نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۱، شماره ۴، مهر- آبان ۱۳۹۴، ص. ۴۵۷-۴۴۵

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 4, Oct- Nov 2015, p. 445-457

بهبود خواص فیزیکی و رئولوژیکی خمیر نان با استفاده از دو آنزیم ترانس گلوتامیناز و آسپاراژیناز و پودر آب پنیر و اینولین

فروغ محترمی[۱]- محسن اسمعیلی[۲*]- محمد علیزاده خالدآباد[۳]- سید مهدی سیدین اردبیلی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۶

چکیده

اثر افزودنی‌های مختلف (اینولین به عنوان پری بیوتیک، پودر آب پنیر، آنزیم آسپاراژیناز و ترانس گلوتامیناز) بر ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی دو نوع آرد (قوی و ضعیف) گندم با استفاده از طرح D-Optimal مورد مطالعه قرار گرفت. ویژگی‌های فارینوگرافی مانند درصد جذب آب، زمان گسترش، پایداری خمیر، درجه نرم شدگی خمیر، عدد کیفیت فارینوگراف و ویژگی‌های اکستنسوگرافی مانند مقدار انرژی، قابلیت کششی، مقاومت کششی و نسبت مقاومت کششی به قابلیت کششی تعیین شدند. تمام مدل‌های رگرسیون در سطح ۰/۰۱ و با ضریب تبیین (R^2) ۸۱/۷۰ تا ۹۸/۶۷٪ معنی‌دار و قادر به پیش بینی ویژگی‌های خمیر فرموله شده بودند. نوع آرد و سطح اینولین اثر منفی زیادی بر درجه نرم شدگی خمیر و اثر مثبت بر زمان گسترش، پایداری، عدد کیفیت فارینوگراف، قابلیت کششی و مقاومت کششی نشان داد. درصد جذب آب با افزایش سطح اینولین، کاهش و با کاربرد آرد قوی، افزایش یافت. پودر آب پنیر اثر مشابه با اینولین بر پارامترهای فارینوگرافی و اکستنسوگرافی داشت. آنزیم آسپاراژیناز و ترانس گلوتامیناز به تنهایی اثر معنی‌دار بر ویژگی‌های فارینوگرافی نداشتند ولی اثر بر همکنش آنها بر کاهش درجه نرم شدگی خمیر معنی‌دار بود. تمام پارامترهای اکستنسوگراف به جز قابلیت کششی به طور قابل توجهی تحت تاثیر ترانس گلوتامیناز قرار گرفت. درمیان برهمکنش‌ها، برهمکنش بین آنزیم ترانس گلوتامیناز و نوع آرد مصرفی اثر مثبت قابل توجهی بر مقاومت کششی خمیر داشت.

واژه‌های کلیدی: فارینوگراف، اکستنسوگراف، پری بیوتیک، خمیر آرد گندم.

مقدمه

آرد و آب در اثر مخلوط کردن، خمیر ویسکوالاستیک تشکیل می‌دهند که رئولوژی خمیر حاصله در نتیجه مقادیر مواد افزودنی و سایر اجزا تغییر می‌کند (Danno *et al*., 1982 ; Gujral *et al*., 1999). آرد، آب، نمک و مخمر اجزای اصلی فرمولاسیون خمیر نان بوده و برخی اجزا دیگر مانند آنزیم‌ها، اسیدها، سورفاکتانت ها، شکر، شیر و اجزای جامد شیر و بهبود دهنده‌ها برای بهبود ارزش تغذیه‌ای، خواص حسی و حفظ کیفیت محصول اضافه می‌شوند. این اجزا اثر قابل توجهی بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و در نهایت نان تولیدی دارند (Hoseney, 1986). امروزه تولید کنندگان مواد غذایی در پی استفاده از مواد و روش‌های فرآوری جدید در تولید می‌باشند تا با ایجاد تنوع، افزایش کیفیت و مدت ماندگاری، فروش محصولات را افزایش داده و بتوانند با تولیدکنندگان دیگر رقابت کنند. در میان افزودنی‌های جدید فیبرهای متعددی وجود دارند که می‌توانند به عنوان پری بیوتیک عمل کرده و اثرات مفید برای سلامت بدن داشته باشند. امروزه با توجه به اثر سلامتی پری بیوتیک‌ها بر باکتری های مفید روده و مقابله با بیماری‌های مختلف، مصرف آنها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اینولین، فروکتوالیگوساکاریدها و نشاسته مقاوم بعنوان پری بیوتیک‌های رایج و مورد مصرف در محصولات آردی و پختی معرفی شده اند. اثر اینولین بر ویژگی‌های بافتی خمیر بستگی به نوع آرد، سطح اینولین مصرفی، درجه پلیمریزسیون و فرم مصرفی (شکل پودری یا ژلی) آن دارد (Morris *et al*., 2012). اینولین به ایجاد یکپارچگی در خمیر و قوت خمیر کمک کرده و باعث افزایش مقاومت کششی می شود. طبق گزارش Flamme (۲۰۱۲) قابلیت کششی خمیر با افزودن ۴-۳٪ اینولین تفاوت قابل ملاحظه ای با نمونه شاهد نشان نداد ولی مصرف ۲-۱٪ آن باعث کاهش قابلیت کششی خمیر شد که اثر نامطلوبی محسوب می‌شود. اینولین ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر را هم تحت تاثیر قرار می‌دهد. مشاهده شده است که میزان جذب رطوبت خمیر با افزودن اینولین کاهش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۴- دانشیار، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
(* - نویسنده مسئول: Email: esmaiilim@yahoo.ie)

Archive of SID
www.SID.ir

می‌یابد (Karolini-Skaradzinska *et al*., 2007, Hager *et al*., 2011)

ارزش تغذیه ای نان به دلیل کمبود اسید آمینه ضروری لیزین و مقادیر کم تره‌اونین و تریپتوفان پایین است (Morey, 1983). در سال‌های اخیر استفاده از آب پنیر نیز بعنوان ماده غنی‌کننده و بهبود دهنده در فرآورده‌های پخت بویژه نان توجه محققین را به خود جلب کرده است. این محصول فرآورده جانبی حاصل از تولید پنیر سفید است. افزودن مقدار کمی از آن می تواند تا حد قابل ملاحظه‌ای کیفیت پروتئینی غلات را بهبود بخشد. افزودن پودر آب پنیر باعث بهبود خصوصیات پخت، عطر، مزه و حجم نان گردیده و خواص فیزیکی و فیزیولوژی خمیر را نیز بهبود می دهد. بنابراین بکار گیری آن در فرآورده های پخت می‌تواند از یک سو ارزش غذایی این فرآورده ها را افزایش و از سوی دیگر میزان ضایعات آنها را کاهش دهد(Hoch, 1997 and Koksel, 2001).

آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (MTG) جزو افزودنی‌های جدید در مواد غذایی می‌باشد. (Gerrard *et al*., 1998) اولین بار آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی را بعنوان عامل تشکیل پیوند عرضی در محصولات بر پایه گندم استفاده نمودند. Lindsay (۱۹۹۹) نیز ضمن مقایسه این آنزیم با مواد اکسنده قدیمی، اثرات مفید آن را در تولید نان گزارش کرد. این آنزیم یک مبادله کننده γ-گلوتامیل است که با کاتالیز کردن این عمل بین یک گروه ε -آمینو در لیزین و یک گروه β -کربوکسیل آمید در گلوتامین، بدون کاهش ارزش تغذیه ای لیزین، سبب تشکیل پیوند عرضی کوالانسی می شود (Guastaferro *et al*., 2011). ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر به میزان قابل توجهی تحت تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی قرار می‌گیرد (Caballero *et al*., 2005 and Basman *et al*., 2002). آنزیم پروتئاز در گندم‌های سن زده همراه بزاق حشره موقع نیش زدن وارد گندم می‌شود. این آنزیم قادر است پروتئین را تجزیه و مانع از تشکیل شبکه گلوتنی مستحکم و قوی شود (Every *et al*., 2005 and Caballero *et al*.,2005 and Rosell *et al*., 2003). آنزیم ترانس گلوتامیناز بطور قابل توجهی ساختار خمیر هیدرولیز شده توسط آنزیم‌های پروتئاز گندم سن‌زده را بازسازی می کند (Kuksel *et al*., 2011). در این راستا از امواج فراصوت جهت نابودی آنزیم پروتئاز در دانه گندم قبل از تخریب شبکه گلوتنی در خمیر (شیخ الاسلامی و همکاران ۱۳۸۹)، و همچنین از صمغ ها به عنوان قوام دهنده و افزایش دهنده ویسکوزیته جهت بهبود بافت خمیر حاصل از آرد ضعیف و سن زده استفاده شده است (شیخ الاسلامی و همکاران ۱۳۸۸).

در سالهای اخیر، آنزیم جدیدی به نام آسپاراژیناز (ASP) معرفی شده است که هیدرولیز آسپاراژین به اسید آسپارتیک و آمونیاک را کاتالیز می‌کند. تاکنون در زمینه استفاده از این آنزیم تحقیقات کم و محدودی انجام یافته است. اکثر بررسی‌های انجام یافته در خصوص تاثیر عمده آن در کاهش میزان آکریل آمید تا سقف ۹۰٪ در محصولات غله ای و سیب زمینی سرخ شده می باشد (Ciesarova *et al*., 2006 and Ciesarova *et al*., 2009 and Anese *et al*., 2010 and Ciesarova *et al*., 2011). با وجود آنکه در مورد اثر آنزیم آسپاراژیناز بر رئولوژی خمیر و بافت نان مطالعه‌ای مشاهده نشده است ولی بر اساس نحوه‌ی عملکرد آن در تجزیه آسپاراژین به آسپارتیک اسید و آمونیاک، ارزیابی اثر این آنزیم در رئولوژی خمیر بسیار مهم به نظر می‌رسد.

Schofield (۱۹۳۲) جزو اولین محققانی بود که ویژگی‌های ویسکوالاستیکی خمیر را مورد مطالعه قرار داد و از آن زمان به بعد تحقیقات زیادی در این زمینه ادامه داشته است (Bloksma *et al*., 1990). ارزیابی‌های رئولوژیکی معمول ترین روش ها برای ارزیابی ویژگی‌های کیفیتی خمیر می‌باشند که اطلاعاتی در مورد آرد، خمیر و بر همکنش بین اجزای مختلف و اثر آنها بر کیفیت خمیر و محصولات پختی ارائه می‌دهند (Bushuk *et al*., 1990 Gujral *et al*., 1999 and Peressini *et al*., 2009 and Bloksma *et al*., 1998). فارینوگراف و اکستنسوگراف در میان روش‌های فیزیکی برجسته‌ترند (Bloksma *et al*., 1998).

تا کنون مطالعه‌ای در زمینه اثر ترکیبی و توام پودر آب پنیر، اینولین، آنزیم آسپاراژیناز و ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر آرد گندم انجام نیافته است. مطالعه حاضر شامل بررسی اثر این افزودنی‌ها و آنزیم‌ها بر ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر حاصل از دو نوع آرد (ضعیف و قوی) گندم بر اساس طرح D-optimal می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

گندم‌ها از دو واریته مختلف گندم سن زده تولید داخلی (رقم سرداری با ۵۰٪ سن زدگی) و گندم قرمز وارداتی (تهیه شده از شرکت غله و خدمات بازرگانی منطقه ۱۲) در یک آسیاب محلی با قابلیت۱۰٪ سبوس گیری، آسیاب و تبدیل به آرد شدند. با توجه به در صد بالای سن زدگی رقم سرداری و عدم امکان استفاده از آن در تولید خمیر نان (به دلیل شناور بودن گلوتن آن)، این آرد سن زده با آرد حاصل از گندم قرمز وارداتی به نسبت ۵ به ۹۵ مخلوط شد تا آردی با ویژگی‌های آرد ضعیف جهت تهیه خمیر نان به دست آید. آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (با فعالیت آنزیمی ۱۰۰۰ u/g) از شرکت لیون[1] فرانسه، آنزیم آسپاراژیناز (با فعالیت آنزیمی ۲۵۰۰ u/g) از

1- LYVEN

Archive of SID

www.SID.ir

شرکت دی‌اس‌ام[1] آلمان، اینولین فروتافیت اچ دی[2] با طول زنجیر متوسط از شرکت سنسوس[3] هلند و پودر آب پنیر از کارخانه آیناز (بهپودر، اصفهان) خریداری شد.

روش ها

رطوبت، خاکستر، چربی، پروتئین، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن، عدد زلنی و عدد سقوط[4] دو نمونه آرد قوی و ضعیف در سه تکرار تعیین شدند (AACC، ۲۰۰۰). برای انجام آزمون‌های رئولوژیکی، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، آنزیم آسپاراژیناز، اینولین و پودر آب پنیر بر اساس طرح فاکتوریل دو سطحی حامل نقاط مرکزی و بر مبنای وزن آرد مصرفی مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). فاکتورهای طرح در سطوح ۰/۰۳٪-۰/۰۱ (برای آنزیم‌های ترانس گلوتامیناز و آسپاراژیناز) و ۵-۱٪ (برای پودر آب پنیر و اینولین) مورد آزمون واقع شدند. ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی طبق روش‌های مورد قبول AACC (۲۰۰۰) با دستگاه‌های فارینوگراف با ظرف ۳۰۰ گرمی (مدل E، برابندر آلمان) و اکستنسوگراف (مدل E) برای آردهای حاوی سطوح مختلف افزودنی‌ها و آنزیم‌ها تعیین شدند. با استفاده از فارینوگراف پارامترهای درصد جذب آب (مقدار آب مورد نیاز برای ایجاد قوام مناسب در خمیر که معادل ۵۰۰ واحد برابندر در منحنی می‌باشد)، زمان گسترش خمیر (مدت زمان بر حسب دقیقه برای ایجاد حداکثر قوام در خمیر که معادل نقطه پیک منحنی است)، پایداری خمیر (مدت زمان بر حسب دقیقه که قوام خمیر در ۵۰۰ برابندر یا بالاتر از آن حفظ می‌شود)، درجه نرم شدگی خمیر (اختلاف در قوامیت بر حسب واحد برابندر در نقطه پیک منحنی با نقطه ۱۲ دقیقه بعد از پیک) و عدد کیفیت فارینوگراف (طول خط کشیده شده بر حسب میلیمتر از ابتدای منحنی تا محل تلاقی آن با محلی از منحنی که به اندازه ۳۰ واحد برابندر پایین تر از نقطه ماکزیمم منحنی قرار دارد) تعیین شد.

پارامترهای حاصل از آنالیز نمونه‌های خمیر با اکستنسوگراف نیز شامل مقاومت کششی (ارتفاع منحنی بر حسب برابندر در فاصله ۵ سانتی متری از محور طولی)، قابلیت کششی (میزان کش آمدن خمیر تا لحظه پاره شدن بر حسب سانتی متر)، ماکزیمم مقاومت کششی (نقطه پیک منحنی بر حسب واحد برابندر)، انرژی مورد نیاز برای کشش (کار لازم برای کشش خمیر تا لحظه پاره شدن بر حسب برابندر در سانتی متر) و نسبت مقاومت کششی به قابلیت کششی (بر حسب سانتی متر بر برابندر) بود.

1- DSM
2-Frutafit HD
3- SENSUS
4- Falling number

جدول ۱- طرح فاکتوریل دو سطحی برای نمونه گیری

تیمار	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
ضعیف	۰	۰/۰۱	۱	۵	۱
قوی	۰/۰۲	۰/۰۱	۳	۳	۲
ضعیف	۰	۰/۰۱	۵	۱	۳
قوی	۰	۰/۰۱	۱	۱	۴
ضعیف	۰/۰۲	۰/۰۱	۳	۳	۵
ضعیف	۰	۰/۰۲	۵	۵	۶
قوی	۰/۰۳	۰/۰۱	۵	۱	۷
قوی	۰/۰۳	۰/۰۱	۱	۵	۸
ضعیف	۰/۰۳	۰/۰۲	۱	۵	۹
قوی	۰/۰۲	۰/۰۱	۳	۳	۱۰
قوی	۰/۰۲	۰/۰۱	۳	۳	۱۱
ضعیف	۰/۰۲	۰/۰۱	۳	۳	۱۲
ضعیف	۰/۰۳	۰/۰۲	۵	۱	۱۳
ضعیف	۰/۰۳	۰/۰۱	۱	۱	۱۴
قوی	۰	۰/۰۲	۱	۵	۱۵
قوی	۰/۰۳	۰/۰۲	۵	۵	۱۶
قوی	۰/۰۳	۰/۰۲	۱	۱	۱۷
ضعیف	۰	۰/۰۲	۱	۱	۱۸
قوی	۰	۰/۰۱	۵	۵	۱۹
ضعیف	۰/۰۳	۰/۰۱	۵	۵	۲۰
قوی	۰	۰/۰۲	۵	۱	۲۱
ضعیف	۰/۰۲	۰/۰۱	۳	۳	۲۲
ضعیف	۰/۰۲	۰/۰۱	۵	۱	۲۳
قوی	۰/۰۱	۰/۰۱	۱	۱	۲۴

تجزیه و تحلیل داده‌ها

طرح D-optimal (جدول ۱) برای تعیین اثر پنج متغیر مستقل بر ویژگیهای فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای مستقل شامل آنزیم ترانس گلوتامیناز (X_1)، آسپاراژیناز (X_2)، پودر آب پنیر (X_3) ، اینولین (X_4) و نوع آرد (X_5) بودند. برازش پاسخ‌های حاصله با معادلات چند جمله ای درجه دوم انجام شد.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i + \sum_{i \neq j=1}^{n} \beta_{ij} x_i x_j \qquad (۱)$$

که β_0 مقدار پاسخ برازش در نقطه مرکزی طرح، βi و βij به ترتیب ضرایب رگرسیون خطی و درجه دوم (اثر متقابل) و n تعداد متغیرهای مستقل می‌باشند(جدول ۶ و ۷). احتمال نرمال بودن برای تفکیک اثرات معنی‌دار از اثرات تصادفی و مزاحم[5] مورد استفاده قرار گرفت. معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب در مدل رگرسیونی با استفاده

5- Noise

Archive of SID

www.SID.ir

از p-value تعیین شدند و ضرایبی با p-value کمتر از ۰/۰۱ معنی‌دار در نظر گرفته شدند. برازش مدل‌های رگرسیونی با استفاده از ضریب تبیین (R^2) و adj-R^2 و عدم تطابق مدل تخمین زده شد. مدل هایی با R^2 و adj-R^2 بالا و عدم تطابق[1] غیر معنی‌دار، برای پیش بینی اثر افزودنی‌ها بر پاسخ‌های مورد نظر، مناسب در نظرگرفته شدند.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های شیمیایی و آنالیتیکی آردهای مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، دو نوع آرد مصرفی، گلوتن مرطوب و عدد زلنی نزدیک بهم داشتند ولی کیفیت پروتئینی (کیفیت گلوتن) آنها تفاوت زیادی داشت. شاخص گلوتنی آردها و نتایج حاصل از آزمون‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف نشان دهنده این واقعیت است. برای آردهای خیلی ضعیف شاخص گلوتن برابر صفر و برای آردهای خیلی قوی برابر صد می‌باشد (ICC 1994). لذا آرد گندم با شاخص گلوتنی ۳/۴۱± ۵/۴۳ و ۵/۸۷± ۷۶/۴۳ به ترتیب به عنوان آرد ضعیف و قوی نامگذاری شدند. ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر حاصل از آرد قوی و ضعیف به عنوان نمونه‌های شاهد در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. در مورد خمیر شاهد حاصل از نمونه آرد ضعیف، نمودار اکستنسوگرام به دلیل شل و چسبناک بودن خمیر، قبل از رسیدن چنگک دستگاه به آن گسسته شده و نمودار مربوط به ویژگی‌های اکستنسوگرافی آن رسم نشد.

[1]

جدول ۲- نتایج آنالیزهای شیمیایی آردهای مصرفی

آزمون	آرد قوی	آرد ضعیف
رطوبت	۱۱/۱۸±۰/۰۲	۱۱/۷۳±۰/۰۲
خاکستر	۱/۰۳±۰/۰۲	۱/۰۵±۰/۰۳
چربی	۱/۹۶±۰/۰۵	۱/۶۷±۰/۱۸
پروتئین	۱۱/۶۹± /۰۴	۱۱/۳۸±۰/۰۶
گلوتن مرطوب	۲۷/۹۰±۰/۱۷	۲۶/۸۷±۰/۴۱
شاخص گلوتن	۷۶/۹۳±۵/۸۷	۵/۴۳±۳/۳۱
عدد زلنی	۱۹/۳۳±۰/۵۸	۱۷/۳۳±۰/۵۸
عدد سقوط(ثانیه)	۳۹۰/۳۰±۰/۵۸	۳۹۱±۰/۵۸

جدول۳ – ویژگی‌های فارینوگرافی آردهای مورد مصرف

نمونه	درجه نرم شدگی (۱۲ دقیقه بعد از پیک)	پایداری (دقیقه)	زمان گسترش (دقیقه)	جذب آب (در صد)	عدد کیفیت فارینوگراف (میلیمتر)
آرد ضعیف	۱۹۸	۲/۶	۲	۶۴/۳	۳۵
آرد قوی	۵۵/۵	۵/۱	۴/۷	۶۶/۴	۷۶

جدول ٤– ویژگی‌های اکستنسوگرافی آردهای مورد مصرف

نمونه	نسبت مقاومت کششی به قابلیت کششی (برابندر بر سانتی متر)	قابلیت کششی (سانتیمتر)	مقاومت کششی (برابندر)	انرژی (سانتیمتر مربع)
آرد ضعیف	–	–	–	–
آرد قوی	۰/۸۵	۱۱۸	۹۷	۱۷

1- Lack of fit

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی خواص رئولوژیکی خمیر فرموله شده با مواد افزودنی و آنزیم ها

تاثیر افزودنی ها بر ویژگی‌های فارینوگرافی

نتایج فارینوگرافی حاصل از تیمارهای مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است. داده‌های آنالیتیکی مربوط به خواص فارینوگرافی خمیر برای نمونه‌های تهیه شده با طرح جدول ۱، با معادلات رگرسیون برازش داده شدند.

آنالیز واریانس و ضرایب مدل‌های رگرسیونی برای پارامترهای فارینوگراف در جدول ۶ نشان داده شده است. تمام مدل‌های حاصله در سطح اطمینان ۱٪ معنی‌دار بوده و مقدار R^2 بالایی (۹۸/۶۷٪ – ۹۰/۲۱) داشتند. عدم تطابق برای مدل‌ها نیز در سطح اطمینان ۹۵ /۰ = α معنی‌دار نبود که نشان دهنده مناسب بودن این مدل‌هاست. در شکل ۱ نمودارهای نیمه نرمال، اثر فاکتورهای موثر و معنی‌دار بر پارامترهای فارینوگراف را نشان داده اند. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر پارامترهای مورد بررسی در فارینوگراف به ویژه برای درجه نرم شدگی خمیر و عدد کیفیت فارینوگراف قابل توجه است. با توجه به نمودار نیمه نرمال در شکل ۱- الف و ضرایب مدل رگرسیون، اینولین بیشترین تاثیر را بر در صد جذب آب دارد (جدول۶). با افزایش میزان اینولین مصرفی در صد جذب آب آرد کاهش یافت. این مساله می‌تواند به ترکیب پلی ساکاریدهای فروکتوزی آن مربوط باشد که مطابق با یافته‌های Wang و همکاران (۲۰۰۲) و پرسینی و سنسیدونی (۲۰۰۹) می‌باشد.

بر اساس ضرایب رگرسیون بدست آمده برای مدل درصد جذب آب، بعد از اینولین، نوع آرد مصرفی بیشترین اثر بر میزان جذب آب آرد داشته است. آرد قوی جذب آب بیشتری نسبت به آرد ضعیف نشان داد. علت این پدیده به کیفیت بالای پروتئینی آرد قوی مربوط می‌باشد که قابلیت حفظ و جذب رطوبت بالاتری دارد.

جدول۵- ویژگی‌های فارینوگرافی نمونه‌های آرد فرموله شده با سطوح مختلف افزودنی

تیمار	عدد کیفیت فارینوگراف(میلیمتر)	درجه نرم شدن (۱۲دقیقه بعد از پیک)	پایداری (دقیقه)	زمان گسترش (دقیقه)	٪ جذب آب
۱	۵۵	۱۵۵	۳/۳	۴/۳	۵۹/۴
۲	۱۱۳	۷۹	۸/۸	۶/۲	۶۲/۳
۳	۴۹	۱۸۵	۲/۹	۴	۶۲/۱
۴	۷۷	۱۰۹	۵/۵	۴/۹	۶۴/۷
۵	۴۹	۱۶۹	۳/۳	۳/۷	۶۰/۸
۶	۶۸	۱۴۰	۴/۷	۵/۲	۵۹/۱
۷	۱۰۳	۹۴	۸/۱	۵/۹	۶۳/۲
۸	۱۲۵	۶۱	۱۰/۳	۵/۷	۶۱/۴
۹	۵۵	۱۴۲	۳/۹	۴	۵۹/۴
۱۰	۱۱۸	۷۴	۸/۳	۷	۶۲/۹
۱۱	۱۱۵	۷۸	۷/۹	۶/۹	۶۲/۷
۱۲	۵۰	۱۶۷	۳/۵	۳/۸	۶۱
۱۳	۵۳	۱۶۵	۳/۳	۳/۸	۶۱/۳
۱۴	۳۹	۲۲۰	۲/۳	۳	۶۲/۹
۱۵	۱۱۱	۸۱	۸/۹	۶/۵	۶۱/۵
۱۶	۱۴۴	۰	۱۱/۴	۸/۲	۶۰/۱
۱۷	۷۸	۱۰۵	۵/۸	۴/۴	۶۵
۱۸	۴۱	۲۰۶	۲/۴	۲/۹	۶۳/۱
۱۹	۱۳۲	۰	۱۰/۷	۹	۶۰/۲
۲۰	۶۸	۱۳۸	۴/۴	۴/۸	۵۸/۸
۲۱	۹۴	۱۱۰	۷/۱	۶/۵	۶۳
۲۲	۵۳	۱۶۰	۳/۴	۳/۸	۶۰/۷
۲۳	۵۲	۱۶۵	۲/۹	۳/۹	۶۱/۵
۲۴	۷۵	۱۰۶	۵/۴	۳/۲	۶۵/۱

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- نتایج آنالیز رگرسیون برای آزمون فارینوگراف

اصطلاح	عدد کیفیت فارینوگراف(میلیمتر)	درجه نرم شدن پس از ۱۲دقیقه(برابندر)	پایداری (دقیقه)	زمان گسترش (دقیقه)	%جذب آب
ضریب ثابت(β_0)	۸۰/۴۳	۱۱۷/۹۴	۱/۶۴	۵/۱۱	۶۱/۵۹
ترانس گلوتامیناز (β_1)	–	$-۳/۹۰^{**}$	–	–	–
آسپاراژیناز (β_2)	–	$-۰/۷۲^{**}$	–	–	–
پودر آب پنیر(β_3)	$۸/۲۷^{**}$	$-۱۵/۷۵^{**}$	$۰/۱۲^{**}$	$۰/۸۱^{**}$	$-۰/۶۴^{**}$
اینولین (β_4)	$۱۴/۳۲^{**}$	$-۲۸/۳۱^{**}$	$۰/۲۲^{**}$	$۰/۸۶^{**}$	$-۱/۶۰^{**}$
نوع آرد(β_5)	$۲۷/۱۰^{**}$	$-۴۹/۱۲^{**}$	$۰/۴۵^{**}$	$۱/۱۱^{**}$	$۰/۸۵^{**}$
ترانس گلوتامیناز×آسپاراژیناز($\beta_1\beta_2$)	–	$-۱۱/۶۶^{**}$	–	–	–
نوع آرد×اینولین($\beta_4\beta_5$)	$۶/۱۵^{**}$	–	–	–	–
R^2	۹۸/۵۹	۹۷/۵۷	۹۸/۶۷	۹۰/۲۱	۹۷/۵۳
Adj-R^2	۹۸/۲۶	۹۶/۶۰	۹۸/۴۵	۸۸/۵۸	۹۷/۱۱
عدم تطابق مدل	$۰/۰۸^{ns}$	$۰/۰۱۷^{ns}$	$۰/۱۸^{ns}$	$۰/۰۹^{ns}$	$۰/۲۷^{ns}$

**معنی‌داری در سطح $P<۰/۰۱$ ns: غیر معنی‌دار در سطح $P>۰/۰۵$ با $R^2>۸۱/۷۰$

افزایش میزان پودر آب پنیر باعث کاهش میزان جذب آب آرد شد. علت این پدیده می‌تواند به رقیق تر شدن مقدار گلوتن و همچنین برهمکنش پروتئین‌های آب پنیر با سایر اجزای پروتئینی مربوط باشد که منجر به خمیر کوتاه[1] می‌شود. این نتیجه با یافته‌های هراتیان و همکاران (۱۳۸۵) و Indrani و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی دارد.

در بین فاکتورهای مورد مطالعه، در درجه اول نوع آرد مصرفی و سپس اینولین و پودر آب پنیر بیشترین اثر مثبت را بر زمان گسترش و پایداری خمیر داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که استفاده از این مواد باعث قوی‌تر شدن خمیر می‌شود. Wang و همکاران (۲۰۰۲) و Peressini و همکاران (۲۰۰۹) نیز افزایش پایداری خمیر را با افزایش سطح اینولین مصرفی گزارش کردند. با افزایش میزان پودر آب پنیر نیز زمان گسترش و پایداری خمیر افزایش یافت که با نتایج سایر محققان موافق است (جمالیان و رحیمی، ۱۳۸۲ و هراتیان و همکاران، ۱۳۸۵ و Indrani و همکاران، ۲۰۰۷). ترکیب اصلی پروتئین آب پنیر، بتالاکتوگلوبولین است که منبع اصلی گروه‌های دی سولفیدی در شیر است. از سویی ثابت شده که اکسیژن باعث بهبود کیفیت پروتئین‌های آرد می‌شود (جمالیان و رحیمی، ۱۳۸۲ و Gelina و همکاران، ۱۹۹۵). احتمالا هنگام اختلاط خمیر، گروه‌های سولفیدریل موجود در پروتئین‌های پودر آب پنیر با ورود اکسیژن هوا به داخل خمیر به پیوندهای دی سولفیدی تبدیل شده و باعث استحکام و قوام خمیر می‌شوند (جمالیان و رحیمی، ۱۳۸۲ و Pomeranz، ۱۹۶۸). با توجه به جدول ۶ آنزیم‌های آسپاراژیناز و ترانس گلوتامیناز اثر معنی‌داری بر در صد جذب آب، زمان گسترش و پایداری خمیر نداشتند ($P>۰/۰۵$). علت این مساله می‌تواند مربوط به مدت زمان کم اختلاط باشد که آنزیم ترانس گلوتامیناز فرصت کافی برای فعالیت نداشته است. در بین فاکتورهای مورد مطالعه، اثر معنی‌دار نوع آرد(قوی، ضعیف)، اینولین و پودر آب پنیر ($p<۰/۰۱$) بر کاهش درجه نرم شدگی خمیر مشخص گردید. نتایج مشابهی نیز در خصوص کاهش درجه نرم شدگی خمیر با افزودن آب پنیر (هراتیان و همکاران، ۱۳۸۵) و اینولین (Wang و همکاران، ۲۰۰۲) گزارش شده است. بر همکنش متقابل بین دو آنزیم آسپاراژیناز و ترانس گلوتامیناز نیز اثر معنی‌داری بر کاهش درجه نرم شدگی خمیر نشان داد.

عدد کیفیت فارینوگراف معیاری قراردادی می‌باشد که توسط شرکت برابندر معرفی شده است .این مؤلفه رئولوژیکی برآیندی از مجموع شاخص‌های موجود در منحنی فارینوگرام است که در پژوهشهای مربوط به ارزیابی کیفیت گندم و آرد قابل استفاده می‌باشد. این مولفه همبستگی معنی‌داری با خواص کیفی و نانوایی آرد دارد (قمری و همکاران، ۱۳۸۸). بالا بودن عدد کیفیت فارینوگراف نشان دهنده قوی بودن آرد است. مدل رگرسیونی برای عدد کیفیت فارینوگراف، با درصد R^2 = ۹۸/۵۹ و معنی‌دار نبودن عدم تطابق مدل (با $P=۰/۰۷۷$)، برازش خوبی با داده‌های آزمایشی نشان داد. با توجه به ضرایب رگرسیون به دست آمده، پودر آب پنیر بیشترین تاثیر را بر عدد کیفیت فارینوگراف داشت. اثر پودر آب پنیر بر بهبود این پارامتر ممکن است مربوط به گروه‌های سولفیدریل موجود در آن باشد که تشکیل پیوندهای دی سولفیدی با گلوتن را می‌دهند (هراتیان و همکاران، ۱۳۸۵). اثر برهمکنش متقابل بین نوع آرد و اینولین نیز بر عدد کیفیت فارینوگراف معنی‌دار بود و باعث بهبود و افزایش این پارامتر گردید. نتیجه مشابهی نیز توسط Karolini-Skaradzinska و همکاران (۲۰۰۷) با افزودن ۴-۱٪ اینولین گزارش شده است. Bojnanska و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه ویژگی‌های رئولوژیکی

1- Short dough

Archive of SID

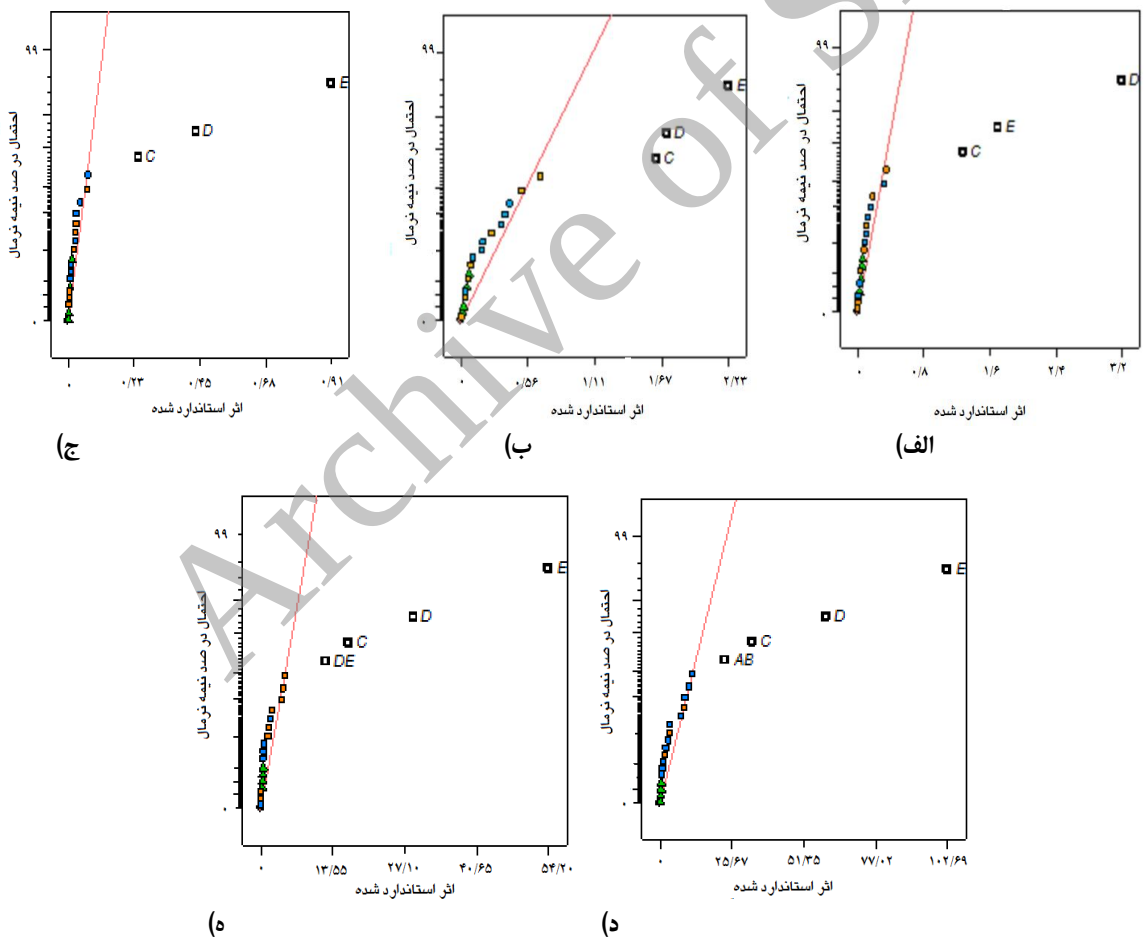
www.SID.ir

آردهای مختلف با فارینوگراف، عدد کیفیت بالا بـرای آردهـای قـوی گزارش نموده اند.

جدول ۷- آنالیز واریانس و ضرایب رگرسیونی حاصل از برازش مدل بین متغیرهای مستقل و پارامترهای اکستنسوگراف

اصطلاح	R_{50}/E	R_m	E_x	R_{50}	E
ضرایب(β_0)	۰/۸۴	۱۴۰/۹۷	۹۴/۴۸	۱۱۸/۹۱	۲۷/۲۸
ترانس گلوتامیناز (β_1)	**۰/۲۹	**۲۳/۴۳	-	**۳۳/۹۷	**۶/۲۴
آسپاراژیناز(β_2)					
پودر آب پنیر(β_3)	-	**۲۶/۸۸	**۱۷/۷۳	**۲۱/۶۵	**۸/۰۵
اینولین(β_4)	-	**۳۸/۹۰	**۲۲/۷۸	**۹۶/۲۲	**۶/۹۸
نوع آرد(β_5)	**۰/۶	**۹۰/۴۹	**۵۴/۰۳	**۹۶/۳۵	**۲۳/۳۳
پودر آب پنیر×نوع آرد($\beta_3\times\beta_5$)	-	-	-	-	**۵/۸۵
ترانس گلوتامیناز×نوع آرد($\beta_1\times\beta_5$)	-	-	-	**۲۴/۹۶	-
R^2	۹۱/۷۳	۹۰/۳۵	۸۶/۲۹	۹۵/۱۹	۹۴/۲۲
Adj-R^2	۷۹/۸۱	۸۸/۰۸	۸۴/۰۱	۹۳/۶۸	۹۲/۴۱
عدم برازش مدل	^{ns}۰/۲	^{ns}۰/۵۹	^{ns}۳/۳۸	^{ns}۰/۲۲	^{ns}۵/۱۵

**معنی‌داری در سطح P <۰/۰۱ ns: غیر معنی‌دار در سطح P >۰/۰۵ با R^2>۸۶/۲۹



شکل ۱- نمودار نیمه نرمال پارامترهای فارینوگرام الف) در صد جذب آب، ب) زمان گستردگی، ج) پایداری، د) درجه نرم شدگی در دقیقه دوازدهم بعد از پیک، ه) عدد کیفیت فارینوگراف بصورت تابع اجزای فرمولاسیون (A: ترانس گلوتامیناز، B: آسپاراژیناز، C: پودر آب پنیر، D: اینولین، E: نوع آرد).

Archive of SID

www.SID.ir

اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیر

تاثیر سطوح مورد استفاده از آنزیم‌های ترانس گلوتامیناز، آسپاراژیناز، اینولین، آب پنیر و نوع آرد مصرفی (قوی و ضعیف) بر ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیر بصورت ضرایب مدل‌های رگرسیونی و همچنین ضریب تبیین و معنی‌دار بودن و نبودن عدم تطابق مدل در جدول ۷ آورده شده است. شکل ۲ نمودارهای نیمه نرمال تعیین کننده فاکتورهای موثر در پارامترهای اکستنسوگراف را نشان می‌دهد. مدل رگرسیون برای مقدار انرژی اکستنسوگراف به عنوان تابع اجزا مورد استفاده در فرمولاسیون در $p<۰/۰۱$ و R^2=۹۴/۲۲٪ معنی‌دار بود. با توجه به نمودار نیمه نرمال، در بین اجزای مورد مطالعه، بر همکنش متقابل بین نوع آرد مصرفی (قوی و ضعیف) و پودر آب پنیر بیشترین تاثیر را بر میزان انرژی داشت (شکل ۲-الف). اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز نیز اثر تکی قابل توجهی بر مقدار انرژی نشان دادند.

افزایش انرژی مورد نیاز برای تغییر شکل خمیر توسط Caballero و همکاران (۲۰۰۵) و Rossel و همکاران (۲۰۰۳) با افزایش سطح ترانس گلوتامیناز در خمیر نان و توسط Wang و همکاران (۲۰۰۲) و Karolini-Skaradzinska و همکاران (۲۰۰۷) و Tudorica و همکاران (۲۰۰۲) با افزایش سطح اینولین در خمیر نان و خمیر ماکارونی گزارش شده است. اینولین به دلیل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی باعث کاهش تجزیه پروتئولیتیکی و در نتیجه بهبود رفتار پروتئینی آرد می‌شود (Wang و همکاران، ۲۰۰۲). بر همکنش متقابل بین پودر آب پنیر و نوع آرد مصرفی (قوی) باعث بالا رفتن مقدار انرژی تغییر شکل می‌شود. علت این مساله ممکن است مربوط به محتوای پروتئینی آب پنیر و بر همکنش این پروتئین ها با پروتئین‌های آرد باشد که باعث قوت بیشتر خمیر حاصله می‌شود (جمالیان و همکاران، ۱۳۸۲ و Zghal و همکاران، ۲۰۰۱). مقاومت کششی نشان دهنده خصوصیت دستمالی[1] و قابلیت نگهداری گاز در خمیر است. در میان فاکتورهای مورد مطالعه، بر همکنش متقابل بین نوع آرد مصرفی و ترانس گلوتامیناز و در پی آن اثر تکی اینولین و پودر آب پنیر بیشترین سهم را در افزایش میزان مقاومت کششی خمیر داشتند. تاثیر عمده بر همکنش بین ترانس گلوتامیناز و آرد مصرفی (مخصوصا آرد قوی) بر افزایش مقاومت کششی ممکن است مربوط به عملکرد آنزیم ترانس گلوتامیناز در تشکیل پیوندهای عرضی پپتیدی در آلبومین، گلوبولین و گلوتنین باشد که باعث ساختار پروتئینی قوی‌تر می‌شود (Steffolani *et al*., 2010). این نتیجه مطابق با یافته های Basman و همکاران (۲۰۰۲) و Bauer و همکاران (۲۰۰۳) در این زمینه می‌باشد. افزایش مقاومت کششی در نتیجه افزایش سطح اینولین مصرفی می‌تواند مربوط به بر همکنش بین اینولین و پروتئین‌های آرد باشد (Wang *et al*., 2002 and Karolini- Skaradzinska *et al*., 2007). اثر معنی‌دار پودر آب پنیر هم بر افزایش مقامت کششی خمیر مشخص شد که چنین اثری قبلا هم گزارش شده بود (جمالیان و همکاران، ۱۳۸۲ و هراتیان و همکاران، ۱۳۸۵ و Indrani و همکاران، ۲۰۰۷). مدل رگرسیون برای قابلیت کششی خمیر برازش خوبی با داده‌های آزمایشی نشان داد. نوع آرد مصرفی و در پی آن اینولین بیشترین اثر مثبت را بر این پارامتر داشتند. Tudorica و همکاران (۲۰۰۲) افزایش سفتی و قوت خمیر را در نتیجه افزودن اینولین در فرمولاسیون ماکارونی گزارش کردند. بر خلاف گزارش Zadow (۱۹۸۱) و Indrani و همکاران (۲۰۰۷)، پودر آب پنیر باعث افزایش قابلیت کششی خمیر شد که با نتایج جمالیان و همکاران (۱۳۸۲) و همچنین هراتیان و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد .

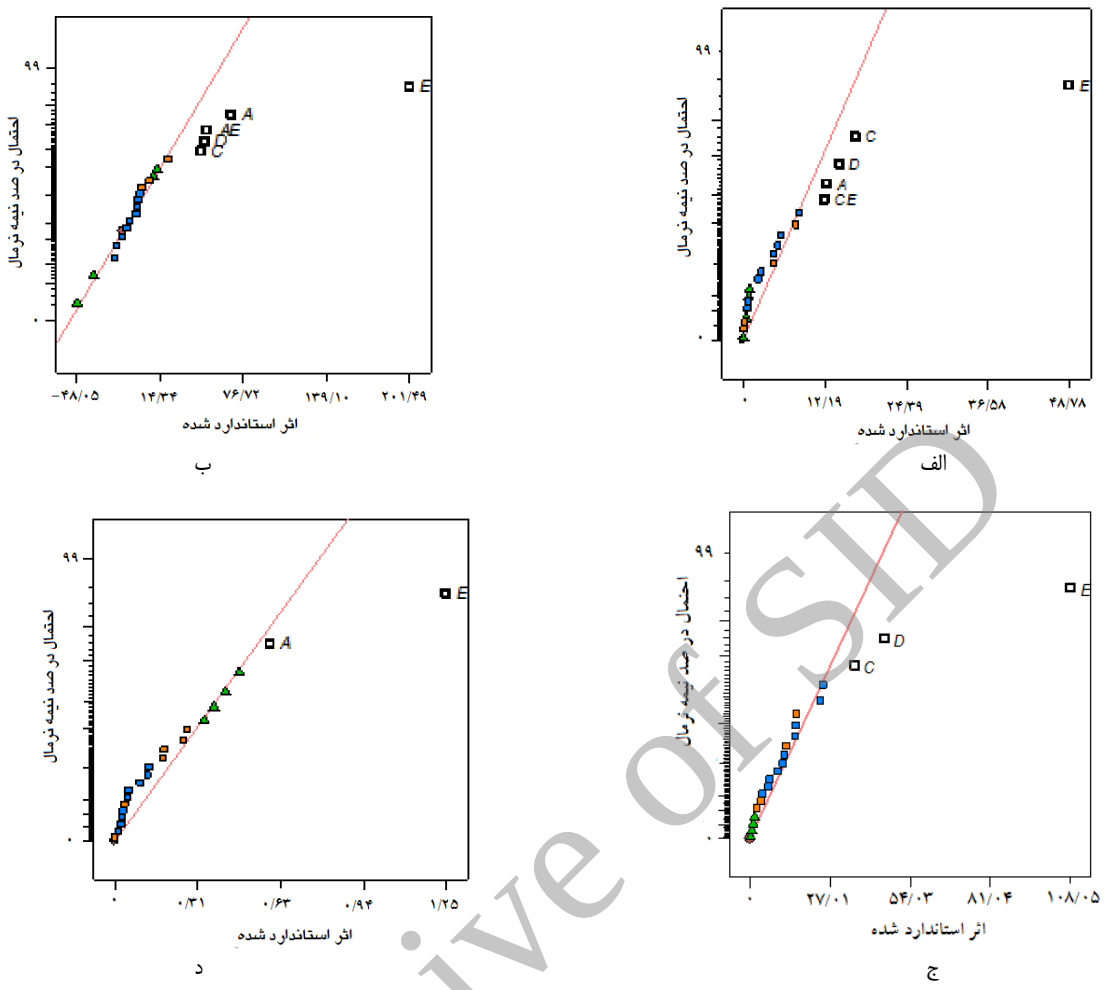
ترانس گلوتامیناز و آسپاراژیناز هیچ اثر معنی‌داری بر قابلیت کششی خمیر نداشتند. Caballero و همکاران (۲۰۰۵) معنی‌دار نبودن اثر سطوح پایین مصرفی ترانس گلوتامیناز (کمتر از ۰/۲٪) بر قابلیت کششی خمیر را بیان کرده اند. در حالیکه غلظت بالای این آنزیم (تا سطح ۱٪) می‌تواند باعث افزایش قابل توجه قابلیت کششی خمیر شود.

مدل رگرسیونی برای پارامتر نسبت مقاومت کششی به قابلیت کششی برای خمیر فرموله شده با افزودنی‌های مورد مطالعه، در سطح اطمینان ۱٪ معنی‌دار بوده و مقدار R^2 = ۸۱/۷۳٪ را نشان داد. در میان فاکتورهای مورد مطالعه تنها نوع آرد (قوی و ضعیف) و آنزیم ترانس گلوتامیناز دارای اثر معنی‌دار بر این پارامتر بودند. اثر ترانس گلوتامیناز بر افزایش این پارامتر می‌تواند مربوط به ایجاد پیوندهای عرضی کووالانسی بین لیزین و گلوتامین آرد از طریق کاتالیز واکنش‌های انتقال گروه‌های آسیل در نتیجه افزودن این آنزیم باشد. این واکنش منجر به بهبود خاصیت الاستیسیته خمیر می‌شود. پودر آب پنیر و اینولین اثر معنی‌داری بر نسبت مقاومت کششی به قابلیت کششی نشان ندادند. در بررسی که Karolini-Skaradzinska و همکاران (۲۰۰۷) انجام دادند، اثر غیر معنی‌دار اینولین در سطح مصرفی ۴ -۱٪ بر نسبت مقاومت کششی به قابلیت کششی مشخص گردید. در حالیکه Mandala و همکاران (۲۰۰۹) افزایش این پارامتر را در نتیجه افزودن ۳٪ اینولین در خمیر نان گزارش کرده اند. این مساله ممکن است مربوط به تفاوت در درجه پلیمریزاسیون اینولین مصرفی باشد.

1- handling

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲– نمودار نیمه نرمال پارامترهای اکستنسوگراف الف) انرژی، ب) مقاومت کششی، ج)قابلیت کششی، د)نسبت مقاومت کششی به قابلیت کششی(A: ترانس گلوتامیناز، B: آسپاراژیناز، C: پودر آب پنیر، D: اینولین، E: نوع آرد).

نتیجه گیری

در این مطالعه اثر اینولین، پودر آب پنیر، آنزیم ترانس گلوتامیناز و آسپاراژیناز به تنهایی و به صورت ترکیبی بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل از دو نوع آرد (قوی و ضعیف) گندم به وسیله دستگاه فارینوگراف و اکستنسوگراف مورد بررسی قرار گرفت. تمامی مدل‌های رگرسیونی برازش و تطابق بسیار خوبی با داده‌های آزمایشی نشان دادند. با توجه به آنالیز واریانس، در میان فاکتورهای مورد مطالعه، آنزیم‌های ترانس گلوتامیناز و آسپاراژیناز اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر نداشتند. البته اثر برهمکنش آنها بر درجه نرم شدن خمیر در دقیقه دوازدهم بعد از پیک معنی‌دار بود. این مساله ممکن است مربوط به مدت زمان کم اختلاط باشد که در طی این مدت، آنزیم فرصت کافی برای فعالیت را نداشته است. در حالیکه آنزیم ترانس گلوتامیناز اثر مثبت و معنی‌داری بر پارامترهای اکستنسوگراف نشان داد و باعث بهبود ویژگی‌های خمیر گردید. در میان فاکتورهای مورد مطالعه، نوع آرد و در پی آن سطح اینولین بیشترین تاثیر را بر ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی داشتند. پودر آب پنیر نیز باعث بهبود ویژگی‌های فارینوگرافی و خصوصیات اکستنسوگرافی خمیر شد. آنزیم آسپاراژیناز اثر معنی‌داری بر پارامترهای اکستنسوگراف نشان نداد. بطور کلی افزودن اینولین، پودر آب پنیر و ترانس گلوتامیناز به آرد ضعیف و آرد نامطلوب برای پخت می‌تواند باعث بهبود و قوت خمیر حاصله شوند. مدل‌های رگرسیونی به دست آمده هم می‌توانند برای تعیین مقادیر بهینه افزودنی ها جهت تهیه خمیر با ویژگی‌های مطلوب برای پخت مورد استفاده قرار گیرند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

American Association of Cereal Chemists., 2000, Approved Methods of the AACC, 10th ed. The Association, St. Paul, MN.

Anese , M., Quarta, B. & Frias, J., 2011, Modelling the effect of Asparaginase in reducing acrylamide formation in biscuits. Food Chemistry, 126, 435-440.

Basman, A., Kokesel H. & Ng, P.K.W., 2002. Effects of increasing levels of tranglutaminase on the rheological properties and bread qualities and bred quality characteristics of two wheat flours. European Food Research Technology, 215, 419 -424.

Bauer, N., Koehler, P., Wieser, H. & Schieberle, P., 2003, Studies on effects of microbial transglutaminase on gluten proteins of wheat. II. Rheological properties. Cereal Chemistry, 80, 787-790.

Bloksma, A.H. & Bushuk, W., 1988, Rheology and chemistry of dough. In: Pomeranz, Y. (Ed.), Wheat: chemistry and technology, vol. II. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, 131–217.

Bloksma, A.H., 1990, Dough structure, dough rheology, and baking quality. Cereal Foods World, 35, 237–244.

Bojňanská, T., Tokár, M., Mocko, K., Balková, H., Frančáková, H., Ivanišová, E. & Roháčik, T., 2013, Evaluation of new varieties of summer wheat Triticum Aestivum L. Considering selected parameters of technological quality. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2 (Special issue on BQRMF), 1281-1292.

Bushuk, W. 1985., Flour proteins: Structure and functionality in dough and bread. Cereal Food Worlds, 30, 447-451.

Caballero, P.A., Bonet, A., Rosell, C.M. & Gomez, M., 2005, Effect of microbial transglutaminase on the rheological and thermal properties of insect damaged wheat flour. Journal of Cereal Science, 42, 93-100.

Ciesarova, Z., Kiss, E. & Boegle, P., 2006, Impact of l-Asparaginase on acrylamide content in potato products. Journal of nutrition and research, 45, 141-146.

Ciesarova, Z., Kukurova, K., Bednarikova, A., Markova, L. & Baxa, S., 2009, improvement of cereal product safety by enzymatic way of acrylamide mitigation. Czech Journal of food Science, 27, 96-98.

Ciesarova, Z., Kukurova, K. & Benesova, C., 2010, Enzymatic elimination of acrylamide in potato-based thermally treated foods. Nutrition and Food Science, 40, 55-63.

Collar, C., Santos, E. & Rosell, C. M., 2007, Assessment of the rheological profile of fibre-enriched bread doughs by response surface methodology. Journal of Food Engineering, 78(3), 820-826.

Danno, G. & Hoseney, R. C., 1982, Effect of sodium chloride and sodium dodecyl sulfate on mixograph properties.Cereal Chemistry, 59, 202–204.

Every, D., Sutton, K.H., Shewry, P.R. & Tathum A.S. 2005, Specificity of action of an insect proteinase purfied from wheat grain infested by the New Zealand wheat bug. Journal of Cereal Science, 42,185-197.

Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L. & Roberfroid, M., 2001, Inulin and oligofructose as dietary fiber: A review of the evidence . Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 41(5), 353-362.

Gelinas, P., Audet, J., Lachanse, O. & Vachon, M., 1995, Fermentated dairy ingredients for breads: Effects on dough rheology and bread characteristic. Journal of cereal chemistery, 72(2), 151- 154.

Gerrard, J.A., Fayle, S.E., Wilson, A.J., Newberry, M.P., Ross, M. & Kavale, S., 1998, Dough properties and crumb strength of white pan bread as affected by microbial transglutaminase. Journal of Food Science, 63, 472-475.

Ghamari, M., Peyghambardoust, S. &Reshmeh, K. K. 2009.Application of farinograph quality number (FQN) in evaluating baking quality of wheat. Iranian Journal of Food Science and Technology, 6(2), 23-32.

Guastaferro.S. E. A., Miwa, A., Santana, I. A. & Filho, F.F., 2011, Effects of application of transglutaminase in wheat proteins during the production of Bread 11th international congress on engineering and food, 935-942.

Gujral, H. S. & Singh, N., 1999, Effect of additives on dough development gaseous release and bread making properties. Food Research International, 32, 691–697.

Haratian, P., Seyadin, A. S. &Ghazizadeh, M. 2006. An investigation of the effect of whey powder on the quality of hamburger bread. Iranian Journal of Food Science and Technology, 3(8), 75-82.

Hoch, GJ., 1997, Whey to go: New applications for concentrated whey proteins are both functional, healthy. Food-processing, 58(3), Pp. 51-53.

Hoseney, R. C., 1986, Principals of cereal science and technology, 205–206. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.

ICC Standard Methods., 1994, No. 155, Determination of Wet Gluten Quantity and Quality (Gluten Index ac. to Perten) of Whole Wheat Meal and Wheat Flour.

Jamalian, J. &Rahimi, A. 2003.Effect of whey powder on rheological properties of dough and staling of Sangakbread.JWSS-Isfahan university of technology, 7, 179-190.

Sheikholeslami, Z., Mortazavi, S., Pourazarang, H. &Nasiri, M.. 2009. Effect of guar gum and ascorbic acid on rheological and baking properties of insect damaged wheat flour. Electronic Journal of Food Processing and Preservation, 1(3), 65-82.

Sheikholeslami, Z., Mortazavi, S., Pourazarang, H. &Nasiri, M. 2010. The effect of ultrasound on dough rheological properties and bread characteristics of wheat damaged by wheat bug. Iranian Journal of Food Science and

Archive of SID

www.SID.ir

Technology, 7(2), 39-49.

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 4, Oct- Nov 2015, p. 445-457

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۱، شماره ۴، مهر - آبان ۱۳۹۴، ص. ۴۵۷-۴۴۵

Improvement of the rheological properties of dough using transglutaminase and asparaginase enzymes, whey powder and inulin

F. Mohtarami[1], M. Esmaiili[2], M. Alizadeh[3], S. M. Seyedain Ardabili[4]

Received: 2014.01.06
Accepted: 2014.05.06

Introduction: A mixture of wheat flour, water, salt, yeast and other optional ingredients such as preservatives, enzymes, whey powder, surfactants, sugar, fibres and improvers form bread dough. Enrichment of dough and bakery products by dietary fibres such as wheat bran and resistant starch, beta-glucans and inulin has been reported (Peressini, & Sensidoni, 2009; Hager, Ryan, Schwab, Gänzle, O'Doherty, &Arendt, 2011; Wang, Rosell, Barber, 2002; Angioloni, Collar, 2008). Whey has many applications in food and dairy industries due to its high quality of nutrients and functional properties. It possesses essential amino acids (Mann, 1998; Sharma, & Bhatia, 1999). There are other alternatives such as transglutaminase and asparaginase enzymes as innovative ingredients, which are recognized as safe in the food technology. The microbial transglutaminase enzyme (MTG) catalyzes the reaction between a ε-amino group of lysine residues and a β-carboxyamide group of glutamine residues, which causes to make covalent cross-linking of proteins (Yokoyama, Nio, & Kikuchi, 2004). Asparaginase (ASP) can catalyze the hydrolysis of asparagines, as a key factor for acrylamide formation, into aspartic acid and ammonia (Ciesarova, Kukurova, &Benesova, 2010). The present work was undertaken to study the influence of whey powder, inulin, asparaginase and transglutaminase enzymes on farinograph and extensograph properties of wheat flour dough using a D-optimal design.

Materials and methods: Two types of wheat as insect damaged (50% insected) and sound hard red wheat (imported variety), milled into two types of flour by traditional mill. The characteristics of the flours such as moisture, ash, protein, falling number, wet gluten and Zeleny-value were determined using AACC methods (2000) in three replicates. Enzymes included MTG and ASP and other applied additives such as inulin (Frutafit-HD) and whey powder used at different levels based on flour weight in dough formulation. Effect of enzymes, additives and wheat flour types (WFT) on farinograph and extensograph characteristics were conducted according to the constant flour weight procedure of AACC (2000). D-optimal design was used to determine the effects of five independent variables including MTG, ASP, whey powder, inulin, and flour type on farinograph and extensograph properties. Response data were used to fit the second-order polynomial equation. Normal probability was used for separation of significant effects from noise or random effects. The significance of each coefficient in the regression model was determined using p-value lower than 0.05. Adequacy of models for regression were estimated using coefficient of determination (R^2) and adjust R^2 (adj-R^2).

Results and discussion: According to chemical and physical analysis of flour, it is obvious that in spite of having nearly the same amount of protein and wet gluten, the two types of flour had prominent difference in dough and gluten quality as indicated by gluten index and farino-extensograph tests. Due to this fact, the wheat flours with gluten index of 5.43±4.31 and 76.93±5.87 were named as weak and strong flours, respectively. Analytical data of farinograph properties were fitted to regression models. Analysis of variance of lack-of-fit test showed that the water absorption model is adequate with a non-significant lack of fit (p=0.267) and a satisfactory adj-R^2 (97.53%). Among the different additives, strong wheat flour had positive effect and inulin and whey powder had negative effect on water absorption. According to half-normal plot and regression model coefficients, wheat flour type, inulin and whey powder significantly affected dough development time (DT) and stability (S). The models of DT and S had R^2 values of 88.58%, 98.45% and non-significant lack of fits p=0.087 and p=0.018, respectively. DT and S increased with an increase in inulin and whey powder level using strong wheat flour. The regression model for degree of softening as a function of different ingredients was significant at a p-value less than 0.0001. Based on analysis of variance, the model appeared to be adequate with a non-significant lack of fit p=0.017 and a R^2 value of 97.57%. Among the investigated factors, wheat flour showed the greatest positive effect on the degree of softening followed by inulin. The degree of softening was decreased by addition of inulin and whey powder. Among the interaction terms, a negative interaction effect on degree of

1,2 and 3- Ph.D. Student and Associate professors, Department of Food Science and Technology, Urmia University, Urmia, Iran.
4-Associate Professor, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
(* - Corresponding Author Email: esmaiilim@yahoo.com)

Archive of SID

www.SID.ir

softening was found between MTG and ASP ($p<0.05$). The regression model for farinograph quality number (f.q.n) possessed a good fitness with experimental data, with a high R^2 value (98.59%) and non-significant lack of fit. Interaction effect between wheat flour type and inulin on the f.q.n was significant at a p-value less than 0.0001. Usage of inulin, whey powder and strong wheat flour improved and elevated f.q.n. The regression model for energy value as a function of different ingredients was significant at a p-value less than 0.0001 with an R^2 value of 94.22%. Among the investigated factors, inulin and MTG had significant single positive effect on energy value. The energy value increased with the addition of whey powder to dough formula. This increase was more evident in the strong flour samples. Regression analysis revealed that interaction between wheat flour type and MTG had the most pronounced effect on dough resistance to extension (R) followed by inulin. A progressive increase in this parameter was observed with increasing MTG dosage especially along with strong wheat flour. Inulin and whey powder had also positive effect on it.

Conclusion: The model for extensibility (Ex.) had an R^2 value of 86.29% and non-significant lack of fit ($p=0.124$). Among the investigated factors, flour type showed the most pronounced positive effect followed by inulin on extensibility. Dough extensibility was increased by adding whey powder. The regression model for R/Ex. ratio as a functional of different ingredients was significant at a p-value of < 0.0001 with an R^2 value of 81.73%. Among the applied factors, the flour type and MTG had pronounced influence on R/Ex. ratio.

Keywords: Farinograph, Extensograph, Prebiotic, Wheat flour dough

Archive of SID

www.SID.ir