تا 1/5 درصد زمان توسعه خمیر افزایش داشت اما مقاومت خمیر روندی نزولی پیدا کرد. همچنین مشاهده کردند که با افزایش درصد این مواد درصد جذب آب هم افزایش پیدا کرد. اما به طور کلی نمک در ترکیب با این مواد شیب تغییرات را تحت تاثیر معنی داری قرار داد به طوری که زمان توسعه خمیر در آردی که در فرمول آن نمک حضور داشت با شیب بیشتری افزایش یافت اما مقاومت خمیر در آردی که در فرمول آن نمک موجود بود با شدت کمتری کاهش پیدا کرد (3). Indrani و همکاران (2007) با افزودن پودر آب پنیر به خمیر نان مسطح پاروتا و بررسی خصوصیات رئولوژی و میکروسکوپی خمیر آن نشان دادند که با افزایش درصد پودر آب پنیر از صفر تا 15 درصد، مقاومت

⁴ Arabian gum

⁵ Locust bean gum

⁶ Xanthan

⁷ Agarose

¹ Hydroxypropyl methylcellulose

² Guar gum

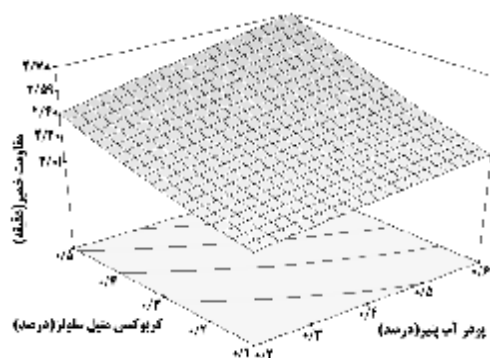
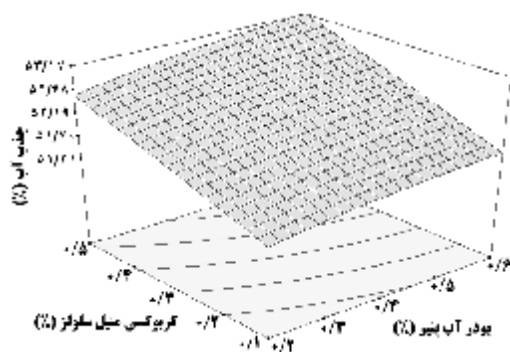
³ Kappa carrageenan

کامل گندم بررسی کردند. آن ها مشاهده نمودند که حضور کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز در آرد کامل توانست میزان سفتی خمیر را نسبت به آرد کامل بدون بهبود دهنده در آزمون بافت سنجی افزایش دهد (14). از سایر تحقیقات (Gujral & Pathak 2002) به بررسی اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و پودر شیرخشک بدون چربی بر خصوصیات کششی نان سنتی مسطح هندی با نام چاپاتی نشان دادند که با افزایش درصد CMC درصد جذب آب و میزان کشش پذیری افزایش داشت. اما با افزایش پودر شیر خشک بدون چربی درصد جذب آب کاهش اما میزان کشش پذیری افزایش یافت (6). همچنین Lazaridou و همکاران (2007) با بررسی اثر هیدروکلئیدهایی مانند زانتان، کربوکسی متیل سلولز، آگارز و پکتین روی خصوصیات کشش پذیری خمیر آرد بدون گلو تن نشان دادند که در استفاده از این مواد میزان الاستیسیته افزایش یافت که البته برای آگارز این مقدار کاهش یافت (12). Indrani و همکاران (2007) با افزودن پودر آب پنیر به خمیر نان مسطح پاروتا و بررسی خصوصیات رئولوژی و میکروسکوپی خمیر آن نشان دادند که با افزایش درصد پودر آب پنیر از صفر تا 15 درصد، مقاومت ماکزیمم و انرژی (مساحت زیر منحنی اکستنسوگرام) از صفر تا 10 درصد افزایش داشت و پس از آن با افزایش تا 15 درصد میزان مقاومت ماکزیمم و انرژی کاهش یافت. همچنین الاستیسیته یا کشش پذیری با افزایش پودر آب پنیر کاهش داشت (8).

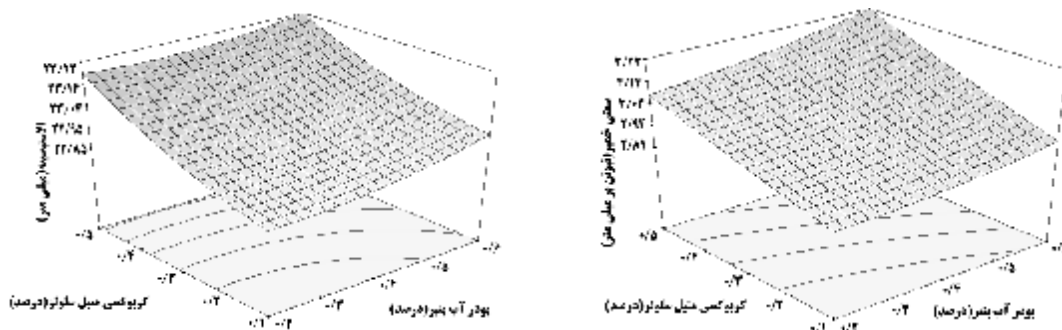
فارینوگرافی و درصد جذب آب از صفر تا 10 درصد افزایش داشت و پس از آن با افزایش پودر آب پنیر تا 15 درصد، جذب آب و مقاومت فارینوگرافی کاهش یافت (8).

3-3- نتایج آزمون کشش خمیر

در این روش از دستگاه بافت سنج و پروب کیفر استفاده گردید این پروب تقریباً شرایط دستگاه اکستنسوگراف را در ابعاد کوچک را ایجاد کرد. همانطور که در جدول 2، مشاهده می شود، عبارت های مدل برای آزمون سفتی خمیر معنی دار شد؛ اثر خطی و درجه دوم پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز بود ($p < 0.01$). همچنین نتایج مدل سازی و بهینه سازی فرمولاسیون آرد مورد استفاده بر اساس این آزمون در جدول 2، آورده شده است. مطابق با شکل 1 و 2؛ بررسی ها بر روی سفتی و کشش خمیر حاصل در فرمولاسیون های متفاوت نشان داد که با افزایش میزان درصد هر دو عامل بهبود دهنده مذکور باعث افزایش سفتی و کشش خمیر شد. این نتایج احتمالاً به دلیل تاثیر پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز روی شبکه خمیر و اثر این مواد بر روی پیوندهای دی سولفیدی بوده است. Sudha و همکاران (2007) با بررسی تاثیر افزایش سطوح جایگزینی سبوس برنج از 10 تا 40 درصد در فرمولاسیون نان، افزایش جذب آب و زمان توسعه، همچنین کاهش مقاومت و کشش پذیری خمیر را گزارش نمودند (20). در تحقیقی دیگر Parimala & Sudha (2012) اثرات ترکیبات مختلف از جمله کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز و چند هیدروکلئید دیگر را روی رئولوژی و انتقال جرم خمیر آرد



شکل 1- نمایش نمودار سه بعدی، اثر همزمان متغیرها بر روی مقاومت خمیر و جذب آب.



شکل 2- نمایش نمودار سه بعدی، اثر همزمان متغیرها بر روی سفتی و کشش خمیر.

5- سپاس گذاری

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.

6- منابع

- 1- BeMiller, J. N., & Whistler, R. L., 1996. Carbohydrates. In: Fennema, O.R. (Ed.), Food Chemistry. Marcel Dekker Inc., New York. 206–218.
- 2- Collar, C., Martinez, J. C., & Rosell, C. M., 2001. Lipid binding of fresh and stored formulated wheat breads. Relationship with dough and bread technological performance. *Food Sci. Technol. Int*, 7, 501-510.
- 3- Correa, M. J., Anon, M. C., Perez, G. T., & Ferrero, C., 2010. Effect of modified celluloses on dough rheology and microstructure. *Food Research International*, 43, 780–787.
- 4- Dobraszczyk, B. J. & Salmanowicz, B. P., 2008. Comparison of predictions of baking volume using large deformation rheological properties. *Journal of Cereal Science*, 47, 292–301.
- 5- Fox, P. F., 1989. The milk protein system. In: Fox, P. F. (Ed), Developments of dairy chemistry-4. Elsevier Science Publishers Ltd. London. 1-54.
- 6- Gujral, H. S. & Pathak, A., 2002. Effect of composite flours and additives on the texture of chapatti. *Journal of Food Engineering*, 55, 173–179.
- 7- Gujral, H. S., & Singh, N. 1999. Effect of additives on dough development, gaseous release and bread making properties. *Food Research International*, 32, 691–697.

3-4- بهینه سازی فرمولاسیون آرد حاوی پودر آب پنیر و

کربوکسی متیل سلولز جهت تولید نان مسطح

نتایج بهینه سازی فرمولاسیون آرد رقم سرداری با درجه استخراج 85% حاوی پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز جهت استفاده در تولید نان مسطح توسط نرم افزار Design Expert 6.0.2 محاسبه گردید، بر این اساس به جهت داشتن پارامترهای مطلوب فارینوگرافی و کشش خمیر توسط دستگاه بافت سنج با درجه تمایل 0/944، به جهت داشتن جذب آب 53/12 درصد، زمان توسعه 2/3 دقیقه، مقاومت فارینوگرافی 2/73 دقیقه، درجه شل شدن خمیر 183/82 فارینوگراف، عدد کیفی فارینوگرافی 25/69، سفتی 3/2 نیوتن بر میلی متر، ماکزیمم مقاومت 0/022 نیوتن و کشش خمیر 23/22 میلیمتر، برای پودر آب پنیر 0/54 درصد و برای کربوکسی متیل سلولز 0/50 درصد تعیین شد.

4- نتیجه گیری

آنالیز سطح پاسخ به صورت طرح مرکب با پنج نقطه مرکزی در بهینه سازی فرمولاسیون آرد گندم حاوی پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز 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 آرد گندم نشان داد و بطور کلی اثر پودر آب پنیر و کربوکسی متیل سلولز روی آرد ضعیف منجر به بهبود خواص رئولوژی آن شده و شرایط تشکیل شبکه خمیر و کمپلکس گلوتنی را بهبود داد.

- 15- Rieder, A., Holtekjølen, A. K., Sahlstrøm, S. & 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- Rosell, C. M., Rojas, J. A., and Barber, D. B., 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15, 75-81.
- 17- Schirali, A., Piazza, L., Brenna, O. & Vittadini, E., 1996. Structure and properties of bread dough and crumb. *Journal of Thermal Analysis*, 47, 1339-1360.
- 18- Selomulyo, V. O., & Zhou, W., 2007. Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science*, 45, 1-17.
- 19- Shalini, K. G., & Laxmi, A., 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of Chapatti (Indian unleavened Flat bread) Part I—hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 21, 110-117.
- 20- Sudha M. L., Vetrmani, R. & Leelavathi K., 2007. Influence of fibre from diferent cereals on the rheological characteristics of wheatflour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*. Volume 100, 4, 1365-1370.
- 21- Tavakolipour, H. & Kalbasi-Ashtari, A., 2006. Influence of gums on dough properties and flat bread quality of two Persian wheat varieties. *Bread Quality*, 1-14.
- 8- Indrani, D., Prabhasankar, P., Rajiv, J., & Rao, G. V. 2007., Influence of whey protein concentrate on the rheological characteristics of dough, microstructure and quality of unleavened flat bread (parotta). *Food Research International*, 40, 1254-1260.
- 9- ISO., 1978. International Standards. ISO, Geneva, Switzerland.
- 10- Kadharmestan, C., Byung-Kee, B & Czuchajowska, Z., 1998. Whey protein concentrate treated with heat or high hydrostatic pressure in wheat based products. *Cereal Chemistry*, 75, 762-766.
- 11- Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M. H., & Graveland, A., 1998. Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. *Journal of Cereal Science*, 27, 53-60.
- 12- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-1047.
- 13- Myers, R. H., & Montgomery, D. C., 2002. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. 2nd Edition. Wiley, New York.
- 14- Parimala, K. R., & Sudha, M. L., 2012. Effect of hydrocolloids on the rheological, microscopic, mass transfer characteristics during frying and quality characteristics of puri. *Food Hydrocolloids*, 27, 191-200.