**مجله علوم و صنایع غذایی ایران**

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

# ارزیابی هم افزایی آنزیم های گلوکز اکسیداز و لیپاز بر خواص رئولوژیک آرد و نان بربری فرموله شده با جایگزینی نسبی آرد ذرت

**پریسا آبادی پازوکی[۱]، مهسا تبری[۲*]، نفیسه جهانبخشیان[۳]**

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

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

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحدتهران شمال ، تهران، ایران.

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۰۳/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲

**کلمات کلیدی:**

نان بربری،

آرد ذرت،

گلوکز اکسیداز،

لیپاز.

DOI: 10.52547/fsct.18.09.04

* مسئول مکاتبات:

tabari@liau.ac.ir

**چکیده**

تیمار آنزیمی آرد گندم انتخابی مناسب جهت بهبود خواص عملکردی آن است. از آنجاکه آنزیم‌ها با فعالیت‌های مختلف بیوشیمیایی می‌توانند اثرات هم افزایی بر رفتار خمیر یا کیفیت محصول ایجاد کنند، استفاده ترکیبی از آنزیم‌ها امروزه در فرآیندهای تولید نان مورد توجه قرار گرفته است. از این رو در این تحقیق سعی شد هم افزایی آنزیم‌های گلوکز اکسیداز و لیپاز برخواص فیزیکوشیمیایی آرد و نان بربری فرموله شده با جایگزینی نسبی آرد ذرت ارزیابی گردد. تیمارها در ۷ گروه (**T0**: نمونه شاهد، **T1**: حاوی ۵٪ آرد ذرت+ ۰/۰۵ ٪ گلوکز اکسیداز+ ۰/۰۵٪ لیپاز، **T2**: حاوی ۱۰٪ آرد ذرت+ ۰/۰۷ ٪ گلوکز اکسیداز+ ۰/۰۷٪ لیپاز، **T3**: حاوی ۱۵٪ آرد ذرت+ ۰/۰۹ ٪ گلوکز اکسیداز+ ۰/۰۹٪ لیپاز، **T4**: حاوی ۲۰٪ آرد ذرت+ ۰/۰۱۱٪ گلوکز اکسیداز+ ۰/۰۱۱٪ لیپاز، **T5**: حاوی ۲۵٪ آرد ذرت+ ۰/۱۳ ٪ گلوکز اکسیداز+ ۰/۱۳٪ لیپاز، **T6**: حاوی ۳۰٪ آرد ذرت+ ۰/۱۵٪ گلوکز اکسیداز+ ۰/۱۵٪ لیپاز) تهیه شدند. نتایج شیمیایی تیمارها افزایش رطوبت، خاکستر و گلوتن اندیس را نشان دادند بطوریکه بالاترین میزان فاکتورهای نامبرده در نمونه **T6** مشاهده شد. عدد زلنی، فالینگ نامبر، پروتئین و گلوتن تیمارها کاهش معناداری را نشان دادند. نتایج آزمون فارینوگراف، عدم معنادار جذب آب، کاهش زمان گسترش و مقاومت با افزایش درصد جایگزنی آرد ذرت در تیمارها مشاهده شد. مقاومت به کشش تیمارها در آزمون اکستنسوگراف به ترتیب افزایش و کاهش مقاومت به کشش و کشش‌پذیری تیمارها را نشان داد ($p<0.05$). نتایج بافت سنجی نشان داد استفاده از آنزیم لیپاز و آرد ذرت کاهش سفتی تیمارها را به دنبال داشت. درحالیکه افزودن آرد ذرت چسبندگی خمیرها را به دنبال داشت و آنزیم‌ها در آن بی‌تأثیر بودند. خاصیت الاستسیته خمیرها نیز با افزودن آنزیم گلوکز اکسیداز بهبود یافت. نتایج ارزیابی حسی تیمار **T4** را به عنوان تیمار برتر معرفی کرد.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

## ۱- مقدمه

نان اصلی‌ترین و بی‌رقیب ترین غذای مورد استفاده در جهان است. گرچه با ارتقاء سطح زندگی در کشورهای پیشرفته از میزان مصرف آن کاسته شده، ولی هنوز هم بخش عمده‌ای از انرژی روزانه، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین‌های گروه B مورد نیاز مردم کشورهای مختلف، از نان تأمین می‌شود [۱]. بهینه‌سازی خصوصیات خمیر، بهبود کیفیت و ماندگاری محصول نهایی از مهمترین اولویت‌ها در صنعت پخت نان است. از یک طرف نان با کیفیت حسی و ماندگاری بالاتر مورد توجه مصرف کننده است و از طرفی دیگر بیاتی و ضایعات نان از لحاظ اقتصادی اهمیت زیادی برای تولید کننده دارد از این رو، امروزه استفاده از مواد افزودنی مانند امولسیفایرها، صمغ‌ها، آنزیم‌ها و ... در صنایع پخت، به منظور بهبود ویژگی‌های خمیر، افزایش کیفیت نان تازه و ماندگارن نان، به یک روش معمول تبدیل شده است [۲، ۳]. بهبود دهنده‌ها نقش کلیدی در حفظ بافت فرآورده‌های آردی دارند بطوریکه علاوه بر تقویت شبکه گلوتنی، کیفیت آردهای ضعیف را تا حد مطلوبی بهبود بخشیده و بافت مناسبی در محصول ما ایجاد می‌کنند؛ آنزیم‌ها بعنوان بهبود دهنده طبیعی جایگزینی مطمئنی برای ترکیبات شیمیایی هستند زیرا علاوه بر کاتالیز واکنش‌ها، در حین پخت نابود شده و در محصول نهایی قابل شناسایی نیستند. آنزیم‌ها توانایی افزایش ماندگاری، بهبود تخمیر، پایداری، تشدید رنگ پوسته و ایجاد ساختار نرم‌تر را دارند [٤]. اخیراً آنزیم گلوکز اکسیداز و لیپاز به عنوان یک آنزیم بالقوه برای بهبود خواص خمیر و کیفیت محصولات نهایی مورد بررسی قرار گرفته است. گلوکز اکسیداز با اکسید کردن باندهای دی سولفیدی و توانایی ایجاد پیوند عرضی آلبومین و گلوبولین توانایی ایجاد پیوند دی سولفیدی و غیر دی سولفیدی را دارد، تیمار با گلوکز اکسیداز سبب افزایش استحکام و پایداری خمیر، افزایش حجم نان، بهبود ساختار و نرمی خمیر می‌شود [۵]. لیپاز از مهمترین گروه بیوکاتالیست‌ها هستند که با تجزیه تریگلیسیریدها به گلیسرول و اسیدچرب سبب نرمی بافت نان می‌شوند در چنین شرایطی تصور می‌شوند این ترکیبات با احاطه کردن اطراف و سطح خارجی گرانول‌های نشاسته از اتصال آن‌ها هنگام پخت جلوگیری کرده که علاوه بر ایجاد ساختاری نرم در نان از انتقال آب به شبکه پروتئینی جلوگیری کرده در نتیجه نشاسته کریستاله نمی‌شود [٦، ۷]. Azizi و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند استفاده از آنزیم لیپاز در نان حاوی ۱۵ ٪ کینوا افزایش کیفیت محصول و حجم را به دنبال داشت و بیاتی نان را به تأخیر انداخت [۷]. Sarabhai و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر آنزیم گلوکز اکسیداز بر ویژگی‌های نان‌های بدون گلوتن، افزایش معنادار حجم با کاهش تکه تکه شدن[1] و سختی همچنین بهبود خواص رئولوژیکی نان را نشان دادند [۵]. عدیلی و همکاران (۱۳۹٤) نیز نشان دادند استفاده از لیپاز در دو غلظت ۱۰و۳۰ پی‌پی‌ام در تهیه نان باگت از نظر کاهش سفتی مطلوب‌تر و دارای حداکثر نسبت حجم بودند [۸]. با توجه به زمان ماندگاری کوتاه نان‌های سنتی ایران مانند نان بربری، تولید حجم بالای ضایعات و تحمیل هزینه‌های اقتصادی فراوان، این پژوهش با هدف افزایش کیفیت زمان ماندگاری نان بربری حاوی آرد ذرت با استفاده از آنزیم گلوکز اکسیداز و لیپاز به عنوان بهبود دهنده انجام شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- تهیه نمونه

جهت تهیه خمیر از روش مستقیم انجام شد. ابتدا آرد گندم با درصد استخراج سبوس ۱۸ درصد (شرکت آرد البرز - ایران)، نمک ۲ درصد وزنی، مخمر نان نانوایی خشک (خمیر مایه رضوی - ایران) به فعالیت ۱ درصد، آب (مقدار دقیق آن توسط دستگاه فارینوگراف تعیین شد)، درصدهای (۵ و ۱۰ و ۱۰ و ۲۰ و۲۵ و ۳۰)از آرد ذرت (شرکت آرد زر ایران)، آنزیم گلوکز اکسیداز و لیپاز (شرکت ORBA - ترکیه) به (جدول ۱) همراه مواد اولیه ذکر شده در فرمول، جهت تهیه نان بربری در داخل خمیر کن (شرکت نوآوران مدل SM15 - ایران) آزمایشگاه تا رسیدن به یک قوام مطلوب (۱۵ دقیقه) مخلوط شدند و خمیر طی یک مرحله و یک جا تهیه و آماده گردید. پس از گذراندن مرحله تخمیر درون کابینت به مدت ۱۵ دقیقه در درجه سانتی گراد ۳۰ به چانه‌های ۵۰۰ گرمی تقسیم شدند و به مدت زمانی در حدود ۱۵-۱۰ دقیقه برر روی میز به حال خود رها شدند.

1. Crumb



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

پخت نان در ۲۶۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۱ دقیقه در فر سنتی گردان (شرکت Baker Machin – ترکیه) انجام شد. تیمارها بعد از خروج از فر و سرد شدن به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق درون کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شدند. آزمون‌های مربوطه در فواصل زمانی ۱، ۳ و ۵ روز پس از پخت نان انجام شد [۹]. تمام مواد شیمیایی مواد استفاده در این تحقیق از شرکت Merck – آلمان تهیه شد.

## ۲-۲- آزمون‌های آرد

### ۲-۲-۱- اندازه‌گیری پروتئین:

مقدار۲ گرم از نمونه آرد توزین و داخل بالن هضمی آرد ریخته شد. سپس ۰/۱ گرم سلنیوم اکسید (شرکت مرک ، آلمان)، ۰/۵ گرم پورد سولفات مس،۵ گرم پتاسیم سولفات و ۲۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ به آن اضافه و به دقت مخلوط شدند. بالن هضمی به دستگاه متصل و محتویات آن تا۴۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت حرارت داده شد. پس از سرد شدن دمای محلول، ۵۰ میلی‌لتر آب به آن اضافه شد. سپس ۵ میلی‌لیتر سود جهت خنثی کردن سولفوریک اسید به آن اضافه شد. در ظرف جمع‌آوری ۵۰ میلی‌لیتر بوتیریک اسید و ۱۰ قطره شناساگر رنگی افزوده شد. عیارسنجی به کمک سولفوریک اسید بر روی محلول جمع‌آوری شده انجام شد. میزان پروتئین از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد [۱۰].

رابطه (۱)

$$Wn \frac{(V1-V0)\times T\times 0.014\times 100}{m}\times\frac{100}{100-Wh}$$

V0 = حجم مصرفی سولفوریک اسید برای نمونه شاهد؛ V1= میلی‌لیتر حجم مصرفی سولفوریک اسید برای نمونه؛ ۰/۰۱۴ = گرم نیتروژن که با ۱میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۰/۵ مول خنثی می‌شود؛ T= نرمالیته سولفوریک اسید مورد استفاده در عیار سنجی؛ m = وزن نمونه به حسب گرم؛ Wh= رطوبت اندازه-گیری شده

### ۲-۲-۲- گلوتن مرطوب

مقدار ۱۰ گرم از آرد وزن شد و به درون اتاقک شستشوی دستگاه منتقل شد. ۴/۸ میلی‌لیتر محلول آب نمک ۲ درصد به نمونه‌ها اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه زمان شستشو، جهت حذف رطوبت ، سانترفیوژ شدند. با استفاده از ترازو میزان گلوتن باقی‌مانده اندازه‌گیری شد [۱۱].

### ۲-۲-۳- مقدار خاکستر

حدود ۵ گرم از نمونه در کپسول چینی که قبلاً به وزن ثابت رسیده بود وزن شد. کپسول چینی حاوی نمونه روی حرارت قرار گرفت تا نمونه بسوزد و خاکستر ظاهر شد. سپس کپسول به کوره الکتریکی (شیمی‌فن – ایران) با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و تا سفید شدن محتویات کپسول درون کوره تگهداری شد. پس از سرد شدن کپسول درون دسیکاتور میزان خاکستر از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد [۱۲].

رابطه (۲)

$$\text{میزان خاکستر در ۱۰۰ گرم نمونه} = \frac{m1-m2}{m}\times 100$$

که در آن:

m1= وزن نمونه با کپسول قبل از حرارت دیدن؛ m2= وزن نمونه با کپسول بعد از حرارت دیدن؛ m = وزن نمونه به حسب گرم؛

### ۲-۲-۴- رطوبت

حدود ۵ گرم از نمونه در پلیتی که قبلاً به وزن ثابت رسیده بود وزن شد. سپس پلیت حاوی نمونه بصورت در باز درون آون (فن آماگستر – ایران) با دمای ۱۳۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شد. پس از سرد شدن پلیت میزان رطوبت نمونه از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد [۱۳].

رابطه (۳)

$$\text{محتوی رطوبت} = 1 - \frac{m1}{m2} \times 100$$

که در آن:

m1= وزن نمونه با بر حسب گرم؛ m2= وزن نمونه بعد از حرارت بر حسب گرم

### ۲-۲-۵- اندازه گیری عدد زلنی

از دستگاه ( BRABENDER- آلمان) برای محاسبه عدد زلنی استفاده شد. ۳/۲ گرم از نمونه الک شده با مش ۱۰۰ با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حاوی برموفنل آبی بصورت سوسپانسیون در آورده شد. پس از هم زدن، ۲۵ میلی‌لیتر محلول سیدمانتاسیون[2] (اسید لاکتیک اسید ۸۵ درصد و الکل ایزوپروپیلیک خالص به آن

2. Sedimentation



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

افزوده شد. در نهایت رسوب تشکیل شده نشان دهنده عدد رسوبی بود [۱٤].

**۲-۲-٦- اندازه گیری عدد فالینگ**

با دستگاه فالینگ نامبر (PERTEN- سوئد) اندازه‌گیری شد. برای این منظور به ۳۰۰ گرم از نمونه آرد به لوله ویسکومتر ریخته ۲۵ میلی‌لیتر آب با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد اضافه شد. پس از بستن درب، به منظور یکنواختی کامل تکان داده شد. پس از اطمینان از تهیه سوسپانسیون یکنواخت، لوله ویسکومتر درون حمام آب (فن آزما گستر - ایران) قرار گرفت. وقتی همزن ویسکومتر به انتهای محلول ژلاتینه شده رسید آزمایش خاتمه یافت. زمان نشان داده شده بر روی زمان‌سنج نشان دهنده عذذ فالینگ بود [۱٥].

**۲-۲-۷- اندازه‌گیری ذرات آرد**

پس از وزن الک‌ها، به ترتیب اندازه از ۱۲۵ میکرون تا ٤۷٥ میکرون روی دستگاه لرزاننده از پایین به بالا، قرار داده شدند. ۱۰۰ گرم از نمونه آرد روی الک ٤۷٥ میکرون ریخته و پس از ٥ دقیقه دستگاه لرزاننده خاموش شد. مجدداً الک‌ها توزین و بر اساس اختلاف وزن بدست آمده از فرمول زیر اندازه ذرات آرد محاسبه شد [۱۲].

رابطه (٤)

$$\frac{a}{w} \times 100 = \text{درصد باقی مانده آرد روی هر الک}$$

که در آن:

a= درصد باقی‌مانده روی الک؛ w= وزن باقی‌مانده روی الک بر حسب گرم

**۲-۲-۸- اندیس گلوتن**

حدود ۱۰ گرم از نمونه آرد درون محفظه شستشوگلوتامیک ریخته شد. پس از افزودن ٤/۸ محلول نمک به آرد به مدت ثانیه کاملاً تشکیل خمیر کاملاً مخلوط شدند. شستشو بصورت اتوماتیک آغاز و به مدت دقیقه انجام شد. پس از عبور نمونه از الک‌های با قطر ۸٤۰ میکرون، گلوتن‌های مرطوب باقی‌مانده به مدت ۱ دقیقه درون سانتریفیوژ (YUCEBAS - ترکیه) با دور ٦۰۰۰ rpm قرار گرفتند. بر اساس وزن باقی‌مانده و وزن بدست آمده در این قسمت، گلوتن مرطوب محاسبه شد؛ پس از خشک کردن گلوتن مرطوب در دستگاه با دمای ۱٥۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤ دقیقه، مجدداً توزین شد [۱٦].

**۲-۲-۹- pH**

۱۰ گرم از نمونه با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر جوشیده مخلوط شد. بعد از ۲۰ دقیقه، pH قسمت آبی با دستگاه pH متر (Crison - اسپانیا) اندازه‌گیری و گزارش شد [۱۲].

**۲-۲-۱۰- اسیدیته**

۱۰ گرم از نمونه داخل ارلن مایر ۲٥۰ میلی‌لیتر ریخته و ٥۰ میلی-لیتر الکل اتیلیک (Merck - آلمان) به آن اضافه و به مدت ٥ دقیقه روی همزن برقی (VELP - ایتالیا) همزده شد. پس از ته نشین شدن مواد داخل ارلن، لایه بالایی به از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس ۲٥ میلی‌لیتر از محلول صاف شده درون ارلن مایر ریخته و ۳ میلی‌لیتر فنل الفتالئین به آن افزوده و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد. اسیدیته آرد از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد [۱۲].

## ۲-۳- آزمون‌های رئولوژیکی خمیر

**۲-۳-۱-آزمون فارینوگراف**

مقدار جذب آب، مقاومت خمیر، زمان گسترش خمیر و سست شدن خمیر از روی منحنی فارینوگرام بر اساس استاندارد AACC54-21 با دستگاه فارینوگراف (برابندر- آلمان) تعیین شد [۱٦].

**۲-۳-۲-آزمون اکستنسوگراف**

بر اساس استاندارد ACC54-21 با دستگاه اکستنسوگراف (برابندر- آلمان) تعیین شد. کمیت‌های مقاومت به کشش، کشش پذیری ، انرژی خمیر، نسبت مقاومت کششی به قابلیت کشش در این آزمون ارزیابی شد [۱٦].

## ۲-٤- آزمون حسی

در این تحقیق ویژگی های نان شامل:فرم و شکل، خصوصیات پوسته، سطح فوقانی نان ، خصوصیات سطح زیرین نان، پوکی و تخلخل ، سفتی و نرمی بافت و قابلیت جویدن نان و بو ، طعم و مزه نان به منظور ارزیابی حسی نان تولیدی توسط گروه داوران مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۲٦، بررسی شد [۱۷].



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

### ۲-۵-روش آماری آنالیز داده‌ها

آزمون بر اساس طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار در ۲ تکرار در روش‌های دستگاهی انجام گرفت. ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۵ درصد انجام گردید. تجزیه تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ۱۶ پذیرفت.

**Table 1** Research treatment

| Treatment | Formula |
|---|---|
| T0 | Blank |
| T1 | Corn flour 5% + glucose oxidase 0.05 % + lipase enzyme 0.05 % |
| T2 | Corn flour 10% + glucose oxidase 0.07 % + lipase enzyme 0.07 % |
| T3 | Corn flour 15% + glucose oxidase 0.09 % + lipase enzyme 0.09 % |
| T4 | Corn flour 20% + glucose oxidase 0.11 % + lipase enzyme 0.11 % |
| T5 | Corn flour 25% + glucose oxidase 0.13 % + lipase enzyme 0.13 % |
| T6 | Corn flour 30% + glucose oxidase 0.15 % + lipase enzyme 0.15 % |

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- بررسی نتایج آزمون شیمیایی آرد

نتایج آزمون شیمیایی آرد در جدول ۲ نشان داده شده است. جهت تشخیص اختلاف در تیمارها میانگین تغییرات بوسیله آزمون دانکن مقایسه شدند. نتایج نشان دهنده اختلاف در ترکیبات شیمیایی تیمارها بود ($p<0.05$). بدین معنی که با تغییر تیمارها، ترکیبات شیمیایی تغییر نشان دادند. میانگین تغییرات گلوتن در تیمارهای مختلف در سطح معناداری متفاوت بود ($p<0.05$) و مقداردامنه تغییرات گلوتن از ۲۳/۶۰ تا ۲۵/۸۰ ٪ گزارش شد که با توجه به استاندارد ۱-۱۰۳ این میزان قابل قبول نبود [۱۲]. در این میان بالاترین میزان گلوتن مربوط به تیمار T1 گزارش شد. با افزودن آرد ذرت، آنزیم لیپاز و گلوکز اکسیداز افزایش درصد گلوتن نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد. این افزایش را می‌توان به حضور برخی ترکیبات متصل به گلوتن به دلیل فعالیت آنزیم نسبت داد [۱۸]، ولی با افزایش درصد افزودنی‌ها این میزان کاهش نشان داد که به دلیل جایگزینی بیشتر آرد ذرت بود. تیمار T6 میزان گلوتنی برابر با نمونه شاهد نشان داد ($p>0.05$) میزان گلوتن و همچنین کیفیت گلوتن یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آرد در فرآیند پخت می‌باشد. مقدار گلوتن مرطوب در ارزیابی کمیت و کیفیت پروتئین حائز اهمیت است. معمولاً مقدار گلوتن هم‌راستا با مقدار پروتئین آرد است و با افزایش میزان پروتئین آرد، افزایش می‌یابد [۱۹]، در نتایج این تحقیق نیز روند تغییرات پروتئین با گلوتن مشهود بود و تیمارهای حاوی گلوتن بالاتر درصد پروتئین بالاتری داشتند. با این حال مقدار گلوتن مرطوب نمی‌تواند به طور خودکار منعکس کننده کیفیت پروتئین و گلوتن باشد و یا تفاوت‌های موجود در ویژگی‌های آرد و خمیر را شرح دهد؛ به کمک اندیس گلوتن می‌توان قدرت و کیفیت گلوتن را ارزیابی کرد افزایش اندیس گلوتن نشان دهنده، افزایش کیفیت گلوتن است [۲۰]، نتایج نشان داد افزودن آنزیم‌ها افزایش اندیس گلوتن را نسبت به نمونه شاهد نشان داد با افزایش درصد افزودنی‌ها میزان اندیس افزایش یافت. علت این امر به توانایی آنزیم‌های مورد استفاده تحقیق در بهبود و تقویت ساختار گلوتن همچنین توانایی آنزیم‌های مورد استفاده در ایجاد پیوندهای کووالان جدید نسبت داده شده است [۱۸، ۲۱]، همانطورکه در نتایج نیز مشخص است تیمار T6 با درصد بالاتری از آنزیم، اندیس گلوتن بالاتری داشتند. افزایش محتوی رطوبت در تیمارها با افزودن بهبود دهندها نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد. محققان دلیل افزایش رطوبت هنگام استفاده از آنزیم را تشکیل شبکه پیوند عرضی بین اسیدهای آمینه دانسته‌اند که در نتیجه این شبکه توانایی به دام انداختن آب را داشته و افزایش ظرفیت نگهداری آب را به دنبال دارد [۲۲]، مطابق نتایج مهین خیل و همکاران (۲۰۱۳) آرد ذرت حاوی مقادیر بالای از مواد معدنی پتاسیم، منیزیم، آهن، کلسیم، منیزیم و مس است [۲۳]، بنابراین افزایش میزان خاکستر تیمارها با افزایش درصد آرد ذرت در فرمولاسیون نان دور از انتظار نبود و همانطورکه در نتایج آمده است بیشترین میزان خاکستر در تیمار T6 مشاهده شد. کاهش عدد زلنی (فاکتوری جهت ارزیابی کیفیت پروتئین گندم) و عدد فالینگ (تعیین میزان فعالیت آنزیمی در آرد حاصل از گندم) با افزایش درصد آرد ذرت، آنزیم لیپاز و گلوکز اکسیداز در تیمارها گزارش شد.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

**Table 2** Chemical properties of wheat flour containing different amounts of corn flour, glucose oxidase and lipase enzymes

| Treatment | Moisture (%) | gluten (%) | Gluten Index(%) | Ash (%) | Zeleny | Falling (S) | Pr (%) | pH | Acidity (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T0 | 8.46 ± 0.09$^{b}$ | 23.60 ± 0.20$^{d}$ | 70.50 ± 0.00$^{e}$ | 0.61 ± 0.15$^{b}$ | 17.00 ± 0.15$^{b}$ | 478.00 ± 0.15$^{b}$ | 10.92 ± 0.06$^{b}$ | 7.17 ± 0.06$^{b}$ | 1.00 ± 0.08$^{b}$ |
| T1 | 8.74 ± 0.06$^{b}$ | 25.80 ± 0.30$^{c}$ | 70.50 ± 0.25$^{d}$ | 0.66 ± 0.20$^{a}$ | 16.00 ± 0.20$^{a}$ | 470.00 ± 0.20$^{a}$ | 10.65 ± 0.25$^{a}$ | 7.16 ± 0.05 | 1.00 ± 0.25$^{a}$ |
| T2 | 8.88 ± 0.05$^{b}$ | 25.30 ± 0.10$^{b}$ | 71.30 ± 0.11$^{c}$ | 0.73 ± 0.15$^{b}$ | 16.00 ± 0.15$^{b}$ | 460.00 ± 0.15$^{b}$ | 10.33 ± 0.31$^{a}$ | 7.11 ± 0.06 | 1.00 ± 0.08$^{a}$ |
| T3 | 9.01 ± 0.25$^{b}$ | 25.10 ± 0.25$^{a}$ | 73.50 ± 0.15$^{b}$ | 0.75 ± 0.20$^{a}$ | 16.00 ± 0.20$^{a}$ | 455.00 ± 0.20$^{a}$ | 10.21 ± 0.10$^{b}$ | 7.11 ± 0.08$^{a}$ | 0.80 ± 0.08$^{b}$ |
| T4 | 9.23 ± 0.08$^{a}$ | 24.80 ± 0.31$^{a}$ | 73.80 ± 0.20$^{a}$ | 0.86 ± 0.13$^{e}$ | 15.00 ± 0.13$^{e}$ | 438.00 ± 0.13$^{e}$ | 10.00 ± 0.09$^{b}$ | 7.00 ± 0.25$^{a}$ | 0.80 ± 0.09$^{b}$ |
| T5 | 9.41 ± 0.25$^{a}$ | 24.30 ± 0.25$^{a}$ | 79.00 ± 0.15$^{b}$ | 0.89 ± 0.25$^{d}$ | 14.00 ± 0.25$^{d}$ | 440.00 ± 0.25$^{d}$ | 9.70 ± 0.06$^{b}$ | 6.96 ± 0.08$^{a}$ | 0.80 ± 0.06$^{b}$ |
| T6 | 9.48 ± 0.08$^{a}$ | 23.60 ± 0.31$^{a}$ | 88.00 ± 0.20$^{a}$ | 0.95 ± 0.11$^{c}$ | 14.00 ± 0.11$^{c}$ | 434.50 ± 0.11$^{c}$ | 9.24 ± 0.09$^{b}$ | 6.96 ± 0.05$^{a}$ | 0.80 ± 0.05$^{b}$ |

a, b, c and d; numbers with non-common letters indicate a significant difference ($p<0.05$)

## ۳-۲- بررسی نتایج آزمون رئولوژیکی خمیر

### ۳-۲-۱-نتایج فاکتورهای بدست آمده از آزمون فارینوگراف

پارامترهای جذب آب، بدست آمده از آزمون فارینوگراف در جدول ۳ نشان داده شده است.در جذب آب تیمارها تفاوت غیرمعنادار ($p>0.05$) گزارش شده است. نتایج نشان داده که با افزایش میزان گلوتن در فرمولاسیون میزان جذب آب بطور غیرمعنادار افزایش داشته است ($p>0.05$)؛ در واقع روند افزایش درصد جذب آب با روند افزایش مقدار گلوتن مطابقت دارد. از طرفی دیگر این افزایش نسبت به نمونه شاهد می‌تواند به دلیلی حضور آنزیم درفرمولاسیون باشد که با افزایش حلالیت گلوتنی کمک به جذب آب اضافی در خمیر می‌کنند، نتایج تحقیقات پیشین نشان داده که آردهای قوی به دلیل کیفیت بالای پروتئین قابلیت حفظ و جذب رطوبت بالاتری دارند [۲٤، ۲٥]، Singh و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثرجایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد ذرت در بیسکوئیت نیز افزایش جذب آب خمیر را نشان دادند [۲٦]. زمان گسترش خمیر نیز نشان‌دهنده قدرت نسبی خمیر است و می توان به روند تورم خمیر در طی عمل آوری پی برد. افزایش زمان گسترش خمیر تیمارها نسبت به نمونه شاهد در نتایج نشان داده شده است. در این میان بین تیمارهای T2، T3و T5 تفاوت معناداری از لحاظ آماری مشاهده نشد ($p>0.05$)؛ زمان گسترش خمیر نمونه T4 به طور معنی‌داری بالاتر از خمیر نمونه‌های دیگر بود ($p<0.05$)؛ اضافه کردن آرد ذرت نیز محتوی آب تیمارها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و با افزایش جذب آب منجر به گسترش خمیر می‌شود ولی از آنجائیکه جانشین کردن بخشی از آرد گندم با آرد ذرت سبب کاهش کلی پروتئین تیمارها می‌شود افزودن ۲۵ درصد و بیشتر آرد ذرت از زمان گسترش خمیر کاست [۲٦]، این نتایج با تحقیقات تبری (۲۰۱۸) و Eliasson (۲۰۰٤) مطابقت داشت [۲۷، ۲۸].زمان مقاومت خمیر با زمان گسترش آن رابطه مثبت و معنی‌داری دارند. از این رو آردهایی که زمان گسترش بالایی دارند، قاعدتاً باید زمان مقاومت خمیر خوبی نیز داشته باشند. فاکتور پایداری خمیر نشان دهنده مقاومت خمیر به عمل مخلوط کردن است و به طورکلی پایداری خمیر بیشتر نشان دهنده آرد قوی‌تر می‌باشد. زمان مقاومت خمیر نمونه T0 (شاهد) بطور معنی‌داری بالاتر از خمیر نمونه‌های دیگر بود ($p<0.05$) و پائین‌ترین زمان گسترش خمیر در نمونه T6 ملاحظه شد ($p<0.05$) استفاده گلوکز اکسیداز پایداری در فارینوگراف را افزایش می دهد و به دلیل تشکیل شدن پیوندهای دی سولفیدی بین و درون پلی پپتیدهای خمیر سبب افزایش مقاومت خمیر می گردد و در نتیجه سبب می شود فشار وارد بر خمیر افزایش یابد؛ باید در نظر داشت که استفاده از آنزیم لیپاز عمل آوری خمیر را کاهش می‌دهد [۱۸، ۸]. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق راهبی و همکاران



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

(۲۰۲۰) مطابقت داشت. طی بررسی درجه سست شدن خمیر، که در واقع نشان دهنده تحمل مکانیکی خمیر است، در ۱۲ و ۲۰ دقیقه مشاهده شد که در هر دو زمان مورد آزمون نمونه T0 (شاهد) بطور معنی‌داری پائین‌ترین و نمونه T6 بالاترین درجه سست‌شدن را داشتند ($p<0.05$). نتایج جدول ۳ بالاترین عدد کیفیت فارینوگراف در نمونه T6 ملاحظه شد ($p<0.05$) در واقع این عدد نشان دهنده کیفیت کلی آرد است.

**Table 3** Results of wheat flour dough extensograph test containing different amounts of corn flour, glucose oxidase and lipase enzymes

| Treatment | Water absorption (%) | Spread time (min) | Stability time (min) | Mechanical tolerance (12 min) | Mechanical tolerance (20 min) | FQN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T0 | $51.40 \pm 0.20^{a}$ | $1.30 \pm 0.09^{d}$ | $3.20 \pm 0.10^{a}$ | $145.00 \pm 1.10^{ab}$ | $163.00 \pm 0.95^{ab}$ | $14.00 \pm 0.00^{d}$ |
| T1 | $50.40 \pm 0.30^{a}$ | $1.50 \pm 0.06^{bc}$ | $2.70 \pm 0.15^{ab}$ | $157.00 \pm 0.95^{ab}$ | $187.00 \pm 0.67^{b}$ | $13.00 \pm 0.25^{e}$ |
| T2 | $52.30 \pm 0.10^{a}$ | $1.60 \pm 0.05^{b}$ | $2.30 \pm 0.10^{bc}$ | $176.00 \pm 0.95^{a}$ | $189.00 \pm 0.60^{a}$ | $12.00 \pm 0.11^{f}$ |
| T3 | $51.10 \pm 0.25^{a}$ | $1.60 \pm 0.25^{b}$ | $2.20 \pm 0.25^{c}$ | $126.00 \pm 0.57^{b}$ | $135.00 \pm 0.95^{b}$ | $16.00 \pm 0.15^{c}$ |
| T4 | $50.90 \pm 0.31^{a}$ | $1.80 \pm 0.08^{a}$ | $2.10 \pm 0.15^{bc}$ | $177.00 \pm 0.69^{ab}$ | $201.00 \pm 0.60^{ab}$ | $19.00 \pm 0.20^{a}$ |
| T5 | $51.50 \pm 0.25^{a}$ | $1.60 \pm 0.25^{b}$ | $1.90 \pm 0.25^{bc}$ | $188.00 \pm 0.57^{ab}$ | $201.00 \pm 0.95^{ab}$ | $17.00 \pm 0.15^{b}$ |
| T6 | $52.20 \pm 0.31^{a}$ | $1.40 \pm 0.08^{cd}$ | $1.80 \pm 0.15^{c}$ | $211.00 \pm 0.69^{a}$ | $239.00 \pm 0.60^{a}$ | $12.00 \pm 0.20^{f}$ |

a, b, c and d; numbers with non-common letters indicate a significant difference ($p<0.05$)

### ۳-۲-۲-نتایج فاکتورهای بدست آمده از آزمون اکستنسوگراف

نتایج اکستنسوگراف مستقیماً مرتبط با ویژگی‌های پروتئین گلوتن آرد است. در نمودارهای اکستنسوگراف، محور افقی نشانگر زمان و یا کشش پذیری است و نمودار عمودی نشانگر میزان نیروی لازم برای کشش خمیر است. نیروی مذکور بر حسب واحد هابلت، بیان می‌شود. آزمون‌ها به ترتیب ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه بعد از زمان تخمیر انجام شدند. مقاومت در برابر کشش خمیر برابر است با ارتفاع منحنی بعد از ۵۰ میلی‌متر جا به جایی روی نمودار حاصله. هر قدر این ارتفاع از لحاظ عددی بیشتر باشد، نشان دهنده بالا بودن مقاومت خمیر در برابر کشش است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در تمام بازه‌های زمانی، بالاترین مقاومت به کشش متعلق به نمونه شاهد بود و با افزایش درصد آرد ذرت و آنزیم‌های گلوکز اکسیداز و لیپاز، مقاومت به کشش نمونه‌ها بطور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$). دلیل کاهش را می‌توان به تشکیل پیوندهای دی سولفیدی بین دو سیستئین و پیوند عرضی دی تیروزین نسبت داد که منجر به ایجاد پیوند کوالانسی پروتئین‌ها، قوی شدن خمیر و درنتیجه کاهش کشش خمیر می‌گردند؛ بنابراین با افزایش غلظت این آنزیم، اندیس تورم نیز کاهش خواهد یافت. هر قدرفعالیت آنزیم گلوکز اکسیداز افزایش یابد در اثر اکسیدکنندگی زیاد، گلوتن الاستیسیته خود را از دست می‌دهد، بیش از حد سفت شده و اجازه بالا آمدن و تورم را به خمیر نمی‌دهد [۳۲]. در این راستا، نتایج نشان دهنده افزایش کشش‌پذیری معنی‌دار تیمارها و با گذشت زمان تخمیر ($p<0.05$). از جمله دلایل این امرافزایش کشش‌پذیری تیمارها همراه با افزایش غلظت آنزیم لیپاز می‌تواند به علت افزایش تبخیر آب از مغز نان و درنتیجه تشکیل ساختار متخلخل باشد[۲۹]. نتایج بدست آمده هم راستا با نتایج راهبی و همکاران (۲۰۲۰) بود [۷]. بررسی نتایج میزان انرژی خمیرها نشان داد در بازه زمان‌های متفاوت تا افزودن ۰/۱۳ ٪ افزودنی‌ها به فرمولاسیون افزایش انرژی را به دنبال داشت و افزودن آن‌ها به میزان ۰/۱۵٪ میزان انرژی را کاهش داد. انرژی مصرف شده بیانگر مقدار انرژی است که صرف می شود تا خمیر کش آمده و در نهایت پاره شود، حال، هرچه این انرژی بیشتر باشد بیان کننده این مطلب است که خمیر سفت بوده و قوی می باشد. گلوکز اکسیداز از طرفی با تأثیر بر شبکه گلوتنی و اکسید شدن گروه‌های سولفیدریل، مقدار باندهای دی سولفید افزایش داده و شبکه گلوتن را قوت می‌بخشد. محققان این امر را دلیل افزایش میزان انرژی در نتیجه استفاده از آنزیم اکسیداز دانستند [۱۸].



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

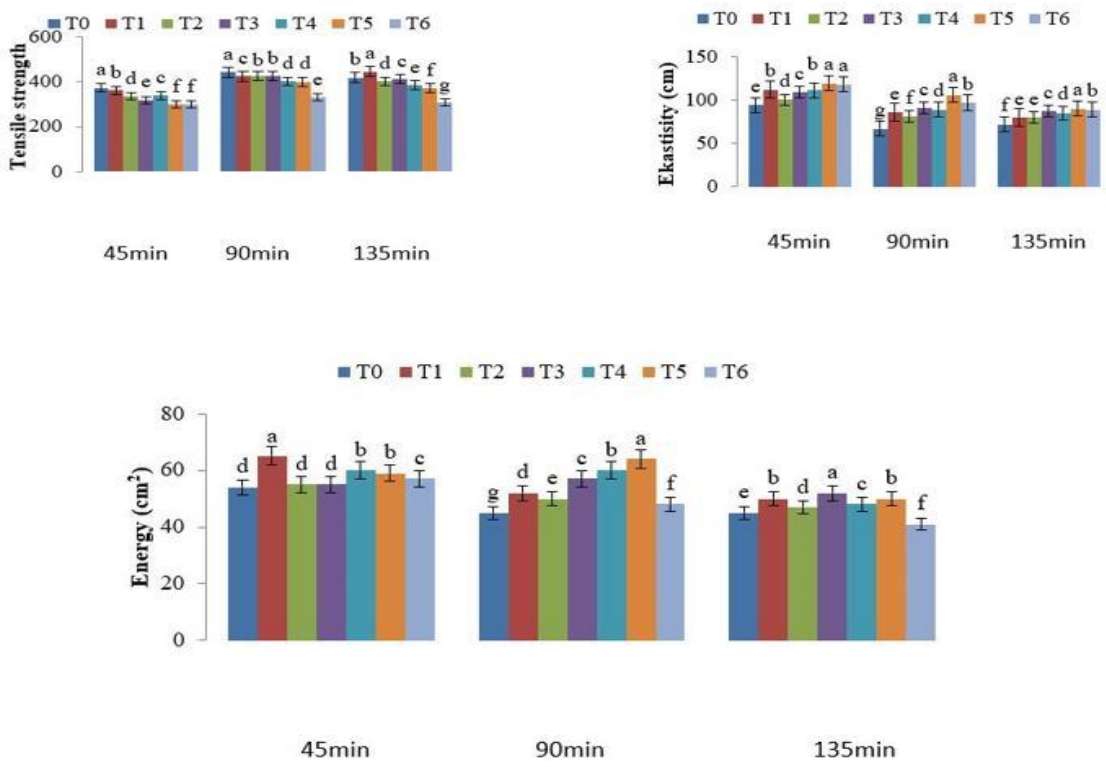


**Fig 1** Results of wheat flour dough extensograph test containing different amounts of corn flour, glucose oxidase and lipase enzymes

## ۳-۳-نتایج آنالیز بافت

### ۳-۳-۱- نتایج سختی بافت

مطابق شکل (a -۲) با گذشت زمان، سختی بافت تمامی نمونه‌ها بطور معنی‌داری افزایش یافت. علت این امر به دلیل افزودن آنزیم گلوکز اکسیداز بود که با تشکیل باندهای دی سولفیدی سبب سفت شدن خمیر شد و با افزایش غلظت آنزیم سفتی افزایش یافت. استفاده از آنزیم لیپاز و جایگزنی با آرد ذرت از میزان سفتی تیمارها کاست. زیرا لیپازها با شکستن و افزایش اسیدهای چرب آزاد در خمیر نرمی به بافت نان می‌دهند و به علاوه با هیدرولیز لیپید موجود در آرد و تولید منوگلیسرید در اثر آنزیم لیپاز از میزان سفتی نان کاسته می‌شود همچنین بهبود حفظ و نگهداری سلول‌های گازی درون ساختمان نشاسته‌ای آرد ذرت و بهبود بافت و تخلخل نمونه‌های تولیدی نسبت داد [۸، ۳۰]. نتایج به دست آمده با نتایج راهبی و همکاران (2020)، Singh و همکاران (۲۰۰۳) و راسل و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت داشت [۷، ۱۸، ۲۶].

### ۳-۳-۲- نتایج چسبندگی

مطابق شکل (b -۲) در روز اول و روز سوم آزمایش هیچ چسبندگی بافت در هیچ کدام از نمونه ها وجود نداشت و با گذشت زمان (در روز ۵)، سختی چسبندگی تمامی نمونه‌ها بطور معنی‌داری افزایش یافت کمترین چسبندگی متعلق به چسبندگی نمونه T6 و پس از آن در نمونه T3 بود ($P<0.05$). ایجاد چسبندگی احتمالاً به دلیل حضور پروتئین آرد ذرت (۹/٤ درصد) است که حضور مقادیر بیشتر آمیلوپکتین (۷۵٪) درفرمولاسیون سبب ایجاد چسبندگی در اجزای خمیر و در نهایت ایجاد ساختمانی منسجم در محصول نهایی می‌گردد [۳۱]. شفیعی نصب و همکاران (۲۰۱۹) بیان نمودند که افزودن آرد ذرت در تهیه نان باگت از میزان چسبندگی خمیر کاست [۳۰].

### ۳-۳-۳- نتایج الاستیسیته

مطابق شکل (c-۲) در روز یکم، الاستیسیته بافت نمونه‌های T4 و T1 بطور معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های دیگر بود ($P<0.05$) و در روز سوم بالاترین الاستیسیته بافت در نمونه T0 و T3



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

ملاحظه شد و کمترین الاستیسیته بافت در روزهای یکم و پنجم متعلق به نمونه T6 بود. طبق گزارشات افزایش آنزیم گلوکز اکسیداز افزایش الاستیسیته گلوتن و در نهایت بهبود حجم نان را به دنبال خواهد داشت[۱۸].

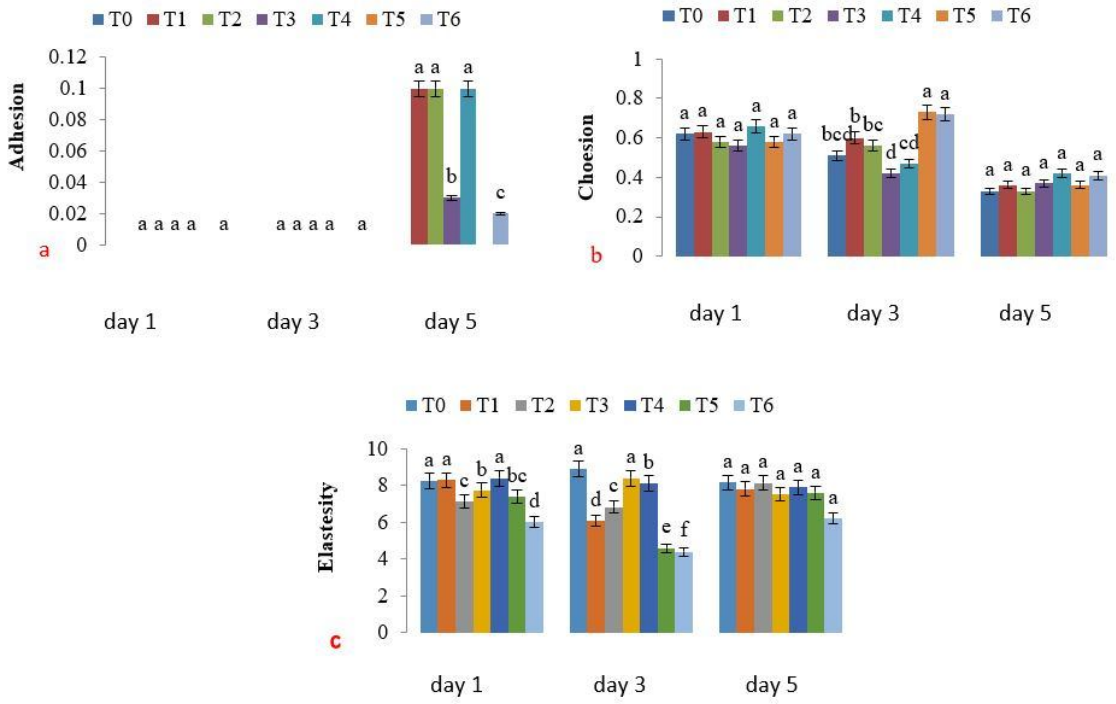


**Fig 2** Results of dough tissue analysis containing different amounts of corn flour, glucose oxidase and lipase enzymes

## ۳-٤-نتایج ارزیابی حسی

نمونه‌ها در روزهای ۱، ۳ و ۵ از لحاظ بو، مزه، رنگ و پذیرش کلی مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند.

**Table 4** Results of dough sensory evaluation analysis containing different amounts of corn flour, glucose oxidase and lipase enzymes

| Day /Treatment | | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Order | 1 | $4 \pm 0.10^{bA}$ | $4 \pm 0.15^{bA}$ | $4 \pm 0.32^{bA}$ | $5 \pm 0.20^{aA}$ | $5 \pm 0.21^{aA}$ | $4 \pm 0.10^{bA}$ | $3 \pm 0.30^{cA}$ |
| | 3 | $3 \pm 0.20^{cA}$ | $3 \pm 0.10^{cA}$ | $4 \pm 0.21^{bA}$ | $4 \pm 0.12^{bA}$ | $5 \pm 0.15^{aA}$ | $4 \pm 0.10^{bA}$ | $3 \pm 0.16^{cA}$ |
| | 5 | $2 \pm 0.10^{cA}$ | $2 \pm 0.12^{cA}$ | $3 \pm 0.30^{bA}$ | $3 \pm 0.12^{bA}$ | $4 \pm 0.22^{aA}$ | $4 \pm 0.33^{aA}$ | $3 \pm 0.15^{bA}$ |
| taste | 1 | $2 \pm 0.10^{dA}$ | $3 \pm 0.15^{cA}$ | $4 \pm 0.32^{bA}$ | $5 \pm 0.20^{aA}$ | $5 \pm 0.51^{aA}$ | $5 \pm 0.10^{aA}$ | $4 \pm 0.30^{bA}$ |
| | 3 | $2 \pm 0.20^{cA}$ | $2 \pm 0.10^{cA}$ | $3 \pm 0.21^{bA}$ | $4 \pm 0.12^{aA}$ | $4 \pm 0.15^{aA}$ | $3 \pm 0.10^{bA}$ | $2 \pm 0.16^{cA}$ |
| | 5 | $1 \pm 0.10^{dA}$ | $2 \pm 0.12^{cA}$ | $3 \pm 0.30^{bA}$ | $4 \pm 0.12^{aA}$ | $4 \pm 0.22^{aA}$ | $3 \pm 033^{bA}$ | $2 \pm 0.15^{cA}$ |
| Texture | 1 | $4 \pm 0.10^{aA}$ | $4 \pm 0.15^{aA}$ | $4 \pm 0.32^{aA}$ | $3 \pm 0.20^{aA}$ | $4 \pm 0.51^{aA}$ | $4 \pm 0.10^{aA}$ | $3 \pm 0.30^{aA}$ |
| | 3 | $4 \pm 0.20^{aA}$ | $3 \pm 0.10^{aA}$ | $3 \pm 0.21^{aA}$ | $3 \pm 0.12^{aA}$ | $3 \pm 0.15^{aA}$ | $1 \pm 0.10^{bA}$ | $1 \pm 0.16^{bA}$ |
| | 5 | $3 \pm 0.10^{aA}$ | $2 \pm 0.12^{aA}$ | $2 \pm 0.30^{abcA}$ | $2 \pm 0.12^{abA}$ | $2 \pm 0.22^{abA}$ | $1 \pm 0.33^{cA}$ | $1 \pm 0.15^{bcA}$ |
| Color | 1 | $4 \pm 0.10^{aA}$ | $4 \pm 0.15^{aA}$ | $4 \pm 0.32^{aA}$ | $3 \pm 0.20^{A}$ | $4 \pm 0.51^{aA}$ | $4 \pm 0.10^{aA}$ | $3 \pm 0.30^{aA}$ |
| | 3 | $4 \pm 0.51^{aA}$ | $3 \pm 0.10^{aA}$ | $3 \pm 0.21^{aA}$ | $3 \pm 0.12^{aA}$ | $3 \pm 0.15^{aA}$ | $1 \pm 0.10^{bA}$ | $1 \pm 0.16^{bA}$ |
| | 5 | $3 \pm 0.10^{aA}$ | $2 \pm 0.12^{aA}$ | $2 \pm 0.30^{abcA}$ | $2 \pm 0.12^{abA}$ | $2 \pm 0.22^{abA}$ | $1 \pm 0.33^{cA}$ | $1 \pm 0.15^{bcA}$ |
| General acceptance | 1 | $4 \pm 0.10^{bA}$ | $4 \pm 0.15^{bA}$ | $4 \pm 0.32^{bA}$ | $5 \pm 0.20^{aA}$ | $5 \pm 0.51^{aA}$ | $4 \pm 0.10^{bA}$ | $3 \pm 0.30^{cA}$ |
| | 3 | $3 \pm 0.20^{cA}$ | $3 \pm 0.10^{cA}$ | $4 \pm 0.21^{bA}$ | $4 \pm 0.12^{bA}$ | $5 \pm 0.15^{aA}$ | $4 \pm 0.10^{bA}$ | $3 \pm 0.16^{cA}$ |
| | 5 | $2 \pm 0.10^{cA}$ | $2 \pm 0.12^{cA}$ | $3 \pm 0.30^{bA}$ | $3 \pm 0.12^{bA}$ | $4 \pm 0.22^{aA}$ | $3 \pm 0.33^{bA}$ | $2 \pm 0.15^{cA}$ |

a, b, c and d; numbers with non-common letters indicate a significant difference ($p<0.05$)



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

نتایج نشان داد امتیاز بوی و مزه نمونه‌های T4 و T3، در تمام بازه‌های زمانی، بطور معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های دیگر بود. پائین‌ترین نیز در نمونه شاهد و نمونه T6 گزارش شد. طی بررسی رنگ نمونه‌ها بلاترین امتیاز به دو نمونه T4 و T2 اختصاص یافت. در تمام بازه‌های زمانی تاثیر تیمار بر امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف آرد ذرت، آنزیم‌های گلوکز اکسیداز و لیپاز معنی‌دار بود ($P<0.05$). که امتیاز پذیرش کلی نمونه T4 و T6 به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین امتیاز را بخود اختصاص دادند ($P<0.05$).

## ٤- نتیجه‌گیری کلی

به منظور بهبود ویژگی‌های آرد گندم حاوی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ ٪)، آنزیم گلوکز اکسیداز و لیپاز در غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۹، ۰/۱۱ و ۰/۱۳ و ۰/۱۵ ٪ اضافه شد. نتایج به دست آمده نشان داد جایگزینی آرد ذرت گلوتن، عدد زلنی و عدد فالینگ تیمارها را کاهش داد از طرفی خاکستر آنها را افزایش داد. استفاده از بهبود دهنده‌ها مقاومت به کشش تیمارها را کاهش و کشش‌پذیری و الاستسیته آنها را افزایش داد. با بررسی آنالیز بافت و ارزیابی حسی تیمار T4 بعنوان تیمار برتر این تحقیق معرفی شد.

## ۵- منابع


[1] 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.

[2] Rosell, C. M., Rojas, J. A., & De Barber, C. B. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food hydrocolloids, 15(1), 75-81.

[3] Akbarian, M., Koocheki, A., Mohebbi, M., & Milani, E. 2016. Rheological properties and bread quality of frozen sweet dough with added xanthan and different freezing rate. Journal of food science and technology, 53(10), 3761-3769.

[4] Tozatti, P., Hopkins, E. J., Briggs, C., Hucl, P., & Nickerson, M. T. 2020. Effect of chemical oxidizers and enzymatic treatments on the baking quality of doughs formulated with five Canadian spring wheat cultivars. Food Science and Technology International, 1–15

[5] Famil Zirak, M Tabari M., (2018). PLA-SiO2 nanocomposite films: morphological and mechanical properties and specific end-use characteristics. Nanomedicine Research Journal 3 (3), 140-145

[6] Moayedallaie, S., Mirzaei, M., & Paterson, J. 2010. Bread improvers: Comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier. Food chemistry, 122(3), 495-499.

[7] Rahebi Bardi, R Tabari, M Tavakolipor H., (2020) Improving the rheological properties of 18% wheat flour as affected by transglutaminase enzyme. Journal of Food and Bioprocess Engineering 3 (2), 138-146

[8] Tabari, K Tabari M (2010) Biodegradation of heavy crude oil: effects and some innovative clean-up biotechnologies. Journal of Biotechnology, 285

[9] Jafari, M., Hosseini Ghaboos, S. H. 2018. The effect of aloe vera addition on rheological properties of dough and texture of barbari bread. Iranian Journal of Food Science and Technology, 47(15), 141-154.

[10] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1393. Cereals and pulses – Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content – kjeldahl metho. No19052. 1st. Edition.

[11] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1395. Wheat and wheat flour – Gluten content – Part 2: Determination of wet gluten and gluten index by mechanical means. No9639-2. 1st. Revesion.

[12] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1397. Wheat flour –Specifications and test methods. No103. 6st.Revesion.

[13] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1389. Cereal and cereal products- Determination of moisture content ñ Reference metho. No2705. 1st. Revesion.

[14] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1387. Wheat flour- Determination of sedimentation index (¬Zeleny test¬). No3681. 1st. Revesion.

[15] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1386. Wheat, rye and respective flours, durum wheat and durum wheat semolina – Determination of the falling number. No4175. 1st. Revesion.




[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

[16] AACC, 2010.Approved Methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemistry, 11th ed. AACC International, St. Paul, MN.

[17] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1393. Traditional breadsSpecifications and test methods. 2628. 3rd Revesion.

[18] Rosell, C. M., Wang, J., Aja, S., Bean, S., & Lookhart, G. (2003). Wheat flour proteins as affected by transglutaminase and glucose oxidase. Cereal Chemistry, 80(1), 52-55.

[19] Curic, D., D. Karlovic, D. Tusak, B. Petrovic and J. Dugum, 2001. Gluten as a standard of wheat flour quality. J. Food Technol. Biotechnol., 39: 353-361.

[20] Dowell, F.E., Maghirang, E.B., Pierce, R.O., Lookhart, G.L., Bean, S.R., Xie, F., Caley, M.S., Wilson, J.D., Seabourn, B.W., Ram, M.S. and Park, S.H., 2008. Relationship of bread quality to kernel, flour, and dough properties. Cereal Chemistry, 85(1), pp.82-91.

[21] Tabari, M., (2021). Evaluation of physicochemical properties, antioxidant and sensory activity of three types of functional low-fat probiotic yogurt. Food Science and Technology 18 (116), 125-137.

[22] Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., & Arendt, E. K. 2006. Network formation in gluten□free bread with application of transglutaminase. Cereal chemistry, 83(1), 28-36.

[23] Mahinkheil, K Tabari, M Rahebi R. (2020). The Effect of Biodegradable PLA Packaging on the Quality of Cream Cheese during Modified Atmospheric Storage. Archives of Pharmacy Practice 1 (1), 148

[24] Miyazaki, M., Shamekh, S., Harkonen, H., and Eliasson, A. C. 2003. Starch gelatinization in the presence of emulsifiers. A morphological study of wheat starch. 37: 411.

[25] Tabari, K Tabari, M Tabari O. (2011) Controlling the reservoir souring during water flooding. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5 (12), 1408-1410

[26] Singh, N., Sharma, T. R., & Saxena, S. K. 2003. Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. Food chemistry, 83(3), 387-393.

[27] Tabari, M. (2018). Optimization of film gelatin film permeability properties by adding carboxymethyl cellulose. Quarterly new technologies in aquaculture development (journal of fisheries), 11(4): 50-66.

[28] Eliasson, A. 2004. Starch in food, Wood Head publishing, England, PP: 99-120.

[29] Purhagen, J.K., Sjöö, M.E., Eliasson, A.-C., 2008. Staling effects when adding low amounts of normal and heat-treated barley flour to a wheat bread. Cereal Chem. 85 (2), 109–114.

[30] Shafiee Nasab, M Tabari, M Bidarigh, S. (2019). Antifungal activity of nano-composite films based on Poly Lactic Acid. Nanomedicine Research Journal 4 (3), 186-192

[31] Lopez, A.C.B., Pereira, A.J.G., and Junqueira, R.G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten free white bread. Braz Arch Biol Technology, 47: 63-70.

[32] Almeida, E. L., & Chang, Y. K. (2012). Effect of the addition of enzymes on the quality of frozen pre-baked French bread substituted with whole wheat flour. LWT, 49(1), 64-72.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

# Synergistic evaluation of glucose oxidase and lipase enzymes on rheological properties of barberry flour formulated with relative replacement of corn flour

**Abadi Pazoki, P. [1], Tabari, M. [2*], Jahanbakhshian, N. [3]**

1. Master science graduated, Department of food science and technology, Islamic Azad University, Science and Research branch, Tehran, Iran
2. Department of food science and technology, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran
3. Department of marine science and technology, Islamic Azad University, Tehran North branch, Tehran, Iran

**ARTICIE INFO**

**Article History:**

Received 2021/ 05/ 24
Accepted 2021/ 07/ 03

**Keywords:**

Barberry,
Corn flour,
Glucose oxidase,
Lipase.

**DOI: 10.52547/fsct.18.09.04**

*Corresponding Author E-Mail:
tabari@liau.ac.ir

**ABSTRACT**

Enzymatic treatment of wheat flour is an interesting function to improve its functional properties. Because enzymes with different biochemical activities can have synergistic effects on dough behavior or product quality, the individual use and combination of enzymes used in bread production processes is important today. The aim of this study was to evaluate the synergy of glucose oxidase and lipase enzymes in physicochemical properties of barberry flour and bread formulated with relative replacement of corn flour. Treatments in 7 groups (T0 control sample, T1 containing 5% corn flour 0.05% glucose oxidase 0.05% lipase, T2 containing 10% corn flour 0.07% glucose oxidase 0.07% lipase, T3 containing 15% flour Corn 0.09% glucose oxidase 0.09% lipase, T4 contains 20% corn flour 0.011% glucose oxidase 0.011% lipase, T5 contains 25% corn flour 0.13% glucose oxidase 0.13% lipase, T6 Containing 30% corn flour (0.15% glucose oxidase (0.15% lipase) were prepared).

The chemical results of the treatments showed an increase in moisture, ash and gluten index so that the highest amount of the mentioned factors was observed in T6 sample. Zellini number, phallus number, protein and gluten showed a significant decrease. Farinograph test results showed no significant water uptake, reduced spreading time and resistance with increasing corn flour replacement percentage in the treatments. The tensile strength of the treatments in the extensograph test showed an increase and a decrease in tensile strength and tensile strength of the treatments, respectively ($p<0.05$).

Histological results showed that the use of lipase enzyme and corn flour reduces the stiffness of the treatments. While the addition of corn flour caused the doughs to stick and the enzymes were ineffective. The elasticity of the doughs was also improved by the addition of glucose oxidase. The results of sensory evaluation introduced T4 treatment as the superior treatment.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.118.26.4 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.18.118.43 ]