



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 واحد تهران شمال، تهران، ایران.

چکیده

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

تیمار آنزیمی آرد گندم انتخابی مناسب جهت بهبود خواص عملکردی آن است. از آنجاکه آنزیمها با فعالیت های مختلف بیوشیمیایی می توانند 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 بر خواص 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 + ۰/۱۱٪ گلوکز اکسیداز + ۰/۱۱٪ 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 جایگزینی آرد ذرت در تیمارها مشاهده شد. مقاومت به کشش تیمارها در آزمون اکستنسوگراف به ترتیب افزایش و کاهش مقاومت به کشش و کشش پذیری 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 بی تأثیر بودند. خاصیت الاستیسته خمیرها نیز با افزودن آنزیم گلوکز اکسیداز بهبود یافت. نتایج ارزیابی حسی تیمار T4 را به عنوان تیمار برتر معرفی کرد.

۱- مقدمه

نان از انتقال آب به شبکه پروتئینی جلوگیری کرده در نتیجه نشاسته کریستاله نمی شود [۶، 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 ویژگی های نان های بدون گلوتن، افزایش معنادر حجم با کاهش تکه تکه شدن^۱ و سختی همچنین بهبود خواص رئولوژیکی نان را نشان دادند [۵]. عدیلی و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان دادند استفاده از لیپاز در دو غلظت ۱۰ و ۳۰ پی پی ام در تهیه نان باگت از نظر کاهش سفتی مطلوب تر و دارای حداکثر نسبت حجم بودند [۸]. با توجه به زمان ماندگاری کوتاه نان های سنتی ایران مانند نان بربری، تولید حجم بالای ضایعات و تحمیل هزینه های 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 روش ها

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 و ۲۵ 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 چانه های ۵۰۰ گرمی تقسیم شدند و به مدت زمانی در حدود ۱۵-۱۰ دقیقه بر روی میز به حال خود رها شدند.

نان اصلی ترین و بی رقیب 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 عمده ای از انرژی روزانه، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین های گروه B مورد نیاز مردم کشورهای مختلف، از نان تأمین می شود [۱]. بهینه سازی خصوصیات خمیر، بهبود کیفیت و ماندگاری محصول نهایی از مهمترین اولویت ها 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، صمغ ها، آنزیم ها و ... در صنایع پخت، به منظور بهبود ویژگی های خمیر، افزایش کیفیت نان تازه و ماندگاری نان، به یک روش معمول تبدیل شده است [۲، ۳]. بهبود دهنده ها نقش کلیدی در حفظ بافت فرآورده های آردی دارند بطوریکه علاوه بر تقویت شبکه گلوتهی، کیفیت آردهای ضعیف را تا حد مطلوبی بهبود بخشیده و بافت مناسبی در محصول ما ایجاد می کنند؛ آنزیم ها بعنوان بهبود دهنده طبیعی جایگزینی مطمئنی برای ترکیبات شیمیایی هستند زیرا علاوه بر کاتالیز واکنش ها، در حین پخت نابود شده و در محصول نهایی قابل شناسایی نیستند. آنزیم ها توانایی افزایش ماندگاری، بهبود تخمیر، پایداری، تشدید رنگ پوسته و ایجاد ساختار نرم تر را دارند [۴]. 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 آلومین 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 می شود [۵]. لیپاز از مهمترین گروه بیوکاتالیست ها هستند که با تجزیه تریگلیسیریدها به گلیسرول و اسیدچرب سبب بافت نان می شوند در چنین شرایطی تصور می شود این ترکیبات با احاطه کردن اطراف و سطح خارجی گرانول های نشاسته از اتصال آن ها هنگام پخت جلوگیری کرده که علاوه بر ایجاد ساختاری نرم در

رطوبت، سانتیفریوژ شدند. با استفاده از ترازو میزان گلو تن باقی مانده اندازه گیری 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 (شیمی فن - ایران) با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد منتقل و تا سفید شدن محتویات کپسول درون کوره نگهداری شد. پس از سرد شدن کپسول درون دسیکاتور میزان خاکستر از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد [۱۲].

رابطه (۲)

$$\times 100 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 = \text{میزان خاکستر در } 100 \text{ گرم نمونه}$$

که در آن:

m_1 = وزن نمونه با کپسول قبل از حرارت دیدن؛ m_2 = 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 اون (فن آمگستر - ایران) با دمای ۱۳۱ درجه سانتی گراد 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)

$$\times 100 = \frac{m_1}{m_2} - 1 = \text{محتوی رطوبت}$$

که در آن:

m_1 = وزن نمونه با بر حسب گرم؛ m_2 = 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 میلی لیتر آب مقطر حاوی برموفنل آبی بصورت سوسپانسیون در آورده شد. پس از هم زدن، ۲۵ میلی لیتر محلول سیدماتاسیون^۱ (اسید لاکتیک اسید ۸۵ درصد و الکل ایزوپروپیلک خالص به آن

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 کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی شدند. آزمون های 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.

۲-۲-۲- آزمون های آرد

۲-۲-۱- اندازه گیری پروتئین:

مقدار ۲ 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 میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ به آن اضافه و به دقت مخلوط شدند. بالن هضمی به دستگاه متصل و محتویات آن تا ۴۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت حرارت داده شد. پس از سرد شدن دمای محلول، ۵۰ میلی لیتر آب به آن اضافه شد. سپس ۵ میلی لیتر سود جهت خنثی کردن سولفوریک اسید به آن اضافه شد. در ظرف جمع آوری ۵۰ میلی لیتر بوتیریک اسید و ۱۰ قطره شناساگر رنگی افزوده شد. عیارسنجی به کمک سولفوریک اسید بر روی محلول جمع آوری شده انجام شد. میزان پروتئین از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد [۱۰].

رابطه (۱)

$$Wn \times \frac{(V1 - V0) \times 300014 \times 100}{m} \times \frac{100}{100 - W^h}$$

$V0$ = حجم مصرفی سولفوریک اسید برای نمونه شاهد؛ $V1$ = میلی لیتر حجم مصرفی سولفوریک اسید برای نمونه؛ ۰/۰۱۴ = گرم نیتروژن که با ۱ میلی لیتر سولفوریک اسید ۰/۵ مول خنثی می شود؛ T = نرمالته سولفوریک اسید مورد استفاده در عیارسنجی؛ m = وزن نمونه به حسب گرم؛ Wh = رطوبت اندازه گیری شده

۲-۲-۲- گلو تن مرطوب

مقدار ۱۰ گرم از آرد وزن شد و به درون اتاقک شستشوی دستگاه منتقل شد. ۴/۸ میلی لیتر محلول آب نمک ۲ درصد به نمونه ها اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه زمان شستشو، جهت حذف

افزوده شد. در نهایت رسوب تشکیل شده نشان دهنده عدد رسوبی بود [۱۴].

۲-۲-۶- اندازه گیری عدد فالینگ

با دستگاه فالینگ نامبر (PERTEN- سوئد) اندازه گیری شد. برای این منظور به ۳۰۰ گرم از نمونه آرد به لوله ویسکومتر ریخته ۲۵ میلی لیتر آب با دمای ۳۵ درجه سانتی گراد 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 زمان سنج نشان دهنده عدد فالینگ بود [۱۵].

۲-۲-۷- اندازه گیری ذرات آرد

پس از وزن الکها، به ترتیب اندازه از ۱۲۵ میکرون تا ۴۷۵ میکرون روی دستگاه لرزاننده از پایین به بالا، قرار داده شدند. ۱۰۰ گرم از نمونه آرد روی الک ۴۷۵ میکرون ریخته و پس از ۵ 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 (۴)

$$a = \frac{W}{W} \times 100 = \text{درصد باقی مانده آرد روی هر الک که در آن}$$

$a = \text{درصد باقی مانده روی الک}$ ؛ $W = \text{وزن باقی مانده روی الک بر حسب گرم}$

۲-۲-۸- اندیس گلوتن

حدود ۱۰ گرم از نمونه آرد درون محفظه شستشو گلوتامیک ریخته شد. پس از افزودن ۴/۸ 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 ۸۴۰ میکرون، گلوتنهای مرطوب باقی مانده به مدت ۱ دقیقه درون سانتریفیوژ (YUCEBAS - ترکیه) با دور ۶۰۰۰ rpm قرار گرفتند. بر اساس وزن باقی مانده و وزن بدست آمده در این قسمت، گلوتن مرطوب محاسبه شد؛ پس از خشک

کردن گلوتن مرطوب در دستگاه با دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ دقیقه، مجدداً توزین شد [۱۶].

۲-۲-۹- pH

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

۲-۲-۱۰- اسیدیته

۱۰ گرم از نمونه داخل ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتر ریخته و ۵۰ میلی لیتر الکل اتیلیک (Merck - آلمان) به آن اضافه و به مدت ۵ 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 ۲۵ میلی لیتر از محلول صاف شده درون ارلن مایر ریخته و ۳ میلی لیتر فنل الفتالین به آن افزوده و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیترا شد. اسیدیته آرد از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد [۱۲].

۲-۳-۲- آزمونهای رئولوژیکی خمیر

۲-۳-۲-۱- آزمون فارینوگراف

مقدار جذب آب، مقاومت خمیر، زمان گسترش خمیر و سست شدن خمیر از روی منحنی فارینوگرام بر اساس استاندارد AAC54-21 با دستگاه فارینوگراف (برابندر - آلمان) تعیین شد [۱۶].

۲-۳-۲-۲- 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 [۱۶].

۲-۴-۲- 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 ۲۸۲۶، بررسی شد [۱۷].

۲-۵- روش آماری آنالیز داده‌ها

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.

آزمون بر اساس طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار در ۲ تکرار در روش‌های دستگاهی انجام گرفت. ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه

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 مقدار دامنه 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 لپاز 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]، همانطور که 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 همانطور که 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 لپاز و گلوکز اکسیداز در تیمارها گزارش شد.

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 ^c	15.00 ± 0.13 ^c	438.00 ± 0.13 ^c	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 ($p < 0.05$)

زمان گسترش خمیر نمونه T4 به طور معنی داری 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 [۲۶]، این نتایج با تحقیقات تبری (۲۰۱۸) و Eliasson (۲۰۰۴) مطابقت داشت [۲۷، ۲۸]. زمان مقاومت خمیر با زمان گسترش آن رابطه مثبت و معنی داری 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 طور کلی پایداری خمیر بیشتر نشان دهنده آرد قوی‌تر می‌باشد. زمان مقاومت خمیر نمونه T0 (شاهد) بطور معنی داری 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 می‌دهد و به دلیل تشکیل شدن پیوندهای دی سولفیدی بین و درون پلی پپتیدهای خمیر سبب افزایش مقاومت خمیر می‌گردد و در نتیجه سبب می‌شود فشار وارد بر خمیر افزایش یابد؛ باید در نظر داشت که استفاده از آنزیم لپاز عمل آوری خمیر را کاهش می‌دهد [۱۸، ۸]. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق راهبی و همکاران

۲-۳- بررسی نتایج آزمون رئولوژیکی خمیر

۱-۲-۳- 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 در فرمولاسیون باشد که با افزایش حلالیت گلوتهنی 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 [۲۴، ۲۵]. Singh و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد ذرت در بیسکوئیت نیز افزایش جذب آب خمیر را نشان دادند [۲۶]. زمان گسترش خمیر نیز نشان دهنده قدرت نسبی خمیر است و می‌توان 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، T3 و T5 تفاوت معناداری از لحاظ آماری مشاهده نشد ($p > 0.05$)؛

سست شدن 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.

(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 معنی داری پائین ترین و نمونه T6 بالاترین درجه

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 ± 0.20 ^a	1.30 ± 0.09 ^d	3.20 ± 0.10 ^a	145.00 ± 1.10 ^{ab}	163.00 ± 0.95 ^{ab}	14.00 ± 0.00 ^d
T1	50.40 ± 0.30 ^a	1.50 ± 0.06 ^{bc}	2.70 ± 0.15 ^{ab}	157.00 ± 0.95 ^{ab}	187.00 ± 0.67 ^b	13.00 ± 0.25 ^e
T2	52.30 ± 0.10 ^a	1.60 ± 0.05 ^b	2.30 ± 0.10 ^{bc}	176.00 ± 0.95 ^a	189.00 ± 0.60 ^a	12.00 ± 0.11 ^f
T3	51.10 ± 0.25 ^a	1.60 ± 0.25 ^b	2.20 ± 0.25 ^c	126.00 ± 0.57 ^b	135.00 ± 0.95 ^b	16.00 ± 0.15 ^c
T4	50.90 ± 0.31 ^a	1.80 ± 0.08 ^a	2.10 ± 0.15 ^{bc}	177.00 ± 0.69 ^{ab}	201.00 ± 0.60 ^{ab}	19.00 ± 0.20 ^a
T5	51.50 ± 0.25 ^a	1.60 ± 0.25 ^b	1.90 ± 0.25 ^{bc}	188.00 ± 0.57 ^{ab}	201.00 ± 0.95 ^{ab}	17.00 ± 0.15 ^b
T6	52.20 ± 0.31 ^a	1.40 ± 0.08 ^{cd}	1.80 ± 0.15 ^c	211.00 ± 0.69 ^a	239.00 ± 0.60 ^a	12.00 ± 0.20 ^f

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

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 امر افزایش کشش‌پذیری تیمارها همراه با افزایش غلظت آنزیم لیپاز می‌تواند به علت افزایش تبخیر آب از مغز نان و در نتیجه 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 می‌شود 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 می‌باشد. گلوکز اکسیداز از طرفی با تأثیر بر شبکه گلوتهی و اکسید شدن گروه‌های سولفیدریل، مقدار باندهای دی سولفید افزایش داده و شبکه گلوتهن را قوت می‌بخشد. محققان این امر را دلیل افزایش میزان انرژی در نتیجه استفاده از آنزیم اکسیداز دانستند [۱۸].

۳-۲-۲- نتایج فاکتورهای بدست آمده از آزمون اکستنوگراف

نتایج اکستنوگراف مستقیماً مرتبط با ویژگی‌های پروتئین گلوتهن آرد است. در نمودارهای اکستنوگراف، 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 معنی داری 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 در نتیجه کاهش کشش خمیر می‌گردند؛ بنابراین با افزایش غلظت این آنزیم، اندیس تورم نیز کاهش خواهد یافت. هر قدر فعالیت آنزیم گلوکز اکسیداز افزایش

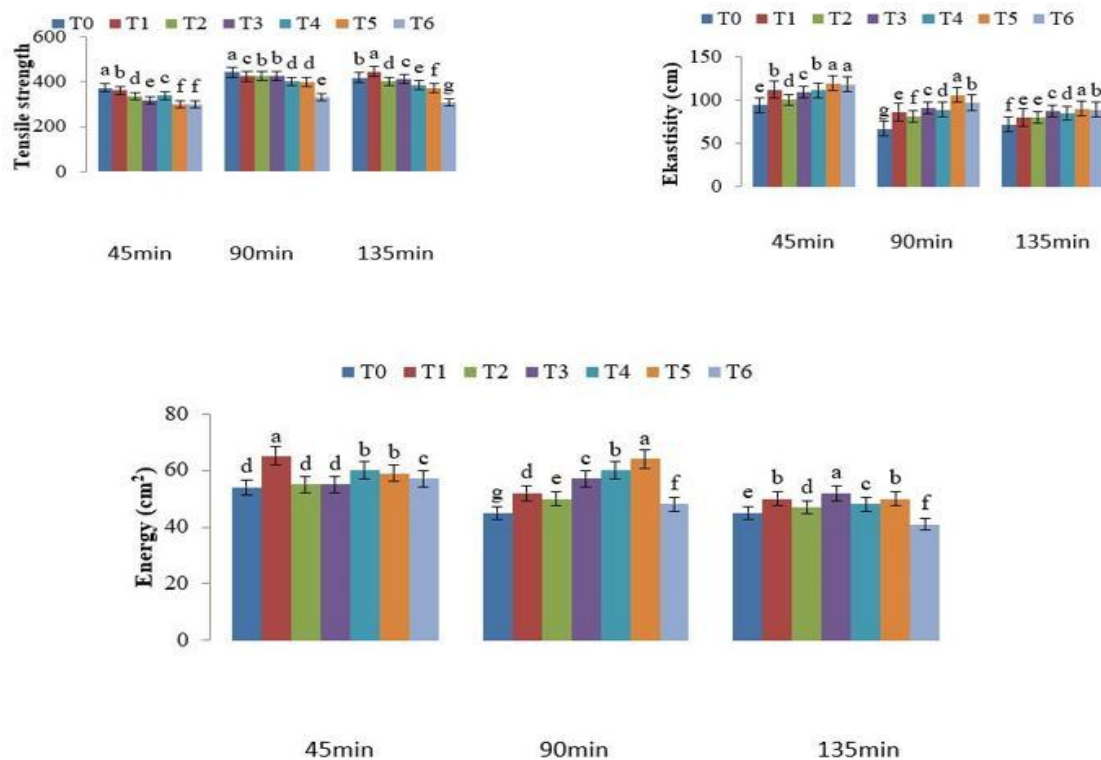


Fig 1 Results of wheat flour dough extensograph test containing different amounts of corn flour, glucose oxidase and lipase enzymes

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 نمونه ها بطور معنی داری 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 (۹/۴ درصد) است که حضور مقادیر بیشتر آمیلوپکتین (۷۵٪) در فرمولاسیون سبب ایجاد چسبندگی در اجزای خمیر و در نهایت ایجاد ساختمانی منسجم در محصول نهایی می گردد [۳۱]. شفيعی 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 نمونه های T4 و T1 بطور معنی داری بالاتر از نمونه های دیگر بود ($P < 0.05$) و در روز سوم بالاترین الاستیسیته بافت در نمونه T0 و T3

۳-۳-۳- نتایج آنالیز بافت

۳-۳-۱- نتایج سختی بافت

مطابق شکل (a-۲) با گذشت زمان، سختی بافت تمامی نمونه ها بطور معنی داری 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 سختی افزایش یافت. استفاده از آنزیم لیپاز و جایگزینی با آرد ذرت از میزان سختی تیمارها کاست. زیرا لیپازها با شکستن و افزایش اسیدهای چرب آزاد در خمیر نرمی به بافت نان می دهند و به علاوه با هیدرولیز لیپید موجود در آرد و تولید منوگلیسرید در اثر آنزیم لیپاز از میزان سختی نان کاسته می شود همچنین بهبود حفظ و نگهداری سلول های گازی درون ساختمان نشاسته ای آرد ذرت و بهبود بافت و تخلخل نمونه های تولیدی نسبت داد [۳۰، ۸]. نتایج به دست آمده با نتایج راهبی و همکاران (2020)، Singh و همکاران (۲۰۰۳) و راسل و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت داشت [۷، ۱۸، ۲۶].

اکسیداز افزایش الاستیسیته گلوتن و در نهایت بهبود حجم نان را به دنبال خواهد داشت [۱۸].

ملاحظه شد و کمترین الاستیسیته بافت در روزهای یکم و پنجم متعلق به نمونه T6 بود. طبق گزارشات افزایش آنزیم گلوکز

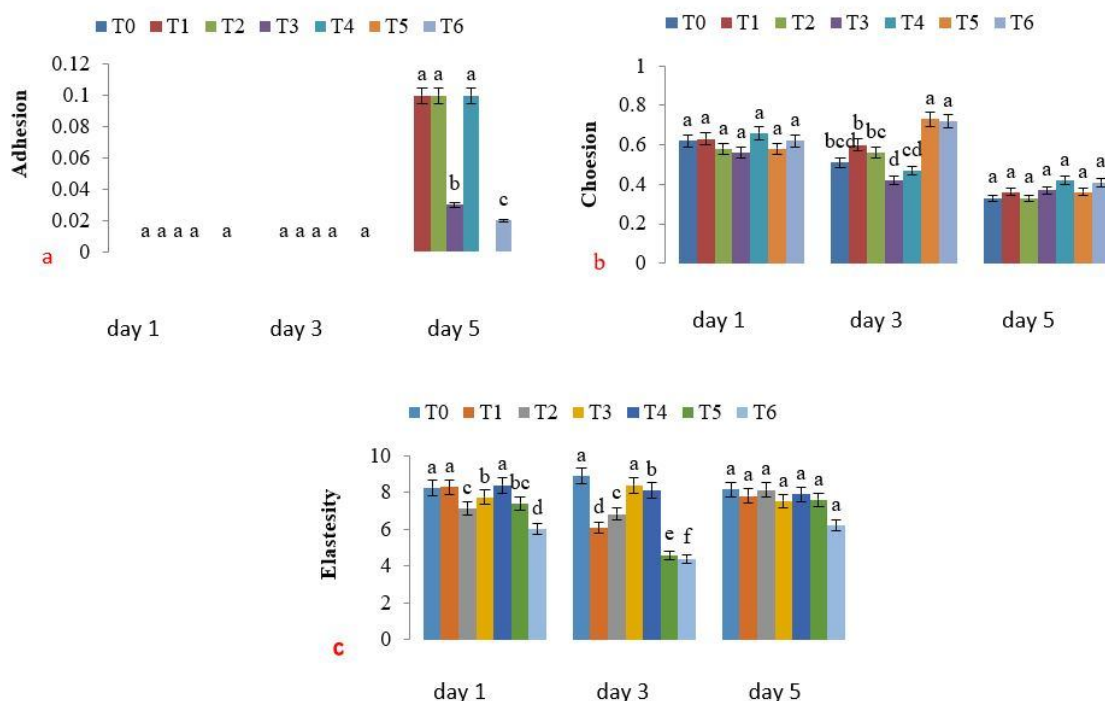


Fig 2 Results of dough tissue analysis containing different amounts of corn flour, glucose oxidase and lipase enzymes

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

۳-۴- نتایج ارزیابی حسی

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 ± 0.10 ^{bA}	4 ± 0.15 ^{bA}	4 ± 0.32 ^{bA}	5 ± 0.20 ^{aA}	5 ± 0.21 ^{aA}	3 ± 0.30 ^{cA}
	3	3 ± 0.20 ^{cA}	3 ± 0.10 ^{cA}	4 ± 0.21 ^{bA}	4 ± 0.12 ^{bA}	5 ± 0.15 ^{aA}	3 ± 0.16 ^{cA}
	5	2 ± 0.10 ^{cA}	2 ± 0.12 ^{cA}	3 ± 0.30 ^{bA}	3 ± 0.12 ^{bA}	4 ± 0.22 ^{aA}	3 ± 0.15 ^{bA}
taste	1	2 ± 0.10 ^{dA}	3 ± 0.15 ^{cA}	4 ± 0.32 ^{bA}	5 ± 0.20 ^{aA}	5 ± 0.51 ^{aA}	4 ± 0.30 ^{bA}
	3	2 ± 0.20 ^{cA}	2 ± 0.10 ^{cA}	3 ± 0.21 ^{bA}	4 ± 0.12 ^{aA}	4 ± 0.15 ^{aA}	2 ± 0.16 ^{cA}
	5	1 ± 0.10 ^{dA}	2 ± 0.12 ^{cA}	3 ± 0.30 ^{bA}	4 ± 0.12 ^{aA}	4 ± 0.22 ^{aA}	2 ± 0.15 ^{cA}
Texture	1	4 ± 0.10 ^{aA}	4 ± 0.15 ^{aA}	4 ± 0.32 ^{aA}	3 ± 0.20 ^{aA}	4 ± 0.51 ^{aA}	3 ± 0.30 ^{aA}
	3	4 ± 0.20 ^{aA}	3 ± 0.10 ^{aA}	3 ± 0.21 ^{aA}	3 ± 0.12 ^{aA}	3 ± 0.15 ^{aA}	1 ± 0.16 ^{bA}
	5	3 ± 0.10 ^{aA}	2 ± 0.12 ^{aA}	2 ± 0.30 ^{abcA}	2 ± 0.12 ^{abA}	2 ± 0.22 ^{abA}	1 ± 0.15 ^{bcA}
Color	1	4 ± 0.10 ^{aA}	4 ± 0.15 ^{aA}	4 ± 0.32 ^{aA}	3 ± 0.20 ^A	4 ± 0.51 ^{aA}	3 ± 0.30 ^{aA}
	3	4 ± 0.51 ^{aA}	3 ± 0.10 ^{aA}	3 ± 0.21 ^{aA}	3 ± 0.12 ^{aA}	3 ± 0.15 ^{aA}	1 ± 0.16 ^{bA}
	5	3 ± 0.10 ^{aA}	2 ± 0.12 ^{aA}	2 ± 0.30 ^{abcA}	2 ± 0.12 ^{abA}	2 ± 0.22 ^{abA}	1 ± 0.15 ^{bcA}
General acceptance	1	4 ± 0.10 ^{bA}	4 ± 0.15 ^{bA}	4 ± 0.32 ^{bA}	5 ± 0.20 ^{aA}	5 ± 0.51 ^{aA}	3 ± 0.30 ^{cA}
	3	3 ± 0.20 ^{cA}	3 ± 0.10 ^{cA}	4 ± 0.21 ^{bA}	4 ± 0.12 ^{bA}	5 ± 0.15 ^{aA}	3 ± 0.16 ^{cA}
	5	2 ± 0.10 ^{cA}	2 ± 0.12 ^{cA}	3 ± 0.30 ^{bA}	3 ± 0.12 ^{bA}	4 ± 0.22 ^{aA}	2 ± 0.15 ^{cA}

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

- 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. Revision.
- [12] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1397. Wheat flour – Specifications and test methods. No103. 6st. Revision.
- [13] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1389. Cereal and cereal products- Determination of moisture content n Reference metho. No2705. 1st. Revision.
- [14] Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1387. Wheat flour- Determination of sedimentation index (–Zeleny test–). No3681. 1st. Revision.
- [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. Revision.

نتایج نشان داد امتیاز بوی و مزه نمونه های T4 و T3، در تمام بازه های زمانی، بطور معنی داری بالاتر از نمونه های دیگر بود. پائین ترین نیز در نمونه شاهد و نمونه T6 گزارش شد. طی بررسی رنگ نمونه ها بالاترین امتیاز به دو نمونه T4 و T2 اختصاص یافت. در تمام بازه های زمانی تاثیر تیمار بر امتیاز پذیرش کلی نمونه های محتوی مقادیر مختلف آرد ذرت، آنزیم های گلوکز اکسیداز و لیپاز معنی دار بود ($P < 0.05$). که امتیاز پذیرش کلی نمونه T4 و T6 به ترتیب بالاترین و پایین ترین امتیاز را بخود اختصاص دادند ($P < 0.05$).

۴- نتیجه گیری کلی

به منظور بهبود ویژگی های آرد گندم حاوی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰٪)، آنزیم گلوکز اکسیداز و لیپاز در غلظت های ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۹، ۰/۱۱، 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 دهنده ها مقاومت به کشش تیمارها را کاهش و کشش پذیری و الاستیته 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

- [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., Sjöo, 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.
- [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 breads Specifications and test methods. 2628. 3rd Revision.
- [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



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

ARTICLE INFO

ABSTRACT

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

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.