

## بررسی اثر پری بیوتیک‌های بتاگلوکان و نشاسته مقاوم به هضم بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر

زهرا محبی<sup>۱</sup>، عزیز همایونی راد<sup>۲\*</sup>، محمد حسین عزیزی<sup>۳</sup>، محمد اصغری جعفرآبادی<sup>۴</sup>،  
رضا افشین پژوه<sup>۵</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، کمیته تحقیقات دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- ۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- ۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
- ۴- استادیار آمار زیستی گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- ۵- معاونت پژوهشی مرکز پژوهش‌های فرهیختگان زرنام، گروه صنعتی پژوهشی زر  
(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۸)

### چکیده

اگرچه نان غذای اصلی و پایه مردم بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران است اما از لحاظ مواد پری بیوتیک فقیر بوده و کمتر از ۲/۵ درصد فیبر رژیمی دارد. بنابراین غنی‌سازی نان با ترکیبات مختلف نظیر انواع مواد پری بیوتیک در راستای ارتقای ارزش غذایی و سطح کیفی محصول، بسیار ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش اثر پری بیوتیک‌های بتاگلوکان در سطوح ۰/۸، ۱ و ۱/۲ درصد و نشاسته مقاوم به هضم در سطوح ۵/۵، ۸ و ۱۰/۵ درصد و یک نمونه ترکیبی شامل ۰/۵٪ بتاگلوکان و ۴٪ نشاسته مقاوم به هضم، بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر بسته به نوع و غلظت ماده پری بیوتیک اضافه شده متفاوت است. نتایج فارینوگراف نشان داد میزان جذب آب خمیر با افزایش مقدار دو ماده هیدروکلوئید بتاگلوکان و نشاسته مقاوم، افزایش می‌یابد. زمان گسترش خمیر و عدد کیفیت فارینوگرافی تیمارهای دارای بتاگلوکان مشابه نمونه شاهد بود ولی مقاومت خمیر نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. در حالیکه زمان گسترش، عدد کیفیت فارینوگراف و مقاومت خمیرهای دارای نشاسته مقاوم به هضم نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. بتاگلوکان اثر بیشتری بر افزایش درجه سستی خمیر نسبت به نشاسته مقاوم داشت. استفاده از نشاسته مقاوم و بتاگلوکان باعث افزایش مقاومت به کشش و انرژي شد اما قابلیت کشش در مقایسه با کنترل کاهش یافت. تیمار ترکیبی، حاوی هر دو ماده بتاگلوکان و نشاسته مقاوم، بهترین خمیر از نظر ویژگی‌های زمان گسترش و مقاومت خمیر، قابلیت و مقاومت به کشش بود.

کلید واژگان: پری بیوتیک، بتاگلوکان، نشاسته مقاوم به هضم، فیبر رژیمی، رئولوژی خمیر

\* مسئول مکاتبات: homayounia@tbzmed.ac.ir

## ۱- مقدمه

از سال‌های بسیار دور تا کنون غلات به شکل‌های مختلف به عنوان غذای پایه قسمت اعظمی از جمعیت جهان بوده است. نان که پر مصرف‌ترین فرآورده غلات است، منبع بسیار فقیری از نظر فیبرهای غذایی و ترکیبات پری بیوتیک می‌باشد. بنابراین توجه به ویژگی‌های کیفی و ارزش غذایی آن بسیار لازم و ضروری است. مجاری گوارشی انسان یکی از پیچیده‌ترین اکوسیستم‌های میکروبی شناخته شده می‌باشد که معمولاً دارای  $10^{10}$  -  $10^{11}$  عدد باکتری در هر گرم از محتوای خود می‌باشد. فعالیت و هم‌زیستی باکتری‌های موجود در دستگاه گوارش باعث جلوگیری از رشد انواع باکتری‌های پاتوژن، ارتقای سیستم ایمنی، اثرات مثبت بر روی سلامت کولون و بهبود تغذیه میزبان می‌شود. به همین دلیل در سال‌های اخیر تمایل زیادی به مصرف غذاهای پری‌بیوتیک پدید آمده است [۱]. از جمله مواد پری‌بیوتیکی که می‌توان به منظور ارتقاء اثر سلامت‌بخش به نان افزود نشاسته مقاوم و بتاگلوکان است.

از نظر شیمیایی نشاسته پلی‌ساکاریدی از گلوکز است که با پیوندهای آلفا-دی (۴-۱) (۶-۱) به هم متصل شده‌اند. نشاسته از دو واحد عمده آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است [۲]. به طور کلی نشاسته براساس تجزیه‌پذیری در اثر عملکرد آنزیم‌ها در سه گروه کلی زود هضم، دیر هضم و مقاوم در برابر هضم، تقسیم می‌شود. نشاسته مقاوم به هضم در واقع به بخشی از نشاسته اطلاق می‌شود که در مقابل آنزیم آلفا آمیلاز هیدرولیز نمی‌شود. این نوع نشاسته پس از ۱۲۰ دقیقه انکوباسیون بدون تغییر باقی می‌ماند. میزان این نوع نشاسته براساس میزان اختلاف مجموع نشاسته  $SDS^1$  و  $RDS^2$  از نشاسته کل محاسبه می‌شود [۳، ۴]. نشاسته مقاوم به هضم تجاری از واریته مایز<sup>۳</sup> با آمیلوز بالا حاصل می‌گردد. این نوع نشاسته در گروه فیبرهای غذایی و پری‌بیوتیک قرار دارد که در روده کوچک هضم نمی‌شود و زمانی که به روده بزرگ می‌رسد بوسیله باکتری‌ها تخمیر می‌شود و تولید اسید چرب کوتاه زنجیر را افزایش داده و باعث افزایش حجم مدفوع، کاهش pH مدفوع، کاهش گلوکز خون و کاهش سطح کلسترول پلاسما می‌شود. همچنین تخمیر نشاسته مقاوم سرعت تخلیه

روده- معده‌ای انسان را در مقایسه با دیگر انواع نشاسته کاهش می‌دهد [۵]. بنابراین کاربرد نشاسته مقاوم در فرمولاسیون نان راهکاری به منظور کاهش اندیس گلیسمیک نان و بویژه فرمولاسیون رژیم غذایی افراد دیابتی محسوب می‌شود. از خصوصیات فیزیکی نشاسته مقاوم ظرفیت نگهداری آب پایین (WHC<sup>۴</sup>)، بی‌مزگی و رنگ سفید است. بر خلاف فیبرهای غذایی معمول که بافت زبر و طعم شدید ایجاد می‌کنند نشاسته مقاوم بر خصوصیات حسی محصول نهایی اثر کمتری داشته و باعث ظاهر بهتر، بافت و احساس دهانی مطلوب‌تر می‌شود [۶]. گرچه حداقل مقدار سلامت‌بخش نشاسته مقاوم ۲۰ گرم در روز پیشنهاد شده است [۷]. ولی مقادیر پایین‌تری چون ۲/۵ و ۵ گرم در روز اثر پری‌بیوتیکی داشته است [۸].

بتاگلوکان نیز از جمله فیبر غذایی قابل حل در آب (پری-بیوتیک‌های پلی‌ساکاریدی) است، که از واحدهای بتا-دی-گلوکز (۳-۱) (۴-۱) تشکیل شده است و در دانه جو (۱۱-۳ درصد)، جو دوسر (۷-۳ درصد)، یولاف (۸/۷-۲ درصد)، گندم (۴/۱-۴/۰ درصد) وجود دارد. بتاگلوکان به طور انتخابی باعث رشد پروبیوتیک‌های مفید روده مانند لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکترها در محیط آزمایشگاهی می‌شود [۹]. بتاگلوکان باعث تنظیم سطح قند و گلوکز خون شده و همچنین به کاهش کلسترول خون کمک می‌کند [۱۰]. بر طبق نظریه موسسه غذا و دارو آمریکا محصولات دارای حداقل ۰/۷۵ گرم بتاگلوکان در هر وعده غذایی، فراسودمند خواهد بود و مقدار دریافت روزانه به منظور کاهش کلسترول، حدود ۳ گرم بتاگلوکان در روز تخمین زده شده است [۱۱ و ۹]. این ترکیب با داشتن گروه‌های هیدروکسیل بالا در ساختار خود بخش زیادی از آب را جذب کرده و باعث افزایش رطوبت ماده غذایی شده که برای افزایش بازده پخت در صنعت غذا مفید است همچنین با کاهش سرعت تخلیه روده و کنترل سطح گلوکز خون باعث افزایش احساس سیری و کنترل چاقی می‌شود [۱۲]. باتوجه به فراسودمند بودن این ترکیبات پری‌بیوتیک و از طرف دیگر پایین بودن مقدار مواد پری‌بیوتیک در نان، لزوم استفاده از این ترکیبات بیشتر مشخص می‌شود.

1. Slowly digestible starch
2. Rapidly digestible starch
3. Maize

4. World Health Organization

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

آرد سبوس گرفته از کارخانه آرد گلها در تهران، بتاگلوکان PromOat™ (مورد استفاده (استخراج شده از دانه‌های جو دوسر به روش استخراج آبی) از شرکت Biovelop International AB کشور سوئد و نشاسته مقاوم به هضم (Hi- maize 260) از شرکت National Starch and Chemical Company کشور ایالات متحده آمریکا تهیه شد.

### ۲-۲- روش انجام آزمون‌ها

#### ۲-۲-۱- آزمون‌های تعیین ویژگی‌های آرد

کیفیت آرد اولیه با استفاده از روشهای متداول AACC مورد آزمون قرار خواهد گرفت، به گونه‌ای که رطوبت با آون ساخت Memmert کشور آلمان به روش ۱۶-۴۴، خاکستر بوسيله كوره به روش ۰۱-۰۸، گلوتن مرطوب و ایندکس گلوتن به روش ۱۲A-۳۸، پروتئین به روش ۱۱-۳۹، عدد فالینگ آرد گندم به روش ۸۱-۵۶ AACC توسط دستگاه فالینگ نامبر ساخت شرکت Perten کشور آلمان و عدد زلنی به روش ۶۰-۵۶ AACC بر پایه وزن اولیه نمونه اندازه‌گیری شدند [۱۳].

#### ۲-۲-۲- آزمون فارینو گراف

آزمون فارینوگراف مطابق روش ۲۱-۵۴ AACC و با استفاده از دستگاه فارینوگراف شرکت برابندر آلمان انجام شد. برای انجام این آزمون، مقدار ۳۰۰ گرم آرد در داخل محفظه مخلوط‌کن دستگاه ریخته شد. به مدت یک دقیقه، آرد به صورت خشک مخلوط گردید تا تعادل حرارتی  $(2 \pm 30)$  درجه سانتی‌گراد برقرار شود. پس از اندازه‌گیری میزان جذب آب تیمارها فاکتورهای دیگری مانند: مقاومت خمیر در مقابل زدن، زمان گسترش خمیر، درجه نرم شدن خمیر، عدد کیفیت فارینوگراف اندازه‌گیری شدند [۱۳].

#### ۲-۲-۳- آزمون اکستنسوگراف

قابلیت کشش خمیر با استفاده از روش استاندارد AACC به شماره‌ی ۱۰-۵۴ مورد آزمایش قرار گرفت. در ابتدای آزمون مقدار ۳۰۰ گرم آرد و ۶ گرم نمک، با مقدار کافی آب (۱۰ میلی‌لیتر کمتر از مقدار جذب آب)، به مدت ۵ دقیقه در

فارینوگراف مخلوط شد. بعد از اتمام مخلوط کردن، دو قطعه‌ی ۱۵۰ گرمی از خمیر را به صورت چونه گردی در دستگاه اکستنسوگراف ساخت شرکت برابندر آلمان در آورده و سپس آنرا در اتاق تخمیر با دمای حدود ۳۰ درجه برای سه دوره زمانی ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه‌ای گرم‌خانه‌گذاری کردیم که از منحنی حاصل فاکتورهای مقاومت خمیر به کشش، قابلیت کشش خمیر و سطح زیر منحنی یا انرژی بدست آمد [۱۳].

### ۲-۳- تهیه تیمارهای آزمایشی

با توجه به مصرف سرانه نان در کشور که ۳۵۰-۳۲۰ گرم در روز می‌باشد [۱۵] بنابراین حداقل مقدار مورد نیاز بتا-گلوکان و نشاسته مقاوم، جهت تولد نان پری‌بیوتیک به ترتیب ۰/۸ و ۵/۵ درصد می‌باشد. آرد گندم به ترتیب با ۱/۲، ۱، ۰/۸ درصد بتاگلوکان و ۱/۵، ۰/۵، ۸، ۵/۵ درصد نشاسته مقاوم و یک نمونه ترکیبی شامل ۰/۵٪ بتاگلوکان و ۰/۴٪ نشاسته مقاوم بر پایه وزن آرد، مخلوط شد.

### ۲-۴- تجزیه تحلیل آماری

کلید آزمون‌ها در ۳ تکرار بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد و با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه و در صورت معنی دار بودن اختلافات، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن، در سطح احتمال ۰/۰۵ صورت گرفت. تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- آزمون‌های شیمیایی آرد گندم

آرد سبوس گرفته با درجه استخراج ۷۷ درصد، از نظر ویژگی‌های رطوبت، خاکستر، پروتئین، گلوتن مرطوب، گلوتن ایندکس، عدد زلنی و عدد فالینگ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی انجام گرفته روی نمونه آرد گندم در جدول شماره ۱ ارائه شده است. با توجه به ویژگی‌های شیمیایی ارزیابی شده در آرد گندم، ملاحظه شد که میزان پروتئین در آن کم بوده؛ در حالیکه آرد از نظر کیفیت گلوتن، در حد خوب و مطلوبی قرار داشت [۱۴] میزان گلوتن مرطوب آرد مورد استفاده در حد متوسط بود [۱۵].

جدول ۱ نتایج حاصل از آزمایش‌های شیمیایی آرد گندم

شاخص	عدد فالینگ (Min)	عدد زنی (MI)	گلو تن ایندکس	گلو تن مرطوب (%)	رطوبت (%)	خاکستر (%)	پروتئین (%)
تیمار آرد گندم	۵۵۲/۶۶±۷/۵۰	۲۲/۰۰±۰/۰	۷۲/۴۳±۳/۸۶	۲۴/۹۰±۰/۲۰	۱۳/۱۵±۰/۱۶	۰/۶۲۹±۰/۰۰۷	۱۰/۴۳±۰/۰۳

\* اعداد جدول، میانگین سه بار تکرار هستند.

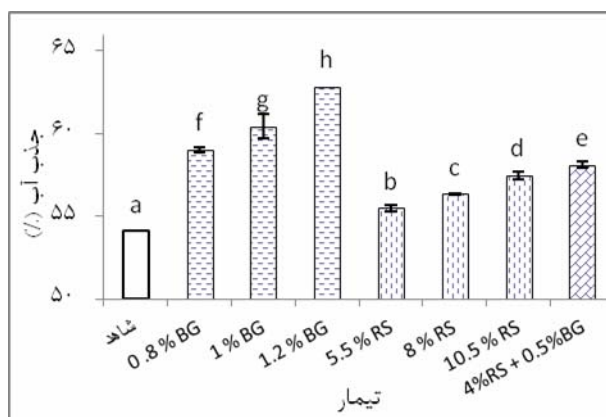
آب می‌باشند و بنابراین پراکنندگی آب در ساختار خمیر را تغییر می‌دهند. در سامانه خمیر، بتاگلوکان اغلب در مناطقی که آب توده وجود داشته باشد یافت می‌شود (۱۶) و همچنین بررسی-ها نشان داده است که حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هرگونه فیبر رژیمی، سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و متعاقباً اتصال بیشتر با آب می‌شود و به همین دلیل، جذب آب افزایش می‌یابد [۲۱ و ۲۲]. افزایش جذب آب آرد، موجب می‌شود تا شبکه گلو تنی هرچه منظم‌تر تشکیل شود و ساختار مناسب‌تری قبل از پخت نان بدست آورد. افزایش جذب آب فارینوگراف، سبب افزایش زمان نگهداری محصول و وزن نان، بهبود قابلیت پهن کردن خمیر، کاهش از دست رفتن رطوبت فرآورده حین پخت و بهبود جزئی طعم نان می‌شود. آب جذب شده، در طول فرآیند پخت، سبب ایجاد بافت مرطوب در نان تازه می‌شود و آزاد شدن آن در طول دوره نگهداری نان سبب کاهش سفتی و شکنندگی بافت نان حاصل می‌گردد [۱۷]. ارتباط معکوسی بین محتوای رطوبت و سرعت بیاتی در نان، وجود دارد [۱۸] بنابراین خمیرهایی که جذب آب زیادتری دارند مناسب‌تر و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر می‌باشند. Rossel و همکاران در سال ۲۰۰۱ و همچنین در مطالعه مشابه دیگری توسط Guarda و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی هیدروکلوئیدهای مختلف نشان دادند که تعداد زیادی گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر، با ایجاد پیوندهای هیدروژنی جذب آب را افزایش می‌دهند و در واقع هیدروکلوئیدها و گلو تن برای اتصال به آب با یکدیگر رقابت می‌کنند و قابلیت اتصال به آب در هیدروکلوئیدها نسبت به گلو تن بیشتر است بنابراین افزودن فیبر اساساً جذب آب خمیر را افزایش می‌دهد و میزان افزایش بسته به ساختار فیبر متفاوت است [۱۹ و ۲۰].

- زمان گسترش خمیر: افزودن بتا گلوکان باعث کاهش جزئی زمان گسترش خمیر، نسبت به شاهد می‌شود ولی این

### ۲-۳- تاثیر سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته

#### مقاوم بر ویژگی‌های فارینوگراف خمیر حاصل

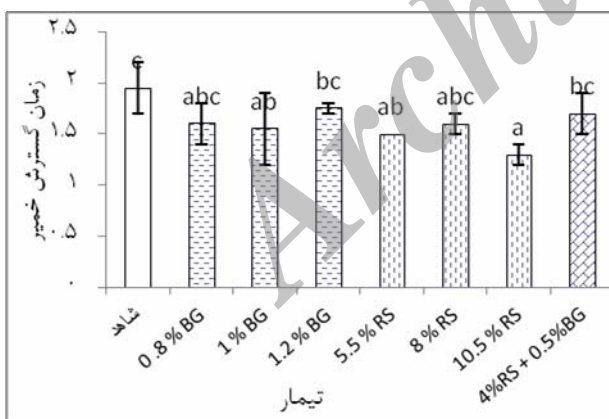
آرد گندم با درصدهای مختلفی از بتا-گلوکان و نشاسته مقاوم مخلوط گردید و نتایج حاصل از بررسی شاخصه‌های بدست آمده از منحنی‌های فارینوگراف در شکل‌های ۱ تا ۵ آمده است. - جذب آب: همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تاثیر تیمارها بر جذب آب معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). تمام تیمارهای موجود، منجر به افزایش معنی‌دار جذب آب در مقایسه با نمونه کنترل شدند و این اثر افزایشی با افزایش درصد ماده جایگزین شده، افزایش می‌یابد. اثر بتاگلوکان بر افزایش جذب آب نسبت به نشاسته مقاوم بیشتر می‌باشد. اضافه کردن فیبرهای غذایی نشاسته مقاوم و بتاگلوکان به خمیر برهم‌کنش‌های میان اجزای خمیر را تحت تاثیر قرار می‌دهد.



شکل ۱ رابطه جایگزینی سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته مقاوم با جذب آب خمیر

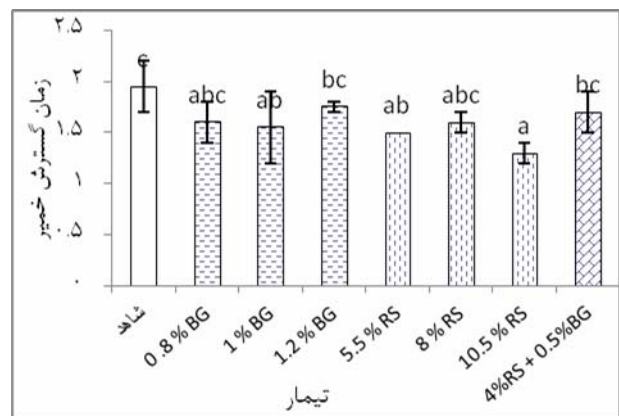
خمیر در واقع، شبکه پیوسته ژل گلو تن هیدراته است که گرانول‌های نشاسته به صورت ذراتی در آن پراکنده شده‌اند و آب ممکن است در ساختار خمیر به صورت توده یا به صورت قطره‌های کوچک در شبکه پروتئین یا اطراف گرانول‌های نشاسته حضور داشته باشد در چنین ساختار فشرده‌ای، بتاگلوکان‌ها به همراه گلو تن و نشاسته دارای تمایل برای جذب

- **مقاومت خمیر تیمارها:** مطابق شکل ۳ مقاومت خمیر با افزودن دو ماده بتاگلوکان و نشاسته مقاوم بطور معنی‌داری در سطح ۵ درصد کاهش یافته است بطوری‌که کمترین مقاومت مربوط به تیمار ۱۰/۵ درصد نشاسته مقاوم است و نزدیک‌ترین مقاومت به خمیر شاهد در خمیر ترکیبی مشاهده گردید. پایداری خمیر و در واقع قدرت مقاومت خمیر در مقابل همزدن، نیز همانند زمان گسترش خمیر به کیفیت و کمیت گلوتن بستگی دارد و آردهای با گلوتن ضعیف دارای دوام کم و آردهای با گلوتن قوی دارای دوام بیشتری می‌باشند. نتایج حاصل از مطالعه Skendi و همکارانش در سال ۲۰۱۰ نشان داد که در اثر افزودن بتاگلوکان به آرد گندم زمان گسترش و مقاومت خمیر افزایش یافت [۲۳]. بنابراین از مطالب فوق چنین استنباط می‌شود که در اثر افزودن فیبر و هیدروکلوئیدها به آرد نتایج متفاوتی حاصل می‌گردد. Chen و همکاران در سال ۱۹۸۸ در بررسی خود نشان دادند که رقیق شدن گلوتن با فیبر به تنهایی نمی‌تواند تمام تغییرات مشاهده شده در خصوصیات اختلاط مخلوط‌های حاوی آرد گندم و فیبر را توضیح دهد. تفاوت در اثر فیبرهای مختلف بر زمان گسترش خمیر و خصوصیات نانوایی ضعیف نان حاوی فیبر را می‌توان با فعل و انفعال بین فیبرها و پروتئین گلوتن آرد گندم توضیح داد [۲۴].



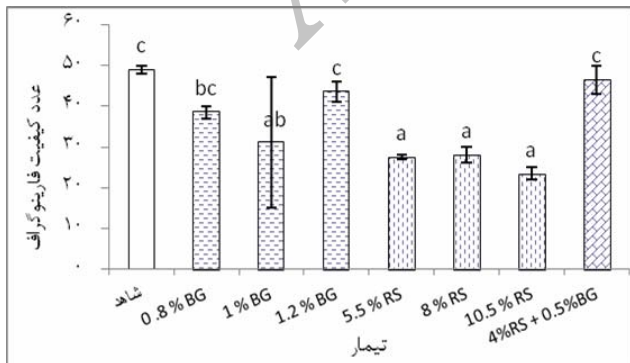
شکل ۳ رابطه جایگزینی سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته مقاوم با مقاومت خمیر

اختلاف معنی‌دار نیست (بجز در نمونه دارای ۱٪ بتاگلوکان) در صورتی که افزودن نشاسته مقاوم باعث کاهش معنی‌داری در زمان گسترش خمیر نسبت به شاهد می‌شود. بطوری‌که کمترین زمان گسترش را آرد دارای ۱۰/۵٪ نشاسته مقاوم داراست. بین تیمارهای دارای درصدهای مختلف بتاگلوکان و همچنین تیمارهای دارای درصدهای مختلف نشاسته مقاوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و خمیر آرد ترکیبی نیز تفاوت معنی‌داری با خمیر شاهد نداشت (شکل ۲). با افزایش میزان گلوتن، زمان گسترش خمیر طولانی‌تر می‌شود بدین معنی که آرد از قدرت بالاتری برخوردار است و برعکس هرچه میزان گلوتن خمیر کمتر و قدرت پف کردن گلوتن کمتر باشد، به همان اندازه زمان تکامل یا بسط خمیر کوتاه‌تر است. Zaidul و همکاران در سال (۲۰۰۴) نشان دادند که بین محتوای پروتئینی و زمان رسیدن انواع آردها رابطه مستقیم وجود دارد. بنابراین کاهش مشاهده شده در زمان گسترش و مقاومت تیمارها می‌تواند به دلیل اثر رقیق‌کنندگی دو ماده بتاگلوکان و نشاسته مقاوم، بر روی پروتئین‌های موثر در تشکیل شبکه گلوتینی آرد اولیه باشد. این ترکیبات پلی‌ساکاریدی اثر تضعیف‌کنندگی بر قابلیت و عملکرد گلوتن دارند، بنابراین زمان توسعه خمیر یا فاز هیدراسیون سریع‌تر سپری شده و زمان رسیدن و مقاومت خمیر کاهش می‌یابد [۲۱] و نتایج مشابهی توسط Cavallero و همکاران در سال ۲۰۰۲ گزارش شده است [۲۲ و ۲۳].



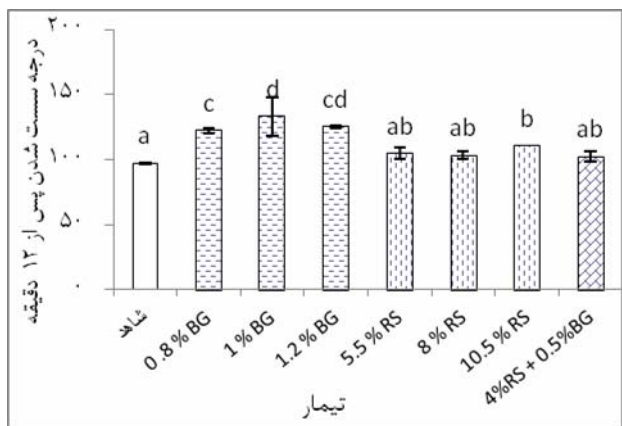
شکل ۲ رابطه جایگزینی سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته مقاوم با زمان گسترش خمیر

- عدد کیفیت فارینوگراف: در شکل ۵ اثر تیمارها بر عدد کیفیت فارینوگراف خمیرها جهت مقایسه آورده شده است. نشاسته مقاوم بطور معنی‌داری باعث کاهش عدد کیفیت فارینوگراف شد که البته بین درصدهای ۵/۵، ۸ و ۱۰/۵ درصد نشاسته مقاوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. افزودن بتاگلوکان (بجز مقدار ۱ درصد) اثر معنی‌داری بر این فاکتور نداشتند (به نظر می‌رسد به دلیل تشکیل کمپلکس بین بتاگلوکان با نشاسته آرد گندم باشد). تیمار ترکیبی دو ماده اثر مشابه تیمار کنترل داشت. عدد کیفیت فارینوگراف، برای آندگی از مجموع شاخص‌های موجود در منحنی فارینوگرام است که توصیف کننده کیفیت کلی آرد است این فاکتور در آردهای ضعیف، پایین و در آردهای قوی، بالا می‌باشد. مطابق با نتایج بدست آمده از تحقیقات Miyazaki و همکارانش در سال ۲۰۰۶، گلوتن اسکلت اصلی خمیر آرد گندم را تشکیل می‌دهد و نقش مهمی را در بهبود ویژگی‌های خمیری شدن و پخت نان داراست [۲۶]. بنابراین جایگزینی قسمتی از آرد گندم با نشاسته مقاوم و بتاگلوکان سبب کاهش وزن کلی پروتئین آرد و ارزش نانویی کمتر در آن خواهد شد این ویژگی در سطوح بالاتر جایگزینی نشاسته مقاوم محسوس‌تر می‌باشد. بطور کلی، مطالعات نشان داده است که حضور فیبر غذایی در آرد سبب تضعیف آرد و کاهش کیفیت نان می‌شود و دلایل مختلفی برای آن ارائه شده است که رقیق شدن گلوتن یکی از عوامل مهم در این زمینه است. رقیق شدن گلوتن، خاصیت الاستیک مولکول‌های شبکه گلوتن را که توسط اتصالات عرضی به هم متصل شده‌اند، کاهش می‌دهد که این خود موجبات شکسته شدن آسان شبکه گلوتن را فراهم می‌سازد [۲۷]. حضور فیبر در آرد سبب بر هم ریختن شبکه نشاسته-گلوتن می‌شود و پیوستگی این شبکه را کاهش می‌دهد.



شکل ۵ رابطه جایگزینی سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته مقاوم با عدد کیفیت فارینوگراف  
حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح  $P < 0/05$  در هر ستون می‌باشد.

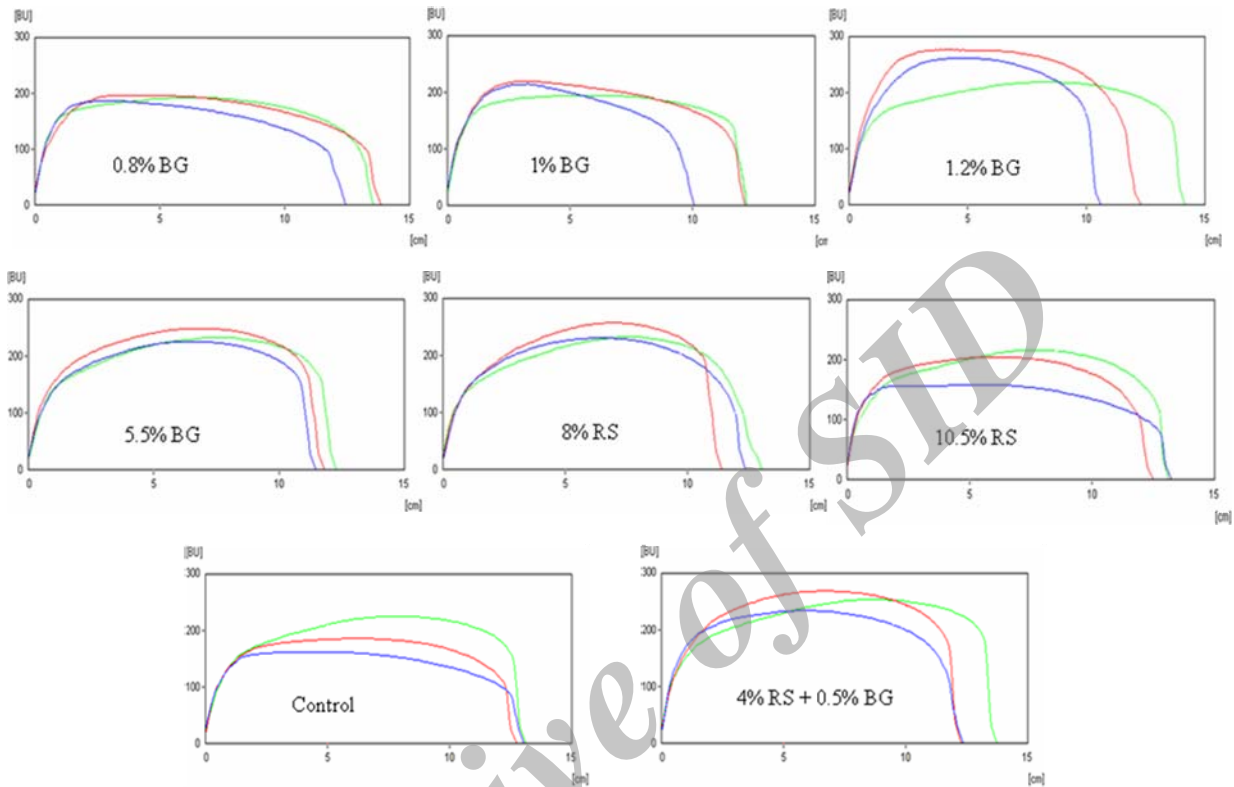
- درجه سستی خمیر تیمارها بعد از ۱۲ دقیقه: به پیروی از مقاومت خمیر فاکتور دیگری را می‌توان از روی منحنی عادی فارینوگراف که بعد از گذشتن از حد دوام خمیر به صورت یک حالت کم و بیش نزولی از خط ثبات مشخص می‌گردد، درجه شل شدن خمیر را تعیین نمود. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود درجه سستی خمیر با افزودن بتاگلوکان به آرد بطور معنی‌داری در سطح ۵ درصد افزایش یافت که این اثر با افزایش درصد بتاگلوکان اضافه شده، رابطه مستقیم داشت در صورتی که نشاسته مقاوم نسبت به بتاگلوکان اثر معنی‌داری بر شل شدن خمیر نداشت و تنها خمیر ۱۰/۵٪ آن باعث شل شدن معنی‌دار خمیر نسبت به نمونه شاهد شد و نمونه دارای هر دو ماده بتاگلوکان و نشاسته مقاوم از این لحاظ مشابه تیمار شاهد بود. هر اندازه درجه سستی شدن خمیر بیشتر باشد به همان اندازه زمان پف کردن خمیر کوتاه‌تر و از طرف دیگر تحمل مکانیکی آرد کمتر است. افزایش درجه نرم شدن خمیر در تیمارهای دارای بتاگلوکان به دلیل رقیق شدن پروتئین‌های گلوتن و نیز واکنش بین مواد فیبری و گلوتن است که به نوبه خود ویژگی‌های مخلوط شدن خمیر را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نتایج فوق با نتایج Mis و همکارانش در سال ۲۰۱۲ که اثر افزودن فیبر و جو کامل بر نان را مورد بررسی قرار دادند، مطابقت دارد [۲۵]. البته اثر بیشتر افزایشی بیشتر بتاگلوکان نسبت به نشاسته مقاوم را به آب‌دوست بودن بیشتر این ماده و در نتیجه دخالت بیشتر آن در شبکه گلوتهی نیز می‌توان نسبت داد.



شکل ۴ رابطه جایگزینی سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته مقاوم با درجه سستی شدن خمیر

### ۳-۳- تاثیر سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های اکستنسوگراف خمیر حاصل

جدول ۲ تاثیر تیمارها را بر ویژگی‌های اکستنسوگراف خمیر نشان می‌دهد. و اکستنسوگرام‌های رسم شده توسط دستگاه در شکل ۶ آمده است.



شکل ۶ اثر سطوح مختلف بتاگلوکان و نشاسته مقاوم بر ویژگی اکستنسوگراف تیمارها منحنی آبی رنگ در زمان ۴۵ دقیقه، رنگ قرمز در زمان ۹۰ دقیقه و رنگ سبز زمان ۱۳۵ دقیقه گرم‌خانه گذاری را نشان می‌دهد.

جدول ۲ تاثیر دو ماده پری بیوتیک بتاگلوکان و نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های اکستنسوگراف خمیر

تیمار	مقاومت به کشش (واحد پرلندر)			قلبیت کشش (میلی متر)			سطح زیر منحنی (سلتی متر مربع)		
	۴۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه	۴۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه	۴۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه
شاهد	۲۱۱/۵۰±۰/۵ <sup>cd</sup>	۱۸۰/۵۰±۴/۵ <sup>a</sup>	۱۵۵/۵۰±۶/۵ <sup>a</sup>	۱۳۳/۵۰±۲/۵ <sup>bc</sup>	۱۳۵/۰۰±۱/۰ <sup>d</sup>	۱۳۰/۰۰±۱/۰ <sup>c</sup>	۴۵/۰۰±۱/۰ <sup>a</sup>	۳۷/۰۰±۱/۰ <sup>a</sup>	۳۰/۰۰±۲/۰ <sup>a</sup>
بتاگلوکان ۰/۸٪	۱۹۲/۰۰±۲/۰ <sup>a</sup>	۱۹۲/۰۰±۳/۰ <sup>a</sup>	۱۷۹/۵۰±۱/۵ <sup>b</sup>	۱۴۰/۵۰±۴/۵ <sup>cd</sup>	۱۳۷/۵۰±۱/۵ <sup>d</sup>	۱۲۰/۰۰±۴/۰ <sup>b</sup>	۴۲/۵۰±۲/۵ <sup>a</sup>	۳۹/۵۰±۱/۵ <sup>ab</sup>	۳۳/۰۰±۱/۰ <sup>b</sup>
بتاگلوکان ۱٪	۱۹۹/۰۰±۵/۰ <sup>ab</sup>	۲۱۲/۰۰±۱/۰ <sup>b</sup>	۱۸۰/۰۰±۱۷/۰ <sup>b</sup>	۱۵۰/۵۰±۱/۵ <sup>cd</sup>	۱۲۱/۵۰±۱/۵ <sup>bc</sup>	۱۰۹/۵۰±۷/۵ <sup>a</sup>	۴۳/۰۰±۳/۰ <sup>a</sup>	۳۹/۵۰±۱/۵ <sup>ab</sup>	۲۹/۵۰±۱/۵ <sup>a</sup>
بتاگلوکان ۱/۲٪	۲۰۵/۵۰±۱/۵ <sup>bc</sup>	۲۷۵/۵۰±۱/۵ <sup>d</sup>	۲۵۲/۵۰±۱/۵ <sup>e</sup>	۱۳۹/۰۰±۳/۰ <sup>c</sup>	۱۲۴/۵۰±۱/۵ <sup>c</sup>	۱۰۷/۰۰±۱/۰ <sup>a</sup>	۴۶/۰۰±۱/۰ <sup>a</sup>	۵۱/۵۰±۱/۵ <sup>e</sup>	۴۰/۰۰±۱/۰ <sup>de</sup>
نشاسته مقاوم ۵/۵٪	۲۱۸/۵۰±۱/۵ <sup>de</sup>	۲۴۰/۵۰±۱/۵ <sup>c</sup>	۲۲۵/۰۰±۵/۰ <sup>d</sup>	۱۳۳/۵۰±۱/۵ <sup>bc</sup>	۱۱۸/۵۰±۱/۵ <sup>ab</sup>	۱۱۲/۵۰±۲/۵ <sup>a</sup>	۴۶/۰۰±۱/۰ <sup>a</sup>	۴۳/۵۰±۱/۵ <sup>cd</sup>	۳۸/۰۰±۱/۰ <sup>cd</sup>
نشاسته مقاوم ۸٪	۳۳۷/۰۰±۱۶/۰ <sup>f</sup>	۳۳۸/۵۰±۵/۰ <sup>c</sup>	۲۴۰/۵۰±۱۴/۵ <sup>de</sup>	۱۲۱/۰۰±۱/۰ <sup>a</sup>	۱۱۴/۰۰±۱/۰ <sup>a</sup>	۱۳۳/۰۰±۱/۰ <sup>b</sup>	۴۲/۵۰±۱/۵ <sup>a</sup>	۴۱/۰۰±۱/۰ <sup>bc</sup>	۴۳/۵۰±۲/۵ <sup>f</sup>
نشاسته مقاوم ۱۰/۵٪	۲۱۸/۵۰±۱/۵ <sup>de</sup>	۲۲۱/۵۰±۱/۵ <sup>b</sup>	۲۰۲/۵۰±۱۵/۵ <sup>c</sup>	۱۳۷/۰۰±۵/۰ <sup>ab</sup>	۱۱۸/۰۰±۵/۰ <sup>ab</sup>	۱۲۲/۰۰±۱/۰ <sup>b</sup>	۴۴/۰۰±۲/۰ <sup>a</sup>	۴۰/۰۰±۱/۰ <sup>b</sup>	۳۷/۵۰±۲/۵ <sup>c</sup>
آرد ترکیبی	۲۲۷/۰۰±۳/۰ <sup>ef</sup>	۲۴۲/۵۰±۱۹/۵ <sup>c</sup>	۲۲۱/۰۰±۱۱/۰ <sup>cd</sup>	۱۳۷/۵۰±۱/۵ <sup>abc</sup>	۱۲۲/۰۰±۱/۰ <sup>bc</sup>	۱۲۵/۵۰±۱/۵ <sup>bc</sup>	۴۸/۵۰±۳/۰ <sup>a</sup>	۴۵/۵۰±۲/۵ <sup>d</sup>	۴۱/۵۰±۱/۵ <sup>ef</sup>

\* میانگین ± انحراف استاندارد؛ حروف غیر یکسان نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار در سطح  $p < 0/05$  در هر ستون می‌باشد.

دارای ۰/۸ درصد بتاگلوکان و تیمار ترکیبی به ترتیب در زمان‌های ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه مشابه شاهد بودند. افزایش قابلیت کشش در تیمارهای دارای بتاگلوکان با افزایش درصد ارتباط معکوس و در تیمارهای دارای نشاسته مقاوم با افزایش درصد ارتباط مستقیم داشت. وارد کردن زنجیره‌های بتاگلوکان در سامانه خمیر، اتصالات بین مولکولی پروتئین‌های گلوتن را برهم زده و بنابراین سبب تضعیف ساختار خمیر و کاهش قابلیت کشش خمیر می‌گردد که این موضوع بستگی به تعداد و اندازه زنجیر بتاگلوکان وارد شده به گلوتن دارد [۳۳].

– **مساحت زیر منحنی:** پس از ۴۵ دقیقه تخمیر، اختلاف معنی‌داری بین مساحت زیر منحنی تیمارها در سطح ۵ درصد وجود نداشت ولی در زمانهای ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه مساحت زیر منحنی تمامی تیمارها نسبت به شاهد افزایش یافت و تنها تیمارهای ۰/۸ بتاگلوکان در زمان ۹۰ دقیقه و تیمار ۱ درصد بتاگلوکان در زمان‌های ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه مشابه شاهد بودند. بطور کلی مساحت زیر منحنی تیمارهای دارای نشاسته مقاوم بیشتر از تیمارهای دارای بتاگلوکان بود. سطح زیر منحنی نشان‌دهنده انرژی مصرف شده برای کشش خمیر می‌باشد و به دلیل مقاومت به کشش در تیمارهای حاوی بتاگلوکان و نشاسته مقاوم مقادیر انرژی افزایش می‌یابد که نتیجه فوق هم راستا با یافته Vignaux و همکارانش بر روی نشاسته مومی در سال ۲۰۰۴ می‌باشد [۳۱].

#### ۴- نتیجه گیری کلی

افزودن پری بیوتیک‌های بتاگلوکان و نشاسته مقاوم باعث افزایش درصد جذب آب خمیر می‌شود به طوریکه با افزایش درصد هریک میزان جذب آب افزایش می‌یابد و اثر بتاگلوکان بر جذب آب خمیر بسیار بیشتر از نشاسته مقاوم است و در واقع بتاگلوکان خاصیت هیدروکلوئیدی بیشتری نسبت به نشاسته مقاوم دارد. افزودن بتاگلوکان سبب کاهش زمان مقاومت و پایداری خمیر می‌شود. بتاگلوکان سبب افزایش درجه سستی خمیر، مقاومت خمیر به کشش، ضریب کشش و مساحت سطح زیر منحنی پس از ۱۳۵ دقیقه می‌شود ولی قابلیت کشش را پس از ۱۳۵ دقیقه کاهش می‌دهد. افزودن نشاسته مقاوم سبب کاهش زمان مقاومت، زمان گسترش خمیر، عدد کیفیت فارینوگراف، کاهش قابلیت کشش پس از ۱۳۵ دقیقه و افزایش مقاومت خمیر به کشش، ضریب کشش و

– **مقاومت به کشش:** در تمامی تیمارها مقاومت به کشش در زمان‌های ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه بطور معنی‌داری در سطح ۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است که این افزایش ارتباط مستقیمی با مقدار بتاگلوکان داشت در صورتیکه بین تیمارهای دارای ۵/۵ و ۸ درصد نشاسته مقاوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشته و تیمار ۱۰/۵ درصد نسبت به دو تیمار قبلی اثر کمتر در افزایش مقاومت داشت و در واقع مقاومت به کشش در مقادیر بالای نشاسته مقاوم کاهش یافت ولی در مجموع نشاسته مقاوم باعث افزایش مقاومت شد. مقاومت به کشش در تیمار دارای هر دو ماده پری بیوتیک مشابه تیمارهای دارای نشاسته مقاوم بود. در زمان ۴۵ دقیقه نتایج کمی متفاوت از دو زمان دیگر است بدین‌گونه که افزودن ۰/۸ و ۱ درصد بتاگلوکان باعث کاهش مقاومت گردید (که می‌تواند ناشی از خطای آزمایش باشد). افزایش مقاومت به کشش، منجر به بهبود کیفیت خمیر می‌شود و صدمه حاصل عملیات ماشینی بر روی خمیر را کاهش می‌دهد [۲۸] و به عبارتی دیگر مطابق یافته‌های سایر پژوهشگران افزایش مقاومت به کشش نشان‌دهنده افزایش پایداری در خمیر می‌باشد [۲۹ و ۳۰]. Skendi و همکارانش در سال ۲۰۱۰ اثر افزودن بتاگلوکان را بر آردی با کیفیت نانویی پایین بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در اثر افزودن بتاگلوکان مقاومت به کشش و قابلیت کشش خمیر افزایش یافته و کیفیت نانویی آرد مذکور مشابه آرد با کیفیت نانویی بالا می‌شود و همچنین بیان کردند که با افزایش مقاومت به کشش خمیر می‌توان ظرفیت نگهداری گاز در خمیر حین پخت را افزایش داد که البته این موضوع نشان‌دهنده تقویت شبکه گلوتنی حین زمان تخمیر می‌باشد [۲۳]. آمیلوز موجود در گرانول‌های نشاسته مقاوم به هضم، شبکه پایدار و پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهد که این شبکه باعث استحکام خمیر تولیدی می‌شود [۳۱] و همچنین کمپلکس لیپید-آمیلوز سبب افزایش مقاومت به تنش در خمیر نشاسته می‌شود. بنابراین آمیلوز دارای اثر پایدار کننده بر روی خمیر بوده و افزایش سطوح آمیلوز سبب افزایش مقاومت به کشش و پایداری در خمیر خواهد شد [۳۲].

– **قابلیت کشش:** قابلیت کشش پس از ۴۵ دقیقه تخمیر در تمامی تیمارها بجز تیمار دارای ۸ درصد نشاسته مقاوم مشابه شاهد بود. در زمان‌های ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه، قابلیت کشش تیمارها نسبت به شاهد در سطح ۵ درصد کاهش یافت و تنها دو تیمار



- [7] Cassidy A, Bingham S, Cummings J. Starch intake and colorectal cancer risk: an international comparison. *British Journal of Cancer*. 1994;69(5):937.
- [8] Bouhnik Y, Raskine L, Simoneau G, Vicaud E, Neut C, Flourié B, et al. The capacity of nondigestible carbohydrates to stimulate fecal bifidobacteria in healthy humans: a double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group, dose-response relation study. *The American journal of clinical nutrition*. 2004;80(6):1658-64.
- [9] Evdokia KM NP ,Katja T, Vasilis S, Adamantini K. Prebiotic potential of barley derived b-glucan at low intake levels: A randomised, double-blinded, placebo-controlled clinical study *Food Research International*. 2010;43:1086-92.
- [10] Gallaher DD, Lockett PL, Gallaher CM. Bile acid metabolism in rats fed two levels of corn oil and brans of oat, rye and barley and sugar beet fiber. *The Journal of nutrition*. 1992;122(3):473.
- [11] FDA. Food labelling: Specific requirements for health claims; Health claims: Soluble fiber from certain foods and risk of coronary heart disease (CHD). 21 Code of Federal Regulations. 2008;2(101.81):142-6.
- [12] Mitsou EK, Panopoulou N, Turunen K, Spiliotis V, Kyriacou A. Prebiotic potential of barley derived  $\beta$ -glucan at low intake levels: A randomised ,double-blinded, placebo-controlled clinical study. *Food Research International*. 2010;43(4):1086-92.
- [13] (AACC) AAoCC. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. 10th ed, St Paul, Minn, USA. 2000.
- [14] Mehraei A, Improvement of bread fermentation, thesis. Tarbiat Modares University. Tehran. 1382.
- [15] Rajabzadeh N,. Bread Technology. Tehran University Publication. 1387.
- [16] Skendi A, Papageorgiou M, Biliaderis CG. Effect of barley  $\beta$ -glucan molecular size and level on wheat dough rheological properties. *Journal of Food Engineering*. 2009;91(4):594-601.
- [17] Abdel-Aal E-S, Hucl P, Chibbar R, Han H, Demeke T. Physicochemical and Structural Characteristics of Flours and Starches from Waxy and Nonwaxy Wheats 1. *Cereal chemistry*. 2002;79(3):458-64.

مساحت سطح زیر منحنی می‌شود. میزان اثر گذاری نشاسته مقاوم در شل شدن خمیر نسبت به بتاگلوکان کمتر است. کاربرد همزمان بتاگلوکان و نشاسته مقاوم اثر چشمگیری بر ویژگی‌های زمان گسترش خمیر، عدد کیفیت فارینوگراف، میزان سستی خمیر و قابلیت کشش پس از ۱۳۵ دقیقه ندارد ولی باعث افزایش ضریب کشش و مساحت زیر منحنی می‌شود. این تیمار سبب کاهش زمان مقاومت خمیر می‌شود ولی اثر کمتری نسبت به کاربرد جداگانه‌ی هر یک از پری‌بیوتیک‌های بتاگلوکان و نشاسته مقاوم دارد.

## ۵- سپاسگزاری

مطالعه فوق بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد که در معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تبریز به ثبت رسیده است. در ضمن از حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه تقدیر و تشکر می‌گردد.

## ۶- منابع

- [1] Uyeno Y, Sekiguchi Y, Kamagata Y. Impact of consumption of probiotic lactobacilli-containing yogurt on microbial composition in human feces. *International journal of food microbiology*. 2008;122(1):16-22.
- [2] Sajilata MG, Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. .Resistant starch - a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2006;5:1-17.
- [3] Berry C. Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amyolytic enzymes during the determination of dietary fibre. *Journal of Cereal Science*. 1986;4(4):301-14.
- [4] Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. Resistant Starch—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2006;5(1):1-17.
- [5] Brites CM, Trigo MJ, Carrapiço B, Alviña M, Bessa RJ .Maize and resistant starch enriched breads reduce postprandial glycemic responses in rats. *Nutrition Research*. 2011;31(4):302-8.
- [6] Douglas LC, Sanders ME. Probiotics and prebiotics in dietetics practice. *Journal of the American Dietetic Association*. 2008, (3):108.

- modified starches for breadmaking. *Trends in Food Science & Technology*. 2006;17(11):591-9.
- [27] Collar C, Santos E, Rosell C. Assessment of the rheological profile of fiber-enriched bread doughs by response surface methodology. *Food Engineering*. 2007;78:820-6.
- [28] Sharadanant R, Khan K. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. Dough quality. *Cereal chemistry*. 2003;80(6):764-72.
- [29] Lee M-R, Swanson BG, Baik B-K. Influence of amylose content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. *Cereal chemistry*. 2001;78(6):701-6.
- [30] Hayakawa K, Tanaka K, Nakamura T, Endo S, Hoshino T. End use quality of waxy wheat flour in various grain-based foods. *Cereal chemistry*. 2004;81(5):666-72.
- [31] Vignaux N, Doehlert DC, Hegstad J, Elias EM, McMullen MS, Grant LA, et al. Grain quality characteristics and milling performance of full and partial waxy durum lines. *Cereal chemistry*. 2004;81(3):377-83.
- [32] Jane J, Chen Y, Lee L, McPherson A, Wong K, Radosavljevic M, et al. Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch 1. *Cereal chemistry*. 1999;76(5):629-37.
- [33] Skendi A, Papageorgiou M, Biliaderis C. Effect of barley  $\beta$ -glucan molecular size and level on wheat dough rheological properties. *Journal of Food Engineering*. 2009;91(4):594-601.
- [18] Gray J, Bemiller J. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2003;2(1):1-21.
- [19] Rosell C, Rojas J, Benedito de Barber C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food hydrocolloids*. 2001;15(1):75-81.
- [20] Guarda A, Rosell C, Benedito C, Galotto M. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food hydrocolloids*. 2004;18(2):241-7.
- [21] Zaidul IM, Karim AA, Manan D, Ariffin A, Norulaini NN, Mohd Omar A. A farinograph study on the viscoelastic properties of sago/wheat flour dough systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004;84:616-22.
- [22] Cavallero A, Empilli S, Brighenti F, Stanca A. High (1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -glucan barley ractions in bread making and their effects on human glycemic response. *Journal of Cereal Science* 2002;36(1):59-66.
- [23] Skendi A, Biliaderis C, Papageorgiou M, Izydorczyk M. Effects of two barley  $\beta$ -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*. 2010;119(3):1159-67.
- [24] Chen H, Rubenthaler G, Schanus E. Effect of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. *Journal of food science*. 2006;53(1):304-5.
- [25] Miś A, Grundas S, Dziki D, Laskowski J. Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal. *Journal of Food Engineering*. 2012;108(1):1-12.
- [26] Miyazaki M, Van Hung P, Maeda T, Morita N. Recent advances in application of

## Influence of $\beta$ -glucan and resistant starch prebiotics on dough Rheology

Mohebbi, Z.<sup>1</sup>, Homayouni, A.<sup>2\*</sup>, Azizi, M. H.<sup>3</sup>, Asghari Jafarabadi, M.<sup>4</sup>, Afshinpajouh, R.<sup>5</sup>

1. MSc. student in Food Science and Technology, student research committee, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
2. Associate professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
3. Associate professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture collage, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
4. Assistant professor, Tabriz Health Services Management Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
5. Deputy of research department, Zar industrial & research group, Karaj, Iran.

(Received: 92/10/23 Accepted: 93/4/8)

White bread is a staple food in the human diet in many countries, including Iran; but it is a poor source of prebiotic dietary fiber, containing typically less than 2.5% fiber content. So a demand exists for enrichment bread with prebiotic ingredients that exert a health and quality-promoting effect. In this study, effect of different amount of  $\beta$ -glucan (0/8%, 1% and 1/2% w/w) and resistant starch (5/5%, 8% and 10/5%) and one sample with 4%BG and 0/5% RS on the dough rheological properties has been investigated. . The results revealed that the rheological behavior of enriched doughs depend on kind of prebiotic substance, and its concentration. The farinograph water absorption of doughs increased with increasing BG and RS amounts. The development time and farinograph quality number of  $\beta$ -glucan-enriched doughs remained similar to the control while the stability of dough decreased and also all of these values decreased when the RS was added to the dough formula. BG was more effective in increasing dough softening than RS. The addition of RS or BG to the dough formula increased; the resistance to deformation, energy, but their extensibility values had decreased compared to the control. Formulation containing BG/ RS combination showed the best farinograph (development time, stability) and extansograph (resistance and extensibility) parameters.

**Key words:** Prebiotic,  $\beta$ -glucan, Resistant starch, Dietary fibre, Dough rheology.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: homayounia@tbzmed.ac.ir