مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی اثرات افزودن آنزیم‌های گلوکز اکسیداز، α- آمیلاز، ترانس گلوتامیناز و زایلاناز بر خواص رئولوژیکی آرد نان بربری و لواش به روش سطح پاسخ

امید میرزایی تاش[۱]، مهدی قره خانی[۲*]، حمید میرزایی[۳]، افشین جوادی[۳]

۱-دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد ممقان، دانشگاه آزاد اسلامی، ممقان، ایران.

۲- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۳- گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، علوم پزشکی تبریز،دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴

کلمات کلیدی:

گلوکز اکسیداز،

α- آمیلاز، ترانس گلوتامیناز،

زایلاناز،

خواص رئولوژیکی، آرد

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.247

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2

* مسئول مکاتبات:

m.gharekhani@iaut.ac.ir

چکیده

عمده ترین گروه غذایی در تامین انرژی و پروتئین در رژیم غذایی جامعه ایرانی، نان می باشد. بنابراین نان مصرفی باید از کیفیت مناسبی برخوردار باشد که یکی از عوامل موثر در کیفیت آن، کیفیت و کمیت گلوتن آرد مصرفی می باشد که متاسفانه این عوامل در گندم های تولیدی در ایران مناسب نیستند. یکی از راه های اصلاح آنها، استفاده از آنزیم ها در آرد تولیدی نان می باشد. در این تحقیق اثرات افزودن آنزیم‌های گلوکز اکسیداز (GO) و ترانس گلوتامیناز (TG) در مقادیر ۰ تا ۳۰ پی‌پی‌ام، α- آمیلاز (AM) در مقادیر ۰ تا ۵۰ پی‌پی‌ام و زایلاناز (XA) در مقادیر ۰ تا ۱۰۰ پی‌پی‌ام بر خواص رئولوژیکی خمیر نان بربری و لواش تهیه شده و با استفاده از روش سطح پاسخ بررسی و ویژگی خمیرهای حاصل بوسیله آزمون‌های رئولوژیکی فارینوگراف، فالینگ نامبر و آلوئوگراف مطالعه گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار Design Expert بیانگر این بودند که در مقادیر مختلف TG و GO، افزایش AM موجب کاهش فالینگ نامبر شد. AM و XA میزان جذب آب فارینوگراف را کاهش داد ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. در مقادیر بالای AM و TG، شاخص فارینوگراف (FQC) در بالاترین مقدار خود قرار گرفت. افزایش AM موجب کاهش شاخص P آلوئوگرام شد درحالیکه افزایش GO و XA هر یک به تنهایی موجب افزایش این شاخص گردید. اثر متقابل دو آنزیم اخیر نیز معنی‌دار بوده و مقدار میانه هر دو سبب کاهش این شاخص گردید. در نان بربری و لواش مقادیر TG و GO در مقادیر حداکثری (۳۰ پی‌پی‌ام) و AM در مقادیر ۱۶ و ۲۳ پی‌پی‌ام بیشترین تاثیر را داشتند. تاثیر آنزیم XA در نان بربری معنی‌دار نبود ولی در نان لواش مقدار ۲۳ پی‌پی‌ام آن تاثیر مثبتی نشان داد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

۱- مقدمه

آرد حاصل از گندم‌های کشت شده در ایران در بیشتر مناطق به دلیل نوع خاک و شرایط آب و هوایی، خواص مطلوب برای نانوایی ندارند. کنترل شرایط جوی و سایر عوامل موثر بر کیفیت گندم مشکل و اغلب خارج از کنترل می‌باشد [۱]. گلوتن این گندم‌ها اکثراً دارای کیفیت پایین می‌باشند به گونه‌ای که شبکه گلوتنی در خمیر حاصل از آن‌ها توانایی نگهداری گازهای تولیدی ناشی از فعالیت مخمرها را ندارد [۲].

در اثر مخلوط کردن آرد و آب ، ماده خمیری ویسکوالاستیک تشکیل می‌شود. رئولوژی خمیر، علم بررسی تغییر شکل و جریان خمیر است که تحت تاثیر مواد افزودنی مختلف (مواد کاهنده، اکسید کننده، آنزیم‌ها، امولسیفایرها، قند و نمک) قرار دارد. در صنعت نانوایی، درک بهتر خواص رئولوژیکی خمیر آرد در طول فرآوری، به دلیل ارتباط بین این خواص و ویژگی‌های کیفی محصولات، حائز اهمیت است [۳].

یکی از راه‌های تنظیم کیفیت گلوتن استفاده از آنزیم‌هاست و در نتیجه آن حجم نان، ساختار نان، ماندگاری و طعم بهبود می‌یابد [٤]. آنزیم‌ها، کاتالیزورهای بیولوژیکی هستند که، با کاتالیزورهای شیمیایی تفاوت دارند زیرا عملکردشان بسیار اختصاصی است. استفاده از آنزیم‌ها به قبل از قرن نوزدهم، زمانی که توانایی‌های کاتالیزوری آن‌ها به طور علمی‌شناخته شده بود، برمی‌گردد. آنزیم‌ها به طور کلی به عنوان محصولات طبیعی در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به این که صنایع غذایی به سمت برچسب‌های پاک[1] حرکت می‌کند و همچنین مقررات سازمان غذا و دارو در مورد محدود کردن استفاده از افزودنی‌های شیمیایی، کاربرد آنزیم‌های غذایی اهمیت بیشتری پیدا کرده است [۵].

با وجود خاصیت آرد گندم در تشکیل شبکه گلوتنی و ویسکوالاستیک، برخی از آنزیم‌ها در خمیر مخلوط می‌شوند تا با کاهش زمان آماده‌سازی نان و سرعت بیاتی، جایگزین افزودنی‌های شیمیایی شده و فرآیند پخت را بهبود بخشند [٦]. نامناسب بودن فعالیت آنزیمی‌آمیلولیتیک آرد گندم از معایب گندهای ایران جهت تولید نان، می‌باشد که مشکلاتی را در صنعت تولید نان ایجاد می‌نماید؛ بنابراین افزودن آنزیم‌های خانواده آمیلازی به آرد به عنوان یک راهکار مناسب مطرح است [۱]. وظیفه آمیلاز کاتالیز هیدرولیز پیوندهای α-۱ و ٤-گلیکوزیدی مولکول‌های نشاسته (آمیلوز و آمیلوپکتین)، به مالتودکسترین‌ها و الیگوساکاریدها است [۳]، که اجازه فعالیت تخمیری مداوم را به مخمر می‌دهد تا گاز CO_2 تولید کند. در نهایت به بهبود حجم و بافت مغز نان در محصول نهایی نان کمک می‌کند. به علاوه، الیگوساکاریدهای کوچک و قندهایی نظیر گلوکز و مالتوز حاصل از این آنزیم واکنش‌های مایلارد[2] را که عامل ایجاد رنگ قهوه‌ای مطلوب پوسته و ایجاد طعم مخصوص نان پخته شده هستند، تقویت می‌کنند [۱].

زایلاناز یک هیدرولاز است و می‌تواند به ساختار اصلی آرابینوکسیلان‌ها حمله کند و پیوندهای گلیکوزیدی آنها را بشکند و در نتیجه خواص عملکردی و فیزیکوشیمیایی آرابینوکسیلان‌ها را تغییر دهد [۳]. هیدرولیز گسترده آرابینوکسیلان‌ها باعث توزیع مجدد آب از آرابینوکسیلان‌ها به فازهای گلوتن و نشاسته می‌شود و خمیر را شل‌تر، نرم‌تر و چسبناک‌تر می‌کند. افزودن زایلانازها در سطح مناسب اثرات مثبتی نظیر بهبود تحمل خمیر، آون اسپرینگ[3](افزایش حجم نان در فر در مراحل اولیه پخت، قبل از تشکیل پوسته نان)، حجم، شکل و بافت نان دارد[۷ و ۸]. این آنزیم‌ها (α- آمیلاز و زایلاناز) به دلیل مکانیسم عمل خاص خود، اثرات مثبتی روی رفتار رئولوژیکی خمیر و کیفیت محصولات نهایی ایجاد می‌کنند [۹].

آنزیم‌های گلوکز اکسیداز (GO) و ترانس گلوتامیناز (TG) نیز در محصولات نانوایی کاربرد دارند [۹]. آنزیم GO (گلوکز اکسیداز) قادر است ساختار و ویژگی‌های عملکردی شبکه گلوتن را با ایجاد پیوندهای عرضی دی سولفید کووالانسی از طریق عمل واسطه‌ای H2O2 تقویت کند [۱ و ٤].

هنگامی‌که در تهیه نان از TG (ترانس گلوتامیناز) استفاده می‌شود، قادر است عملکرد پروتئینهای آرد را از طریق تشکیل

1. Clean label

2. Maillard
3. Oven spring

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

پلیمرهای نامحلول بزرگ بهبود بخشد [۹]. ترانس گلوتامیناز می‌تواند ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها را با ایجاد پیوندهای کووالانسی بین یا درون زنجیره‌ای بهبود بخشد. گزارش شده است که پیوند ایزوپپتیدی با واسطه TG باعث تغییر ویژگی‌های خمیر آرد غلات، به‌ویژه آن‌هایی که محتوای پروتئین پایینی دارند، مانند آرد گندم نرم و فرمول‌های بدون گلوتن، می‌شود و در نتیجه خواص نانوایی خمیر را بهبود می‌بخشد [۱۰]. TG میکروبی در ترکیب با خمیر ترش یک اثر هم افزایی مثبت را نشان داد که اجازه تولید نان غنی از طعم، با خواص رئولوژیکی مشابه با نان استاندارد را می‌دهد [۱۱].

استفاده از مخلوط آنزیم‌ها یک روش معمول است و مخلوط ترکیبی از آنزیم‌ها به صورت تجاری در بازار موجود است. همه آنزیم‌ها ممکن است به طور مستقل عمل کنند یا اثر هم‌افزایی[1] نشان دهند. امروزه تمایل به کنترل و انتخاب استفاده از مخلوط کامپوزیت آنزیم‌ها وجود دارد که می‌تواند تأثیر هم‌افزایی روی اجزای مختلف آرد عمل کند [٦]. Bankar و همکاران (۲۰۰۹)، Bagagli و همکاران (۲۰۱٤) و Meerts و همکاران (۲۰۱۷) طی مطالعات خود نشان دادند آنزیم های گلوکز اکسیداز و ترانس گلوتامیناز می‌توانند با تغییر شبکه گلوتنی ویژگیهای ویسکوالاستیک آرد را بهبود بخشند. به طوریکه استفاده از این آنزیم ها خمیر را محکم تر کرده و خاصیت الاستیک آن را تقویت می‌کند [٤ و ۱۰ و ۲۲]. Nevsky و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر آماده سازی آنزیم آندوگزیلاناز و فعالیت‌های اگزوپپتیداز در مورد کیفیت نان، خواص خمیر و عملکرد ترکیبات روی پروتنین های گلوتن گندم بررسی شد و نتایج نشان داد افزودن آنزیم های مذکورسبب بهبود درجه هیدراتاسیون پروتین های گلوتن و و تقویت ساختار آن می‌شود [۲۳].

به منظور بر طرف نمودن عیوب آرد تولیدی در کشور و جبران نواقص ناشی از کاربرد هر یک از آنزیم‌ها به تنهایی در جهت رفع نواقص و کمبود آردهای داخلی و متعاقب آن تولید خمیری مناسب، در این تحقیق اثرات افزودن آنزیم‌های گلوکز اکسیداز، α- آمیلاز، ترانس گلوتامیناز و زایلاناز، به صورت تکی و ترکیبی، بر خواص رئولوژیکی خمیر نان بربری و لواش بررسی گردید که برای تهیه نمونه ها از روش سطح پاسخ استفاده گردید و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر با استفاده از فارینوگراف، فالینگ نامبر و آلوئوگراف بررسی گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد مصرفی جهت تهیه نان بربری و لواش از شرکت آرد اطهر(لواش با سبوس ۱۵٪ و بربری ۱۸٪) تهیه شد. آنزیم‌های گلوکز اکسیداز، α- آمیلاز، ترانس گلوتامیناز و زایلاناز به عنوان افزودنی از شرکت Breatec کشور هلند خریداری شد. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده نیز از نوع آزمایشگاهی با خلوص بالا بود.

۲-۲- آماده سازی خمیرهای نان لواش و بربری

برای تهیه خمیرهای لواش و بربری مقادیر مشخص شده مطابق طرح آزمایشات حاصل از نرم افزار به آرد افزوده شد. مقادیر آنزیم‌ها بر اساس مقادیر پیشنهادی شرکت سازنده آن‌ها تعیین گردید. به این صورت که گلوکز اکسیداز و ترانس گلوتامیناز در محدوده ppm ۳۰-۰، α- آمیلاز در محدوده ppm ۵۰-۰ و زایلاناز در محدوده ppm ۱۰۰-۰ در نظر گرفته شد و بر اساس طرح کامپوزیت مرکزی (جدول ۱) تعداد ۲۸ نمونه تهیه و به آردهای نان لواش و نان بربری افزوده شد. آردهای حاصل پس از اختلاط با مقدار مناسب آب و تشکیل شبکه گلوتنی جهت آنالیزهای رئولوژیکی مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۳-روش های آزمون

آزمون‌های شیمیایی روی نمونه آرد شاهد (مطابق استاندارد ملی شماره ۱۰۳) انجام شد که شامل آزمون رطوبت (روش استاندارد ملی شماره ۲۷۰۵)، خاکستر (استاندارد ملی شماره ۱۰۳)، عدد گلوتن و کیفیت گلوتن (روش مرجع AACC به شماره ۰۲-۱۲-۳۸) و اندازه ذرات (مطابق استاندارد ملی ۱۰۳)

1. synergy

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

بود. برای آزمون های رئولوژیکی خمیر نیز فالینگ نامبر مطابق روش AACC568103 و با استفاده از دستگاه BASTAK ساخت ترکیه انجام شد. برای اندازه گیری شاخص‌های فارینوگراف بر اساس روش مرجع AACC5421 از دستگاه فارینوگراف YUCEBAS MASHINERY استفاده گردید و شاخص های رئولوژیکی بر اساس استانداردهای AACC 54-30 ، ICC 171, ICC 121 AACC 54-50 با استفاده از دستگاه آلوئوگراف CHOPIN کشور فرانسه مورد بررسی قرار گرفت.

۲-٤- تعاریف شاخص‌های ارزیابی شده

آزمون فالینگ نامبر: عبارت است از زمان لازم برحسب ثانیه برای سقوط همزن ویسکومتر، در یک فاصله مشخص در مخلوط زن داخل ویسکومتر، که تحت تأثیر آنزیم آلفاآمیلاز در حال تبدیل شدن به مایع، می‌باشد [۱۲].

جذب آب فارینوگراف: جذب آب آرد یکی از خواص مرتبط با کیفیت آرد است که توسط فارینوگراف اندازه‌گیری می‌شود. مقدار آب مورد نیاز (اضافه شده از طریق بورت دستگاه) به ۳۰۰ گرم آرد با ١٤ درصد رطوبت برای رسیدن خمیر به قوام مناسب در اولین نقطه‌ای که مرکز منحنی به خط ۵۰۰ واحد فارینوگراف[1] می‌رسد، درصد جذب آب آرد را مشخص می‌کند.

شاخص کیفی فارینوگرام: عدد کیفی فارینوگراف (FQN) 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 [۱۳و ١٤].

شاخص P آلوئوگرام: این عدد معادل بیشترین فشار است که با بیشینه‌ی فشار حباب موردنیاز برای ترکیدن حباب خمیر رابطه‌ی مستقیم دارد. این عدد شاخص سفتی خمیر بوده و نشان دهنده‌ی میزان مقاومت خمیر در برابر تغییر شکل است.

1. Farinograph Unit(FU)

۳- تجزیه و تحلیل آماری

روش آماری مورد استفاده روش سطح پاسخ (RSM) بود که برای تجزیه و تحلیل داده ها و مدل های قابل ارائه از آنالیز واریانس در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p<۰/۰۵$) استفاده شد. طرح کلی آزمایشات به کمک نرم افزار Design Expert نسخه 7.01 با استفاده از مدل CCD[2] (طرح کامپوزیت مرکزی) انجام شد. طرح آزمایشات استفاده شده و حدود بکار رفته آنزیم‌ها به عنوان متغیرهای مستقل در جدول۱ نمایش داده شده است.

Table 1 Central composite design of samples based on RSM model

Run	A:TG (ppm)	B:GO (ppm)	C:AM (ppm)	D:XA (ppm)
1	30	0	50	100
2	0	0	0	100
3	15	15	25	50
4	30	30	0	100
5	15	15	0	50
6	0	30	0	100
7	30	30	0	0
8	0	30	50	0
9	0	30	0	0
10	30	15	25	50
11	30	0	0	100
12	30	30	50	0
13	15	15	25	50
14	15	0	25	50
15	30	0	0	0
16	15	30	25	50
17	15	15	25	50
18	0	0	50	100
19	15	15	25	100
20	0	30	50	100
21	0	15	25	50
22	30	0	50	0
23	0	0	0	0
24	15	15	25	50
25	15	15	50	50
26	0	0	50	0
27	15	15	25	0
28	30	30	50	100

TG: ترانس گلوتامیناز، GO: گلوکزاکسیداز، AM: α-آمیلاز، XA : زایلاناز

2. Central composite design

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

٤- نتایج و بحث

٤-١- ویژگی‌های آرد مصرفی

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آرد بربری و لواش مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

Table 2 Tests of bread flours used as control sample

Flour Type	Humidity (%)	Ash (%)	bran extraction percentage (%)	Particle size (%) Under Sieve 125 microns	On Sieve 125 microns	On Sieve 180 microns	On Sieve 475 microns	Gluten (%)	Dry Gluten (%)	Index
Lavash	12.6±0.7	1±0.02	15±1.0	48.5±3.9	31.5±5.8	18±2.1	2±0.2	25±1.5	10±0.3	65±3.3
Barbary	12.9±0.3	0.85±0.01	18±0.9	56.6±4.7	26±4.1	15.6±0.8	1.8±0.1	27.4±1.3	11.2±0.4	79±6.4

٤-٢- نتایج آزمون‌های انجام یافته روی خمیر

٤-٢-١- نتایج افزودن آنزیم‌ها بر فالینگ نامبر خمیر

مطابق جدول ۳ مدل‌های پیشنهادی برای هر دو نمونه آرد لواش و بربری معنی‌دار بود. بنابراین رابطه بین متغیرهای مستقل (آنزیم‌های افزوده شده) و متغیر وابسته (فالینگ نامبر) معنی‌دار بوده که با غیرمعنی‌دار بودن میزان عدم برازش مدل (Lack of fit)، نشان دهنده مناسب بودن داده‌ها با مدل پیشنهادی می‌باشد. R^2_{adj} برای هر دو نمونه آرد در حد قابل قبول بود که نشان دهنده ارتباط مناسب مدل رگرسیونی بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته می‌باشد.

Table 3: Falling number test results

	The results related to the falling number of Barbary bread flour	The results related to the falling number of Lavash bread flour
The model suggested by the software	FN=+516.53382+0.15407 GO-6.57978AM +0.075362× AM^2	FN=+404.64010 -5.65973* AM -0.035000 * TG * AM-0.018667 * TG * XA - 0.010200* AM * XA +0.084406* AM^2
F value of the model	16.92^s	14.64^s
F value of the disproportion	0.0012^{ns}	0.007^{ns}
R^2Value	0.94	0.94
R^2_{adj} Value	0.89	0.87
Significant effects of the enzymes on the model	GO AM AM^2	AM TG×AM TG×XA AM×XA AM^2

*Trans Glutaminase (TG), α-Amylase (AM), xylanase (XA), Glucose Oxidase (GO)
*S: significant, ns: Non Significant (P-value < 0.05)

شکل ۲ تاثیر سطوح مختلف گلوکزاکسیداز و آلفاآمیلاز بر فالینگ نامبر را در آرد نان بربری نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، اثر افزودن گلوکز اکسیداز و آلفاآمیلاز، در مورد گلوکز اکسیداز خطی و در مورد آلفا آمیلاز بصورت درجه دوم می‌باشد. به این ترتیب که با افزودن گلوکزاکسیداز فالینگ نامبر ثابت می‌ماند و با افزودن آلفا آمیلاز، فالینگ نامبر ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. کاهش فالینگ نامبر در اثر افزودن آلفا آمیلاز امری بدیهی است. این نتیجه با نتایج شفیع سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) و محمدزاده میلانی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. اثر همزمان این دو آنزیم بر فالینگ نامبر آرد بربری بدین صورت است که در مقادیر مختلف GO با افزایش AM فالینگ نامبر کاهش می‌یابد. بنابراین بایستی مقدار AM بهینه‌یابی شود. مطابق نتایج تحقیق Shafisoltani و همکاران (۲۰۱٤) افزودن AM سبب کاهش فالینگ نامبر می‌شود و نکته‌ای که بایستی توجه شود مقدار افزودن این آنزیم نباید بیش از اندازه باشد؛ چون موجب سست شدن خمیر شده و موجب هدر رفت خمیر حین کار کردن می‌شود [۱].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

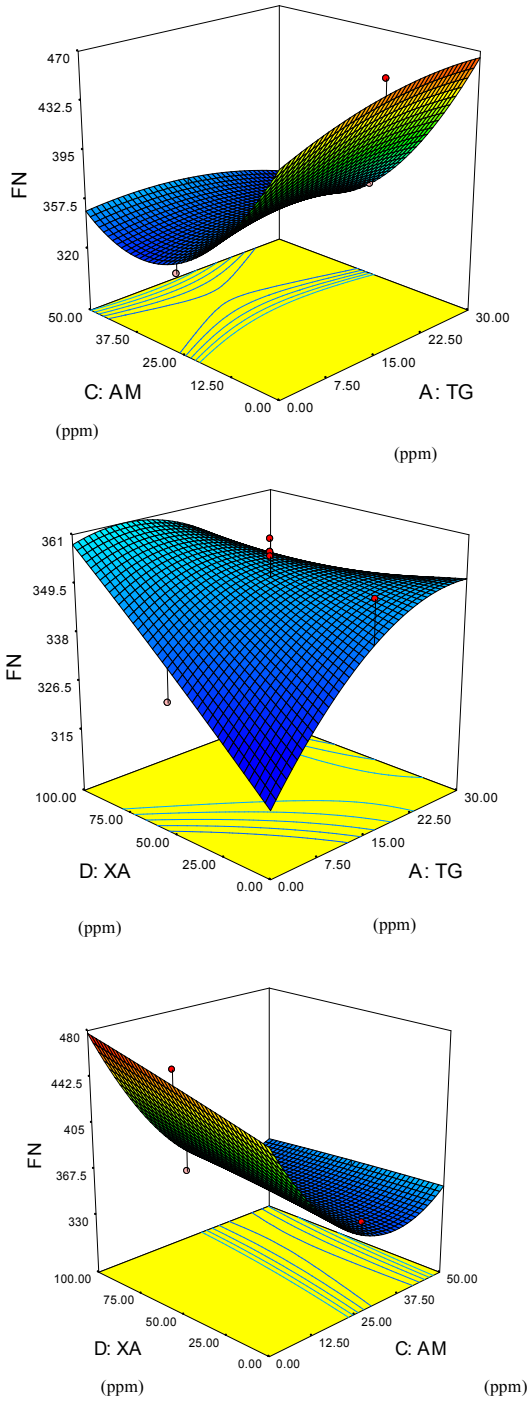


Fig 1 The significant effect of enzymes on Falling number of Lavash flour: a) the binary effect of AM&TG, b) the binary effect of XA&TG, c) the binary effect of XA&AM

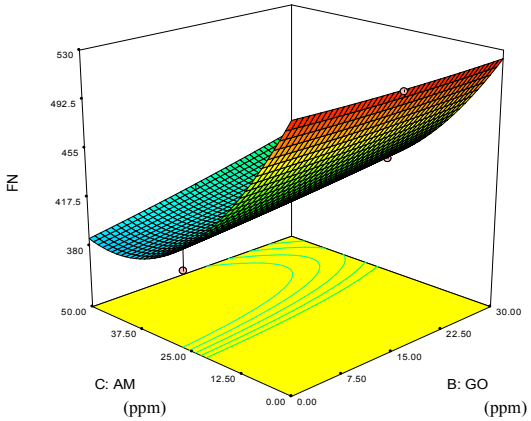


Fig 2 The significant binary effect of AM&GO enzymes on Falling number of Barbary flour

شکل ۱(a-c) نمودارهای سطح پاسخ عدد فالینگ آرد لواش را نشان می‌دهد. مطابق نمودار 1a، تاثیر سطوح مختلف آلفا آمیلاز و ترانس گلوتامیناز بر فالینگ نامبر را در آرد نان بربری نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، اثر افزودن آلفا آمیلاز و ترانس گلوتامیناز، در مورد ترانس گلوتامیناز خطی و در مورد آلفا آمیلاز بصورت درجه دوم می‌باشد. به این ترتیب که با افزودن ترانس گلوتامیناز فالینگ نامبر ثابت می‌ماند و با افزودن آلفاآمیلاز، فالینگ نامبر ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. کاهش فالینگ نامبر در اثر افزودن آلفا آمیلاز قابل پیش بینی بود. دلیل این مساله، شکسته شدن پیوندهای گلیکوزیدی آلفا ۱ به ٤ نشاسته تحت تاثیرآنزیم آلفاآمیلاز و ایجاد مالتودکسترین، الیگوساکاریدها و مالتوتریوزها می‌باشد. که این ترکیبات نیز در صورت ادامه هیدرولیز نشاسته به مالتوزتبدیل می‌شوند. تشکیل مالتوز در نتیجه هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته توسط آنزیم آلفا آمیلاز سبب کاهش فالینگ نامبر می‌شود [۱۵].

مطابق شکل 1b، همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، اثر افزودن زایلاناز و ترانس گلوتامیناز، در هر دو مورد بصورت درجه دوم می‌باشد. به این ترتیب که با افزودن زایلاناز و ترانس گلوتامیناز، فالینگ نامبر ابتدا افزایش و سپس کاهش

می‌یابد. این اثر احتمالا مربوط به اثر هم‌افزایی این آنزیم‌ها با آلفا آمیلاز است، چرا که آلفا آمیلاز بر فالینگ نامبر تاثیر گذار است. اثر مثبتی که در اثر افزودن زایلاناز بر رئولوژی خمیر مشاهده شد با نتایج Liu و همکاران (۲۰۱۷) و شفیع سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت داشت.

شکل 1c نیز همانند اثرات قبلی AM بر فالینگ نامبر مشهود است به طوری که در مقادیر متفاوت آنزیم XA با افزایش AM عدد فالینگ کاهش می‌یابد. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، اثر افزودن آلفاآمیلاز و زایلاناز، در مورد زایلاناز آلفاآمیلاز بصورت خطی می‌باشد. به این ترتیب که با افزودن زایلاناز فالینگ نامبر ثابت می‌ماند و با افزودن آلفاآمیلاز، فالینگ نامبر کاهش می‌یابد که با نتایج شفیع سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) و محمدزاده میلانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز مطابقت دارد.

٤-۳- نتایج افزودن آنزیم‌ها بر جذب آب فارینوگراف

مطابق جدول ٤ مدل‌های پیشنهادی برای هر دو نمونه آرد لواش و بربری معنی‌دار بود پس رابطه بین متغیرهای مستقل (آنزیم‌های افزوده شده) و متغیر وابسته (فالینگ نامبر) معنی‌دار می‌باشد و F عدم تناسب[1] غیرمعنی‌دار بود که نشان دهنده فیت شدن مناسب داده‌ها با مدل می‌باشد. R^2_{adj} برای هر دو نمونه آرد در حد قابل قبول است و نشان دهنده مناسب بودن مدل رگرسیونی بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته می‌باشد. مطابق مدل پیشنهادی افزودن آلفا آمیلاز موجب کاهش و افزودن زایلاناز موجب افزایش شاخص جذب آب فارینوگراف شد که با نتایج Pescador-Piedra و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. این محققان اعلام کردند افزودن پراکسیداز یا زایلاناز باعث افزایش جذب آب آرد شد، در حالی که ترکیب GO-XAبر آن تأثیری نداشت. جذب آب در آرد اضافه شده با ترکیبی از سه آنزیم کاهش یافت.

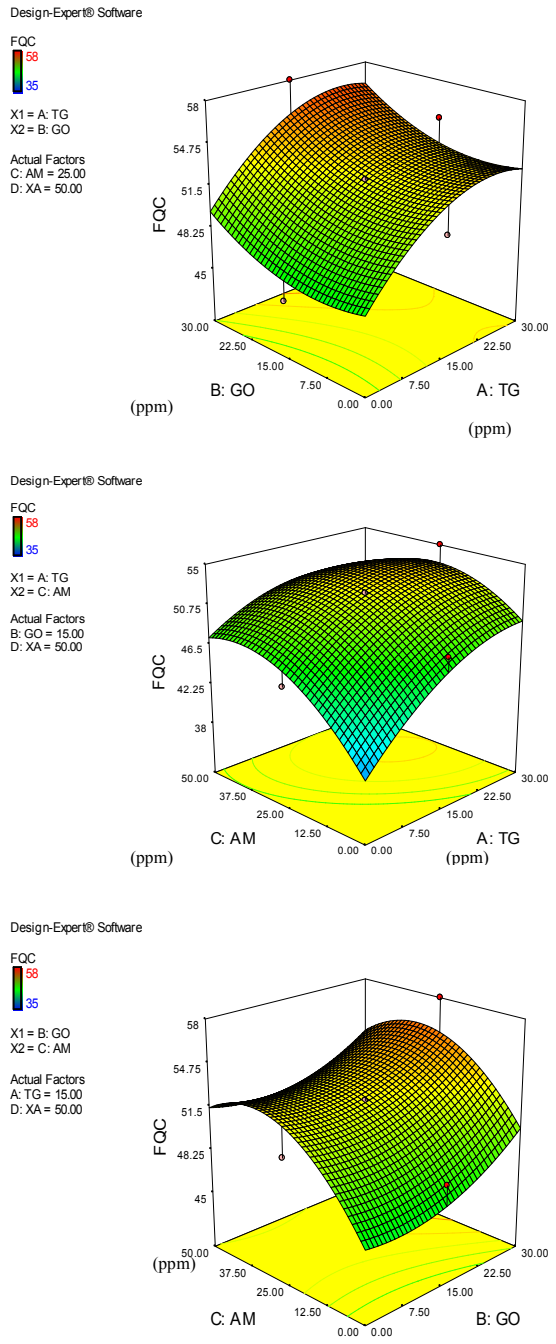


Fig 3 The significant effect of enzymes on FQC of Lavash flour: a) the binary effect of GO&TG, b) the binary effect of AM&TG, c) the binary effect of AM&GO

1. Lack of fit

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

Table 4 Farinograph water absorption results

	The results related to water absorption of of Barbary bread flour	The results related to water absorption of Lavash bread flour
The model suggested by the software	Water Absorption=+55.20992-0.026667 * AM +7.77778E-003 * XA	Water Absorption =+56.87242 -0.022472 * AM+8.04167E-003* XA
F value of the model	28.77^{s}	4.26^{s}
F value of the disproportion	0.71^{ns}	181.63^{s}
R^2Value	0.7	0.61
R^2_{adj} Value	0.64	0.54
Significant effects of the enzymes on the model	XA AM	XA AM

*Trans Glutaminase (TG), α-Amylase (AM), xylanase (XA), Glucose Oxidase (GO)
*S: significant, ns: Non Significant (P-value < 0.05)

٤-٤- نتایج افزودن آنزیم بر شاخص کیفی فارینوگراف

مطابق جدول ٥ مدل‌های پیشنهادی برای این شاخص معنی‌دار هستند و مقدار R^2_{adj} برای نان لواش ۰/۸۷ است که در حد قابل قبول است و مدل رگرسیونی بخوبی توانست رابطه بین مقدار آنزیم‌ها با شاخص کیفی فارینوگرام را نشان دهد و پیش‌بینی نماید. در هر دو مدل اثر AM و TG معنی‌دار برآورد شده و اثر متقابل این دو آنزیم در آرد نان لواش نیز معنی‌دار است. مطابق شکل ۳b و شکل ٤ در مقادیر بالای AM و TG شاخص FQC در بالاترین مقدار خود است. افزایش AM ابتدا باعث افزایش این شاخص می‌شود سپس باعث کاهش آن می‌شود. مطابق شکل اثر آنزیم آلفا آمیلاز بر شاخص کیفی فارینوگراف افزایشی است که با نتایج شفیع سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی ندارد چرا که بر اساس نتایج ایشان افزودن ٥ پی‌پی‌ام آلفا آمیلاز به آرد موجب کاهش این شاخص شد. همچنین با نتایج Bahrami و همکاران (۲۰۲۲) نیز مطابقت ندارد. تحقیقات این محققان نیز نشان داد وجود آنزیم آلفاآمیلاز منجر به کاهش قابل توجهی در عدد فارینوگراف می‌شود که این مسئله هم به دلیل شکسته شدن پلیمر نشاسته و هیدرولیز شدن آن رخ می‌دهد. مطابق شکل ٤ آنزیم TG موجب افزایش FQC می‌شود. این یافته با نتایج تحقیق محترمی‌و همکاران (۱۳۹٤) مطابقت ندارد زیرا طبق گزارش آنها در میان فاکتورهای مورد مطالعه، آنزیم‌های ترانس گلوتامیناز و آسپاراژیناز اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر نداشتند. 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 تحقیق شفیع سلطانی و همکاران (۲۰۱٤) اثر افزودن آنزیم آلفا آمیلاز قارچی بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر توسط دستگاه فارینوگراف بررسی شد و حجم مخصوص و ویژگی‌های حسی نان حجیم حاصل از آن نظیر بافت، رنگ پوسته ، شکل نان، بیاتی و دیگر ویژگی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بعد از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد افزودن آنزیم آلفا آمیلاز به خمیر سبب کاهش شاخص فارینوگراف می‌شود. پس بنابراین لازم است به دقت مقدار آنزیم‌ها جهت بهترین نتیجه بهینه‌یابی شود.

Table 5 Farinogram qualitative index results

	The results related to the FQC of Barbary bread flour	The results related to the FQC of Lavash bread flour
The model suggested by the software	FQC =+41.47766+0.79134* TG+0.29703 * AM-0.019002*TG2	FQC=+37.66244+0.64428*TG -0.10016*GO+0.46101*AM -5.00000E-003*TG*AM
F value of the model	3.19^{s}	4.32^{s}
R^2 Value	0.63	0.95
R^2_{adj} Value	0.53	0.87
Significant effects of the enzymes on the model	TG AM TG^2	TG GO AM TG×AM

*Trans Glutaminase (TG), α-Amylase (AM), xylanase (XA), Glucose Oxidase (GO)
*S: significant, ns: Non Significant (P-value < 0.05)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

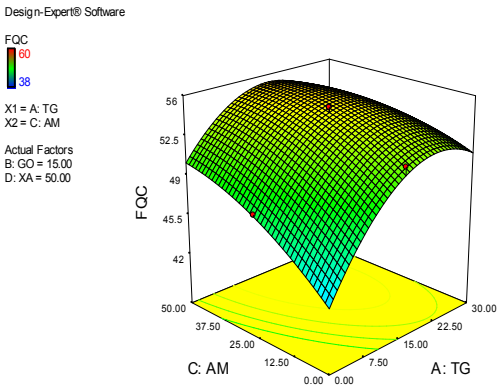


Fig 4 The significant binary effect of AM&TG enzymes on FQC of Barbary flour

٤-٥- نتایج افزودن آنزیم بر شاخص P آلوئوگراف

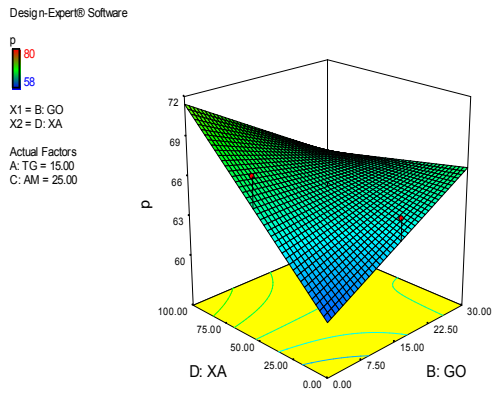
نتایج آزمون آلوئوگرام و مقادیر شاخص P در جدول ۱ آمده است. نتایج حاصل از آنالیز واریانس و بررسی مدل برای شاخص P آلوئوگرام در جدول ٦ آمده است. مطابق جدول ٦ مدل پیشنهادی برای نمونه آرد بربری معنی‌دار است ولی به دلیل R^2_{adj} پایین (۰/۳۷) مدل چندان مناسبی نمی‌باشد. از میان آنزیم‌ها تاثیر AM به تنهایی و همچنین اثر دوتایی آنزیم های GO و XA بر شاخص P معنی دار بود.

Table 6 P index results of alveogram

	The results related to the P index of Barbary bread flour	The results related to the P index of Lavash bread flour
The model suggested by the software	p =+58.90079 -0.13750 * AM - 4.58333E-003 * GO * XA	ns
F value of the model	2.59[s]	-
R^2_{adj} Value	0.6	-
R^2_{adj} Value	0.37	-
Significant effects of the enzymes on the model	AM GO×XA	-

*Trans Glutaminase (TG), α-Amylase (AM), xylanase (XA), Glucose Oxidase (GO)
*S: significant, ns: Non Significant (P-value < 0.05)

افزایش AM موجب کاهش شاخص P آلوئوگرام می‌شود. مطابق شکل ۵، اثر GO افزایشی است. یعنی با افزودن گلوکز اکسیداز شاخص P آلوئوگراف افزایش می‌یابد که با نتایج Salehifar و همکاران (۲۰۱٤) و Renzetti و همکاران (۲۰۱٦) مطابقت دارد. این افزایش را می‌توان به تشکیل پیوندهای بین و درون شبکه پلی پپتیدی خمیر نسبت داد که موجب افزایش مقاومت خمیر و در نهایت افزایش فشار وارده بر خمیر می‌شود. همچنین می‌توان به اکسید شدن اسید فرولیک آرابینوکسیلان‌ها (آرابینوزایلان) و انعقاد و ایجاد اتصالات عرضی بین آن‌ها نسبت داد. مطابق شکل ۵ و مدل اثر آنزیم زایلاناز بر شاخص P آلوئوگراف افزایشی است. این قسمت از نتایج با نتایج Salehifar و همکاران (۲۰۱٤) همخوانی ندارد. طبق اعلام این مولف بین آنزیم زایلاناز و فشار وارد بر خمیر رابطه عکس وجود دارد. البته بایستی در نظر داشت چون زایلان‌ها در آردهای مختلف متفاوت هستند تأثیر زایلاناز نیز متفاوت خواهد شد. احتمالا دلیل این مساله را می‌توان به این موضوع نسبت داد. قوی شدن خمیر ویژگی مطلوبی است به شرط آنکه مانع ورآمدن خمیر بخصوص در نان بربری نشود پس بنابراین بایستی از کشسانی خوبی نیز برخوردار باشد. می‌توان نتیجه گرفت اثر این دو آنزیم نیز وابسته به دوز است و بایستی به دقت تعیین شود. شفیع سلطانی و همکاران (۲۰۱٤) نیز نتیجه گرفتند که افزودن ترکیبی از آنزیم‌های گلوکز اکسیداز و زایلاناز به آرد ضعیف خمیر نان می‌تواند به عنوان یک اقدام اصلاحی برای کاهش مشکلات خمیر ناشی از استفاده از آنزیم‌های آمیلاز استفاده شود (افزودن آمیلاز قارچی بیش از حد به آرد منجر به کاهش شدید پایداری خمیر می‌شود) این مطالعه نشان داد که اثرات گلوکز اکسیداز و زایلاناز وابسته به مقدار است و لازم است مقادیر بهینه آنزیم‌ها قبل از افزودن به آرد تعیین شود. ترکیب سطوح بهینه سه آنزیم منجر به تولید خمیری با چسبندگی کم و نانی با حجم مخصوص بالاتر، بافت با کیفیت بالاتر، شکل بهتر و نمره کل بالاتر در آزمون ارزیابی حسی نسبت به نمونه شاهد (بدون آنزیم) شد [۱].



(ppm)

Fig 5 The significant binary effect of XA&GO enzymes on P Index of alveogram of Barbary flour

این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات Liu و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت که نشان می دهد که افزودن یک آنزیم به تنهایی و ترکیبی از آنزیم‌ها (آلفا آمیلاز، زایلاناز و سلولاز) می‌تواند کشش‌پذیری[1]، نرم شدن[2]، شاخص تحمل اختلاط[3] (MTI) و چسبندگی[4] را افزایش دهد، در حالی که مقاومت در برابر گسترش[5] را کاهش می‌دهد. به دلیل همبستگی بالای داده های مربوط به مقاومت در برابر کشش و شاخص P می‌توان نتیجه گرفت که این نتایج با یکدیگر ارتباط مستقیمی دارند.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه کنترل شرایط جوی و عوامل دیگر موثر بر کیفیت گندم دشوار می باشد، اصلاحات آرد گندم بیشتر ترجیح داده می‌شود. استفاده از آنزیم‌ها یکی از راه‌های بهبود و ارتقای کیفیت گلوتن آرد می باشد که بر روی کیفیت محصول نیز موثر خواهد بود. اثر آنزیم‌ها در بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر وابسته نوع آنزیم، میزان آنزیم و همچنین نوع آرد مورد استفاده قرار دارد. نتایج استفاده از چهار آنزیم آنزیم‌های گلوکز اکسیداز، ترانس گلوتامیناز، α- آمیلاز و زایلاناز به صورت تکی و ترکیبی بر خواص رئولوژیکی خمیر نان بربری و لواش نشان دهنده تاثیر کاهشی آلفا آمیلاز بر عدد فالینگ نامبر می باشد. افزودن آلفا آمیلاز موجب کاهش و افزودن زایلاناز موجب افزایش شاخص جذب آب فارینوگراف گردید. در مقادیر بالای AM و TG، شاخص فارینوگراف در بالاترین مقدار خود قرار گرفت. افزایش AM موجب کاهش و افزایش GO و XA هر یک به تنهایی موجب افزایش شاخص P آلوئوگرام شد. دو آنزیم گلوکز اکسیداز و ترانس گلوتامیناز در هر دو نوع آرد نان تاثیر مثبت داشت. در آرد مورد استفاده برای نان لواش آنزیم آلفا آمیلاز نیز در مقادیر بالا توانایی بهبود ویژگی های رئولوژیکی از خود نشان داد ولی تاثیر آنزیم XA در نان بربری معنی‌دار نبود در حالیکه در نان لواش تا حدودی توانست اثرات بهبود دهندگی به خمیر بیافزاید.

1. extensibility
2. softening
3. Mixing tolerance index
4. stickiness
5. resistance to extension

٦- منابع

[1] Shafisoltani, M., Salehifar, M., & Hashemi, M. (2014). Effects of enzymatic treatment using response surface methodology on the quality of bread flour. Food chemistry, 148, 176-183.

[2] G Gujral, H. S., & Singh, N. (1999). Effect of additives on dough development, gaseous release and bread making properties. Food research international, 32(10), 691-697.

[3] Liu, W., Brennan, M. A., Serventi, L., & Brennan, C. S. (2017). Effect of cellulase, xylanase and α-amylase combinations on the rheological properties of Chinese steamed bread dough enriched in wheat bran. Food chemistry, 234, 93-102.

[4] Meerts, M., Van Ammel, H., Meeus, Y., Van Engeland, S., Cardinaels, R., Oosterlinck, F., ... & Moldenaers, P. (2017). Enhancing the rheological performance of wheat flour dough with glucose oxidase, transglutaminase or supplementary gluten. Food and Bioprocess Technology, 10(12), 2188-2198.

[5] Fallahi, P., Habte-Tsion, H. M., & Rossi, W. (2018). Depolymerizating enzymes in human food: bakery, dairy products, and drinks. In Enzymes in human and animal nutrition (pp. 211-237). Academic Press.

[6] Dahiya, S., Bajaj, B. K., Kumar, A., Tiwari, S. K., & Singh, B. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. Process Biochemistry, 99, 290-306.

[7] Selinheimo, E., Kruus, K., Buchert, J., Hopia, A., & Autio, K. (2006). Effects of laccase, xylanase and their combination on

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]

[17] Pescador-Piedra, J. C., Garrido-Castro, A., Chanona-Pérez, J., Farrera-Rebollo, R., Gutiérrez-López, G., & Calderon-Dominguez, G. (2009). Effect of the addition of mixtures of glucose oxidase, peroxidase and xylanase on rheological and breadmaking properties of wheat flour. International Journal of Food Properties, 12(4), 748-765.

[18] Bahrami, N., Nasrollah Zadeh, A. and Hariri, A., (2022). The evaluation of the effect of adding alpha-amylase and sodium alginate on the rheological properties of bread dough. Journal of food science and technology(Iran). 19(122): p. 223-235 (In Persion).

[19] Mohtarami, F., Esmaiili, M., Alizadeh, M., & Ardabili, S. S. (2015). Improvement of the rheological properties of dough using transglutaminase and asparaginase enzymes, whey powder and inulin. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 11(4), 445. (In Persion).

[20] Salehifar, M., Shafisoltani, M., Hashemi, M., 2014. Evaluation of the effect of using glucose oxidase and xylanase enzymes on Toast bread flours characteristics. Journal of food science and technology(Iran). 11(43): p. 135-147.

[21] Renzetti, S., & Rosell, C. M. (2016). Role of enzymes in improving the functionality of proteins in non-wheat dough systems. Journal of Cereal Science, 67, 35-45.

[22] Bankar, S. B., Bule, M. V., Singhal, R. S., & Ananthanarayan, L. (2009). Glucose oxidase—an overview. *Biotechnology advances*, *27*(4), 489-501.

[23] Nevsky, A. A., Tsurikova, N. V., Dremucheva, G. F., Nosova, M. V., Velikoretskaya, I. A., & Borodulin, D. M. (2018, December). Effect of enzyme preparations with Endo-Xylanase and Exo-Peptidase activities on the bread quality, dough properties and fractional composition of wheat gluten proteins. In *International scientific and practical conference" Agro-SMART-Smart solutions for agriculture"(Agro-SMART 2018)* (pp. 106-112). Atlantis Press.

the rheological properties of wheat doughs. Journal of Cereal Science, 43(2), 152-159.

[8] Dahiya, S. and Singh, B. 2019. Microbial xylanases in bread making. p. 140-149.

[9] Caballero, P. A., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2007). Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. Journal of food engineering, 81(1), 42-53.

[10] Bagagli, M. P., Jazaeri, S., Bock, J. E., Seetharaman, K., & Sato, H. H. (2014). Effect of transglutaminase, citrate buffer, and temperature on a soft wheat flour dough system. Cereal Chemistry, 91(5), 460-465.

[11] Scarnato, L., Montanari, C., Serrazanetti, D. I., Aloisi, I., Balestra, F., Del Duca, S., & Lanciotti, R. (2017). New bread formulation with improved rheological properties and longer shelf-life by the combined use of transglutaminase and sourdough. LWT-Food Science and Technology, 81, 101-110.

[12] Chang, S. Y., Delwiche, S. R., & Wang, N. S. (2002). Hydrolysis of wheat starch and its effect on the falling number procedure: mathematical model. Biotechnology and bioengineering, 79(7), 768-775.

[13] Ghamari, M., Peighambardoust, S.H., and Rashmeh Karim, K. (2009). Application of farinograph quality number (FQN) in evaluating baking quality of wheat. Food Science & Technology. 6 (21) p. 23-33 (In Persion).

[14] Mirza Alizadeh, A., Peivasteh Roudsari, L., Tajdar Oranj, B., Beikzadeh, S., Barani Bonab, H., & Jazaeri, S. (2022). Effect of Flour Particle Size on Chemical and Rheological Properties of Wheat Flour Dough. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE), 41(2), 682-694 (In Persion).

[15] Shafisoltani, M., Salehifar, M. and Hashemi M., 2014. Effects of the use of fungal alpha-amylase enzyme on the quality characteristics of dough and toas bread. Journal of innovation in Food Science & Technology. 6(2): p. 43-54 (In Persion).

[16] Mohammadzadeh Milani, J., Sedighi, N., Mirzayi, H.A., (2018). The effect of sprouted and normal soybean flour on the quality of Berberi bread. Food processing and storage. 10(1): p. 73-84 (In Persion).

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effects of adding glucose oxidase, α-amylase, transglutaminase and xylanase enzymes on the rheological properties of Barbary and Lavash flour using the response surface method

Mirzaei tash, O. [1], Gharekhani, M. [2*], Mirzaei, H. [3], Javadi, A. [3]

1. Ph.D. Student of Food Science and Technology, Faculty of Food science and technology, Mamaqan branch, Islamic Azad University, Mamaqan, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3. Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Tabriz Medical Sciences, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 10/ 04
Accepted 2022/ 12/ 05

Keywords:

Glucose oxidase,
α-amylase,
Trans-glutaminase,
Xylanase,
Rheological properties,
Flour.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.117
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2

*Corresponding Author E-Mail:
m.gharekhani@iaut.ac.ir

ABSTRACT

Bread is the main food in providing energy and protein in the diet of Iranian society. Therefore, the consumed bread must be of good quality, and one of the effective factors in its quality is the consumed flour gluten quality and quantity, which unfortunately, these factors are not desirable for wheat produced in Iran. One of the ways to decrease this problem is to use enzymes in the bread production flour. In this research, the effects of adding glucose oxidase (GO) and trans glutaminase (TG) enzymes in amounts of 0 to 30 ppm, α-amylase (AM) in amounts of 0 to 50 ppm and xylanase (XA) in amounts of 0 to 100 ppm on rheological properties of the Barbary and Lavash bread dough were prepared and analyzed using the response surface method (RSM) and the properties of the resulting dough were studied by farinograph, Falling number and alveograph rheological tests. The results of statistical analysis using Design Expert software showed that in different amounts of TG and GO, increasing AM caused a decrease in falling number. AM and XA decreased the amount of water absorption based on farinograph, but their interaction was not significant. At high amounts of AM and TG, farinograph index (FQC) was at its highest value. The increase of AM decreased the P index of the alveogram, whereas, the increase of GO and XA when used individually increased this parameter. The interaction effect of the last two enzymes was also significant and the median value of both which decreased P index. In Barbary and Lavash bread, the values of TG and GO in the maximum amounts (30 ppm) and AM in the values of 16 and 23 ppm were the most effective. The effect of XA enzyme was not significant in Barbary bread, but 23 ppm of XA showed a positive effect in Lavash bread.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-07]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.11.2]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.131]