مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال ششم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۵۸-۵۱

تأثیر بتا-گلوکان جو بر برخی خواص رئولوژیکی آرد گندم

شکوفه راستی[۱]، محمدحسین عزیزی[۲]، سلیمان عباسی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس پست الکترونیکی: Azizit_m@modares.ac.ir
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۵

چکیده

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر هیدروکلوئیدها به عنوان غذاهای فراسودمند مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در پژوهش حاضر ضمن استخراج بتا-گلوکان به روش اسیدی، تأثیر آن بر خواص رئولوژیکی آرد گندم نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها: بتا-گلوکان به روش اسیدی از آرد جو سبوس دار استخراج شد و مقدار آن در صمغ به دست آمده توسط کیت آنزیمی مگازیم اندازه‌گیری شد. صمغ حاصل در سه سطح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد به آرد نول، ستاره و مخلوط این دو (۵۰:۵۰) اضافه شد و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

یافته‌ها: رفتار رئولوژیکی خمیرهای غنی شده با بتا-گلوکان به کیفیت آرد و غلظت بتا-گلوکان بستگی داشت. با افزایش غلظت بتا-گلوکان، کلیه ویژگی‌های فارینوگرافی به‌خصوص جذب آب افزایش یافت. نتایج حاصل از اکستنسوگراف نیز نشان داد که با افزایش مقدار بتا-گلوکان، مقاومت به کشش و قابلیت کشش افزایش پیدا کرد. بهترین ویژگی‌ها در آرد مخلوط و سطح ۱ ٪ بتا-گلوکان مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: در همه تیمارها اضافه کردن بتا-گلوکان، جذب آب خمیر، زمان مقاومت خمیر، زمان گسترش خمیر، قابلیت کشش، مقاومت به کشش و سطح زیر منحنی را افزایش و میزان افت خمیر را کاهش داد. سطح ۱٪ صمغ نسبت به سطح ۰/۵٪ ویژگی‌های رئولوژیکی بهتری ایجاد کرد. با در نظر گرفتن مجموع نتایج حاصل از آزمایش‌های مختلف شیمیایی و رئولوژیکی انجام گرفته روی مواد اولیه (آرد) و خمیر به نظر می‌رسد که اضافه کردن ۱٪ بتا-گلوکان به آرد مخلوط، سبب ایجاد بهترین و نه بیشترین تأثیر نسبت به نمونه شاهد شده است.

واژگان کلیدی: جو، بتا-گلوکان، خمیر، ویژگی‌های رئولوژیکی

• مقدمه

محصولات صنایع پخت پس از طی فرایند پخت دستخوش تغییرات فیزیکی شیمیایی مختلفی می‌شوند که در مفهوم کلی به آن بیاتی می‌گویند. به تأخیر انداختن بیاتی یکی از مسائل مهم صنایع پخت است و از جنبه اقتصادی اهمیت فراوانی دارد. هیدروکلوئیدها از مواد افزودنی هستند که بیاتی را به تأخیر می‌اندازند. این ترکیبات پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌هایی هستند که خواص کاربردی متفاوتی دارند. مانند: خاصیت ژله‌کنندگی، ثبات کف، امولسیون‌کنندگی و پخش‌کنندگی، تغلیظ‌کنندگی، جلوگیری از تشکیل بلورهای یخ و شکر، تثبیت طعم و نگهداری رطوبت.

در سال‌های اخیر، مصرف این مواد در صنایع غذایی افزایش چشمگیری یافته است. به این که مقدار مصرف آن‌ها در اغلب موارد کم است (کمتر از ۱٪) ولی تأثیر مهمی روی بافت و خواص حسی و کیفیت محصولات غذایی دارند (۱). این مواد در نرمی، پیوستگی و نگهداری هوا در خمیر و نان تأثیر می‌گذارند و سبب بهبود این ویژگی‌ها می‌شوند. وجود این مواد در فرمولاسیون نان سبب افزایش حجم، رطوبت، استحکام نان و مقاومت در مقابل آسیب‌های ناشی از حمل و نقل می‌شود. هیدروکلوئیدها بیاتی نان را به تعویق می‌اندازند، سبب افزایش رطوبت در مغز نان می‌شوند و تأثیر مثبتی بر ثبات خمیر و حجم فراورده نهایی دارند (۲). یکی از هیدروکلوئیدهای مهم بتا-گلوکان‌ها هستند.

ساختار عمومی بتا-گلوکان‌ها: بتا-گلوکان‌های غلات پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی آندوسپرم و سلول‌های آلرون غلات هستند. این ملکول‌ها بسپارهای خطی همگنِ تشکیل

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

شده از واحدهای گلوکوپیرانوز هستند که توسط پیوندهای متوالی (۴و۱) به یکدیگر متصل و توسط یک پیوند (۳و۱) از یکدیگر جدا می‌شوند (۳).

روش‌های استخراج بتا-گلوکان: برای استخراج بتا-گلوکان روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از آن‌ها روش استخراج آبی است. اولین مرحله این روش، غیرفعال‌کردن آنزیم‌های موجود در دانه و مرحله دوم، استخراج به وسیله محلول‌های آبی یا قلیایی است. سپس مرحله خارج کردن پروتئین و نشاسته به وسیله آنزیم های هیدرولیتیک و سرانجام، رسوب بتا-گلوکان‌ها با استفاده از الکل‌های قطبی و خشک کردن انجمادی آن است. ماده حاصله بین ۳۳ تا ۸۷ درصد بتا-گلوکان دارد. این روش، گران است و فقط برای محصولات غذایی خاص کاربرد دارد (۴).

خواص فیزیکی شیمیایی بتا-گلوکان

قابلیت حلالیت در آب و استخراج‌پذیری از دیواره‌های سلولی: حلالیت اجزای فیبرهای رژیمی جو یکی از عوامل تعیین‌کننده خواص تکنولوژیکی و اثرات سودمند فیزیولوژیکی آن‌ها به شمار می‌رود. حلالیت در آب یا استخراج‌پذیری بتا-گلوکان در دیواره سلولی یولاف از جو بیشتر است. ساختار ملکولی این پلی‌ساکاریدها، ترکیب و ویژگی‌های دیواره سلولی از جمله عواملی هستند که روی حلالیت بتا گلوکان تأثیر می‌گذارند. هرقدر غلظت بتا-گلوکان در دیواره سلولی بیشتر، نسبت واحدهای سه قندی به چهارقندی کمتر و وزن ملکولی اجزای بسپار کمتر باشد، حلالیت بتا-گلوکان و استخراج‌پذیری آن بیشتر است (۴).

با توجه به نقش فیبرهای رژیمی در سلامتی انسان و با توجه به کمبود این فیبرها در غلات دیگر از جمله گندم، هدف از انجام این تحقیق، غنی سازی خمیر حاصل از آرد گندم با استفاده از صمغ بتا-گلوکان موجود در آرد جو سبوس‌دار و بررسی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و رئولوژیکی خمیر حاصل بود.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه: آرد جو به کار رفته در استخراج بتا-گلوکان، آرد جو سبوس‌دار بود. از یکی از تولیدکنندگان در شیراز خریداری شد. آرد مورد استفاده در این تحقیق، آرد نول و ستاره و مخلوط ۵۰:۵۰ از این دو آرد بود که از *کارخانه آرد گل‌ها* در تهران تهیه شد. آرد نول برای تهیه کیک، آرد ستاره برای تهیه نان بربری و مخلوط این دو به طور معمول در تهیه ماکارونی استفاده می‌شود. برای استخراج بتا-گلوکان از هیدروکسید سدیم تولیدی شرکت *Merck* استفاده شد. اسید سیتریک مورد استفاده برای استخراج بتا-گلوکان از شرکت *Merck* خریداری شد. به منظور غیرفعال کردن آنزیم بتا-گلوکاناز موجود در آرد جو و رسوب بتا-گلوکان از اتانول ایرانی ۹۶ درجه استفاده شد. برای اندازه‌گیری بتا-گلوکان در آرد جو سبوس دار و صمغ استخراج شده از آن از کیت مخصوص ساخت شرکت MEGAZYME ایرلند استفاده شد.

روش‌ها

تجزیه دستگاهی

اندازه‌گیری رطوبت: مقدار رطوبت نمونه ها با استفاده از روش مصوب AACC به شماره ۱۶-۴۴ مشخص شد (۵).

اندازه‌گیری خاکستر: مقدار خاکستر با استفاده از روش مصوب AACC به شماره ۰۱-۰۸ تعیین شد (۵).

اندازه‌گیری پروتئین: مقدار پروتئین آرد با استفاده از روش ارائه شده به‌وسیله شرکت Tecator سوئد و با استفاده از دستگاه Kjeltec مدل ۱۰۳۰ ساخت همان شرکت اندازه-گیری شد. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری مقدار پروتئین ۴۰ نمونه به طور همزمان است و نتایج به دست آمده بسیار دقیق هستند (۵).

اندازه‌گیری چربی: چربی نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد AACC به شماره ۲۵-۳۰ اندازه‌گیری شد (۵).

اندازه‌گیری مقدار بتا-گلوکان در آرد جو سبوس دار و صمغ استخراج شده: برای اندازه‌گیری مقدار بتا-گلوکان در آرد جو سبوس‌دار از روش استاندارد AACC به شماره ۲۳-۳۲ و بسته آنزیمی شرکت Megazyme استفاده شد.

$$\beta\text{-glucan (\% w/w)} = \Delta A \times F/w \times 27$$

ΔA: تفاوت مقدار جذب واکنش‌گر و واکنش‌گر شاهد

F: فاکتور تبدیل مقدار جذب به میکروگرم گلوکز

W: وزن خشک نمونه مورد آزمایش (میلی‌گرم)

$$F = \frac{\text{(میکروگرم گلوکز) ۱۰۰}}{\text{جذب ۱۰۰ میکروگرم گلوکز}}$$

استخراج بتا-گلوکان از آرد جو سبوس‌دار: برای استخراج بتا-گلوکان ابتدا مرحله غیر فعال کردن آنزیم بتا-گلوکاناز انجام شد. این آنزیم روی بتا-گلوکان اثر می‌کند و خواص رئولوژیکی آن را تغییر می‌دهد. برای غیرفعال کردن این آنزیم، عمل رفلاکس (Reflux) آرد با اتانول ۸۰٪ انجام شد (دمای ۸۵°C به مدت ۲ ساعت). پس از این مدت با استفاده از صافی تحت خلأ (پمپ خلأ ABM مدل

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

4EKF63CX، ساخت آلمان) اتانول از آرد جدا شد و آرد حاصل در آون تحت خلأ (Vision مدل Vs-1202V5، ساخت کره) در دمای ۴۰°C خشک شد. پس از خشک شدن، آرد با هیدروکسید سدیم ۱ مولار به نسبت ۱:۷ مخلوط شد و در دمای ۴۵°C به مدت ۹۰ دقیقه توسط مگنت استیرر (مدل RCTB ، ساخت آلمان) حرارت دید و مخلوط شد. پس از این مدت، محتویات سانتریفوژ شد (۱۵۰۰۰g، ۱۵ دقیقه و دمای ۲۰°C).

با استفاده از اسید سیتریک (۱۰ درصد وزنی-حجمی) pH فاز بالایی به ۳/۵ رسانده شد (pHمتر Metrohm ساخت سوئیس) و مخلوط به دست آمده دوباره سانتریفوژ شد (۲۲۰۰۰g، ۲۰ دقیقه و دمای ۴°C). به فاز بالایی به دست آمده اتانول ۸۰٪ افزوده (۱:۱) و به مدت ۱۵ دقیقه ثابت نگه داشته شد. بتا- گلوکان‌ها در این مدت رسوب کردند. محتویات دوباره سانتریفوژ شد تا بتا-گلوکان‌ها جدا شوند (۳۵۰۰g، دمای ۴°C به مدت ۲۰ دقیقه). سپس رسوب به دست آمده که همان صمغ بتا-گلوکان بود، در آون تحت خلأ در دمای ۴۰°C به مدت ۲ ساعت خشک شد (۶).

اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب صمغ بتا-گلوکان استخراج شده: برای اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب صمغ استخراج شده ۲۰۰ میلی‌گرم صمغ بتا-گلوکان در ۲۰ml آب مقطر به مدت ۳ ساعت حل شد. ژل تشکیل شده به فالکون منتقل و به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ شد (شتاب ۱۴۰۰۰g و دمای ۲۵°C به مدت ۳۰ دقیقه). سپس فاز بالایی که همان آب باند نشده بود، خارج شد و فاز پایینی ابتدا وزن و سپس در آون (آون دیجیتالی Memmert مدل UFE500، ساخت کشور آلمان) قرار داده شد (دمای ۱۲۰°C ، ۲ ساعت). ظرفیت جذب آب از تفریق وزن فاز پایینی قبل و بعد از آون به دست آمد و برای ۱ گرم صمغ گزارش شد. بازده صمغ، مقدار صمغ به دست آمده از ۱۰۰ گرم آرد جو سبوس‌دار بود (۶). بازیافت بتا- گلوکان، نسبت وزنی مقدار بتا- گلوکان در صمغ به دست آمده از ۱۰۰ گرم آرد جو به مقدار بتا- گلوکان در آرد جو مورد استفاده بود (۶).

$$\text{بازیافت صمغ بتاگوکان} = \frac{\text{وزن بتاگلوکان در صمغ به دست آمده از ۱۰۰ گرم آرد جو}}{\text{وزن بتاگلوکان در ۱۰۰ گرم آرد جو}} \times ۱۰۰$$

آزمون فارینوگراف: میزان جذب آب و ویژگی‌های رئولوژیکی آن با استفاده از روش مصوب AACC به شماره ۵۴-۲۱ تعیین شد (۵).

آزمون اکستنسوگراف: قابلیت کشش خمیر با استفاده از روش استاندارد AACC به شماره ۱۰-۵۴ مورد آزمایش قرار گرفت (۵).

روش آماری مورد استفاده: در این تحقیق تعداد ۲ تیمار بتا-گلوکان (۰/۵ و ۱ درصد) و یک شاهد به سه نوع آرد (نول، ستاره و مخلوط ۵۰: ۵۰ نول و ستاره) اضافه و ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌ها در سه تکرار بررسی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام گرفت.

• یافته‌ها

نتایج به دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی انجام گرفته روی نمونه‌های آرد در جدول ۱ و نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام گرفته روی آرد جو و صمغ استخراجی از آن در جدول ۲ ارائه شده است.

در روش استفاده شده به منظور استخراج بتا-گلوکان، بازده صمغ ۳/۸۲ ٪ و راندمان استخراج بتا- گلوکان ۷۵٪ بود. همان طور که در جدول ۲ مشخص است، در حدود ۱۳٪ ترکیب صمغ را ، آرابینوگزیلان‌ها و سایر کربوهیدرات‌ها تشکیل داده‌اند.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمایش‌های شیمیایی آردها

شاخص / تیمار	پروتئین (٪)	خاکستر (٪)	چربی (٪)	رطوبت (٪)	گلوتن مرطوب (٪)	گلوتن خشک (٪)
آرد نول	۱۱/۲۵±۰/۱۳	۰/۵۱±۰/۰۲	۱/۴۲±۰/۰۲	۱۳/۵۵±۰/۱۴	۲۴/۱۵±۰/۳۵	۸/۰۵±۰/۱۲
آرد ستاره	۱۳/۲۰±۰/۰۹	۰/۸۳±۰/۰۱	۱/۷۹±۰/۰۳	۱۱/۵۷±۰/۳۱	۳۱/۷۵±۰/۳۵	۱۰/۵۸±۰/۱۲
*آرد مخلوط	۱۲/۰۲±۰/۱۵	۰/۶۴±۰/۰۱	۱/۶۴±۰/۰۶	۱۲/۰۲±۰/۰۹	۲۹/۳۰±۰/۳۰	۹/۷۷±۰/۱۱

* نسبت ۵۰ : ۵۰ از آرد نول و آرد ستاره
** اعداد جدول، میانگین سه تکرار هستند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی آرد جو و صمغ

تیمار	شاخص	پروتئین (٪)	خاکستر (٪)	چربی (٪)	رطوبت (٪)	بتا-گلوکان (٪)
آرد جو		۱۲/۰۸±۰/۱۳	۱/۹۷±۰/۰۱	۲/۴۷±۰/۰۵	۶/۶۴±۰/۰۱	۳/۵۵±۰/۰۲
صمغ		۲/۱۹±۰/۰۳	۸/۳۹±۰/۰۴	۰/۹۰±۰/۰۳	۵/۸۰±۰/۰۳	۶۹/۷۵±۰/۲۶

* اعداد جدول، میانگین سه تکرار هستند.

ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌ها

نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف: صمغ بتا- گلوکان در سطوح صفر، ۰/۵ و ۱ درصد به آرد نول، ستاره و مخلوط این دو اضافه شد. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های به دست آمده از منحنی‌های فارینوگرام در جدول ۳ ارائه شده است.

میزان جذب آب: با افزایش مقدار صمغ، میزان جذب آب نمونه‌ها افزایش یافت که این افزایش نسبت به نمونه شاهد در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود. سطوح ۰/۵ و ۱ درصد صمغ نیز در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی‌داری نشان دادند. افزایش جذب آب به دلیل افزایش میزان پلی‌ساکاریدها به خصوص بتا- گلوکان و افزایش میزان پنتوزان‌ها و مواد معدنی بود.

زمان گسترش خمیر: زمان گسترش خمیر عبارت است از زمان لازم برای عمل‌آوری خمیر که از لحظه ورود منحنی به خط ۵۰۰ واحد برابندر تا رسیدن به بالاترین مقاومت خمیر را شامل می‌شود. در آرد نول، با افزایش درصد صمغ، زمان گسترش خمیر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت که این افزایش در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود. در آرد ستاره نیز با افزودن ۱ ٪ صمغ، زمان گسترش خمیر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت، ولی سطح ۰/۵٪ صمغ و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در آرد مخلوط نیز با افزایش درصد صمغ، زمان گسترش خمیر افزایش یافت که این افزایش نسبت به نمونه شاهد در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود.

زمان مقاومت خمیر: در آرد نول، اضافه کردن صمغ به خمیر، سبب افزایش زمان مقاومت خمیر شد که این افزایش در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد داشت. ولی سطوح ۰/۵ و ۱ درصد صمغ در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. در آرد ستاره ۰/۵٪ زمان مقاومت خمیر نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری را در سطح آماری ۵٪ نشان نداد، ولی در سطح ۱٪ صمغ، زمان مقاومت نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت که این افزایش در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود. در آرد مخلوط با افزایش درصد صمغ زمان گسترش خمیر افزایش یافت که این افزایش نسبت به نمونه شاهد در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود. بین سطوح ۰/۵ و ۱ درصد صمغ، اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

جدول ۳- نتایج حاصل از فارینوگرام نمونه‌ها

تیمار	شاخص	جذب آب (درصد)	زمان گسترش خمیر (دقیقه)	زمان مقاومت خمیر (دقیقه)	میزان افت خمیر بعد از ۱۰ دقیقه (واحد برابندر)	**میزان افت خمیر بعد از ۱۲ دقیقه (واحد برابندر)
نول شاهد		^{c}۵۹/۳۵±۰/۱۵	^{c}۲/۱۰±۰/۱۰	^{b}۳/۸۰±۰/۱۰	^{a}۸۹±۳	^{a}۱۱۸±۲
نول ۰/۵٪		^{b}۶۰/۵۳±۰/۴۷	^{b}۳/۸۷±۰/۱۵	^{a}۵/۵۰±۰/۱۵	^{b}۷۴±۲	^{a}۱۱۶±۱
نول ۱٪		^{a}۶۳/۱۷±۰/۲۱	^{a}۴/۳۳±۰/۱۵	^{a}۵/۵۰±۰/۲۰	^{c}۵۳±۳	^{b}۸۹±۴
ستاره شاهد		^{c}۵۸/۸۷±۱/۰۰	^{b}۲/۶۰±۰/۳۶	^{b}۴/۰۰±۰/۱۰	^{a}۷۹±۳	^{a}۱۲۸±۳
ستاره ۰/۵٪		^{b}۶۰/۱۷±۰/۱۵	^{b}۲/۶۳±۰/۱۲	^{b}۴/۲۰±۱/۰۰	^{b}۷۸±۴	^{a}۱۳۴±۲
ستاره ۱٪		^{a}۶۳/۰۳±۰/۰۶	^{a}۴/۱۷±۰/۱۵	^{a}۴/۶۰±۰/۲۰	^{c}۶۳±۶	^{b}۱۰۰±۴
مخلوط شاهد		^{c}۵۸/۰۵±۰/۰۵	^{c}۲/۴۰±۰/۱۰	^{c}۲/۲۰±۰/۲۰	^{a}۱۰۴±۲	^{a}۱۲۴±۴
مخلوط ۰/۵٪		^{b}۶۰/۲۱±۰/۴۰	^{b}۳/۹۰±۰/۱۰	^{b}۴/۲۷±۰/۳۱	^{b}۸۵±۵	^{b}۱۰۷±۶
مخلوط ۱٪		^{a}۶۳/۵۷±۰/۳۱	^{a}۴/۳۷±۰/۱۲	^{a}۵/۵۳±۰/۱۵	^{c}۶۸±۳	^{c}۹۰±۴

* حروف متفاوت اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ ٪ را نشان می‌دهند.
** میزان افت خمیر ۱۲ دقیقه پس از ارتفاع بیشینه منحنی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

مقاومت به کشش پس از ۴۵ دقیقه: در هر سه نوع آرد با افزایش درصد صمغ، مقاومت به کشش نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری یافت و سطح ۰/۵٪ صمغ نسبت به ۱ ٪ مقاومت به کشش بیشتری ایجاد کرد. این اختلاف در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴).

قابلیت کشش خمیر پس از ۴۵ دقیقه: در خمیر آرد ستاره ۰/۵٪ ، در مقایسه با نمونه شاهد قابلیت کشش افزایش یافت که این افزایش در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود. سطح ۱٪، قابلیت کشش بیشتری نسبت به سطح ۰/۵٪ ایجاد کرد. در خمیر آرد نول و مخلوط ۰/۵٪ ، قابلیت کشش نسبت به خمیر شاهد و خمیر ۱٪ تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی در سطح ۱٪، قابلیت کشش نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۴).

حداکثر ارتفاع پس از ۴۵ دقیقه: با افزایش درصد صمغ در هر سه نوع آرد، حداکثر ارتفاع نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. این افزایش در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد صمغ، اختلاف معنی‌داری نداشت. سطح زیر منحنی در هر سه نوع آرد با افزایش درصد صمغ افزایش یافت. این افزایش در همه تیمارها دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ ٪ بود (جدول ۴).

مقاومت به کشش پس از ۹۰ دقیقه: در هر سه نوع آرد، سطح ۱٪ صمغ مقاومت به کشش بیشتری نسبت به نمونه شاهد و سطح ۰/۵٪ صمغ ایجاد کرد و این اختلاف در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۵).

قابلیت کشش پس از ۹۰ دقیقه: در آرد ستاره با افزایش درصد صمغ، قابلیت کشش نیز افزایش یافت. در آرد نول، سطح ۱٪ صمغ نسبت به سطح ۰/۵٪ و نمونه شاهد، قابلیت کشش بیشتری نشان داد. در آرد مخلوط، سطح ۱٪ صمغ سبب افزایش معنی‌دار قابلیت کشش نسبت به نمونه شاهد شد، ولی سطح ۰/۵٪ و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۵).

حداکثر ارتفاع پس از ۹۰ دقیقه: در خمیرآرد ستاره، سطح ۱٪ صمغ حداکثر ارتفاع بیشتری نسبت به سطح ۰/۵٪ و نمونه شاهد نشان داد. این اختلاف در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود، ولی نمونه شاهد و نمونه ۰/۵٪ اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. در خمیر آرد نول و مخلوط، اضافه کردن صمغ سبب افزایش حداکثر ارتفاع نسبت به نمونه شاهد شد. سطح ۱٪ صمغ نسبت به ۰/۵٪ ، ارتفاع بیشتری را نشان داد که در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۵).

مقاومت به کشش پس از ۱۳۵ دقیقه: در هر سه آرد، صمغ در سطح ۱٪ مقاومت به کشش بیشتری را نسبت به صمغ در سطح ۰/۵٪ و نمونه شاهد ایجاد کرد و این اختلاف در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۶).

قابلیت کشش پس از ۱۳۵ دقیقه: در آرد ستاره و مخلوط، اضافه کردن صمغ سبب افزایش قابلیت کشش نسبت به نمونه شاهد شد. در آرد مخلوط، هر سه تیمار قابلیت کشش مشابهی نشان دادند و در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۶).

حداکثر ارتفاع پس از ۱۳۵ دقیقه: در هر سه نوع آرد، اضافه کردن صمغ سبب افزایش حداکثر ارتفاع نسبت به نمونه شاهد شد (جدول ۶).

جدول ۴- نتایج حاصل از اکستنسوگرام نمونه‌ها پس از ۴۵ دقیقه

شاخص / تیمار	مقاومت به کشش (واحد برابندر)	قابلیت کشش (میلی‌متر)	ضریب کشش (واحد برابندر)	حداکثر ارتفاع (واحد برابندر)	سطح زیر منحنی (سانتی‌متر مربع)
نول شاهد	^{c}۹۴±۴	^{b}۱۱۹±۸	۰/۸۰±۰/۰۴	^{c}۹۶±۳	^{c}۲۱±۱
نول ۰/۵٪	^{b}۲۶۱±۳	^{ba}۱۲۵±۴	۲/۱۰±۰/۰۶	^{b}۲۶۲±۳	^{b}۴۱±۱
نول ۱٪	^{a}۲۶۹±۳	^{a}۱۳۱±۳	۲/۱۰±۰/۰۶	^{a}۲۷۲±۶	^{a}۵۱±۲
ستاره شاهد	^{c}۸۶±۳	^{c}۱۳۳±۴	۰/۶۰±۰/۰۱	^{c}۹۰±۱	^{c}۲۰±۲
ستاره ۰/۵٪	^{b}۱۸۴±۴	^{b}۱۴۵±۴	۱/۳۰±۰/۰۳	^{b}۱۸۴±۴	^{b}۳۷±۱
ستاره ۱٪	^{a}۲۹۸±۴	^{a}۱۵۴±۵	۱/۹۰±۰/۰۶	^{a}۳۱۴±۴	^{a}۴۵±۱
مخلوط شاهد	^{c}۱۷۴±۴	^{b}۱۲۳±۵	۰/۶۰±۰/۰۲	^{c}۱۸۰±۴	^{c}۳۳±۳
مخلوط ۰/۵٪	^{b}۲۳۳±۵	^{ba}۱۳۰±۴	۱/۸۰±۰/۰۶	^{b}۲۳۶±۶	^{b}۴۵±۳
مخلوط ۱٪	^{a}۳۲۴±۴	^{a}۱۳۸±۳	۲/۳۰±۰/۰۵	^{a}۳۴۱±۵	^{a}۵۳±۳

* حروف متفاوت اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ ٪ را نشان می‌دهند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

جدول ۵- نتایج حاصل از اکستنسوگرام نمونه‌ها پس از ۹۰ دقیقه

تیمار / شاخص	مقاومت به کشش (واحد برابندر)	قابلیت کشش (میلی‌متر)	ضریب کشش (واحد برابندر)	حداکثر ارتفاع (واحد برابندر)	سطح زیر منحنی (سانتی‌متر مربع)
نول شاهد	^{c}۸۲±۲	^{b}۱۲۸±۲	۰/۶۰±۰/۰۱	^{c}۸۳±۲	^{c}۱۷±۱
نول ۰/۵٪	^{b}۲۰۸±۵	^{b}۱۳۱±۲	۱/۶۰±۰/۰۳	^{b}۲۰۹±۴	^{b}۳۶±۱
نول ۱٪	^{a}۲۱۶±۳	^{a}۱۴۰±۲	۱/۵۰±۰/۰۲	^{a}۲۱۸±۵	^{a}۴۳±۲
ستاره شاهد	^{c}۱۰۳±۳	^{c}۱۳۵±۴	۰/۸۰±۰/۰۴	^{b}۱۱۹±۲	^{c}۲۵±۱
ستاره ۰/۵٪	^{b}۱۲۳±۳	^{b}۱۴۲±۲	۰/۹۰±۰/۰۱	^{b}۱۲۴±۴	^{b}۳۴±۲
ستاره ۱٪	^{a}۲۳۳±۴	^{a}۱۵۳±۳	۱/۵۰±۰/۰۳	^{a}۲۳۴±۳	^{a}۴۰±۲
مخلوط شاهد	^{c}۱۳۴±۲	^{a}۱۲۰±۲	۱/۱۰±۰/۰۵	^{c}۱۳۶±۴	^{c}۲۵±۱
مخلوط ۰/۵٪	^{b}۱۵۰±۵	^{ab}۱۲۵±۳	۱/۲۰±۰/۰۶	^{b}۲۳۸±۳	^{b}۳۱±۱
مخلوط ۱٪	^{a}۲۶۰±۴	^{a}۱۳۰±۳	۲/۰۰±۰/۰۷	^{a}۲۶۳±۴	^{a}۴۷±۲

* حروف متفاوت اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ ٪ را نشان می‌دهند.

جدول۶- نتایج حاصل از اکستنسوگرام نمونه‌ها پس از ۱۳۵ دقیقه

تیمار / شاخص	مقاومت به کشش (واحد برابندر)	قابلیت کشش (میلی‌متر)	ضریب کشش (واحد برابندر)	حداکثر ارتفاع (واحد برابندر)	سطح زیر منحنی (سانتی‌متر مربع)
نول شاهد	^{c}۱۴۵±۲	^{c}۹۵±۳	۱/۵۰±۰/۰۴	^{c}۱۵۲±۳	^{c}۳۵±۱
نول ۰/۵٪	^{b}۱۵۹±۳	^{b}۱۱۸±۲	۱/۳۰±۰/۰۱	^{b}۱۶۴±۴	^{b}۴۰±۲
نول ۱٪	^{a}۱۷۳±۳	^{b}۱۳۷±۳	۱/۳۰±۰/۰۲	^{a}۱۷۳±۳	^{a}۴۴±۲
ستاره شاهد	^{c}۱۴۸±۳	^{c}۱۱۰±۲	۱/۳۰±۰/۰۳	^{c}۱۵۱±۲	^{b}۳۰±۱
ستاره ۰/۵٪	^{b}۱۶۳±۵	^{b}۱۳۰±۳	۱/۲۰±۰/۰۵	^{b}۱۶۸±۴	^{a}۳۴±۲
ستاره ۱٪	^{a}۱۹۴±۴	^{a}۱۴۵±۲	۱/۳۰±۰/۰۱	^{a}۱۹۵±۳	^{a}۳۷±۱
مخلوط شاهد	^{c}۱۳۸±۵	^{a}۱۱۶±۴	۱/۰۲±۰/۰۶	^{c}۱۴۲±۴	^{b}۳۵±۲
مخلوط ۰/۵٪	^{b}۱۸۵±۴	^{a}۱۱۸±۵	۱/۶۰±۰/۰۲	^{b}۱۹۳±۵	^{a}۳۹±۱
مخلوط ۱٪	^{a}۲۵۶±۵	^{a}۱۲۴±۴	۲/۱۰±۰/۰۷	^{a}۲۵۹±۵	^{a}۴۳±۳

* حروف متفاوت اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ ٪ را نشان می‌دهند.

• بحث

احمد و همکاران در سال ۲۰۰۸ بتا-گلوکان را به روش آبی داغ استخراج کردند. در این روش، بازده صمغ ۵/۲۵۳٪ و راندمان استخراج ۸۳/۴۸٪ بود (۶). در پژوهش دیگری که *احمد* و همکاران در سال ۲۰۱۰ انجام دادند، در روش اسیدی مورد استفاده برای استخراج بتا- گلوکان، بازده صمغ ۳/۷۴ ٪ و راندمان استخراج در حدود ۸۳٪ گزارش شد (۷). در پژوهشی که *Izydorczyk* و همکاران در سال ۲۰۰۱ انجام دادند، افزودن بتا-گلوکان و آرابینوگزیلان به دلیل افزایش جذب آب توسط این پلی‌ساکاریدها زمان مقاومت خمیر را افزایش داد (۸). *عرب‌عامری* در سال ۱۳۸۲ نشان داد که بدیهی‌ترین اثر هیدروکلوئیدها تأثیر روی مقاومت خمیر است و با افزایش درصد هیدروکلوئیدها زمان مقاومت خمیر افزایش می‌یابد (۲). در پژوهش Skendi و همکاران در سال ۲۰۰۹ جذب آب آردها با اضافه کردن بتا-گلوکان افزایش یافت و بتا-گلوکان با وزن ملکولی بالا جذب آب را به میزان بیشتری افزایش داد. بتا-گلوکان با وزن ملکولی بالا سبب ۴٪ و بتا-گلوکان با وزن ملکولی پایین سبب ۲٪ افزایش در مقدار جذب آب نسبت به نمونه شاهد شد (۹). *عرب‌عامری* در سال ۱۳۸۲ تأثیر برخی هیدروکلوئیدها را بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر گندم بررسی کرد. نتایج نشان داد که هیدروکلوئیدهای افزوده شده، جذب آب خمیر را افزایش دادند (۲).

نتایج کلی حاصل از آزمون اکستنسوگراف نشان می‌دهد که با افزایش میزان بتا-گلوکان، مقاومت خمیرها نسبت به کشش، قابلیت کشش خمیرها و انرژی یا سطح زیر منحنی اکستنسوگرام افزایش می‌یابد. افزودن صمغ‌ها از جمله صمغ گوار، کربوکسی‌متیل‌سلولز، زانتان و لوبیای خرنوب به خمیر گندم سبب افزایش مقاومت خمیر نسبت به کشش، قابلیت کشش خمیر و سطح زیر منحنی می‌شود (۲).

افزایش مقاومت خمیرها در مقابل کشش و افزایش سطح زیر منحنی ناشی از قوی بودن شبکه گلوتنی خمیر و افزایش استحکام آن است. به نظر می‌رسد که افزایش معنی‌دارِ شاخص‌های مقاومت به کشش، قابلیت کشش و انرژی لازم برای کشش با افزایش درصد بتا-گلوکان با افزایش مقدار

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

جذب آب و گرانروی خمیر مرتبط باشد. اضافه کردن بتا-گلوکان به خمیر، برهم‌کنش‌های میان اجزای خمیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خمیر در واقع، شبکه پیوسته ژل گلوتن هیدراته است که گرانول‌های نشاسته به صورت ذرات در آن پراکنده شده‌اند. آب ممکن است در ساختار خمیر به صورت آب توده یا به صورت قطره‌های کوچک در شبکه پروتئین یا اطراف گرانول‌های نشاسته حضور داشته باشد. در چنین ساختار فشرده‌ای، بتا-گلوکان‌ها به همراه گلوتن و نشاسته به جذب آب تمایل دارند و بنابراین، پراکندگی آب در ساختار خمیر را تغییر می‌دهند. در سامانه خمیر، بتا-گلوکان‌ها اغلب در مناطقی که آب توده وجود داشته باشد، یافت می‌شوند (۹). وارد کردن زنجیرهای بتا-گلوکان در سامانه خمیر، اتصالات بین ملکولی پروتئین‌های گلوتن را برهم می‌زند و ساختار خمیر را ضعیف می‌کند.

از طرف دیگر، ذرات نشاستهٔ محصور شده با زنجیرهای بتا-گلوکان به همراه آب توده جایگزین شده با پراکنش به شدت گرانرو بتا-گلوکان، باعث افزایش عمومی گرانروی می‌شود. البته، هر گونه تأثیر فروپاشی شبکه فشرده خمیر، به تعداد و اندازه زنجیر بتا-گلوکان وارد شده به گلوتن بستگی دارد. بتا-گلوکان‌های با وزن ملکولی زیاد، دارای زنجیرهای طولانی‌تر و حجم هیدرودینامیکی بیشتری هستند و بنابراین، توانایی کمتری برای ورود به ساختار گلوتن و فروپاشی اتصالات بین ملکولی دارند. برعکس، بتا-گلوکان با وزن ملکولی کم، امکان بیشتری برای ورود به ساختار گلوتن و تغییر رفتار مکانیکی آن دارد (۹).

ترکیب و ساختار گلوتن بسته به کیفیت نوع آرد، متفاوت است. گلیادین‌ها به عنوان نرم کننده برای پروتئین گلوتنین وارد عمل می‌شوند و به حل شدن یا پراکنده شدن زنجیره‌های گلوتنین کمک می‌کنند. مقدار گلیادین در آرد با کیفیت پایین نسبت به آرد با کیفیت بالا، بسیار بیشتر است و این موضوع سبب پراکنده شدن بیشتر گلوتن و امکان نفوذ بیشتر زنجیرهای بتا-گلوکان به ساختار شبکه گلوتن می‌شود. بنابراین، اضافه کردن بتا-گلوکان به آرد با کیفیت بالا سبب افزایش سفتی، مقاومت خمیر در برابر تغییر، سیالیت و الاستیسیته خمیر و در نتیجه، کاهش توانایی انبساط طی مرحله استراحت خمیر می‌شود. برعکس، در آرد با کیفیت پایین، بتا-گلوکان سبب ایجاد ویژگی‌های رئولوژیکی مشابه با آرد کنترل (بدون بتا-گلوکان) با کیفیت بالا می‌شود (۹).

در همه تیمارها اضافه کردن بتا-گلوکان، جذب آب خمیر، زمان مقاومت خمیر، زمان گسترش خمیر، قابلیت کشش، مقاومت به کشش و سطح زیر منحنی را افزایش و میزان افت خمیر را کاهش داد. سطح ۱٪ صمغ نسبت به سطح ۰/۵٪ ویژگی‌های رئولوژیکی بهتری ایجاد کرد. با در نظر گرفتن مجموع نتایج حاصل از آزمایش‌های مختلف شیمیایی و رئولوژیکی انجام گرفته بر روی مواد اولیه (آرد) و خمیر به نظر می‌رسد که اضافه کردن ۱٪ بتا-گلوکان به آرد مخلوط، سبب ایجاد بهترین و نه بیشترین تأثیر نسبت به نمونه شاهد شده است.

• References

1. Phillips GO, Awilliams PA, editors. Galactomannans In: Handbook of hydrocolloids:2nd ed. CRC Press. Cambridg, UK. 2000; p. 41-65.
2. Arab Ameri M. Investigation of the effect of some hydrocolloids on rheological properties and quality of lavash bread [dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University, Faculty of Nutrition Science & Food Technology; 2004 [in Persian].
3. Li W, Cui SW, Kakuda Y. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β-glucans. J carbohydr polym 2006; 63: 408-416.
4. Izydorczyk MS, Dexter JE. Barley β-glucans and arabinoxylans: molecular structure, physicochemical properties and uses in food products: a review. J Food Res Int 2008; 41: 850-68.
5. AACC. Approved methods of the american association of cereal chemists. Inc., St. Paul, Minnesota : 2000.10th ed.
6. Ahmad A, Anjum FM, Zahoor T. Effect of barley β-glucan on sensory characteristics of bread. J Agric Sci 2008; 45: 88-94.
7. Ahmad A, Anjum FM, Zahoor T. Extracrion and characterization of β-glucan from oat for industrial utilization. Int J Biol Macromol 2010; 2560: 1-6.
8. Izydorczyk M.S, Hussain A, Macgregort W. Effect of baley and barley components on rheological properties of wheat dough. J Cereal Sci 2001; 34: 251-260.
9. Skendi A, Papageorgiou M, Bilideris CG. Effect of barley β-glucan molecular size and level on wheat dough rheological properties. J Food En 2009; 91: 594-601.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]

Effects of barley β-glucan on some rheological properties of wheat flour

Rasti S[1], Azizi MH[2], Abbasi S[3]*

1-M.Sc. in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*2- *Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: Azizit_m@modars.ac.ir*

3-Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Received 22 Apr, 2011 **Accepted 27 Aug, 2011**

Background and Objective: In the recent years, hydrocolloids have been the subject of much investigation as functional foods. In the present study beta-glucan was acid-extracted from barley and its effects on some rheological properties of wheat flour were investigated.

Materials and Methods:β-glucanwas extracted from whole barley flour by the acid-extraction method. The total β-glucan content of the extracted gum was determined using the Megazyme assay kit. The β-glucan gum obtained was added to 3 samples of wheat flour, namley Nol, Setareh, and their Mix (50:50) flours at a level of 0.0%, 0.5%, or 1%. Doughs wer prepared from the what flour samples and theirrheological properties investigated. The SPSS software was used for data analysis. A completely randomized design was used for the experiment, the means being compared using the LSD test.

Results: The rheological behavior of β-glucan-enriched doughs depended on flour quality and β-glucan concentration. All the farinographic characteristics, specially water absorption, improved with increasing β-glucan concentration. Extensograph results also showed that resistance to extension and extensibility increased with increasing β-glucan concentration. The mix flour with 1% β-glucan showed the best rheological properties ($p<0.05$).

Conclusion: In all the treatments addition of beta-glucan increased water absorption, dough resistance time, dough development time, extensibility, resistance to extension, and the surface area under the curve, and it decreased dough loss. Beta-glucan at1% level showed better rheological properties as compared to the 0.5% sample. Overall, considering all the chemical and rheological tests, it can be concluded that addition of 1% beta-glucan to mix flour results in the best treatment, although it is not the most effective.

Keywords: Barley, β-glucan, Dough, Rheological properties

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-25]