

# بررسی اثرات استفاده از آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز بر ویژگیهای کیفی آرد نان تست به روش سطح پاسخ

مانیا صالحی فر<sup>۱</sup>، مهسا شفیعی سلطانی<sup>۲\*</sup>، مریم هاشمی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس

۳- عضو هیئت علمی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، بخش بیوتکنولوژی میکروبی و ایمنی زیستی.

(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۰)

## چکیده

نان، عمده ترین گروه غذایی در تامین انرژی و پروتئین دریافتی در رژیم غذایی جامعه ایرانی، خصوصاً در مورد اقشار کم درآمد است. این مساله، لزوم توجه به کیفیت نان و جلوگیری از ضایع شدن آن را ضروری می سازد. یکی از عمده ترین عوامل تاثیرگذار بر کیفیت نان، کیفیت گلوتن آرد آن می باشد و متاسفانه اغلب گندم های تولید شده در ایران از کیفیت گلوتن مناسبی برخوردار نمی باشند و همین مساله می تواند سبب کاهش کیفیت نان شود. در این تحقیق جهت اصلاح ویژگی رتولوژیکی خمیر و بهبود کیفیت نان از ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز استفاده گردید و اثر ترکیب این دو آنزیم، به عنوان متغیرهای مستقل با استفاده از طرح مرکب مرکزی بخصوصیات رتولوژیکی خمیر با دستگاه آلوئوگراف بررسی شد سپس حجم مخصوص و سایر ویژگیهای حسی نان تست تهیه شده از آردهای تیمار شده با ترکیبات مختلف آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز حاصل از طرح آزمایشی مرکب مرکزی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بعد از تجزیه و تحلیل آماری به روش سطح پاسخ نشان داد افزودن آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز به خمیر سبب افزایش فشار، کشش خمیر، اندیس تورم و انرژی در آلوئو گراف و افزایش حجم مخصوص، بهبود بافت و ویژگی پوسته و تناسب شکل نان و به طور کلی افزایش امتیاز کلی در ارزیابی حسی در مقایسه با خمیر و نان شاهد می شود.

کلید واژگان: آرد، گلوکز اکسیداز، زایلاناز، نان تست، سطح پاسخ

\* مسئول مکاتبات: [Soltani89@gmail.com](mailto:Soltani89@gmail.com)

## ۱- مقدمه

اغلب گندمهای تولید شده در ایران به دلیل نوع خاک و شرایط جغرافیایی کشور، دارای کیفیت پایین گلوتن می‌باشند به گونه ای که شبکه گلوتنی در خمیر حاصل از آنها توانایی نگهداری گازهای تولیدی در اثر فعالیت مخمرها را ندارد و در زمان تخمیر سبب از هم گسسته شدن خمیر می‌شود و گازهای تولیدی در اثر فعالیت مخمرها به جای آنکه صرف افزایش راندمان و تردی و افزایش حجم خمیر شوند به هدر خواهد رفت [۲،۱]. در چنین مواردی به منظور اصلاح ویژگی رئولوژیکی خمیر نان می‌توان از ترکیب مناسبی از آنزیمهای خانواده گلوکز اکسیدازها و زایلانازها استفاده نمود. گلوکز اکسیدازها سبب اکسیداسیون گلوکز و آب و تبدیل آنها به اسید گلوکونیک و پراکسید هیدروژن با استفاده از اکسیژن اتمسفری می‌شوند [۳-۱]. به طور معمول ۵۰ میلی گرم گلوکز در ۱۰۰ گرم ماده خشک گندم موجود می‌باشد که میزان آن بسته به درصد پوست گیری دانه گندم تغییر خواهد کرد و با افزایش درصد سبوس گیری میزان آن کاهش خواهد یافت بنا براین هر قدر از مغز دانه گندم به سمت لایه های بیرونی گندم نزدیک تر شویم میزان گلوکز افزایش خواهد یافت. در زمان تشکیل خمیر میزان گلوکز تحت تاثیر فعالیت آنزیمهای آمیلازی تغییر خواهد کرد و هر قدر میزان فعالیت این آنزیمها بیشتر باشد میزان قند گلوکز نیز افزایش خواهد یافت [۳ و ۱۰].

اکسیژن فعال در پراکسید هیدروژن حاصل از اکسیداسیون گلوکز و آب، سبب تبدیل باندهای سولفیدریل به دی سولفید و تقویت شبکه گلوتنی شده، استحکام خمیر را افزایش می دهد و سبب کاهش چسبندگی خمیر و افزایش جذب آب خواهد شد [۳-۱]. اما علاوه بر استحکام و قوی شدن شبکه گلوتنی برای نگهداری بهتر و بیشتر گازها لازم است شبکه گلوتنی از نرمی و کشش مناسبی نیز برخوردار باشد تا توازن مناسب بین الاستیسیته و کشش در خمیر برقرار شود برای نیل به این هدف لازم است در کنار گلوکز اکسیداز از آنزیمهای خانواده زایلاناز نیز استفاده نمود. زایلانازها سبب هیدرولیز قند زایلان می شوند. قند زایلان، دومین و مهمترین پلی ساکارید دیواره سلولی گیاهان است و از ترکیب واحدهای بتا ۱ به ۴ زایلوپیرانوزیل ساخته می شود. آرایینوزایلانها ۲-۳ درصد از وزن خشک آرد گندم را شامل می شوند و هرچه به سمت لایه های بیرونی گندم نزدیک تر شویم و یا به عبارتی هرچه درصد

سبوس گیری کاهش یابد میزان این قندها افزایش می یابد. زایلانها می‌توانند با شبکه گلوتنی اتصال برقرار کنند و در نتیجه خواص ویسکوالاستیک گلوتن را مختل کنند. همچنین آنها بر سر جذب آب با گلوتن رقابت کرده و مانع جذب آب توسط شبکه گلوتنی و در نتیجه مانع از تورم کافی شبکه گلوتنی می‌شوند. از این رو هیدرولیز زایلانها، رفتار گلوتن و ویژگیهای ویسکوالاستیک و کشش آن را بهبود داده و سبب نرمی خمیر و افزایش جذب آب شبکه گلوتنی می‌گردند که این مساله خود می‌تواند سبب افزایش راندمان خمیر و افزایش حجم نان حاصل شود. زایلانها از نظر ژنتیکی زنجیره‌های تکی گلیکوپروتئین هستند وزن آنها از ۶ تا ۸ کیلو دالتون است. در pH ۴/۵ الی ۶/۵، دمای ۶۰-۴۰ درجه سانتی گراد فعال هستند ولی این مقدار در بین زایلانهای استخراج شده از منابع گوناگون متفاوت است. مهمترین آنزیم برای تجزیه زایلانها ایندو او ۴ بتا زایلاناز است که می‌تواند به طور تصادفی به ساختار آرایینوزایلان حمله کند و سبب کاهش پلیمر شدن شود و تاثیر قوی روی ساختار آرایینوزایلان و عملکرد آن داشته باشد. زایلاناز با کمک به شکستن پلی ساکاریدهای خمیر می‌تواند برای بهبود ویژگی رئولوژی خمیر، حجم مخصوص نان و نرمی مغز نان استفاده شوند. البته لازم است توجه شود که چون زایلانها در آردهای مختلف متفاوت هستند تاثیر زایلاناز نیز در آردهای مختلف متفاوت است [۲،۴،۱].

بنابراین هر یک از آنزیمهای مذکور خواصی منحصر به خود را در خمیر ایجاد می‌کنند. به منظور برطرف نمودن عیوب آرد تولیدی در کشور و جبران نواقص ناشی از کاربرد هر یک از آنزیمها به تنهایی به کمک ترکیب آنزیمهای مذکور می‌توان به مخلوطی دست یافت که بتواند در جهت رفع نواقص و کمبود آردهای داخلی و متعاقب آن تولید خمیری مناسب برای نانها نتیجه بخش واقع شود. از جمله ضرورتها و مزیتها دیگر استفاده از آنزیمها، می‌توان به ماهیت پروتئینی آنها اشاره نمود. این مساله سبب می‌شود آنزیمها در طی پخت دنا توره شده و باقی مانده ای در محصول نهایی از خود باقی نگذارند. از طرفی به دلیل عملکرد اختصاصی آنزیمها از تولید محصولات ناخواسته در طی واکنش جلوگیری می‌شود. نکته قابل تامل دیگر احتمال ایجاد اختلالات گوارشی، پوکی استخوان و... در نتیجه استفاده از افزودنیهای شیمیایی به عنوان بهبود دهنده آرد می‌باشد در حالی که آنزیمها با توجه به مقادیر کم مورد استفاده، عارضه ای در بدن ایجاد نخواهند کرد [۵].

۱۰۳، اسیدیته مطابق روش استاندارد ملی ایران شماره ۳۷ و عدد فالینگ با استفاده از دستگاه فالینگ نامبر ساخت شرکت اینفراکونت<sup>۳</sup> مجارستان و مطابق روش AACC شماره ۰۳-۸۱-۵۶، تعیین شد [۷].

آنزیم زایلاناز با فعالیت آنزیمی U/g ۲۰۰۰۰ و آنزیم گلوکز اکسیداز با فعالیت آنزیمی U/g ۱۰۰۰۰ از شرکت میلبو<sup>۴</sup> ایتالیا تهیه شد. منشاء آنزیم زایلاناز و گلوکز اکسیداز قارچ اسپرژیلوس<sup>۵</sup> بوده است. در این تحقیق حداقل، حداکثر و میانگین محدوده پیشنهاد شده توسط شرکت سازنده آنزیمها مورد استفاده قرار گرفت. محدوده در نظر گرفته شده برای سطوح آنزیم گلوکز اکسیداز حداقل ۱۰ و حداکثر ۵۰، برای آنزیم زایلاناز حداقل ۱۰ و حداکثر ۳۰ بوده است. به منظور تعیین غلظت های بهینه آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز، از روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی استفاده شد. دامنه متغیرهای مستقل و سطوح مورد بررسی آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از افزودن ترکیبات مختلف آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز به آردها (بر اساس مقادیر تعیین شده توسط نرم افزار)، ویژگیهای رئولوژیکی خمیر آنها با استفاده از دستگاه آلوئوگراف ساخت شرکت برابندر<sup>۶</sup> آلمان مطابق روش AACC شماره ۰۲-۳۰-۵۴ انجام شد. ویژگیهای کیفی نانهای تست حاصل با استفاده از روش اندازه گیری حجم مخصوص به طریق جایگزینی حجم با دانه مطابق روش AACC شماره ۰۱-۵۰-۵۵ انجام شد [۸]. ارزیابی حسی نانها توسط ۶ نفر ارزیاب آموزش دیده یک ساعت پس از پخت انجام گرفت و ویژگیهای خارجی نان از قبیل حجم، رنگ پوسته، یکنواختی شکل، یکنواختی پخت، ویژگی پوسته نان و مشخصات داخلی نان از قبیل حفره و دانه ای بودن مغز نان، رنگ مغز نان، بو و طعم و بافت نان مورد ارزیابی قرار گرفتند ارزیابی حسی ویژگیهای عمومی نان مطابق روش ماتز انجام شد [۹].

ویژگیهای کیفی خمیر و نان فاقد آنزیم (نمونه شاهد) در کنار تیمارهای مذکور (آردهای دارای مقادیر متفاوت آنزیمها مطابق طرح مرکب مرکزی) اندازه گیری شد و نتایج آنها با نتایج خمیر و نانهای حاوی مقادیر متفاوت آنزیمها مقایسه شد.

در این پژوهش جهت بررسی تاثیر همزمان ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز بر ویژگی کیفی خمیر و نان از روش آماری سطح پاسخ استفاده شد. روش سطح- پاسخ مجموعه ای از تکنیک های ریاضی و آماری است که جهت توسعه و بهینه کردن فرایندهایی به کار می رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تاثیر قرار می گیرد و هدف، توصیف رابطه بین پاسخ و متغیرهای مستقل توسط مدل های ریاضی و بهینه سازی این پاسخ می باشد. این تکنیک، اثر متغیرهای مستقل بر فرایندها را به تنهایی یا در تلفیق با سایر متغیرها مشخص می نماید. روش سطح- پاسخ در مقایسه با روش های کلاسیک آماری یا روش های بهینه سازی که یک متغیری می باشند، مزایای متعددی دارد. نخست، روش سطح- پاسخ مقدار زیادی اطلاعات را از تعداد کمی آزمایش ارائه می دهد. در حقیقت، روش های کلاسیک زمان بر بوده و تعداد زیادی آزمایش برای بیان رفتار سیستم مورد نیاز می باشند. در ثانی، در روش سطح- پاسخ می توان اثر بر هم کنش بین پارامترهای مستقل بر پاسخ را بررسی کرد. بویژه در مواقعی که در سیستم سینتریزم موجود باشد، روش سطح- پاسخ را می توان به خوبی مورد استفاده قرار داد. به علاوه، مدل تجربی که پاسخ را به متغیرهای مستقل مرتبط می سازد، برای کسب اطلاعات در مورد فرایند مورد استفاده قرار می گیرد [۶].

به طور کلی هدف از این تحقیق بررسی تاثیر ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز با استفاده از طرح مرکب مرکزی بر ویژگیهای کیفی خمیر و نان تست و نیز به دست آوردن بهترین میزان از هر یک از آنزیمهای مذکور با استفاده از بهینه سازی فرایند به روش سطح- پاسخ می باشد.

## ۲- مواد و روشها

آرد مخصوص نان حجیم از شرکت تولیدی آرد تک کرج با ۷۴ درصد استخراج، تهیه و ویژگیهای شیمیایی آن شامل رطوبت مطابق روش استاندارد ملی شماره ۲۷۰۵، پروتئین مطابق روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۶۳، عدد گلوتن با استفاده از دستگاه گلوتن شوی شرکت پرتن<sup>۱</sup> سوئد مطابق روش AACC شماره<sup>۲</sup> ۰۲-۱۲-۳۸، کیفیت گلوتن با استفاده از دستگاه سانتریفوژ شرکت پرتن سوئد مطابق روش AACC شماره ۰۲-۱۲-۳۸، خاکستر مطابق روش استاندارد ملی ایران شماره

3. Infracont  
4. Millbo  
5. Aspergillus  
6. Brabender

1. Perten  
2. American Association Of Cereal Chemistry

### ۲-۳- نتایج حاصل از آزمونهای انجام شده

#### برروی خمیر

نتایج حاصل از دستگاه آلوئو گراف در جدول ۳ و معادله سطح پاسخ هر پارامتر در جدول ۴ نشان داده شده است.

#### ۱-۲-۳- فشار وارد بر خمیر

نتایج به دست آمده نشان داد میزان فشار وارد بر خمیر از آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز تاثیر می‌پذیرد. این روند در شکل رویه پاسخ (شکل ۱)، به خوبی مشهود است. همان طور که در شکل ۱، مشخص است بین اثر آنزیم گلوکز اکسیداز و میزان فشار وارد بر خمیر یک رابطه مثبت (مستقیم) وجود دارد دلیل افزایش فشار وارد بر خمیر تحت تاثیر افزایش میزان آنزیم گلوکز اکسیداز را می‌توان به تشکیل شدن پیوندهای دی سولفیدی بین و درون پلی پپتیدهای خمیر نسبت داد، تشکیل این پیوندهای کووالانسی سبب افزایش مقاومت خمیر می‌گردد و در نتیجه سبب می‌شود فشار وارد بر خمیر افزایش یابد [۱۱]. همچنین می‌توان به انعقاد اکسیدی آرابینوزایلانهای محلول در آب تحت تاثیر این آنزیم اشاره نمود که سبب قوی شدن خمیر و در نتیجه افزایش فشار وارد بر آن می‌گردد. انعقاد اکسیدی، از طریق اکسید شدن فرولیک اسید آرابینوزایلانها و ایجاد اتصالات عرضی بین آنها ایجاد می‌گردد [۱۲]. نتایج این تحقیق در مورد تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی فشار وارد بر خمیر با تحقیقات انجام شده توسط روسل<sup>۸</sup> در سال ۲۰۰۳ و بونت<sup>۹</sup> در سال ۲۰۰۶، مطابقت دارد [۱۱ و ۳].

مطابق نمودار ۱، بین اثر آنزیم زایلاناز و فشار وارد بر خمیر یک رابطه منفی یا معکوس وجود دارد. دلیل این مساله نرم شدن خمیر تحت تاثیر آنزیم زایلاناز می‌باشد که سبب کاهش فشار وارد بر خمیر می‌گردد [۱۳]. نرم شدن خمیر تحت تاثیر آنزیم زایلاناز ناشی از هیدرولیز پنتوزانهای محلول در آب و شکسته شدن اسکلت آرابینوزایلان و کاهش طول زنجیر پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای و آزاد شدن آب تحت تاثیر فعالیت این آنزیم می‌باشد [۱۳]. نتایج این پژوهش در مورد نرم شدن خمیر و کاهش فشار، تحت تاثیر آنزیم زایلاناز با تحقیقات انجام شده توسط کورتین و دلکور<sup>۱۰</sup> در سال ۲۰۰۲ مطابقت دارد [۱۳].

نانهای تست با استفاده از دستگاه پخت نان به روش تمام اتوماتیک ساخت شرکت سینو<sup>۷</sup> ترکیه مدل ۴۷۰۵ و مطابق فرمول ذیل تهیه شدند [۱۰]. قبل از تهیه نانها مقادیر متفاوت آنزیمها (مطابق طرح مرکب مرکزی) به آردها افزوده شدند. آرد ۱۰۰ گرم- آب ۵۵ میلی لیتر- نمک ۲ گرم- مخمر ۲ گرم- روغن ۶ گرم- شکر ۲ گرم.

جدول ۱ مقادیر متفاوت آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز مطابق طرح مرکب مرکزی

زایلاناز (ppm)	گلوکز اکسیداز (ppm)	ردیف
۲۰	۶	۱
۱۰	۱۰	۲
۳۰	۱۰	۳
۲۰	۳۰	۴
۲۰	۳۰	۵
۲۰	۳۰	۶
۸	۳۰	۷
۲۰	۳۰	۸
۲۰	۳۰	۹
۳۲	۳۰	۱۰
۳۰	۵۰	۱۱
۱۰	۵۰	۱۲
۲۰	۵۳	۱۳

#### ۲-۲- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشها به استثناء ارزیابی حسی در سه تکرار انجام گرفت و نتایج ارائه شده میانگین سه تکرار می‌باشند. طراحی آزمایشها و ارزیابی داده ها به روش آماری سطح پاسخ و با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت ۸ و طرح مرکب مرکزی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها نیز به روش آنالیز واریانس صورت گرفت و از سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

#### ۳- نتایج و بحث

##### ۱-۳- ویژگیهای شیمیایی آردها

ویژگیهای شیمیایی آرد مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

8. Rosell  
9. Bonet  
10. Cortin and Delcour

7. Sinbo

جدول ۲ ویژگیهای شیمیایی آرد شاهد

عدد فالینگ(ثانیه)	pH	خاکسترکل (درصد)	رطوبت (درصد)	ایندکس گلوتن (درصد)	گلوتن مرطوب (درصد)	پروتئین (درصد)
۳۵۰	۶	۰/۵۸۰	۱۳/۲	۷۰	۲۷	۱۰

جدول ۳ نتایج حاصل از دستگاه آلوئوگراف در ارتباط با مقادیر متفاوت آنزیمهای گلوکز اکسیداز (Go) و زایلاناز (X) (مورد شماره ۱۴ مربوط به نمونه آرد شاهد می باشد)

شماره	G (ppm)	X (ppm)	فشار (mm)	کشش (mm)	انرژی وارد بر خمیر(kj)	نسبت فشار بر کشش	تورم خمیر
۱	۶	۲۰	۳۸/۵	۷۴	۷۱	۰/۵۲	۱۹/۱
۲	۱۰	۱۰	۴۲	۶۱	۶۷/۵	۰/۶۹	۱۹
۳	۱۰	۳۰	۳۲	۶۷	۶۰	۰/۴۸	۱۹
۴	۳۰	۲۰	۵۷	۴۹	۸۸	۱/۱۶	۱۵/۶
۵	۳۰	۲۰	۴۷	۵۵	۷۴	۰/۸۵	۱۶/۶
۶	۳۰	۲۰	۴۷	۵۰	۸۲	۰/۹۴	۱۵/۲
۷	۳۰	۸	۵۳	۳۷	۶۷	۱/۴۲	۱۳/۶۵
۸	۳۰	۲۰	۵۲	۵۳	۸۴	۰/۹۸	۱۵/۷
۹	۳۰	۲۰	۵۰	۵۴	۷۵	۰/۹۲	۱۶
۱۰	۳۰	۳۲	۴۶	۴۴/۵	۶۸	۱/۰۶	۱۴/۸
۱۱	۵۰	۳۰	۵۸	۳۹	۷۷/۵	۱/۴۸	۱۳/۹
۱۲	۵۰	۱۰	۹۴	۳۹/۵	۱۲۰	۲/۴۲	۱۳/۹۵
۱۳	۵۳	۲۰	۷۹	۳۰/۵	۹۲	۲/۶	۱۲/۳
۱۴	۰	۰	۴۰/۵	۶۵	۶۰	۰/۶۶	۱۷/۹

جدول ۴ معادله های سطح پاسخ برای پارامترهای دستگاه آلوئوگراف در نتیجه افزودن مقادیر متفاوت آنزیمها (X و GO نشان دهنده آنزیمهای زایلاناز و گلوکز اکسیداز میباشد).

پارامترهای آلوئوگراف	مدل کد شده
= فشار وارد بر خمیر	$50/58 + 18/5GO + 6/28GO^2 - 8/13X - 0/79 X^2 - 6/5 GOX$
= کشش خمیر	$51/33 - 14/82 GO + 3/07 GO^2 + 2/02 X - 5/2 X^2 - 1/63 GOX$
= درصد تورم خمیر	$15/59 - 2/67 GO + 0/66 GO^2 + 0/19 X - 0/38 X^2 - 0/12 GOX$
= میزان انرژی لازم برای تغییر شکل خمیر	$79/64 + 13/93 GO + 4/56 GO^2 - 7/45 X - 6/12 X^2 - 8/75 GOX$
= نسبت فشار بر کشش	$1/01 + 0/76 GO - 0/23 GO^2 - 0/18 X + 0/3 X^2 + 0/57 GOX$

رابطه مثبت یا مستقیم وجود دارد. اگرچه افزودن آنزیم زایلاناز در سطوح بالای آنزیم گلوکزاکسیداز تاثیر قابل توجهی بر کشش خمیرنداشته است.

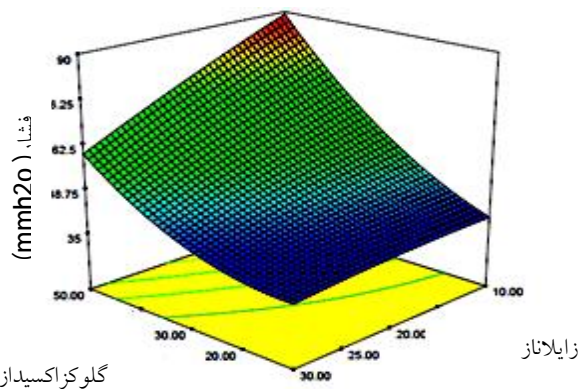
دلیل کاهش کشش خمیر تحت تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز را می توان به تشکیل پیوندهای دی سولفیدی بین دو سیستمین و پیوند عرضی دی تیروزین نسبت داد که منجر به ایجاد پیوند کوالانسی پروتئین ها، قوی شدن خمیر و کاهش کشش خمیر می گردند [۱۴]. نتایج این تحقیق در مورد تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی کشش خمیر با تحقیقات انجام شده توسط پرمومارتین در سال ۲۰۰۳، روسل در سال ۲۰۰۳ و بونت در سال ۲۰۰۶ مطابقت دارد [۱۵ و ۱۱ و ۳].

همان طور که از نمودار ۲، مشخص است بین اثر آنزیم زایلاناز و کشش خمیر یک رابطه مثبت یا مستقیم وجود دارد.

دلیل این مساله کاهش مقاومت خمیر تحت تاثیر آنزیم زایلاناز می باشد. به طور کلی آنزیمهای خانواده زایلاناز سبب ساختار بهتر گلوتن و افزایش الاستیسیته و کشش خمیر می شوند. وانگ در سال ۲۰۰۴، دلیل این امر را به این صورت بیان کردند که وجود آرابینوزایلانهای محلول و نا محلول در آب سبب ایجاد پیوند با شبکه گلوتن می شوند و به این ترتیب سبب کاهش انعطاف پذیری و افزایش مقاومت به کشش شبکه گلوتن می شوند ولی استفاده از زایلانازها سبب هیدرولیز این پلی ساکاریدها می شود و در نتیجه انعطاف پذیری گلوتن و خمیر را افزایش می دهند [۱۶]. نتایج این تحقیق در مورد افزایش کشش خمیر تحت تاثیر آنزیم زایلاناز با نتایج به دست آمده از آیلین<sup>۱۱</sup> در سال ۲۰۰۸، مطابقت دارد [۱۷].

مقایسه میزان کشش نمونه شاهد با کشش خمیر در تیمارهای حاوی ترکیب دو آنزیم گلوکزاکسیداز و زایلاناز (جدول ۳) نشان می دهد افزودن ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز سبب کاهش میزان کشش خمیر می شود. تنها تیمار حاوی ۶ ppm آنزیم گلوکزاکسیداز و ۲۰ ppm آنزیم زایلاناز از کشش بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار است که دلیل آن کم بودن میزان آنزیم گلوکزاکسیداز در مقابل آنزیم زایلاناز می باشد و می توان گفت در صورت استفاده از آنزیم گلوکزاکسیداز به تنهایی در اثر اکسیداسیون بین زایلانها و گلوتن پیوندهایی تشکیل می گردد که این پیوندها سبب کاهش انعطاف پذیری شبکه گلوتنی خواهد شد ولی در

نکته قابل توجه دیگر این است که بیشترین فشار وارد بر خمیر در بالاترین سطح آنزیم گلوکزاکسیداز و پایین ترین سطح زایلاناز حاصل شده است (شکل ۱) بنابراین بهترین ترکیب آنزیمی برای این پاسخ ۵۰ ppm آنزیم گلوکزاکسیداز و ۱۰ ppm آنزیم زایلاناز می باشد. همچنین مقایسه نمونه شاهد با تیمارهای دارای ترکیب دو آنزیم گلوکزاکسیداز و زایلاناز (جدول ۳) نشان می دهد افزودن ترکیب دو آنزیم گلوکزاکسیداز و زایلاناز به خمیر سبب افزایش فشار وارد بر خمیر شده است که حاکی از قوی تر شدن خمیر تحت تاثیر ترکیب دو آنزیم گلوکزاکسیداز و زایلاناز است و با توجه به نوع محصول تولیدی که نان تست می باشد قوی شدن خمیر ویژگی مطلوبی است البته به شرط آنکه قوی شدن خمیر در حدی باشد که مانع از بالا آمدن خمیر در اثر قوی شدن بیش از حد نشود برای این منظور لازم است علاوه بر قوی شدن، خمیر از خاصیت کشسانی مناسبی نیز برخوردار باشد لذا برای تعیین بهترین میزان ترکیب آنزیمها لازم است با استفاده از نرم افزار سطح پاسخ، همان طور که در بخش ۴-۱ توضیح داده شده است اهداف بهینه سازی برای تمامی پاسخها مشخص شود تا بتوان به بهترین نتیجه کیفی خمیر و نان دست یافت.



گلوکزاکسیداز

زایلاناز

شکل ۱ تاثیر آنزیمهای گلوکزاکسیداز و زایلاناز با میزان فشار وارد بر خمیر

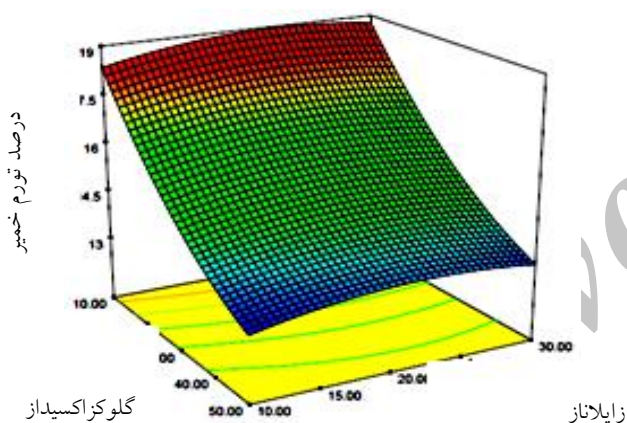
### ۳-۲-۲- کشش خمیر

میزان کشش خمیر به صورت خطی از هر دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز تاثیر می پذیرد. همان طور که در شکل ۲ مشخص است بین افزودن آنزیم گلوکز اکسیداز و میزان کشش خمیر یک رابطه منفی (معکوس) وجود دارد ولی بین آنزیم زایلاناز با کشش خمیر یک

الاستیسیته خود را از دست می دهد، بیش از حد سفت شده و اجازه بالا آمدن و تورم را به خمیر نمی دهد [۵].

نتایج این تحقیق در مورد تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی اندیس تورم خمیر با تحقیقات انجام شده توسط پریومارتین در سال ۲۰۰۳، روسل در سال ۲۰۰۳ و بونت در سال ۲۰۰۶ مطابقت دارد [۱۵ و ۱۱ و ۳].

مقایسه نمونه شاهد با سایر تیمارها (جدول ۳)، نشان داد افزودن ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز در تمامی تیمارهایی که در آنها میزان آنزیم گلوکز اکسیداز بیشتر از آنزیم زایلاناز استفاده شده میزان تورم خمیر نسبت به نمونه شاهد کمتر بوده است. بهترین ترکیب آنزیمی برای داشتن خمیری با درصد تورم بالا همان طور که در شکل ۳ مشخص است بهترین ترکیب آنزیمی ۱۰ ppm آنزیم گلوکز اکسیداز و ۳۰ ppm آنزیم زایلاناز می باشد.

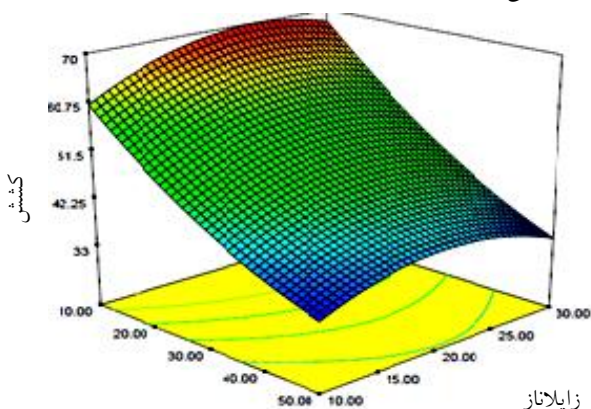


شکل ۳ تاثیر آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز با درصد تورم خمیر

### ۳-۲-۴- آنژی لازم برای تغییر شکل دادن خمیر

نتایج نشان داد میزان انرژی وارد بر خمیر به صورت خطی از تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز تاثیر می پذیرد. این روند در شکل رویه پاسخ (شکل ۴)، مشهود است. به عبارتی دیگر بین اثر آنزیم گلوکز اکسیداز و میزان انرژی وارد بر خمیر یک رابطه مثبت (مستقیم) وجود دارد. دلیل افزایش میزان انرژی لازم برای تغییر شکل دادن خمیر تحت تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز را می توان به قوی تر شدن خمیر تحت تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز نسبت داد زیرا هر قدر که قدرت خمیر بالاتر باشد برای تغییر شکل دادن آن نیاز است از انرژی بیشتری استفاده شود.

صورت استفاده از آنزیم زایلاناز در کنار آنزیم گلوکز اکسیداز پیوندهای تشکیل شده در اثر عمل اکسیداسیون شکسته خواهد شد و انعطاف پذیری خمیر افزایش می یابد [۱۶]. برای به دست آوردن خمیری مناسب برای نان تست لازم است خمیر از کشش خوبی برخوردار باشد برای رسیدن به این هدف همان طور که در شکل ۲ مشخص است بهترین ترکیب آنزیمی ۱۰ ppm آنزیم گلوکز اکسیداز و ۳۰ ppm آنزیم زایلاناز می باشد.



گلوکز اکسیداز

زایلاناز

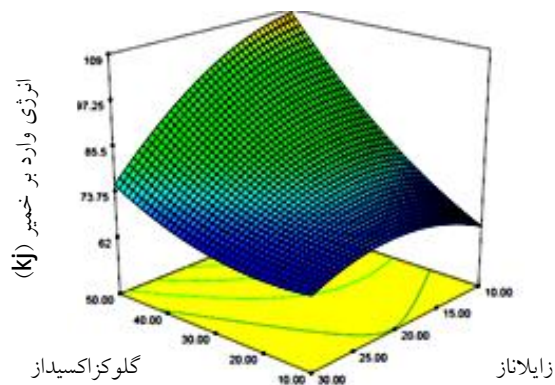
شکل ۲ تاثیر آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز با میزان کشش خمیر

### ۳-۲-۳- تورم

میزان تورم خمیر به صورت خطی از آنزیم گلوکز اکسیداز تاثیر می پذیرد ولی تغییر در میزان آنزیم زایلاناز تفاوت معنی داری بر روی این پارامتر ندارد ( $p > 0/05$ ) بر اساس نمودار ۳، بین اثر آنزیم گلوکز اکسیداز و تورم خمیر یک رابطه عکس وجود دارد، به این

ترتیب که افزایش آنزیم گلوکز اکسیداز، سبب کاهش تورم خمیر می شود. با توجه به اینکه اندیس تورم یا بادکردگی خمیر ضریبی از میزان کشش خمیر می باشد و محاسبه این اندیس توسط دستگاه آلوئوگراف مطابق رابطه ( $G = 2/226 L$ ) محاسبه می گردد، مشخص میشود که ارتباط مستقیمی بین کشش خمیر ( $L$ ) با میزان تورم خمیر ( $G$ ) برقرار است و هر قدر کشش خمیر بیشتر باشد ضریب تورم خمیر نیز افزایش خواهد یافت [۱۸].

با توجه به آنکه با افزایش فعالیت آنزیم گلوکز اکسیداز، کشش خمیر کاهش می یابد بنابراین با افزایش غلظت این آنزیم، اندیس تورم نیز کاهش خواهد یافت. هر قدر فعالیت آنزیم گلوکز اکسیداز افزایش یابد در اثر اکسیدکنندگی زیاد، گلوتن



شکل ۴- تاثیر آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز با میزان انرژی وارد بر خمیر

### ۳-۲-۵- نسبت فشار برکشش خمیر

با توجه به معنی دار بودن اثرات خطی آنزیم گلوکز اکسیداز ( $p < 0/01$ ) و آنزیم زایلاناز ( $p < 0/05$ ) بر روی نسبت فشار برکشش، همان طور که در نمودار ۵، مشخص است تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی نسبت فشار برکشش به طور مستقیم و تاثیر آنزیم زایلاناز به صورت معکوس می باشد.

افزایش آنزیم گلوکز اکسیداز سبب افزایش فشار لازم جهت باد کردن خمیر خواهد شد افزایش آنزیم زایلاناز سبب افزایش کشش خمیر خواهد شد. بنابراین هرچه میزان آنزیم گلوکز اکسیداز بیشتر شود به دلیل افزایش فشار لازم برای باد کردن خمیر، نسبت فشار برکشش بیشتر و هرچه میزان آنزیم زایلاناز افزایش یابد به دلیل افزایش میزان کشش نسبت فشار برکشش کاهش خواهد یافت. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات انجام شده توسط آیلین در سال ۲۰۰۸ و تحقیقات انجام شده توسط روسل در سال ۲۰۰۳ و بونت در سال ۲۰۰۶ مطابقت دارد [۱۱ و ۱۷ و ۳]. مطابق نمودار ۵، میزان این نسبت در مقادیر بالای آنزیم گلوکز اکسیداز و مقادیر پایین آنزیم زایلاناز افزایش می یابد.

مقایسه نمونه شاهد با سایر تیمارها در جدول ۳، نشان می دهد در تیمارهایی که نسبت آنزیم گلوکز اکسیداز از آنزیم زایلاناز بیشتر است نسبت فشار برکشش نیز نسبت به نمونه شاهد بالاتر است ولی در تیمارهایی که در آنها از میزان بیشتری آنزیم زایلاناز نسبت به گلوکز اکسیداز استفاده شده نسبت فشار برکشش نیز کمتر می باشد.

[۱۶ و ۱۹ و ۱۳]. نتایج این تحقیق در مورد تاثیر آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی میزان انرژی وارد بر خمیر با تحقیقات انجام شده توسط روسل در سال ۲۰۰۳ و بونت در سال ۲۰۰۶ مطابقت دارد [۳ و ۱۱].

در مورد آنزیم زایلاناز همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود، رابطه معکوسی بین اثر این آنزیم و میزان انرژی لازم برای تغییر شکل دادن خمیر وجود دارد. دلیل این مساله نرم شدن خمیر تحت تاثیر آنزیم زایلاناز به دلیل دپلمیریزاسیون آرابینوزایلانها تحت تاثیر این آنزیم می باشد که افزایش آن می تواند منجر به کاهش میزان فشار لازم برای تغییر شکل دادن خمیر شود.

مقایسه نمونه شاهد با سایر تیمارها (جدول ۳) نشان می دهد که میزان انرژی لازم برای تغییر شکل دادن خمیر در نمونه شاهد نسبت به تیمارهایی که دارای ترکیب آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز هستند کمتر است که دلیل این مساله قوی تر شدن خمیر تحت تاثیر ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز می باشد. دلیل قوی شدن خمیر تحت تاثیر ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز، تبدیل آرابینوزایلانهای نا محلول به محلول تحت تاثیر زایلاناز و اتصال آرابینوزایلانهای محلول توسط گلوکز اکسیدازها و در نهایت تشکیل ژل الاستیکی محکم تحت تاثیر ترکیب دو آنزیم است که سبب قوی شدن خمیر می گردد [۵]. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می گردد میزان انرژی وارد بر خمیر در مقادیر بالای آنزیم گلوکز اکسیداز و مقادیر کم آنزیم زایلاناز افزایش می یابد. افزایش انرژی وارد بر خمیر حاکی از قوی تر شدن خمیر می باشد و قوی بودن خمیر برای نان تست خصوصیتی مطلوب است به شرط آنکه قوی شدن سبب کاهش کشش خمیر نشود که برای رسیدن به این هدف یعنی داشتن خمیری قوی با کشش مناسب می توان از روش بهینه سازی استفاده نمود تا بهترین ترکیب آنزیمها مشخص شود (بخش ۴-۱). بهترین ترکیب آنزیمها برای به دست آمدن بالاترین میزان انرژی وارد بر خمیر همان طور که از شکل ۴ مشخص است ۵۰ ppm آنزیم گلوکز اکسیداز و ۱۰ ppm آنزیم زایلاناز می باشد.



به این ترتیب که گلوکز اکسیداز سبب افزایش الاستیسیته گلوتن و آنزیم زایلاناز سبب بهبود ویژگی کشش شبکه گلوتنی می گردند و در نتیجه در کنار یکدیگر سبب بهبود ویژگیهای رئولوژیکی خمیر می گردند و قابلیت نگهداری گازهای دی اکسید کربن در خمیر افزایش می یابد و در نهایت سبب بهبود حجم نان خواهند شد [۱۰]. نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده ها نشان داد میزان استفاده از هر یک از آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز تاثیری بر روی حجم مخصوص نخواهد داشت و مدل آماری درمورد این آزمون در سطح ۵ درصد معنی دار نبود.

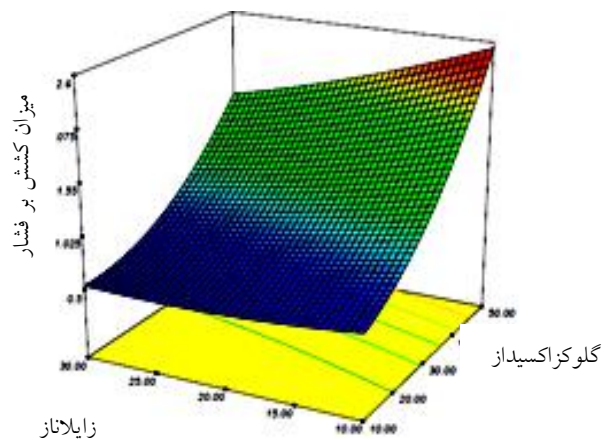
نتیجه این تحقیق در مورد تاثیر متقابل این دو آنزیم در بهبود حجم نان با تحقیقات انجام شده توسط پریمومارتین در سال ۲۰۰۳ مطابقت دارد [۱۵].

### ۲-۳-۳- نتایج ارزیابی حسی

بعد از افزودن ترکیب آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز ویژگیهایی چون حجم نان، تناسب شکل نان، ویژگی پوسته و حفره و دانه ای بودن مغز نان و بافت نان نسبت به نمونه آرد شاهد (نان بدون آنزیم) بهبود یافت (جدول ۵). اما از بین کلیه ویژگیهای ذکر شده تنها ویژگی پوسته نان، حفره و دانه ای بودن مغز نان و بافت نان با تغییر میزان آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز تغییر کردند و در مورد سایر ویژگیها تغییر میزان هر یک از آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ایجاد نکرد. در جدول ۶ معادله های سطح پاسخ ارزیابی حسی نانها نشان داده شده است. در ذیل شرح مختصری در مورد نحوه تاثیر آنزیمهای زایلاناز و گلوکز اکسیداز بر روی ویژگیهای پوسته نان، حفره و دانه ای بودن مغز نان و بافت نان داده خواهد.

جدول ۵ نتایج حاصل از ارزیابی حسی و حجم مخصوص نانها در ارتباط با مقادیر متفاوت آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز (Go و X نشان دهنده گلوکز اکسیداز و زایلاناز میباشد و عدد کنار آنها نشان دهنده مقادیر متفاوت آنزیمها میباشد).

	G6X20	G10X10	G10X30	G30X20	G30X8	G30X32	G50X30	G50X10	G53X20	G0X0
حجم	۷	۷/۹۲	۷/۰۵	۷/۹	۸/۸	۷/۰۸	۶/۹۲	۹	۶/۹	۴/۱
تناسب شکل	۱/۵۸	۱/۱۷	۱/۱۷	۱/۵	۱/۵۵	۱/۹۲	۲/۳	۲/۶۳	۱/۰۸	۰/۸۳
ویژگی پوسته	۲/۳	۲/۵	۲/۳	۱/۷	۱/۷۵	۲	۱/۷	۱/۹	۰/۰۹۷	۱/۶
حفره و دانه ای - مغز	۷/۱۷	۸/۰۲	۷/۱۳	۷/۱۴	۸	۷/۳۳	۶/۳۵	۹	۸/۲۵	۷/۱
بافت	۷/۹	۱۳	۸/۹	۱۰	۱۲/۴	۱۱	۷/۳	۱۳	۱۰	۴/۸
امتیاز کلی	۷۳/۵	۷۸/۳	۷۲/۹	۷۲/۱	۷۷/۶	۷۷/۴	۷۰	۸۴	۷۲/۶	۴۹/۳
حجم مخصوص	۳/۶	۳	۳/۵	۳/۰۷	۳/۲۳	۳/۳۳	۳/۳	۳/۲	۳/۰۴	۱/۹



شکل ۵ تاثیر آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز بر میزان کشش بر فشار

### ۳-۳-۳ نتایج آزمونهای انجام شده بر روی نان

#### تست

#### ۱-۳-۳-۳ آزمون حجم مخصوص نان

مقایسه نمونه نان تهیه شده از آرد شاهد و نمونه نانهای تهیه شده از آردهای دارای ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز در جدول ۵ نشان می دهد تمامی تیمارهای دارای ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز نسبت به نان شاهد از حجم مخصوص بالاتری برخوردار می باشند (جدول ۵). دلیل آن وجود هر دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز می باشد زیرا شبکه گلوتنی به دلیل قابلیت کشش پذیری و الاستیسیته خود می تواند گازهای ناشی از فعالیت میکروارگانیسمها را در خود محبوس و نگهداری کند و در صورت نداشتن کشش و الاستیسیته مناسب گازهای حاصل از فعالیت مخمرها هدر رفته و خمیر توانایی نگهداری گازهای ناشی از تخمیر را در خود نخواهد داشت. استفاده از هر دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز سبب بهبود ویژگی ویسکو الاستیکی گلوتن می گردد

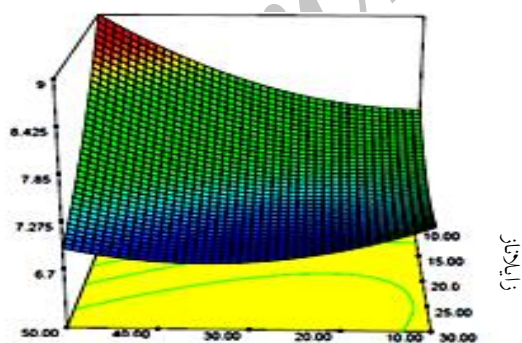
جدول ۶ معادله های سطح پاسخ ارزیابی حسی در نتیجه افزودن مقادیر متفاوت آنزیمها (X و GO نشان دهنده آنزیمهای زایلاناز و گلوکز اکسیداز میباشد).

پارامترها	مدل کد شده
ویژگی پوسته	$2/08-0/24GO+0/032 X$
حفره و دانه ای بودن مغز نان	$7/18+0/25 GO+0/03 GO^2-0/62 X+0/24 X^2-0/4 GOX$
بافت	$10/02+0/12 GO+0/07 GO^2-1/68 X+1/17 X^2-0/4 GOX$
امتیاز کلی	$72/26+0/25 GO+0/58 GO^2-2/82 X-3/56 X^2-2/16 GOX$

افزایش آنزیم زایلاناز سبب کاهش کیفی این ویژگی خواهد شد. یکی از دلایل عمده تشکیل حفره های درشت در بافت داخلی نان تولید گازهای زیاد در حین تخمیر توسط مخمر می باشد که سبب می شود هر یک از خلل و فرج ریز با خلل و فرج همجوار خود پیوند برقرار کند و تبدیل به خلل و فرج درشت تر شود که این مساله در موارد حاد سبب تشکیل حفره های درشتی در بافت داخلی نان خواهد شد [۱۰].

شاه<sup>۱۲</sup> و همکاران در طی تحقیقات خود در سال ۲۰۰۶، توضیح دادند که خمیر دارای آنزیم زایلاناز در طی تخمیر قندهای قابل تخمیر آزاد می کنند و این مساله سبب افزایش تولید گاز دی اکسید کربن توسط مخمر خواهد شد و افزایش میزان استفاده از این آنزیم می تواند سبب تولید بیش از حد گاز دی اکسید کربن و تشکیل خلل و فرج بزرگ در نان شود [۲۱]. بهترین میزان آنزیم برای این ویژگی ۱۰ ppm آنزیم زایلاناز است و آنزیم گلوکز اکسیداز نیز تاثیر معنی داری بر روی این ویژگی ندارد.

حفره و دانه ای بودن مغز نان

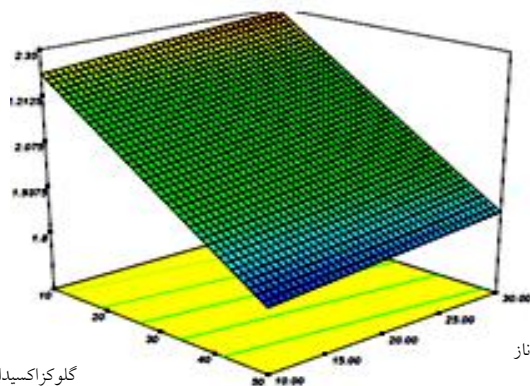


گلوکز اکسیداز

شکل ۷ تاثیر آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز با حفره و دانه ای بودن مغز نان

### ۳-۲-۱- ویژگی پوسته نان

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده ها (شکل ۶) نشان داد تاثیر آنزیم زایلاناز بر روی این ویژگی معنی دار نیست و تنها وجود آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی ویژگی پوسته اثر گذار است. بین اثر آنزیم گلوکز اکسیداز و ویژگی پوسته نان یک رابطه معکوس وجود دارد به این ترتیب که افزایش آنزیم گلوکز اکسیداز سبب کاهش کیفی ویژگی پوسته خواهد شد. تاثیر منفی افزایش آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی این ویژگی می تواند تاثیر اکسیدکنندگی این آنزیم باشد که هر قدر اثر اکسیدکنندگی بر روی خمیر افزایش یابد سبب خشک شدن سطح خمیر و پوسته پوسته شدن سطح نان و کاهش مقبولیت ظاهر پوسته نان خواهد شد [۲۰]. بهترین میزان آنزیم برای بهبود ویژگی پوسته نان ۱۰ ppm آنزیم گلوکز اکسیداز می باشد و آنزیم زایلاناز نیز تاثیر معنی داری بر روی این متغیر ندارد.



گلوکز اکسیداز

شکل ۶ تاثیر آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز بر ویژگی پوسته نان

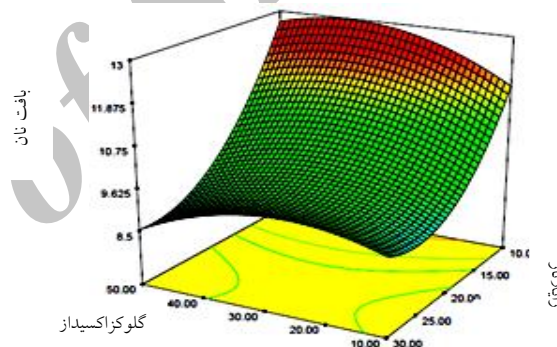
### ۳-۲-۲- حفره و دانه ای بودن مغز نان

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده ها (شکل ۷) نشان داد آنزیم گلوکز اکسیداز بر روی این ویژگی معنی دار نیست ( $P > 0/05$ ) و تنها آنزیم زایلاناز بر روی ویژگی پوسته اثر گذار است ( $P < 0/05$ ). بین اثر آنزیم زایلاناز و ویژگی حفره و دانه ای بودن مغز نان یک رابطه معکوس وجود دارد به این ترتیب که

## ۳-۲-۴-۳- بافت نان

افزودن آنزیم زایلاناز و گلوکز اکسیداز مطابق (شکل ۸) سبب بهبود بافت نان شد. دلیل بهبود بافت در اثر استفاده از ترکیب دو آنزیم گلوکز اکسیداز و زایلاناز بهبود ویژگی رئولوژیکی گلوتن تحت تاثیر این دو آنزیم است. به این ترتیب که آنزیم زایلاناز می تواند دیواره سلولی پلی ساکاریدهای گندم را حل و سبب بهبود عملکرد گلوتن شود و در نتیجه بهبود بافت نان شود [۲۲].

آنزیم گلوکز اکسیداز نیز می تواند با کمک به افزایش جذب آب توسط خمیر، از خمیری شدن بافت نان جلوگیری کند و با قوی تر کردن شبکه گلوتهی کمک به جذب آب اضافی موجود در خمیر خواهد کرد. بهترین ترکیب آنزیمی برای بهبود بافت نان ۵۰ ppm آنزیم گلوکز اکسیداز و ۱۰ ppm زایلاناز می باشد.



شکل ۸ تاثیر آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز بر بافت نان

## ۴- بهینه سازی

تکنیک بهینه سازی عددی به منظور بهینه کردن متغیرهای فرایند به کار برده شد. در تکنیک مذکور، فضای پاسخ با استفاده از مدل های ایجاد شده و به منظور یافتن بهترین شرایطی که اهداف بهینه سازی مورد نظر را برآورده می کنند، جستجو می شود [۶]. بدین منظور اهداف بهینه سازی برای تمامی پاسخها اعم از میزان فشار، کشش، انرژی وارد بر خمیر، نسبت فشار برکشش و تورم خمیر در حد حداکثر مشخص شد زیرا محصول مورد تحقیق نان تست می باشد و لازم است خمیر آن از نظر ویژگیهای رئولوژی دارای هم مقاومت بالا و هم کشش بالایی باشد. بعد از تعیین اهداف، نتایج به دست آمده از فرایند بهینه سازی نشان داد با افزودن میزان ۳۵ ppm آنزیم گلوکز اکسیداز و ۱۵ ppm آنزیم زایلاناز می توان به بهترین نتیجه کیفی خمیر و نان دست یافت.

## ۵- نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان دادند استفاده از ترکیبی از آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز می تواند نقش موثری در جهت بهبود ویژگیهای رئولوژیکی خمیر و بهبود ویژگیهای کیفی نان ایفا کند. افزودن ترکیب این دو آنزیم می تواند سبب افزایش فشار و انرژی وارد بر خمیر و افزایش نسبت فشار بر کشش خمیر شوند که حاکی از قوی تر شدن خمیر نسبت به خمیر حاصل از نمونه آرد شاهد، تحت تاثیر ترکیب این دو آنزیم می باشد. همچنین بعد از افزودن ترکیب آنزیمهای گلوکز اکسیداز و زایلاناز شاهد بهبود ویژگیهای حجم نان، تناسب شکل نان، ویژگی پوسته و حفره و دانه ای بودن مغز نان قابلیت جویدن و بافت نان نسبت به نمونه آرد شاهد خواهیم بود. با استفاده از ترکیب این دو آنزیم می توان با هزینه ای اندک نواقص و کمبودهای آرد ضعیف را برطرف و جبران کرد. با استفاده از روش ایتیم سازی مشخص شد با افزودن ۳۵ ppm آنزیم گلوکز اکسیداز و ۱۵ ppm آنزیم زایلاناز می توان به بهترین نتیجه کیفی خمیر و نان دست یافت.

## ۶- منابع

- [1] Pant V. 2006. Recent Developments in the use of enzymes in bakery products. Karnataka : University of Mysore , MSc thesis
- [2] Popper L. 2008. Enzymes best friends of flours the millers little helpers. Muhlen Chemie GmbH.
- [3] Bonet A, Rosell C.M , Caballero P.A , Gomez M, Munuera I, Liuch M.A. 2006. Glucose oxidase effect on dough rheology and bread quality : a study from macroscopic to molecular level. Food Chem, 99: 408-415.
- [4] Jiang Z, Li X, Yang S , Tan S. 2004 . Improvement of the bread making quality of wheat flour by the hyperthermophilic xylanase B from Thermotoga maritima. Food Res Int, 38: 37-43.
- [5] Almeida EL , Chang YK . 2012. Effect of the addition of enzymes on the quality of frozen pre baked French bread substituted with whole wheat flour. Food Sci Tech, 49 : 64-72.
- [6] Myers RH and Montgomery DC. 2002. Response surface methodology:

- [15] Primo Martin C, Wang M, Lichtendonk WJ, Plijter J, Hamer R. 2005. An explanation for the combined effect of xylanase-glucose oxidase in dough system. *Jou Sci Food and Agri*, 85:1186-1196.
- [16] Wang M, Vliet TV, Hamer RJ. 2004. How gluten properties are affected by pentosans. *Jou Cereal Sci*, 39: 395-402.
- [17] Ilin H. Using . 2008. enzymes to improve frozen dough bread quality. Kensas Manhattan: University of Kansas state, MSc thesis.
- [18] Institute of standards and Industrial Research of Iran, Physical characteristics of doughs- Determination of rheological properties using alveograph. ISIRI no11545. 1<sup>th</sup> revision, karaj: ISIRI, 2008 [ in Persian].
- [19] Gujral HS, Rosell CM. 2004. Improvement of the bread making quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Res Int*, 37: 75-81.
- [20] Payan R. 2008. Introduction To Technology of Cereal Products. 4nd ed. Tehran: nopardazan.
- [21] Shah AR, Shah RK, Madamwar D. 2006. Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus Foetidus*. *Bio Tech*, 97: 2047-2053.
- [22] Matthews N. Xylanases as improvers, 2006. On line. Available at ://www.Campden.co.uk.news /octo6a.htm/. Accessed October, 2006.
- process and product optimization using designed experiments. 2 nd Ed. Wiley pub Inc, New york. pp 51-83.
- [7] Institute of standards and Industrial Research of Iran, Wheat flour specifications and test methods. ISIRI no 103. 5<sup>th</sup> revision, karaj: ISIRI, 2012[ in Persian].
- [8] AACC. 2012. Aproved methods of the American Association of Cereal Chemists. Minneapolis. MN: AACC.
- [9] Matz AS. 1960. Bakery Technology and engineering the Avi pub co Westport . Connecticut.
- [10] Rajabzadeh N. 2001 Bread Technology. 4nd ed. Tehran: Tehran university.
- [11] Rosell CM, Wang J, Ajas, Bean S, Lookhart G. 2003. Wheat flour proteins as affected by transglutaminase and glucose oxidase. *Cereal Chem*; 80:52-55.
- [12] Crowe NL, Rasper VF. 1988. The ability of chlorine and chlorine related oxidants to induce oxidative gelation in wheat flour pentosans. *Jou Cereal Sci*, 7:283-294.
- [13] Courtin CW, Delcour JA. 2001. Relative activity of endoxylanases toward water extractable and water unextractable arabinoxylan. *Jour of Cereal Sci*, 33:301-312
- [14] Rasiah IA, Sutton KH, Low FL, Lin HM, Gerrard JA. 2005. Crosslinking of wheat dough proteins by glucose oxidase and resulting effects on bread and croissants. *Food Chem*, 89: 325-332.

## Evaluation of the effect of using glucose oxidase and xylanase enzymes on Toast bread flours characteristics.

Salehifar, M. <sup>1</sup>, Shafisoltani, M. <sup>2\*</sup>, Hashemi, M. <sup>3</sup>

1. Assistant prof, Dep of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Shahr e Qods Branch.
2. M.SC of food Science and Technology, Islamic Azad university, Shahr e Qods Branch
3. Assistant Prof of Microbial Biotechnology and Biosafety Department, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran.

(Received: 89/10/23 Accepted: 90/9/20)

Bread is the basic food group and it is one of the best sources of protein and energy especially for low income people. So it is important to pay attention to the characteristics that affect bread quality. One of the main factors affecting the quality of bread is the quality of gluten. Low quality of gluten in flour will make problems in bread industry. One solution to these problems is using the combination of glucose oxidase and xylanase enzymes. In this research, central composite design has been used to evaluate the effects of these enzymes as independent parameters on rheological characteristics of dough measured by Alveograph. The specific volume and sensory evaluation of bread has been determined after bread baking. Results showed that adding these enzymes lead to increase pressure and energy of dough and decrease in dough strength. After baking, results indicated increase in specific volume and total score in sensory evaluation of the breads in compare with the bread containing only  $\alpha$ - amylase enzyme. In this research 35 ppm of glucose oxidase and 15 ppm of xylanase were selected as the best treatment after optimizing results by response surface method.

**Keywords:** Wheat flour, Glucose oxidase, Xylanase, Toast bread, Response surface method

---

\*Corresponding Author E-mail Address: [soltani89@ymail.com](mailto:soltani89@ymail.com)