بهینه یابی اثر اسید آسکوربیک و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر با استفاده از روش سطح پاسخ

اسماعیل عطای صالحی۱*، سید محمد آل طاها۲، مسعود مجیدی مقدم۳

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

۲- استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فنی حرفه¬ای، نیشابور، ایران.

۳- دانش آموخته گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

*مسئول مکاتبات: eatayesalehi@yahoo.com

چکیده:

روش سطح پاسخ به عنوان یک روش پرکاربرد در یافتن بهترین فرمول برای تولید مواد غذایی استفاده می‌گردد. با توجه به توسعه نان‌ها بر اساس افزایش تقاضا در تنوع آن‌ها، توسط مصرف کنندگان، در این تحقیق جهت بهبود خواص رئولوژیکی خمیر نان تهیه شده ازآردهای نرم از اسید آسکوربیک و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید (DATEM) استفاده گردید. هدف این بررسی، تاثیر اسید آسکوربیک در دامنه ۰/۱ تا ۰/۵ گرم و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید (DATEM) در دامنه ۰/۲ تا ۰/۶ درصد در فرمولاسیون آرد گندم بر خواص رئولوژیکی خمیر بود. نتایج نشان داد افزایش غلظت اسید آسکوربیک و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر شامل پارامترهای فارینوگرافی و بافت سنجی خمیر (کشش خمیر) داشت ($P<0.01$). بررسی بهینه‌سازی آزمون‌های رئولوژی خمیر نشان داد که در مقادیر ۰/۳ درصد اسید آسکوربیک و ۰/۶ درصد دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید ؛ میزان جذب آب ۵۰/۷ درصد، زمان توسعه خمیر ۱/۵۵ دقیقه، مقاومت ۲/۵ دقیقه، درجه شل شدن خمیر ۱۶۵/۸ واحد فارینوگراف، عدد کیفی فارینوگرافی۲۶/۲۲، سفتی خمیر (مساحت زیر منحنی) ۳/۴۸ نیوتن بر میلی‌متر، مقاومت ماکزیمم ۰/۰۲۳ نیوتن و کشش خمیر ۲۳/۴۸ میلی‌متر بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اسید آسکوربیک و امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید منجر به بهبود خواص رئولوژی آرد ضعیف شده و آن را جهت تهیه نان مناسب می‌کند.

کلمات کلیدی: آرد گندم، اسید آسکوربیک، بافت سنجی، دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید، فارینوگراف.

۱-مقدمه:

آرد گندم ترکیب پیچیده‌ای است که از ۷۰ تا ۸۰ درصد نشاسته، ۸ تا ۱۸ درصد پروتئین‌ها، ۲ درصد چربی‌ها، ۲ درصد پنتوزان‌ها، آنزیم‌ها و مهار کننده‌های آنزیمی و مقادیر جزئی اجزای دیگر تشکیل شده است. همچنین پرمصرف ترین و مهمترین نوع آرد در تهیه نان و سایر محصولات آردی مانند بیسکوئیت‌ها و انواع کیک می‌باشد. حضور پروتئین گلوتن، آرد گندم را از آرد سایر غلات متمایز می‌کند به همین جهت به عنوان مهمترین و پرمصرف ترین نوع پروتئین در جهان بعد از پروتئین سویا شناخته شده است(۶، ۲۶، ۲۷). یکی از خواص منحصر به فرد آرد گندم خاصیت ویسکوالاستیک آن است به طوری‌که پس از مخلوط شدن با آب و تشکیل شبکه خمیر می‌تواند گاز را در خود حفظ کرده و منجر به تورم خمیر و نهایتاً محصول نهایی شده و بافت مناسبی را به نان بدهد (۳۰).

گلوتن از دو زیر واحد گلیادین و گلوتنین تشکیل شده است. گلیادین در ویسکوزیته و گلوتنین در قوام خمیر نقش برجسته ای دارند (۳۱،۲۰). یکی از ویژگی‌های اصلی در رئولوژی خمیر الاستیسیته است (۱۲، ۲۳). گلوتن با شبکه سه بعدی که توسط اتصالات داخلی پایدار شده است می‌تواند الاستیسیته را توجیه کند (۸). الاستیسیته بر روی ظرفیت نگهداری گاز در خمیر موثر بوده و تعیین کننده کیفیت خمیر می‌باشد (۲۱). در واقع خواص رئولوژیکی خمیر به ساختار و آرایش ترکیبات و نیروهای بین آن‌ها بستگی دارد. در ادامه بررسی رفتار رئولوژیک خمیر همزدن، یک گام کلیدی در جهت مخلوط نمودن آب و آرد و مواد دیگر جهت رسیدن به یک توده منسجم می‌باشد. عامل مهم دیگر که اغلب توجهی به آن نمی‌شود هواست، بطوریکه در طول عملیات اختلاط این هواست که منجر به گسترش و تورم بهتر خمیر شده و روی رئولوژی خمیر هم موثر است (۲،۷).

در طول پخت نان، مجموعه گسترده ای از پدیده های مختلف فیزیکوشیمیایی (به عنوان مثال، تشکیل شبکه گلوتن، گسترش سلول های گاز محبوس شده در ماتریس گلوتن-نشاسته، ژلاتینه شدن نشاسته، ترموست پروتئین های گلوتن و غیره) رخ می دهد که تغییرات قابل تشخیصی را در خواص رئولوژیکی ایجاد می کند. این تغییرات که در واکنش رئولوژیکی خمیر آرد گندم در مراحل مختلف تولید نان رخ می دهد، تأثیر عمده ای بر کیفیت محصول پخته شده دارد. بنابراین، توصیف رئولوژیکی خمیر آرد گندم برای تولید اطلاعات در مورد کیفیت مواد اولیه و ویژگی‌های بافتی و حسی محصول نهایی ضروری است (۱۱).

کیفیت محصول نهایی گندم عمدتاً به پروتئین‌های گلوتن بستگی دارد. پروتئین گلوتن عمدتاً خاصیت ارتجاعی و قابلیت انبساط خمیر را فراهم می کند که برای گندم منحصر به فرد است و منجر به تولید محصولات نهایی متنوع می شود. اسید آمینه سیستئین، پروتئین گلوتن پیوندهای دی سولفیدی را تشکیل می دهند که اساساً پایه های شیمیایی خواص فیزیکی خمیر هستند (۳۵).

یکی از دلایل کاهش کیفیت و وجود نقص کیفی در فراورده های نانوایی در سال های اخیر ،کیفیت پایین و نامناسب بودن گندم کشور می باشد. با توجه به غیر قابل کنترل بودن بسیاری ازعوامل موثر بر کیفیت گندم، استفاده از بهبود دهنده ها در آرد حاصل، بسیار مورد توجه قرارگرفته است (۱۵،۱).

در برخی از تحقیقات انجام شده مواد تشکیل دهنده خمیر مانند آنزیم‌ها، شکر، نمک، چربی و سیستئین به منظور بهبود کیفیت تغذیه ای، حسی و افزایش ماندگاری محصولات نانوایی استفاده شده که اثرات قابل توجهی بر خواص رئولوژیکی خمیر داشته است (۴،۲۵).

استفاده از مواد مجاز که بتواند منجر به بهبود پیوندهای دی سولفیدی شود حائز اهمیت می‌باشد به این جهت در مطالعه حاضر به بررسی اثر دو ماده خالص اسید آسکوربیک و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید روی خصوصیات رئولوژی آرد خام بدون بهبود دهنده و بهینه یابی فرمولاسیون آن 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 ۵ نقطه مرکزی و بصورت face centered استفاده شد.

۲-مواد و روش‌ها:

۲-۱-مواد و تجهیزات:

مواد و تجهیزاتی مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از: آرد گندم رقم سرداری با درجه استخراج ۸۵ درصد(رطوبت ۱۲/۸درصد، پروتئین درصد، چربی ۱/۴ درصد و خاکستر۱/۱ درصد) بدون بهبود دهنده (Acee Ard، Mashhad، Iran)، اسید آسکوربیک و سدیم کلراید (Merck، Darmstadt، Germany) و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید (DATEM)، دستگاه فارینوگراف (Brabender، Duisburg، Germanny)، بافت سنج (TAXT Plus، Surrey، UK)، پروب و ملحقات کیفر (Kieffer، Surrey، UK).

۲-۲-آزمون فارینوگرافی

آزمون فارینوگراف بر طبق روش ریدر و همکاران (۲۰۱۲) و استاندارد ایزو (۱۹۷۸) با کمی تغییرات انجام شد. اطلاعاتی که از دستگاه فارینوگرافی حاصل گردید شامل تغییرات درصد جذب آب (درصد)، زمان توسعه خیر (دقیقه)، مقاومت خمیر (دقیقه)، میزان شل شدن خمیر در اثر نیروی همزن (واحد فارینوگراف) و عدد کیفی فارینوگرافی بود. این آزمون در سه تکرار انجام شد و میانگین‌ها گزارش شدند (۲۹،۱۴).

۲-۳-آزمون کشش خمیر

برای انجام این آزمون از روش دوبرازیک و سالمانویز (۲۰۰۸) و کیفر و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. میزان سفتی خمیر (نیوتن بر میلی‌متر)، ماکزیمم مقاومت (نیوتن) و حداکثر کشش خمیر (میلی‌متر) با این آزمون ارزیابی شدند. این آزمون در ۳ تکرار انجام شد و میانگین‌ها گزارش شدند (۱۶،۷).

۲-۴-آنالیز آماری

بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورهای غلظت اسید آسکوربیک و درصد دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر آرد گندم هدف اصلی این پژوهش بود. در این طرح با توجه به جدول ۱ غلظت اسید آسکوربیک با نماد ریاضی x_1 ، درصد دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید با نماد x_2 به عنوان دو فاکتور موثر و تغییرات درصد جذب آب (درصد)، زمان توسعه خیر (دقیقه)، مقاومت خمیر (دقیقه)، میزان شل شدن خمیر در اثر نیروی همزن (واحد فارینوگراف)، عدد کیفی فارینوگرافی، میزان سفتی خمیر (نیوتن بر میلی‌متر)، ماکزیمم مقاومت (نیوتن) و حداکثر کشش خمیر (میلی‌متر) متغیرهای وابسته بودند. در روش سطح پاسخ (RSM) 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.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j \qquad (۱)$$

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(۱۵).

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن‌ها

متغیرهای مستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه		
		-۱	۰	+۱
اسید آسکوربیک (گرم)	X_1	۰/۱	۰/۳	۰/۵
DATEM (درصد)	X_2	۰/۲	۰/۴	۰/۶

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 آنالیز آماری

در این تحقیق از روش سطح پاسخ با پنج نقطه مرکزی(طرح مرکب مرکزی) استفاده شد. در این روش تغییرات (Y) پاسخ‌ها روی هر آزمون و اثرات آن‌ها در معادلات خطی، درجه دوم و اثر متقابل روی غلظت اسید آسکوربیک (X_1) و درصد دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید (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 (درصد)، 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 ماکزیمم (نیوتن)، قابلیت کشش (میلی‌متر) انجام شد.

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس و مدل سازی آرد خام ۸۵ درصد حاوی اسید آسکوربیک و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید در آزمون‌های فارینوگراف و کشش خمیر.

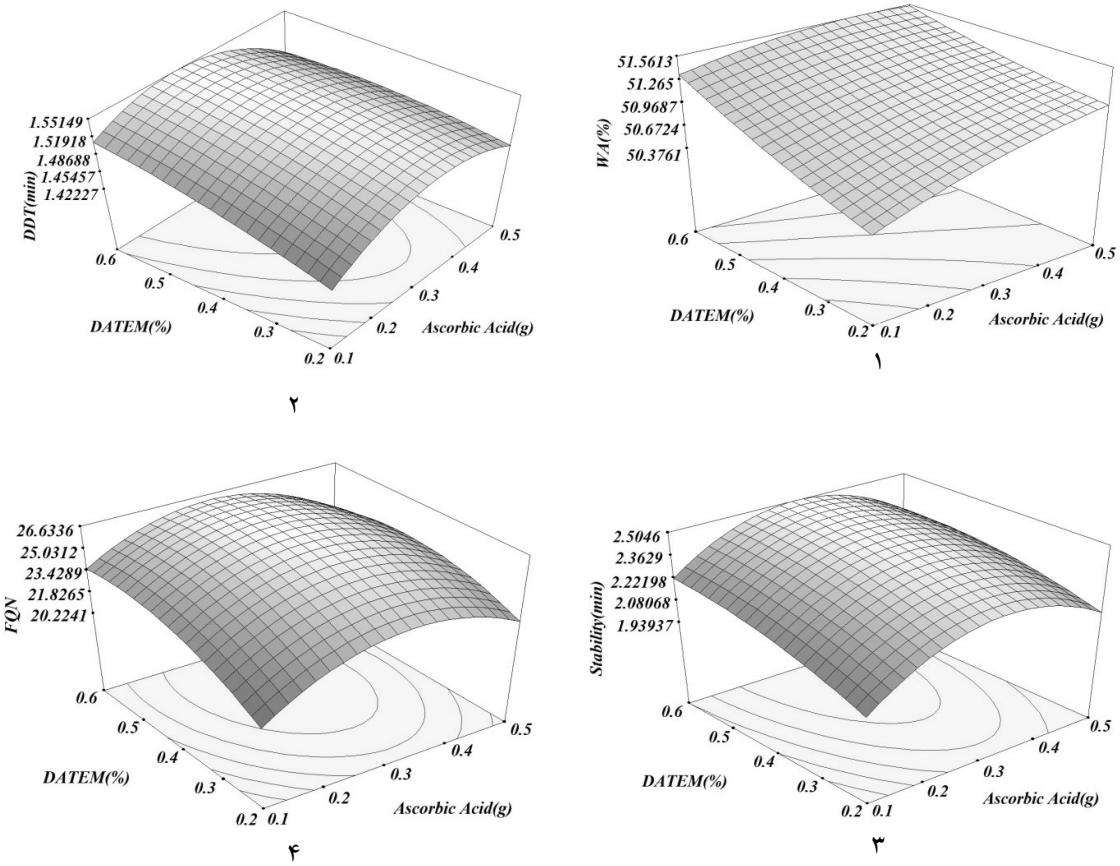
	آزمون	مدل	R^2	R^2-Adj	R^2-Pre	CV
	جذب آب (درصد)	$Y=۵۱/۱۳ + ۰/۳۵ X_۲$	۰/۸۴۰۵	۰/۷۲۶۵	۰/۴۵۱۱	۰/۳۵
	زمان توسعه خمیر (دقیقه)	$Y=۱/۲۶+۰/۴۸X_۲ - ۱/۳۹ X_۱^۲$	۰/۸۹۹۳	۰/۸۲۷۳	۰/۱۷۸۹	۱/۱۱
فارینوگراف	مقاومت خمیر (دقیقه)	$Y=۱/۲۶ +۱/۹۱X_۲ -۴/۳۰۵ \times ۱۰^{-۱۱} X_۱^۲$	۰/۸۹۷۱	۰/۸۲۳۵	۰/۲۲۰۶	۳/۳۳
	درجه شل شدن خمیر (فارینوگراف)	$Y=۲۲۲/۳۴-۹۱/۲۸X_۲ +۲۸۲/۳۳X_۱^۲$	۰/۹۴۸۷	۰/۹۱۲۰	۰/۷۰۲۹	۱/۳۹
	عدد کیفی فارینوگرافی	$Y=۱۰/۳۷ +۳۶/۱۴X_۲ -۷۰/۶۹ X_۱^۲$	۰/۹۱۶۱	۰/۸۵۶۲	۰/۴۴۳۲	۳/۳۳
	سفتی (نیوتن بر میلی‌متر)	$Y=۲/۴۹ +۵/۱۴X_۱ -۰/۶۳X_۲-۶/۷۸ X_۱^۲$	۰/۹۵۸۱	۰/۹۲۸۱	۰/۶۵۲۷	۱/۴۲
کشش	مقاومت ماکزیمم (نیوتن)	$Y=۰/۰۱۴ -۴/۵۹X_۲ -۰/۰۶۵ X_۱^۲$	۰/۸۸۳۱	۰/۷۹۹۶	۰/۱۵۴۰	۳/۸۳
خمیر	قابلیت کشش (میلی‌متر)	$Y=۲۱/۹۴ +۱/۰۳X_۲-۹/۷۶ X_۱^۲$	۰/۹۶۷۸	۰/۹۴۴۸	۰/۶۸۹۲	۰/۲۱

۳-۲-نتایج آزمون فارینوگرافی

دستگاه فارینوگراف یکی از تجهیزات اندازه گیری خواص رئولوژی آرد می‌باشد. توسط این دستگاه و به کمک نرم افزار جانبی آن پارامترهایی مانند تغییرات درصد جذب آب (درصد)، زمان توسعه خیر (دقیقه)، مقاومت خمیر (دقیقه)، میزان شل شدن خمیر در اثر نیروی همزن (واحد فارینوگراف)، عدد کیفی فارینوگرافی مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در جداول۱ و ۲ مشاهده می شود، مدل برای اکثر پارامترهای آزمون فارینوگراف معنی دار شد؛ اثر خطی عبارت‌های امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید ، درجه دوم اسید آسکوربیک بود ($p<0.01$). همچنین فاکتورهایی که برازش مناسب مدل را نشان داد، نتایج مدل سازی و بهینه سازی فرمولاسیون آرد گندم بر اساس این آزمون در جدول ۳ آورده شده است.

آرد مورد استفاده در این تحقیق از کیفیت رئولوژیکی پایینی بر خوردار بود و به همین جهت استفاده از مواد خالص جهت بهبود شرایط آن مورد توجه بود. با توجه به شکل ۱ مشخص شد که با افزایش غلظت اسید آسکوربیک از ۰/۱ تا ۰/۳ گرم افزایش مناسبی در میزان مقاومت خمیر مشاهده گردید. افزودن اسیداسکوربیک سبب بهبود و افزایش قدرت شبکه گلوتنی از طریق ایجاد باندهای دی سولفیدی می‌گردد، در نتیجه پیوند های بین گلوتنین و گلیادین در خمیر تقویت گشته و بهبودکمپلکس این مجموعه پروتئینی با نشاسته را به دنبال دارد. از طرفی ویتامین ث مانع از اثر گلوتاتیون به عنوان یک عامل احیا کننده بر روی پروتئین گلوتن و تضعیف آن می شود (۳۳). اما از غلظت‌های ۰/۳ تا ۰/۵ این میزان کاهش پیدا کرد و دلیل آن بر طبق مشاهدات وانگ و همکاران (۱۹۹۲) بیان شد که کاهش مقاومت خمیر درضمن مخلوط کردن آرد به دلیل کاهش باندهای دی سولفید یا به عبارتی بازشدگی شبکه گلوتن بود(۳۶). همچنین بر طبق مطالعات ال هادی و ال ساماهی (۱۹۹۹) به تاثیر اسید اسکوربیک در بهبود حجم مخصوص نان حاصل از خمیرهای منجمد اشاره شده، بطوریکه استفاده از این افزودنی سبب بهبود حجم در نمونه‌ها گردیده بود، ولی مقادیر بالای اسید اسکوربیک سبب افت حجم در نمونه‌ها شده بود(۹). همچنین استفاده از امولسیفایر منجر به افزایش مقاومت خمیر وکاهش میزان شل شدن خمیر گردید. دلیل این امر افزایش برهمکنش بین نشاسته و پروتئین گلوتن است که همانند پلی بین این دو ترکیب ارتباط بر قرار می‌کند (۳۶). این نتیجه مطابق یافته‌های ریبوتا و همکاران (۲۰۰۴) بود، آن‌ها نشان دادند که امولسیفایر مذکور می‌تواند به طور معنی داری میزان مقاومت خمیر و حجم محصول نهایی و حفظ گاز در خمیر را در اثر تقویت شبکه گلوتن خمیر، بالا برد(۲۸). در تحقیقی دیگر کالاکوگلو و اوزکایا (۲۰۱۲)، با بررسی اثر دو نوع لیپاز و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید در غلظت‌های مختلف (۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱ درصد برای دی استیل

تارتاریک استر منو گلیسرید) روی خصوصیات رئولوژی خمیر دو نوع آرد سفید و کامل نشان دادند که با افزایش درصد امولسیفایر مذکور مقاومت خمیر فارینوگرافی افزایش داشت در حالیکه این افزایش، تاثیری روی جذب آب و زمان توسعه خمیر نداشت(۵).



شکل ۱- نمایش نمودار سه بعدی، اثر همزمان متغیرها بر روی پارامتر های فارینوگرافی.

فاکتور بعدی عدد کیفی فارینوگرافی بود هرچه میزان عدد کیفی فارینوگرافی بیشتر باشد آرد قوی، و هرچه میزان عدد کیفی فارینوگرافی کمتر باشد آرد ضعیف خواهد بود، به طوری که اگر بیشتر از ۱۸۰ باشد آرد قوی، اگر بین ۵۰ تا ۱۸۰ باشد آرد متوسط و اگر بین ۱۵ تا ۵۰ باشد آرد ضعیف است(۱۸، ۱۹، ۳۲، ۳). با توجه به شکل ۱ نتایج بررسی عدد کیفی فارینوگرافی نشان داد که افزایش میزان اسید آسکوربیک در ابتدا باعث افزایش شد اما در ادامه منجر به کاهش گردید که در پاراگراف قبل نیز به آن اشاره شد، اما با افزایش میزان امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید میزان عدد کیفی فارینوگرافی نیز افزایش معنی داری داشت اما هیچ کدام نتوانست این عدد را به محدوده متوسط و مطلوب برساند.

جدول ۱- آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم برای آزمون‌های فارینوگراف و کشش خمیر.

منبع	درجه آزادی	جذب آب (درصد)		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	۱/۱۵	۰/۰۱۰۳	۰/۰۱۷	۰/۰۰۲۲	۰/۳۶	۰/۰۰۲۴	۷۷۰/۰۵	۰/۰۰۰۲
خطی									
X_1	۱	۰/۳۳	۰/۰۱۴۳$_{ns}$	۱/۶۷×۱۰$^{-۵}$	۸۱۳۶$_{ns}$ ۰/	۰/۰۱۵	۰/۱۵۴۳$_{ns}$	۱۳/۵۰	۰/۱۷۵۷$_{ns}$
X_2	۱	۰/۷۳	۰/۰۰۱۸	۴/۲۷×۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۵۸	۰/۰۸۲	۰/۰۰۷۴	۲۴۰/۶۷	۰/۰۰۰۴
درجه دوم									
X_{11}	۱	۰/۰۲۶	۰/۳۹۳۹$_{ns}$	۸/۵۷×۱۰$^{-۳}$	۰/۰۰۰۹	۰/۱۸	۰/۰۰۰۸	۳۵۲/۲۴	۰/۰۰۰۱
X_{22}	۱	۷/۸۹×۱۰$^{-۳}$	۰/۶۳۰۵$_{ns}$	۳/۱۶×۱۰$^{-۴}$	/۳۲۱۹$_{ns}$ ۰	۸/۹۴×۱۰$^{-۳}$	۰/۲۵۷۴$_{ns}$	۲۱/۵۵	۰/۰۹۸۸$_{ns}$
اثر متقابل									
X_{12}	۱	۰/۰۶۲	۰/۱۹۹۹$_{ns}$	۱/۲۳×۱۰$^{-۳}$	/۰۷۳۹$_{ns}$ ۰	۲/۵۰×۱۰$^{-۳}$	۰/۵۳۵۳$_{ns}$	۱	۰/۶۹۴۱$_{ns}$
باقیمانده	۷	۰/۲۲		۱/۹۵×۱۰$^{-۳}$		۰/۰۴۱		۴۱/۶۴	
عدم برازش	۳	۰/۰۵	۰/۷۶۱۱$_{ns}$	۱/۶۷×۱۰$^{-۳}$	/۰۳۶۹$_{ns}$ ۰	۰/۰۲۹	۰/۱۴۲۸$_{ns}$	۲۸/۴۴	۰/۱۶۷۱$_{ns}$
خطای خالص	۴	۰/۱۷		۲/۸۰×۱۰$^{-۴}$		۰/۰۱۲		۱۳/۲۰	
کل	۱۲	۱/۳۷		۰/۰۱۹		۰/۴		۸۱۱/۶۹	

جدول ۲- آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم برای آزمون‌های فارینوگراف و کشش خمیر.

منبع	درجه آزادی	عدد کیفی فارینوگرافی		سفتی خمیر (نیوتن بر میلی‌متر)		مقاومت ماکزیمم (نیوتن)		کشش خمیر (میلی‌متر)	
		مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P	مجموع مربعات	احتمال P
مدل	۵	۵۰/۶۰	۰/۰۰۱۲	۰/۳۳	۰/۰۰۰۱	$۳/۱۳\times۱۰^{-۵}$	۰/۰۰۳۷	۰/۶۵	<۰/۰۰۰۱
خطی									
X_1	۱	۰/۶۷	$۰/۳۴۸۹_{ns}$	۰/۰۵۴	۰/۰۰۱۴	$۲/۸۲\times۱۰^{-۷}$	$۰/۵۱۲۵_{ns}$	$۷/۰۴\times۱۰^{-۴}$	$۰/۶۴۷۴_{ns}$
X_2	۱	۸/۱۷	۰/۰۰۹۸	۰/۰۵۸	۰/۰۰۱۱	$۱/۲۰\times۱۰^{-۵}$	۰/۰۰۲۸	۰/۱۵	۰/۰۰۰۲
درجه دوم									
X_{11}	۱	۲۲/۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۲۰	<۰/۰۰۰۱	$۱/۸۵\times۱۰^{-۵}$	۰/۰۰۰۸	۰/۴۲	<۰/۰۰۰۱
X_{22}	۱	۴/۸۷	$۰/۰۳۰۱_{ns}$	۰/۰۱۷	$۰/۰۲۳۸_{ns}$	$۱/۰۴\times۱۰^{-۶}$	$۰/۲۲۷۶_{ns}$	$۶/۰۳\times۱۰^{-۴}$	$۰/۶۷۱۷_{ns}$
اثر متقابل									
X_{12}	۱	۱	$۰/۲۵۸۷_{ns}$	۰/۰۱۴	$۰/۰۳۳۶_{ns}$	$۲/۲۵\times۱۰^{-۸}$	$۰/۸۵۰۹_{ns}$	۰/۰۲۱	$۰/۰۳۵۸_{ns}$
باقیمانده	۷	۴/۶۳		۲۸/۱۳		$۴/۱۴\times۱۰^{-۶}$		۰/۰۲۲	
عدم برازش	۳	۳/۴۳	$۰/۱۱۴۴_{ns}$	۲۲/۶۳	$۰/۰۷۸۲_{ns}$	$۲/۹۳\times۱۰^{-۶}$	$۰/۱۴۳۰_{ns}$	۰/۰۲۱	$۰/۰۲۱۶_{ns}$
خطای خالص	۴	۱/۲۰		۵/۵۰		$۱/۲۱\times۱۰^{-۶}$		$۶/۳۳\times۱۰^{-۴}$	
کل	۱۲	۵۵/۲۳		۳۹۰/۳۶		$۳/۵۴\times۱۰^{-۵}$		۰/۶۷	

۳-۳-نتایج آزمون کشش خمیر

در این روش از دستگاه بافت سنج و پروب کیفر استفاده گردید این پروب تقریبا شرایط دستگاه اکستنسوگراف را در ابعاد کوچک را ایجاد می‌کند. همانطور که در جدول۳-۲ مشاهده می شود، عبارت‌های مدل که برای اکثر پارامترهای آزمون کشش خمیر معنی دار شد؛ اثر خطی امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید و اسید آسکوربیک و درجه دوم اسید آسکوربیک بود ($p<0.01$). همچنین فاکتورهایی که برازش مناسب مدل را نشان داد، نتایج مدل سازی و بهینه سازی فرمولاسیون آرد مورد استفاده بر اساس این آزمون در جدول ۲ آورده شده است. مطابق با شکل ۲ بررسی‌ها بر روی سفتی و کشش خمیر حاصل در فرمولاسیون‌های متفاوت نشان داد که با افزایش میزان اسید آسکوربیک در ابتدا افزایش و سپس کاهش ایجاد کرد و افزایش درصد امولسیفایر نیز باعث افزایش سفتی و کشش خمیر شد. این نتایج احتمالا به دلیل تاثیر اسید آسکوربیک و امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید روی شبکه خمیر و اثر این مواد بر روی پیوندهای دی سولفیدی بوده است. به کارگیری اسیداسکوربیک سبب بهبود و تقویت خمیر شده، در نتیجه توانایی خمیر جهت افزایش الاستیسیته آن افزایش می یابد. این امر به بهبود شبکه گلوتنی واصلاح آن نسبت داده می شود(۳۸، ۳۶).

از سایر نتایج روی سفتی و کشش خمیر در اثر نیروی همزن می‌توان به نتایج کیم و کورنیلان (۲۰۰۱) اشاره کرد. آن‌ها بیان کردند که سیالیت خمیر بدلیل افزایش برخوردهای بین مولکول‌های آب و سایرماکرومولکول‌ها در طی مرحله مخلوط کردن خمیرکاهش می‌یابد(۱۶). همچنین با افزایش سرعت در مخلوط کردن خمیرفضای بین مولکولی کاهش می‌یابد. آن‌ها نشان دادند که کاهش سفتی خمیر باافزایش زمان مخلوط کردن در سرعت پایین بدلیل کاهش استحکام شبکه گلوتن بود وهمچنین مانوهار و هاریداس (۱۹۹۷) به نتایج مشترکی دست یافتند(۲۱). سودها و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی تاثیر افزایش سطوح جایگزینی سبوس برنج از ۱۰ تا ۴۰ درصد در فرمولاسیون نان، افزایش جذب آب و زمان توسعه، همچنین کاهش مقاومت و کشش پذیری خمیر را گزارش نمودند(۳۴).

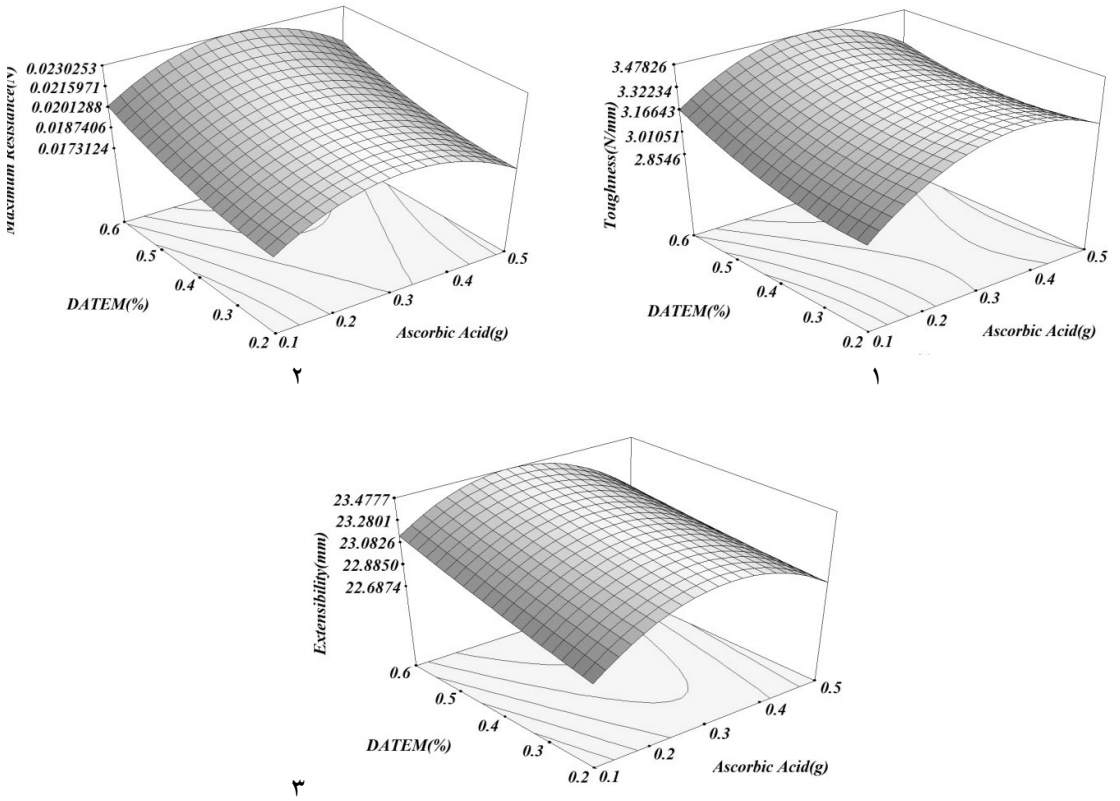
از دیگر تحقیقات انجام شده کالاکوگلو و اوزکایا (۲۰۱۲) با بررسی اثر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید روی خصوصیات رئولوژی خمیر دو نوع آرد سفید و کامل نشان دادند که با افزایش درصد امولسیفایر مذکور در آزمون کشش اکستنسوگرافی، مقاومت ماکزیمم[1] افزایش یافت و همچنین با افزایش درصد دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید ، میزان کشش و انرژی کاهش یافت(۵).

[1] Maximum Resistance

از دیگر تحقیقات فاسیو و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر تشدید کنندگی آنزیم سولفیدریل اکسیداز روی فعالیت اسید آسکوربیک در آزمون رئولوژی خمیر (کشش با دستگاه بافت سنج و پروب کیفر) نشان دادند که با افزایش غلظت اسید آسکوربیک از صفر تا ۱۰۰۰ قسمت در میلیون، میزان کش آمدگی خمیر افزایش داشت(۱۰).

۳-۴-بهینه سازی فرمولاسیون آرد حاوی اسید آسکوربیک و DATEM

نتایج بهینه سازی فرمولاسیون آرد با درجه استخراج ۸۵ درصد حاوی اسید آسکوربیک و امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید 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 که در جدول ۴، مشخص است با درجه تمایل ۰/۹۱۹، برای اسید آسکوربیک۰/۳ درصد و برای امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید ۰/۶ درصد تعیین شد.



شکل ۲- نمایش نمودار سه بعدی، اثر همزمان متغیرها بر روی پارامترهای کششی خمیر.

جدول ۳- بهینه سازی نهایی فرمولاسیون آرد ۸۵ درصد حاوی اسید آسکوربیک و دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید.

اسید آسکوربیک (درصد)	DATEM (درصد)	جذب آب (درصد)	زمان توسعه (دقیقه)	مقاومت (دقیقه)	درجه شل شدن (واحد فارینوگراف)	عدد کیفی فارینوگرافی	سفتی (نیوتن بر میلی‌متر)	مقاومت ماکزیمم (نیوتن)	کشش خمیر (میلی‌متر)	درجه تمایل
۰/۳۰	۰/۶۰	۵۰/۷۲	۱/۵۵	۲/۵۰	۱۶۵/۸۱	۲۶/۲۲	۳/۴۸	۰/۰۲۳	۲۳/۴۸	۰/۹۱۹

۴-نتیجه گیری:

آنالیز سطح پاسخ به صورت طرح مرکب با پنج نقطه مرکزی در بهینه یابی فرمولاسیون آرد گندم حاوی اسید آسکوربیک و امولسی-فایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید و با کمک آزمون‌های رئولوژی شامل فارینوگراف و بافت سنج انجام شد. نتایج به طور معنی داری تاثیر این دو ماده را بر ساختار خمیر نان نشان داد و بطور کلی اثر اسید آسکوربیک و امولسیفایر دی استیل تارتاریک استر منو گلیسرید روی آرد ضعیف تا حدودی منجر به بهبود خواص رئولوژی آن گردید. استفاده از امولسیفایر در فرمولاسیون آرد خام، شرایط تشکیل شبکه خمیر و کمپلکس گلوتنی را بهبود داد.

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. Ambika S, Sheenu G, Imran S, Pritesh V. Effect of wheat grain protein composition on end-use quality. *Journal of Food Science and Technology*, 2020; 57 (8): 2771-2785. https://doi.org/10.1007/s13197-019-04222-6
2. Angioloni A., Dalla Rosa M. Effects of cysteine and mixing conditions on white/whole dough rheological properties. *Journal of Food Engineering*. 2007; 80: 18–23. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.050
3. Appolonia BL, Kunerth WH. 1977. The Farinograph Handbook: third edition, revised and expanded. St. Paul, Minnesota, USA: AACC, *American Association of Cereal Chemists*, Inc.

4. Bollain C, Collar C. Dough viscoelastic response of hydrocolloid/enzyme/surfactant blends assessed by uni-and bi-axial extension measurements. *Food Hydrocolloids*. 2004; 18(3): 499–507. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.08.007
5. Colakoglu AS, Özkaya H. Potential use of exogenous lipases for DATEM replacement to modify the rheological and thermal properties of wheat flour dough. *Journal of Cereal Science*. 2012; 55: 397-404. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.02.001
6. Dobraszczyk BJ, Morgenstern MP. Rheology and the bread making process. *Journal of Cereal Science*. 2003; 38(3): 229–245. https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00059-6
7. Dobraszczyk BJ, Salmanowicz BP. Comparison of predictions of baking volume using large deformation rheological properties. *Journal of Cereal Science*. 2008; 47: 292–301. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.04.008
8. Dovidio R, Renato J, Masci S. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *Journal Cereal science*. 2004; 39(3): 321-339. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.002
9. EL-Hady E, EL- samahy SK. Effect of oxidants, sodium- stearoyl-2-Lactylate and their mixtures on rheological and baking properties of none pre fermented frozen dough. *Lebensmitted Wissenschaft and Technologie*. 1999; 32: 446-454.
10. Faccio G, Flander L, Buchert J, Saloheimo M, Nordlund E. Sulfhydryl oxidase enhances the effects of ascorbic acid in wheat dough. *Journal of Cereal Science*. 2012; 55: 37-43. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.002
11. Gamze Y. Wheat flour quality assessment by fundamental non-linear rheological methods: a critical review. *Foods*. 2023; 12 (3353): 2-35. https://doi.org/10.3390/foods12183353
12. Guy Della V, Maude D, Florence H, Hubert C, Luc S, Kamal K. Rheology of wheat flour dough at mixing. *Current Opinion in Food Science*. 2022; 57: 375-385. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100873
13. Hruskova M, Smejda P. Wheat flour dough alveograph characteristics predicted by NIR systems 6500. *Czech Journal Food Sciences*. 2003; 21: 28-33. http://dx.doi.org/10.17221/3474-CJFS
14. ISO. 1978. International Standards. ISO, Geneva, Switzerland.
15. Haghpanah Kouchesfahani M, Tayefe M, Sadeghi SM, Nasrollahzadeh M, Fadaei L. Evaluation of the effect of adding α-amylase and ascorbic acid on rheological properties of wheat flour dough. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 2022; 18: 69- 79. [In Persian].
16. Kieffer R, Wieser H, Henderson MH, Graveland A. Correlations of the bread making performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. *Journal of Cereal Science*. 1998; 27, 53–60. https://doi.org/10.1006/jcrs.1997.0136
17. Kim YR., Cornillon P. Effects of temperature and mixing time on molecular mobility in wheat dough. *LWT - Food Science and Technology*. 2001; 34: 417-423. https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0717
18. Lei F, Ji-chun T, Cai-ling S, Chun L. RVA and Farinograph Properties Study on Blends of Resistant Starch and Wheat Flour. *Agricultural Sciences in China*. 2008; 7: 812-22. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60118-2
19. Li X., Xu P, Ling JY. Farinograph quality number (FQN) -a new index for rheological property measurement on dough with farinograph. *Journal of the Cereals and Oils Association*. 2002; 17: 18-22.
20. MacRitchie F. Studies of Gluten protein from wheat flours. *Cereal foods world*. 1980; 25, 382-385.
21. Main, K. Rheological properties and bread making quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. *Cereal chemistry*. 1992; 62(2): 222-225.
22. Manohar RS, Haridas RR. Effect of mixing period and additives on the rheological characteristics of dough and quality of biscuits. *Journal of Cereal Science*. 1997; 25: 197–206. https://doi.org/10.1006/jcrs.1996.0081
23. Matz SA. 1951. The chemistry and technology of cereals as food and feed. The AVI publishing company INC. pp. 35-50.
24. Montgomery DC. 2001. Design and analysis of experiments. New York: Wiley. 5th ed. pp. 455-492.

25. Narpinder S, Inderpreet KB, Singh RP, Hardeep SG. Effect of different additives on mixograph and bread making properties of Indian wheat flour. *Journal of Food Engineering*. 2002; 56: 89–95. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00151-6
26. Ozboy O, Koksel H. Unexpected strengthening effects of coarse wheat bran on dough rheological properties and baking quality. *Journal of Cereal Science*. 1997; 25: 77-82. https://doi.org/10.1006/jcrs.1996.0076
27. Pomernaz Y. 1988. Composition and functionality of wheat flour components. In: *Wheat, Chemistry and Technology vol II*, Pomernaz, Y. Am. Assoc. Cereal Chemistry, Paul. M. N. pp. 219-270.
28. Ribotta PD, Perez GT, Leon AE, Anon MC. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*. 2004; 18: 305–313. https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00086-9
29. Rieder A, Holtekjolen AK, Sahlstrom S, Moldestad,A. Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. *Journal of Cereal Science*. 2012; 55: 44-52. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.003
30. Roccia P, Ribotta PD, Perez GT, Leon AE. Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. *LWT - Food Science and Technology*. 2009; 42: 358–362. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.03.002
31. Schofield JD. 1994. Wheat production, Properties and Quality (1 sted.) Blackie Acadamic and professional, Glawgow, UK, pp.73-99.
32. Siet W, Schoggl G. The farinograph quality number and its applicability for testing the quality of Austrian wheat. *Muhle Mischfuttertechnik*. 1996; 133: 785-8.
33. Skendi A, Seni I, Varzakas T, Papageorgiou, M. Preliminary investigation into the effect of some bakery Improvers in the rheology of bread wheat dough. *Biology and Life Sciences Forum*. 2021; 6(73), 1-7. https://doi.org/10.3390/Foods2021-10991
34. Sudha ML, Vetrimani R, Leelavathi, K. Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*. 2007; 100(4): 1365-1370. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.013
35. Sonia G, Mohinder S, Sapna G, Ali R, Shabir Hussain W. Wheat proteins: A valuable resources to improve nutritional value of bread. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021; 5: 1-10. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.769681
36. Tebben L, Chen G, Tilley M, Li Y. Improvement of whole wheat dough and bread properties by emulsifiers. *Grain & Oil Science and Technology*. 2022; 5(2): 59-69. https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.05.001
37. Wang GIJ, Faubion JM, Hoseney RC. Studies of the breakdown and reformation of SDS insoluble Glutenin proteins with dough mixing and resting. *Journal of Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 1992; 25: 228–231.
38. Xhabir A, Gafur X, Erhan S, Faton S. The effect of some additives on the rheology of dough and quality of bread. *Acta agriculturae Slovenica*. 2022; 118(2): 1-7. http://dx.doi.org/10.14720/aas.2022.118.2.2601

Optimization of Ascorbic Acid and DATEM Effects on Rheological Characteristics of Wheat Flour Dough by Response Surface Methodology

Esmaeil Ataye Salehi[1]*, Seyed Mohammad Ale Taha[2], Masoud Majidi Moghaddam[3]

1- Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Food Science Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Neyshabur, Iran.

3- M.Sc. Graduated, Department of Food Science & Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

Abstract:

Response surface methodology is a widely used method to find the best formula for producing food. Due to the development of breads based on the increasing demand for their varieties by consumers, in this research, various additives were used to improve the rheological properties of the dough with the aim of making soft flour. The aim of this study was to evaluate the effect of ascorbic acid in the range of 0.1 to 0.5g and Diacetyl Tartaric Acid Esters of Monoglycerides (DATEM) in the range of 0.2 to 0.6% in wheat flour formulation. The results showed that increasing the concentration of ascorbic acid and DATEM had significant effect on farinograph parameters and dough texture analyze (dough extensibility) ($P<0.01$). Optimization of dough rheological tests were showed for 0.3% of ascorbic acid and 0.6% of DATEM; water absorption 50.7%, dough development time 1.55 minute, dough stability 2.5 minute, mixing tolerance index 165.8 FU, farinograph quality number 26.22, toughness (area under curve) 3.48 N/mm, maximum resistance 0.023 N and dough extensibility 23.48 mm.

Keywords: Ascorbic Acid, DATEM, Farinograph, Texture Analyzer, Wheat Flour.