

تأثیر اندازه ذرات و تیمارهای هیدروترمال و نوع تخمیر بر کاهش اسید فیتیک و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و

تغذیه‌ای سبوس گندم

سمیرا منصورگرگانی^۱، یحیی مقصودلو^{۲*}، مرتضی خمیری^۲، مهران اعلمی^۳، محمد قربانی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، گروه آموزشی علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^{۲*} استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

سبوس گندم سرشار از مواد معدنی، فیبر، ویتامین‌های گروه ب و غیره است. با این وجود، حاوی ترکیبات ضد تغذیه‌ای مثل اسید فیتیک است که با جذب مواد معدنی مانع از جذب آن‌ها در بدن می‌شود. در این پژوهش سبوس آسیاب و با استفاده از الک شماره ۸۰ جداسازی شدند. سبوس گندم در بافر استات ($\text{pH} = 4/8$) خیسانده و اتوکلاو شد (۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت). سبوس اتوکلاو شده با آب و مخمر خشک فعال / سوسپانسیون باکتری‌های اسیدلاکتیک / سوسپانسیون باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمر تخمیر شدند. تغییرات محتویات اسید فیتیک، فیبر رژیمی محلول و نامحلول، تیامین و ریبوفلاوین، محتوای مواد معدنی، ظرفیت نگهداری آب و اندیس جذب آب سبوس گندم با اندازه ذرات بزرگ‌تر و کوچک‌تر از ۱۸۰ میکرون در طی تیمارهای هیدروترمال و تخمیر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد کاهش اندازه ذرات، تیمارهای هیدروترمال و تخمیر باعث کاهش اسید فیتیک سبوس گندم شد. محتوای فیبر رژیمی محلول و نامحلول به ترتیب افزایش و کاهش یافت. ظرفیت نگهداری و شاخص جذب آب به ترتیب روند مشابهی با فیبر رژیمی نامحلول و فیبر رژیمی محلول داشت. محتوای مواد معدنی (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) در اثر تیمار هیدروترمال و کاهش اندازه ذرات کاهش و در اثر فرایند تخمیر افزایش یافت. محتوای تیامین و ریبوفلاوین در اثر تیمار هیدروترمال افزایش یافت و تیمار تخمیر منجر به تولید تیامین و ریبوفلاوین شد. با مشاهده داده‌های بدست آمده می‌توان گفت، استفاده از تیمارهای هیدروترمال و تخمیر و کاهش اندازه ذرات سبوس راهکار مناسب برای کاهش محتوای اسید فیتیک است.

کلمات کلیدی: سبوس گندم، اسید فیتیک، اندازه ذرات، هیدروترمال، تخمیر.

۱- مقدمه

سبوس گندم محصول فرعی آسیاب است و کاربردهای غذایی و غیر غذایی فراوانی دارد (۵). استفاده از سبوس گندم برای مصرف انسان به تدریج در طول سال‌ها افزایش یافته است. سبوس گندم سرشار از مواد معدنی، فیبر، ویتامین‌های گروه ب^۱ و ترکیبات فعال زیستی است که دارای خواص ارتقاء دهنده سلامتی هستند (۳۳). در طول سال‌ها، استفاده از سبوس گندم در غذاهای پخته شده و اخیراً در غذاهای سرخ شده مورد توجه قرار گرفته است (۶). سبوس گندم یک منبع غنی از فیبر رژیمی به‌ویژه فیبر رژیمی نامحلول است. فیبر رژیمی بر کنترل کلسترول خون، دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی عروقی، چاقی و سرطان اثرات مثبت بسیاری دارد (۳۴). سبوس گندم حاوی ۴/۵ تا ۸/۴ درصد اسید فیتیک است که یک ترکیب ضد تغذیه‌ای است (۱۷). اسید فیتیک (اینوزیتول هگزا فسفات) به دلیل ساختار مولکولی خاص خود می‌تواند با جذب یون‌های دو ظرفیتی (مانند Ca^{2+} ، Fe^{2+} ، Mg^{2+} ، Zn^{2+}) آن‌ها را از دسترس بدن خارج کرده و مانع جذب آن‌ها در بدن شود، همچنین ارزش غذایی پروتئین‌ها و رشد و نمو بدن را کاهش دهد (۳۴). اندازه ذرات یکی از ویژگی‌های مهم سبوس غلات به‌عنوان منبع فیبر غذایی است که تأثیر قابل توجهی در فناوری مواد غذایی دارد. اندازه ذرات سبوس غلات بر عملکرد تکنولوژیکی آن به دلیل تغییرات فیزیکوشیمیایی مانند نگهداری آب، ظرفیت، تورم، خواص رئولوژیکی و پیوند چربی سبوس تأثیر می‌گذارد (۴۱). فرایند هیدروترومال محتوای اسید فیتیک سبوس گندم را کاهش می‌دهد که ممکن است در افزایش فراهمی زیستی مواد معدنی به خصوص آهن نقش داشته باشد. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۴) و مشرف و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که فرآیند هیدروترومال محتوای اسید فیتیک در سبوس گندم را کاهش می‌دهد (۲۸ و ۲۵). کاهش قابل توجهی در فیتات نیز ممکن است به دلیل هیدرولیز فیتات توسط فیتاز درست قبل از غیرفعال شدن آنزیم باشد (۳۷). این نتایج با مشاهدات فردلوند و همکاران (۱۹۹۷) و اوربانو و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد که گزارش کردند این کاهش ممکن است به دلیل فعال شدن فیتاز درون‌زا باشد (۴۰ و ۱۳). تخمیر سبوس به‌عنوان روشی مؤثر برای کاهش اثرات منفی اسید فیتیک پیشنهاد شده است (۳۸). این فرآیند می‌تواند خواص رئولوژیکی خمیر را بهبود بخشد (۲۶)، بیات شدن نان را مهار کند (۱۹) و کیفیت محصول نهایی نان را بهبود بخشد (۲۶ و ۳۵). ذکر این نکته ضروری است که غلظت اولیه اسید فیتیک، شرایط

¹ B vitamins

تخمیر و نوع میکروارگانیسم بر محتوای نهایی اسید فیتیک در غلات تأثیر می‌گذارد. کاهش اسید فیتیک را می‌توان به فعالیت فیتازهای داخلی در مخلوط تخمیر نسبت داد (۸). هیدرولیز آنزیمی اسید فیتیک نیاز به pH بهینه‌ای دارد که تخمیر طبیعی می‌تواند فراهم کند (۱۴).

با اینکه هر یک از این روش‌ها می‌تواند محتوای اسید فیتیک سبوس را کاهش دهد، ولی ممکن است بر خواص فیزیکوشیمیایی و تغذیه‌ای سبوس تأثیر بگذارند. این تغییرات احتمالی ممکن است بر خواص غذاهایی که سبوس در آن‌ها وجود دارد تأثیر بگذارد. بنابراین، تعیین چنین تأثیراتی برای کاربردهای بیشتر سبوس در محصولات غذایی بسیار مهم است. از این رو هدف از انجام این مطالعه استفاده از سه روش کاهش اندازه ذرات، هیدروترمال و فرایند تخمیر با هدف کاهش محتوای اسید فیتیک و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و تغذیه‌ای سبوس گندم بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

سبوس گندم مورد استفاده در این پژوهش از کارخانه آرد زاهدی گرگان تهیه شد. سبوس گندم توسط آسیاب صنعتی بست مدل A 1000 آسیاب شد. ترکیبات شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه گردید. مخمر مورد استفاده در این تحقیق *Saccharomyces cerevisiae* بود که به شکل پودر خشک فعال از شرکت خمیرمایه رضوی خریداری شد. استارتر LAB (لاکتوباسیلوس بولگاریکوس)^۱ و استرپتوکوک ترموفیلوس^۲ از مرکز پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد.

۲-۲- کاهش اندازه ذرات

سبوس گندم با استفاده از آسیاب صنعتی آسیاب و سپس با از استفاده الک شماره ۸۰ (سایز چشمه ۱۸۰ میکرون) جداسازی شدند.

۲-۳- فرایند هیدروترمال

¹ Best 1000A

² *Lactobacillus bulgaricus*

³ *Streptococcus thermophilus*

۳۰ گرم سبوس گندم در دو برابر حجم بافر استات ($\text{pH} = 4/8$) خیسانده و سپس در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت در اتوکلاو کاووش مگا^۱ ۵۵ لیتری ساخت ایران حرارت داده شدند. دوغاب سبوس گندم بدون تنظیم pH به عنوان نمونه شاهد بود (۶/۲-۶/۰). پس از فرایند هیدروترومال، دوغاب سبوس گندم مجدداً از الک شماره ۸۰ عبور داده شد و نمونه‌هایی که از الک عبور کردند ۵ بار با ۵۰۰ میلی لیتر آب شستشو داده شدند. نمونه‌ها تا رطوبت ۱۲ درصد در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در آون آزمایشگاهی مدل (UN110 خشک شدند (۲۵ و ۳۲).

۲-۴- تخمیر سبوس

۰/۱ گرم پودر باکتری اسیدلاکتیک در ۵۰ میلی لیتر مایع کشت MRS در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۱۶ ساعت انکوبه (انکوباتور ساده Memmert آلمان) شد و سپس محیط کشت در ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه دستگاه سانتریفیوژ ۱۲ شاخه مدل TD4C شد. رسوب دو بار با سرم نمکی شسته شد و سپس در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر استریل معلق شد. مخمر خشک فعال مستقیماً بدون انکوباسیون استفاده شد (۴۵).

۲-۴-۱- تخمیر حالت جامد

سبوس اتوکلاو شده (۱۲۱ درجه سانتی گراد، ۲۰ دقیقه) به شرح زیر تحت تیمار قرار گرفتند:

۲۰ گرم سبوس اتوکلاو شده با ۲۰ میلی لیتر آب استریل و ۰/۲۵ گرم مخمر خشک فعال به خوبی مخلوط و تخمیر شد.

۲۰ گرم سبوس اتوکلاو شده با ۲۰ میلی لیتر سوسپانسیون اسیدلاکتیک باکتری خوب مخلوط و تخمیر شد؛

۲۰ گرم سبوس اتوکلاو شده با ۲۰ میلی لیتر سوسپانسیون اسیدلاکتیک باکتری و ۰/۲۵ گرم مخمر به خوبی مخلوط و تخمیر شد.

رطوبت تمام نمونه‌های تخمیر شده ۵۰ درصد بود (وزنی/وزنی). تمام نمونه‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت انکوبه شدند (۴۵).

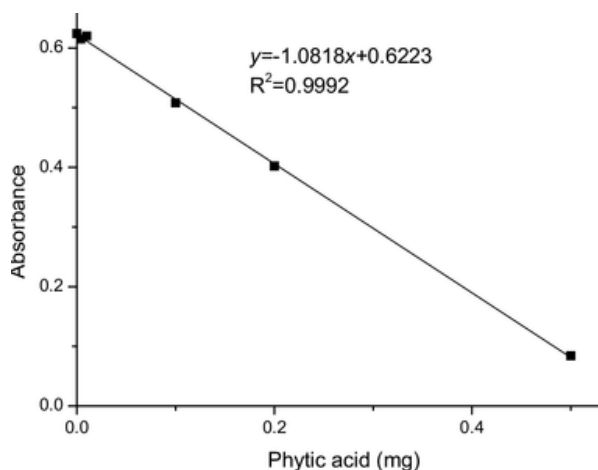
۲-۵- ترکیبات اولیه سبوس گندم

¹ Kavosh Mega

مقدار رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر سبوس گندم طبق AACC, 2000 اندازه گیری و گزارش شد (۱).

۶-۲- اندازه گیری محتوای اسید فیتیک

محتوای فیتات سبوس ها از طریق اسپکتروفتومتر مدل Jenway ۶۳۰۰ طبق دستورالعمل ارائه شده توسط هاگ و لانتزج (۱۹۸۳) ارزیابی شد. جذب محلول ها در طول موج ۵۱۹ نانومتر ثبت شد (۱۶). نمودار استاندارد اسید فیتیک در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- نمودار استاندارد اسید فیتیک

۷-۲- ظرفیت نگهداری آب (WHC^۱) و حلالیت در آب (WSI^۲)

ظرفیت نگهداری آب با توجه به روش چن و همکاران (۱۹۸۸) تعیین شد (۱۰). شاخص حلالیت در آب سبوس گندم با تغییرات جزئی روش اندرسون و همکاران (۱۹۶۹) تعیین شد (۳). نمونه ها (۲/۵ گرم) در ۳۰ میلی لیتر آب مقطر پراکنده شدند و در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب حرارت دیدند سپس در دمای اتاق خنک شد و به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰g سانتریفیوژ شدند. مایع رویی برای تعیین محتوای جامد آن به ظرف تبخیر کننده ریخته شد وزن مواد جامد خشک توسط تبخیر مایع رویی در طول شب در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد تعیین شد. شاخص جذب آب توسط معادله زیر محاسبه شد.

¹ Water Holding Capacity (WHC)

² Water Solubility Index (WSI)

$$\text{وزن ژل باقیمانده (گرم)} \\ \text{شاخص جذب آب} = \frac{\text{وزن نمونه (گرم)}}{\text{وزن ژل باقیمانده (گرم)}} \times 100$$

۸-۲- اندازه‌گیری فیبر محلول و نامحلول

محتوای فیبر رژیمی کل، محلول و نامحلول سبوس کنترل و تیمار شده با استفاده از روش‌های تأیید شده AACC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد (۱).

۹-۲- محتوای مواد معدنی (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+})

مقدار Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} به روش جذب اتمی دستگاه جذب اتمی مدل AA240FS اندازه‌گیری شد (AACC, 2000).

۱۰-۲- محتوای تیامین^۱ و ریبوفلاوین^۲

محتوای تیامین و ریبوفلاوین سبوس گندم با روش AACC 86-80 (AACC, 2000) و AACC 86-70 (AACC, 2000) به روش دستگاهی با اسپکتروفتومتر فلورسانس FL6500 آنالیز شد (۲۴ و ۱).

۱۱-۲- آنالیز آماری

این مطالعه بر اساس طرح پایه کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطح اطمینان ۹۵٪ و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. کلیه آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات اولیه سبوس گندم

ترکیبات اولیه سبوس گندم مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

¹ Thiamine

² Riboflavin

جدول ۱- درصد ترکیبات اولیه سبوس گندم

ترکیبات	اسید فیتیک	فیبر رژیمی کل	پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر	سایر ترکیبات
	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)
درصد ترکیبات	۵/۰۸	۵۰/۳۱	۱۵/۱۸	۴/۵۲	۱۲/۳۶	۷/۲۱	۵/۳۴

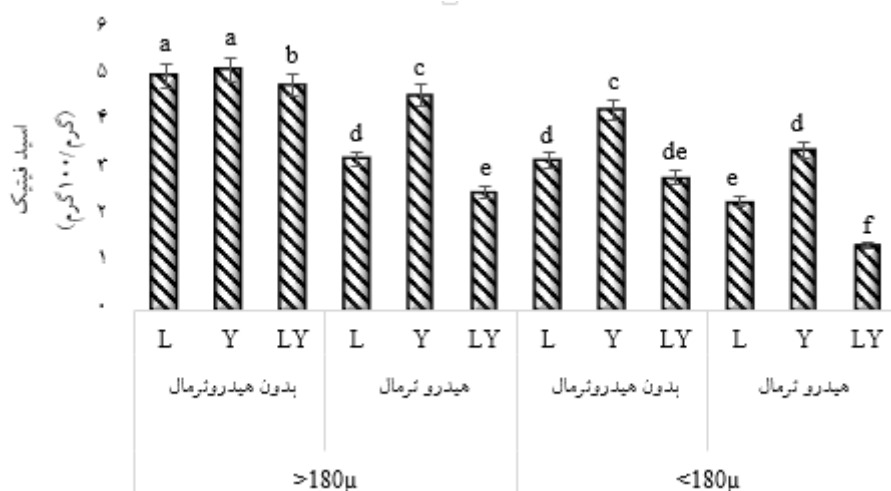
۳-۲- محتوای اسید فیتیک سبوس گندم

با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از آزمون اندازه‌گیری اسید فیتیک، کاهش اندازه ذرات، هیدروترمال و تخمیر اثر معنی‌داری در کاهش محتوای اسید فیتیک سبوس گندم داشت ($p \leq 0.05$). مقادیر اسید فیتیک اندازه‌گیری شده در جدول ۱ ذکر شده است. رضایی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که با کاهش اندازه ذرات سبوس گندم، مقدار اسید فیتیک کاهش یافت. این کاهش در سبوس گندم استریل شده با اندازه ذرات ۲۰۰-۳۰۰ نسبت به اندازه ذرات ۳۰۰-۴۰۰ میکرومتر بیشتر بود (۳۴). این نتایج احتمالاً به دلیل افزایش ترکیبات فسفات در لایه‌های بیرونی سبوس گندم (۳۶) و افزایش سطح تماس ذرات سبوس گندم استریل شده با اندازه‌های کوچک‌تر است (۳۴). با کاهش اندازه ذرات سبوس گندم، در دسترس بودن فیتات برای فیتازها افزایش می‌یابد که باعث هیدرولیز فیتات بیشتر می‌شود (۱۲). در نتیجه، از بین بردن لایه آلوترون و پریکارپ محتوای فیتات را کاهش می‌دهد، که به دلیل افزایش توزیع فیتات در این لایه‌ها است (۳۶).

نتایج نشان داد فرایند هیدروترمال به‌طور مؤثری باعث کاهش محتوای اسید فیتیک سبوس گندم شد. مشرف و همکاران (۲۰۰۹) نیز شاهد کاهش محتوای اسید فیتیک سبوس گندم پس از تیمار هیدروترمال بودند (۲۸). فعالیت آنزیمی بسیار پایین‌تر در سبوس‌های تحت تیمار هیدروترمال مشاهده شده است که ممکن است به دلیل هدر رفت آنزیم در اثر شستشو و یا غیرفعال شدن در طول خشک شدن باشد. کاهش قابل توجهی در فیتات نیز ممکن است به دلیل هیدرولیز فیتات توسط فیتاز درست قبل از غیرفعال شدن آنزیم باشد (۳۷). این نتایج با مشاهدات فردلوند و همکاران (۱۹۹۷) و اوربانو و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد که گزارش کردند این کاهش ممکن است به این دلیل فعال شدن فیتاز درون‌زا باشد (۱۳ و ۴۰).

با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده مشاهده شد با کاهش اندازه ذرات تأثیر فرایند هیدروترمال و تخمیر بیشتر می‌شود. آزمایش‌ها نشان داد هر دو تخمیر مخمری و تخمیر لاکتیکی باعث کاهش مقدار اسید فیتیک شد و بیشترین مقدار کاهش مربوط به تخمیر ترکیبی مخمر

و اسیدلاکتیک باکتری بود. در مطالعه مین ژو و همکاران (۲۰۱۷) نتایج مشابهی به دست آمد (۴۵). سه دلیل را می توان برای تجزیه اسید فیتیک در سبوس گندم تخمیر شده مطرح نمود اول اینکه توانایی تجزیه فیتات کاملاً وابسته به pH است و pH بهینه فیتاز در گندم حدود ۵ است، بنابراین اسیدی شدن می تواند منجر به فعال شدن فیتاز برای هیدرولیز اسید فیتیک شود. در مرحله دوم، فیتاز در میکروارگانیسم ها شناسایی شده است. اسید فیتیک سبوس می تواند در اثر تخمیر توسط فیتاز باکتری اسیدلاکتیک یا مخمر تجزیه شود. و در نهایت فسفاتاز در میکروارگانیسم ها نیز می تواند اسید فیتیک را هیدرولیز کند (۴۳). همچنین لازم به ذکر است که در طول تخمیر باکتری اسیدلاکتیک نسبت به مخمر باعث اسیدی شدن سریع تر مواد خام از طریق تولید اسیدهای آلی، عمدتاً اسیدلاکتیک می شود (۲۸).



شکل ۲- اثر کاهش اندازه ذرات سبوس، هیدروترمال و تخمیر بر محتوای اسید فیتیک (گرم/۱۰۰ گرم)

حروف مختلف نشان دهنده تفاوت معنی داری بین نمونه ها در ($p \leq 0.05$) است.

مخمر / باکتری اسیدلاکتیک: LY (Lactic acid bacteria/ Yeast), باکتری اسیدلاکتیک: L (Lactic acid bacteria), مخمر: Y (Yeast)

۳-۳- محتوای فیبر رژیمی محلول و نامحلول سبوس گندم

سبوس یک محصول جانبی ارزان و دارای ارزش غذایی بالاست. در این تحقیق به بررسی اثر کاهش اندازه ذرات، نوع تخمیر و هیدروترمال بر محتوای فیبر رژیمی محلول، نامحلول و کل پرداخته شد. بر اساس داده های جدول ۲ کاهش اندازه ذرات سبوس اثر معنی داری بر کاهش فیبر رژیمی نامحلول و افزایش مقدار فیبر رژیمی محلول دارد ($p \leq 0.05$). کاهش اندازه ذرات سبوس گندم اثرات

مثبتی بر افزایش قابلیت هضم سلولز و همی سلولز، کاهش فیبر رژیمی نامحلول و افزایش فیبر رژیمی محلول و در نتیجه بهبود عملکرد سبوس دارد (۴۲ و ۲۰). در واقع در طی فرایند فیبر نامحلول به فیبر محلول تبدیل می‌شود.

تیمارهای هیدروترمال و تخمیر محتوای فیبر محلول سبوس را افزایش داد، در حالی که محتوای فیبر نامحلول را کاهش داد. بر این اساس، سبوس هیدروترمال شده دارای بیشترین مقدار فیبر محلول و کمترین مقدار فیبر نامحلول بود. اندازه ذرات، هیدروترمال و تخمیر بر فیبر رژیمی کل اثر معنی‌داری نداشت ($p \leq 0.05$). بافر اسیدی همراه با گرمایش استفاده شده در هیدروترمال و اسیدهای تولید شده در طی تخمیر و همچنین فعال شدن برخی آنزیم‌ها ممکن است باعث افزایش حلالیت فیبر رژیمی شود، همچنین مراحل شستشو که در هر دو تیمار استفاده می‌شود ممکن است برخی از مواد محلول در آب را حذف کند (به عنوان مثال پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها) و از این رو بقیه مواد فیبر بیشتری نسبت به شاهد داشتند (۲۵). میهالوسکی و همکاران، ۲۰۱۳ در تهیه خمیر ترش چاودار مشاهده کردند، مقدار فیبر رژیمی محلول در اثر تخمیر لاکتیکی و مخمری افزایش یافت (۲۷).

جدول ۲- اثر کاهش اندازه، هیدروترمال و تخمیر بر فیبر غذایی محلول، فیبر غذایی نامحلول و کل فیبر غذایی (گرم در ۱۰۰ گرم).

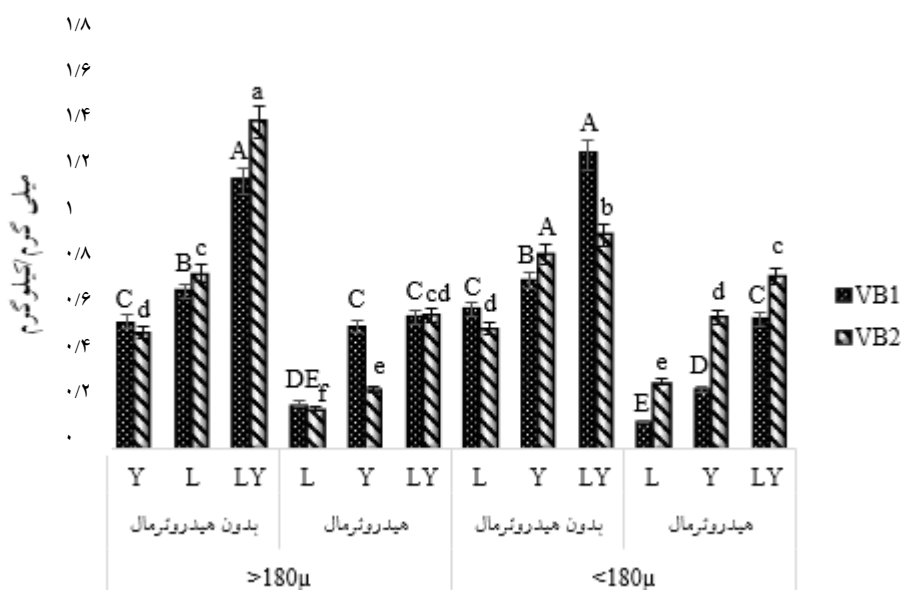
اندازه ذرات (μ)	هیدروترمال	تخمیر	فیبر رژیمی کل (گرم/۱۰۰ گرم)	فیبر رژیمی محلول (گرم/۱۰۰ گرم)	فیبر رژیمی نامحلول (گرم/۱۰۰ گرم)
$>180 \mu$	-	Y	50.99 ± 2.32^a	3.29 ± 1.45^e	47.70 ± 3.54^a
		L	50.27 ± 3.11^a	3.75 ± 2.02^e	46.52 ± 2.36^{ab}
		LY	51.52 ± 1.63^a	5.25 ± 2.23^c	46.27 ± 2.76^b
	✓	Y	48.57 ± 2.36^{ab}	5.47 ± 1.37^c	43.11 ± 3.73^c
		L	49.14 ± 2.76^{ab}	5.85 ± 1.83^c	43.30 ± 1.57^c
		LY	50.38 ± 2.32^a	7.34 ± 2.26^b	42.99 ± 2.52^{cd}
$<180 \mu$	-	Y	47.76 ± 1.48^b	4.65 ± 1.34^d	43.11 ± 1.47^c
		L	48.77 ± 2.36^{ab}	5.18 ± 1.83^c	43.59 ± 2.44^c
		LY	48.15 ± 2.35^b	5.69 ± 2.26^c	42.46 ± 1.84^d
	✓	Y	48.66 ± 1.71^{ab}	8.13 ± 1.56^b	40.54 ± 2.41^e
		L	48.78 ± 1.46^{ab}	8.78 ± 2.47^{ab}	39.99 ± 1.35^{ef}
		LY	48.57 ± 2.53^{ab}	9.40 ± 1.83^a	39.17 ± 1.24^f

مخمّر / باکتری اسیدلاکتیک: LY (Lactic acid bacteria/ Yeast)، باکتری اسیدلاکتیک: L (Lactic acid bacteria)، مخمر: Y (Yeast)

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها در $p \leq 0.05$ است.

۳-۴- محتوای تیامین و ریوفلاوین سبوس گندم

محتوای تیامین و ریوفلاوین سبوس گندم با اندازه ذرات مختلف تحت تیمارهای هیدروترمال و تخمیر در شکل ۳ آورده شده است. در این پژوهش مشاهده شد تیمار هیدروترمال منجر کاهش تیامین و ریوفلاوین شد. خیساندن و شستشو به طور قابل توجهی محتوای تیامین و ریوفلاوین را کاهش داد که عمدتاً به دلیل توزیع بیشتر تیامین و ریوفلاوین در قسمت‌های خارجی دانه و سبوس گندم است (۲۳). همچنین تیامین و ریوفلاوین ویتامین‌های محلول در آب هستند به همین علت در اثر شستشو از سبوس خارج می‌شوند. پختن و دمای بالا باعث از دست رفتن ویتامین‌ها به خصوص تیامین و ریوفلاوین می‌شود که به دلیل ناپایداری ساختار آن‌ها در مقابل حرارت بالاست (۲۴). در بررسی‌های انجام شده مشخص شد محتوای تیامین و ریوفلاوین طی تخمیر مخمری و لاکتیکی افزایش یافت ولی طی فرایندهای حرارتی کاهش یافت. تخمیرهای با زمان طولانی منجر به غنی‌سازی ۳۰ درصدی در ریوفلاوین می‌شود. بنابراین فرایند تخمیر می‌تواند حفظ ویتامین‌ها را در فرآیند پخت بهبود بخشد (۱۵) داده‌های حاصل از آزمایش‌ها نشان داد استفاده از هر دو تخمیر مخمری و لاکتیکی اثر هم‌افزایی بر سطوح تیامین و ریوفلاوین داشت. تولید ریوفلاوین با انتخاب سویه مناسب برای غنی‌سازی ماکارونی و نان توسط کاپوزی و همکاران انجام شده است (۹). رویکردهای کاربردی منجر به افزایش قابل توجه محتوای ریوفلاوین (حدود دو و سه برابر) به ترتیب در ماکارونی و نان شد، بنابراین نشان‌دهنده یک مسیر راحت و کاربرد مؤثر بیوتکنولوژیکی غذایی برای تولید ریوفلاوین در نان و ماکارونی غنی شده است. این روش ممکن است به تولید طیف وسیعی از غذاها، خوراک و نوشیدنی‌های غنی شده مبتنی بر غلات منجر شود.



شکل ۳- اثر کاهش اندازه، هیدروترمال و تخمیر بر محتوای تیامین و ریپوفلاوین سبوس گندم

(حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها در $p \leq 0.05$ است.)

مخمّر / باکتری اسیدلاکتیک: LY (Lactic acid bacteria/ Yeast), باکتری اسیدلاکتیک: L (Lactic acid bacteria), مخمر: Y (Yeast)

VB1: ویتامین ب ۱ (تیامین) / VB2: ویتامین ب ۲ (ریپوفلاوین)

۳-۵- محتوای مواد معدنی (Ca^{2+} , Zn^{2+} و Fe^{2+}) سبوس گندم

در این تحقیق به بررسی اثر اندازه ذرات، هیدروترمال و نوع تخمیر بر محتوای مواد معدنی سبوس گندم پرداخته شد. میزان آهن، روی و کلسیم در سبوس با اندازه درشت بیشتر از دانه‌ریز بود که حاصل نسبت بالای آندوسپرم و مواد نشاسته‌ای در سبوس‌های با ذرات ریز نسبت به درشت بود (۲۵ و ۴۶). کاهش مواد معدنی پس از خیساندن و تیمار هیدروترمال ممکن است به شسته شدن یون‌های آهن، کلسیم و روی در محیط آبی نسبت داده شود (۷). شرایط خیساندن مانند pH و دما نیز بر مقدار مواد معدنی از دست‌رفته تأثیر می‌گذارد (۲۹). مقادیر مواد معدنی تحت تأثیر ایجاد کمپلکس با ترکیباتی مانند اسید فیتیک، فیبر و پلی فنل‌ها قرار گرفتند (۴۶). فیتاز تحت تیمارهای اعمال‌شده در این مطالعه فعال شده و باعث انحلال اسید فیتیک می‌شود. این کمپلکس‌های نامحلول شکسته می‌شوند و نمک‌ها به محلول تبدیل می‌شوند، بنابراین مقدار آن کاهش می‌یابد (۳۸). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان کاهش روی در تیمار هیدروترمال بافر کمتر از کلسیم و آهن بود. این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده توسط تحقیقات دیگر مطابقت داشت (۳۱، ۴۶ و ۲۱). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، به دلیل شرایط خاص فرآوری در روش هیدروترمال شامل دما، pH، فعالیت فیتاز و غیره، میزان کاهش نمک در آب و هیدروترمال معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). تحقیق انجام‌شده توسط لیانگ و همکاران (۲۰۰۹) همچنین نشان داد که به دلیل افزایش فعالیت فیتاز در محلول بافر، میزان کاهش کلسیم در نمونه‌های سبوس برنج در محلول حالت بافر بیشتر از عملیات خیساندن بود، درواقع آنزیم فیتاز آزادسازی را کاتالیز کرد. کاهش pH حلالیت را تقویت می‌کند، در نتیجه باعث استخراج مواد معدنی می‌شود (۲۲).

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲ فرایند تخمیر منجر به افزایش مواد معدنی آهن، کلسیم و روی شد. تخمیر منجر به تجزیه و کاهش مقدار اسید فیتیک شد و از این طریق باعث افزایش دسترسی به مواد معدنی همچون آهن، کلسیم و روی شد. طی فرایند تخمیر اسیدیته محیط بالا می‌رود و شرایط برای فعالیت فیتاز مهیا می‌شود همچنین باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمر دارای آنزیم فیتاز و فسفاتاز هستند که همه این موارد منجر به تجزیه اسید فیتیک و افزایش دسترسی به مواد معدنی می‌شود (۴۳ و ۴۴).

جدول ۳- اثر کاهش اندازه، هیدروترمال و تخمیر بر میزان مواد معدنی سبوس گندم (Ca^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+})

اندازه ذرات (μ)	هیدروترمال	تخمیر	آهن (میلی گرم/کیلوگرم)	کلسیم (میلی گرم/کیلوگرم)	روی (میلی گرم/کیلوگرم)
$>180\mu$	–	Y	$56/59 \pm 1/82^d$	$521/55 \pm 4/13^c$	$45/61 \pm 3/47^c$
		L	$61/24 \pm 2/15^b$	$528/32 \pm 2/13^b$	$47/29 \pm 2/64^b$
		LY	$65/66 \pm 2/34^a$	$530/14 \pm 2/75^b$	$52/20 \pm 1/26^a$
	✓	Y	$42/28 \pm 1/46^g$	$470/31 \pm 1/84^g$	$41/74 \pm 1/53^d$
		L	$50/28 \pm 2/87^f$	$472/30 \pm 3/27^g$	$42/27 \pm 1/97^d$
		LY	$52/31 \pm 3/37^e$	$480/79 \pm 2/26^f$	$48/14 \pm 2/21^b$
$<180\mu$	–	Y	$55/61 \pm 2/25^d$	$502/12 \pm 3/24^e$	$43/70 \pm 3/26^d$
		L	$58/69 \pm 1/84^{cd}$	$513/63 \pm 2/15^d$	$45/13 \pm 2/68^c$
		LY	$60/29 \pm 2/22^b$	$570/22 \pm 2/63^a$	$50/27 \pm 2/36^{ab}$
	✓	Y	$39/23 \pm 1/86^h$	$450/32 \pm 1/43^i$	$40/54 \pm 1/18^e$
		L	$41/78 \pm 3/53^g$	$461/30 \pm 3/21^h$	$46/12 \pm 2/78^{bc}$
		LY	$50/74 \pm 2/58^f$	$480/79 \pm 2/73^f$	$48/41 \pm 4/17^b$

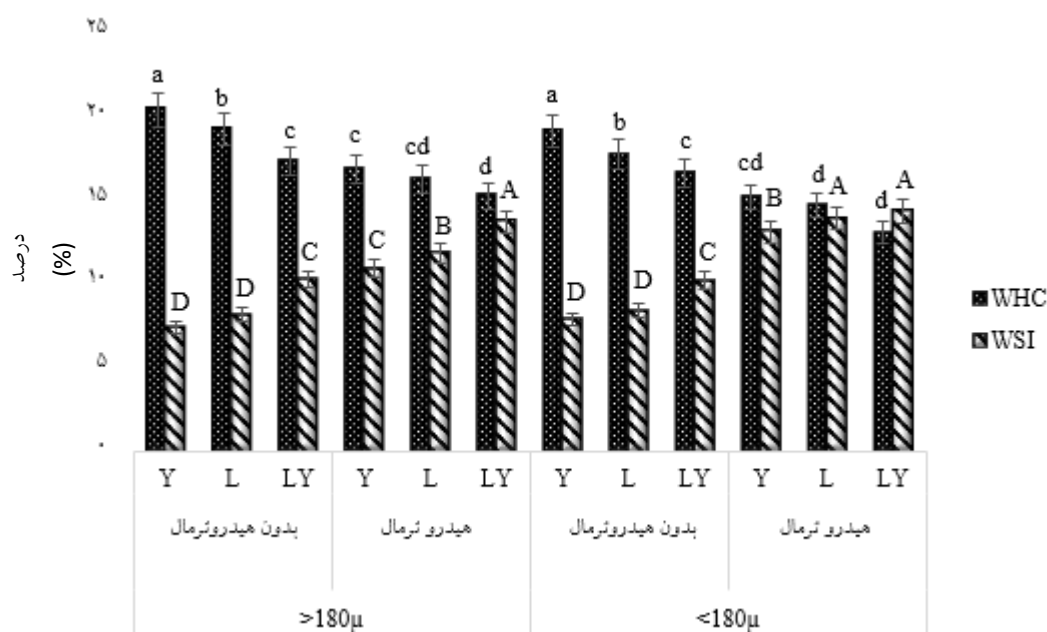
مخمیر / باکتری اسیدلاکتیک: LY (Lactic acid bacteria/ Yeast), باکتری اسیدلاکتیک: L (Lactic acid bacteria), مخمر: Y (Yeast)

حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها در $p \leq 0/05$ است.

۳-۶- ظرفیت نگهداری آب و شاخص انحلال در آب سبوس گندم

برهمکنش‌های مولکول‌های سبوس با آب توسط پارامترهای شاخص انحلال در آب و ظرفیت نگهداری آب در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که با کاهش اندازه ذرات تمام نمونه‌ها، ظرفیت نگهداری آب سبوس گندم به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. در حالی که شاخص انحلال در آب افزایش یافت. این پارامترها مربوط به مقدار هیدرو کلئیدها (به‌عنوان مثال سلولز، پنتوزان‌ها و پروتئین‌ها) موجود در سبوس که محتوای فیبر نامحلول سبوس با اندازه ذرات بزرگ‌تر بیشتر از سبوس با اندازه ذرات کوچک‌تر بود (۱۱). ساختار متخلخل زنجیره‌های فیبر نامحلول می‌توانند مقادیر زیادی آب را از طریق هیدروژن نگه‌دارند (۱۸ و ۴۲). نورت و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند کاهش اندازه ذرات سبوس از 1000μ به 75μ ، ظرفیت نگهداری آب از ۵۰۰ تا ۲۵۰ درصد کاهش یافت (۳۰). نمونه‌های هیدروترمال و تخمیر شده محتوای فیبر نامحلول کمتری نسبت به شاهد داشتند و از این رو آن‌ها ظرفیت نگهداری آب کمتری را نشان

دادند. از سوی دیگر شاخص انحلال در آب مقدار مواد محلول در آب نمونه‌ها را نشان می‌دهد (۴۵). مواد محلول در آب مانند قندها، به‌ویژه پروتئین‌ها آلومین‌ها و گلوبولین‌ها و پلی‌ساکاریدهای محلول از جمله فیبرهای محلول سبوس به حساب می‌آیند. مقدار این اجزا با کاهش اندازه ذرات سبوس کاهش یافت. تیمارهای هیدروترمال و تخمیر می‌توانند فیبر محلول را افزایش دهند. افزایش محتوای فیبر محلول سبوس منجر به افزایش شاخص انحلال در آب می‌شود. با توجه به نتایج موجود در شکل ۴، سبوس با اندازه ذرات کوچک‌تر کمتر در نگهداری آب و تورم در محیط‌های آبی مؤثر است. بر این اساس، آن‌ها ممکن است در نگهداشتن آب مدفوع و انتقال سریع از طریق روده کمتر مؤثر باشند. بنابراین، سبوس درشت و غذاهای مکمل با آن‌ها انتخابی مناسب برای بیماران مبتلا به بیماری دیورتیکولار و افراد نیاز به رژیم غذایی با فیبر بالا برای سلامت روده بزرگ است (۴).



شکل ۴- تأثیر کاهش اندازه، هیدروترمال و تخمیر بر ظرفیت نگهداری آب و شاخص حلالیت در آب سبوس گندم.

(حروف کوچک متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها در $p \leq 0.05$ است.)

مخمّر/ باکتری اسیدلاکتیک: LY (Lactic acid bacteria/ Yeast), باکتری اسیدلاکتیک: L (Lactic acid bacteria), مخمر: Y (Yeast)

WHC: ظرفیت نگهداری آب / WSI: شاخص انحلال در آب

۴- نتیجه‌گیری کلی

بررسی اثر اندازه ذرات، هیدروترمال و نوع تخمیر نشان داد، برای کاهش ترکیبات ضد تغذیه مثل اسید فیتیک می‌توان از این فرایندها استفاده کرد. اعمال این فرایندها بر سایر ترکیبات و خواص سبوس گندم اثرگذار بود. در این پژوهش به این نتیجه رسیدیم کاهش اندازه ذرات، هیدروترمال و تخمیر باعث کاهش اسید فیتیک سبوس گندم شد. مشاهده شد استفاده هم‌زمان از باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمر در تخمیر اثر هم‌افزایی در کاهش محتوای اسید فیتیک داشت. همچنین مشاهده شد محتوای فیبر رژیمی محلول و نامحلول در اثر این تیمارها به ترتیب افزایش و کاهش یافت. ظرفیت نگهداری آب روند مشابهی با فیبر رژیمی نامحلول داشت همچنین شاخص جذب آب با افزایش فیبر رژیمی محلول افزایش یافت. محتوای مواد معدنی (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) در اثر فرآیند هیدروترمال و کاهش اندازه ذرات کاهش و در اثر فرایند تخمیر افزایش یافت. محتوای تیامین و ریبوفلاوین در اثر فرایند هیدروترمال افزایش یافت و در فرایند تخمیر تیامین و ریبوفلاوین شد. به طور کلی، نتیجه‌گیری می‌شود کاهش اندازه ذرات، هیدروترمال و تخمیر روش‌های مناسبی برای کاهش اسید فیتیک سبوس گندم است.

۵- منابع

1. AACC. Approved Methods of the American Association. Cereal Chem. 2000.
2. Alzuwaid NT, Fleming D, Fellows CM, Laddomada B, Sissons M. Influence of durum wheat bran particle size on phytochemical content and on leavened bread baking quality. Foods. 2021; 3(135): 3 - 13. doi: 10.3390/foods10030489.
3. Andersson AAM, Andersson R, Jonsäll A, Andersson J, Fredriksson H. Effect of Different Extrusion Parameters on Dietary Fiber in Wheat Bran and Rye Bran. J Food Sci. 2017; 239: 113-124. doi: 10.1111/1750-3841.13741.
4. Anderson R. A, Sivri D, Yildirim Z, Koksel H. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. J Cereal Sci. 1969; 36(1): 39-52. doi: 10.1002/star.19700220408.
5. Apprich S, Tirpanalan Ö, Hell J, Reisinger M, Böhmendorfer S, Siebenhandl-Ehn S, et al. Wheat bran-based biorefinery 2: Valorization of products. LWT. 2014; 56: 152 - 162. doi: 10.1018/j.lwt.2014.04.057.
6. Babu CR, Harsha K, Sheik KB, Viswanatha CK. Wheat bran-Composition and nutritional quality: A review. Adv Biotechnol Microbiol. 2018; 16(4-6): 147 - 156. doi:

10.19080/AIBM.2018.09.555754.

7. Balk J, Connorton JM, Wan Y, Lovegrove A, Moore KL, Uauy C, et al. Improving wheat as a source of iron and zinc for global nutrition. *Nutr Bull.* 2019; 18: 241 - 247. doi: 10.1111/nbu.12361.
8. Bilgiçli N, Ibañoğlu Ş. Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, a wheat flour-yoghurt mixture. *J Food Eng.* 2007; 32(1):195 - 203. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.11.012.
9. Capozzi V, Menga V, Digesù AM, De Vita P, Van Sinderen D, Cattivelli L, et al. Biotechnological production of vitamin B2-enriched bread and pasta. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2011; 67: 603 - 605. doi: 10.1021/jf201519h.
10. CHEN H, RUBENTHALER GL, SCHANUS EG. Effect of Apple Fiber and Cellulose on the Physical Properties of Wheat Flour. *J Food Sci.* 1988; (1): 39 -52. doi:10.1111/j.1365-2621.1988.tb10242.x.
11. De Bondt Y, Rosa-Sibakov N, Liberloo I, Roye C, Van de Walle D, Dewettinck K, et al. Study into the effect of microfluidisation processing parameters on the physicochemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.) bran. *Food Chem.* 2020; 244: 1829 - 1842. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125436.
12. Deroover L, Tie Y, Verspreet J, Courtin CM, Verbeke K. Modifying wheat bran to improve its health benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2020; 19:1037 - 1043. doi: 10.1080/10408398.2018.1558394.
13. Fredlund K, Asp NG, Larsson M, Marklinder I, Sandberg AS. Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oats after hydrothermal treatment. *J Cereal Sci.* 1997; 15 (6): 234-257. doi: 10.1007/s13205-017-0698-5.
14. Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of Food Science and Technology.* 2015; 71(23): 152-164. doi: 10.1007/s13197-013-0978-y.
15. Handbook on Sourdough Biotechnology. *Handbook on Sourdough Biotechnology.* 2023. pp. 352-403.
16. Haug W, Lantzsch H -J. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *J Sci Food Agric.* 1983; 28: 417 - 427. doi:10.1002/jsfa.2740341217.

17. Hemery Y, Rouau X, Lullien-Pellerin V, Barron C, Abecassis J. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *J Cereal Sci.* 2007; 39 (10): 1017 - 1022. doi: 10.12691/jfnr-6-4-2.
18. Jacobs PJ, Hemdane S, Dornez E, Delcour JA, Courtin CM. Study of hydration properties of wheat bran as a function of particle size. *Food Chem.* 2015; 5(4):69. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.117.
19. Katina K, Juvonen R, Laitila A, Flander L, Nordlund E, Kariluoto S, et al. Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. *Cereal Chem.* 2012; 18(1): 89 - 101. Do: 10.1094/CCHEM-08-11-0106.
20. Kim BK, Cho AR, Chun YG, Park DJ. Effect of microparticulated wheat bran on the physical properties of bread. *Int J Food Sci Nutr.* 2013; 67: 603 - 605. doi: 10.3109/09637486.2012.710890.
21. Lestienne I, Icard-Vernière C, Mouquet C, Picq C, Trèche S. Effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents. *Food Chem.* 2005; 18(1): 89 - 101. doi: 10.1007/s13197-012-0921-7.
22. Liang J, Han BZ, Nout MJR, Hamer RJ. Effect of soaking and phytase treatment on phytic acid, calcium, iron and zinc in rice fractions. *Food Chem.* 2009; 47(1): 128- 131. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.12.051.
23. Liu K lun, Zheng J bao, Chen F sheng. Relationships between degree of milling and loss of Vitamin B, minerals, and change in amino acid composition of brown rice. *LWT.* 2017; 129(1): 84 - 91. doi: 10.1016/j.lwt.2017.04.067.
24. Liu K, Zheng J, Wang X, Chen F. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice. *Food Chem.* 2019; 79: 1033 - 1047. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.12.053.
25. Majzoobi M, Pashangeh S, Farahnaky A, Eskandari MH, Jamalain J. Effect of particle size reduction, hydrothermal and fermentation treatments on phytic acid content and some physicochemical properties of wheat bran. *J Food Sci Technol.* 2014; 96: 295 - 303. doi: 10.1007/s13197-012-0802-0.
26. Messia MC, Reale A, Maiuro L, Candigliota T, Sorrentino E, Marconi E. Effects of pre-fermented wheat bran on dough and bread characteristics. *J Cereal Sci.* 2016; 16: 56 - 65. doi: 10.1016/j.jcs.2016.03.004.

27. Mihhalevski A, Nisamedtinov I, Hälvin K, Ošeka A, Paalme T. Stability of B-complex vitamins and dietary fiber during rye sourdough bread production. *J Cereal Sci.* 2013; 46 (4): 227 - 239. doi: 10.1016/j.jcs.2012.09.007.
28. Mosharraf L, Kadivar M, Shahedi M. Effect of hydrothermally treated bran on physicochemical, rheological and microstructural characteristics of Sangak bread. *J Cereal Sci.* 2009;49(3):398–404. doi:10.1016/j.jcs.2009.01.006.
29. Nogala-Kałucka M, Kawka A, Dwiecki K, Siger A. Evaluation of bioactive compounds in cereals. Study of wheat, barley, oat and selected grain products. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2020; 15: 75 - 81. doi: 10.17306/J.AFS.2020.0858.
30. Noort MWJ, van Haaster D, Hemery Y, Schols HA, Hamer RJ. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality - Evidence for fibre-protein interactions. *J Cereal Sci.* 2010; 68:108 - 113. doi: 10.1016/j.jcs.2010.03.003.
31. Özkaya B, Baumgartner B, Özkaya H. Effects of concentrated and dephytinized wheat bran and rice bran addition on bread properties. *J Texture Stud.* 2018; 15(4): 374 –383. doi: 10.1111/jtxs.12286.
32. Özkaya B, Turksoy S, Özkaya H, Duman B. Dephytinization of wheat and rice brans by hydrothermal autoclaving process and the evaluation of consequences for dietary fiber content, antioxidant activity and phenolics. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2017; 21: 1397 - 1406. doi: 10.1016/j.ifset.2016.11.012.
33. Prückler M, Siebenhandl-Ehn S, Apprich S, Höltinger S, Haas C, Schmid E, et al. Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *LWT.* 2014; 13: 373 - 386. doi: 10.1016/j.lwt.2013.12.004.
34. Rezaei S, Najafi MA, Haddadi T. Effect of fermentation process, wheat bran size and replacement level on some characteristics of wheat bran, dough, and high-fiber Tafton bread. *J Cereal Sci.* 2019; 30(1): 393 - 400. doi: 10.1016/j.jcs.2018.11.019.
35. Salmenkallio-Marttila M, Katina K, Autio K. Effects of bran fermentation on quality and microstructure of high-fiber wheat bread. *Cereal Chem.* 2001; 67: 2 - 11. doi: 10.1094/CCHEM.2001.78.4.429.
36. Sathe SK, Venkatachalam M. Influence of processing technologies on phytate and its removal. In: *Food Phytates.* 2001; 95 (4): 653 - 661.

37. Sedaghati M, Kadivar M, Shahedi M, Soltanizadeh N. Evaluation of the effect of fermentation, hydrothermal treatment, soda, and table salt on phytase activity and phytate content of three Iranian wheat cultivars. *J Agric Sci Technol*. 2011; 121 (3): 591 - 598. doi: 20.1001.1.16807073.2011.13.7.7.2.
38. Servi S, Özkaya H, Colakoglu AS. Dephytinization of wheat bran by fermentation with bakers' yeast, incubation with barley malt flour and autoclaving at different pH levels. *J Cereal Sci*. 2008; 84: 357 - 364. doi: 10.1016/j.jcs.2007.10.011.
39. Singh B, Kumar G, Kumar V, Singh D. Enhanced Phytase Production by *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* in Solid State Fermentation and its Utility in Improving Food Nutrition. *Protein Pept Lett*. 2021; 21: 110 - 117. doi: 10.2174/0929866528666210720142359.
40. Urbano G, Aranda P, Gómez-Villalva E, Frejnagel S, Porres JM, Frías J, et al. Nutritional evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) Protein diets after mild hydrothermal treatment and with and without added phytase. *J Agric Food Chem*. 2003; 168: 16 - 19. doi: 10.1021/jf0209239.
41. Viuda-Martos M, López-Marcos MC, Fernández-López J, Sendra E, López-Vargas JH, Perez-Álvarez JA. Role of fiber in cardiovascular diseases: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2010; 53 (1): 346 - 354. doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00102.x.
42. Wang L, Pang T, Kong F, Chen H. Steam Explosion Pretreatment for Improving Wheat Bran Extrusion Capacity. *Foods*. 2022; 56: 389 - 395. doi: 10.3390/foods11182850.
43. Wang X, Xu Y, Teo SQ, Heng CW, Lee DPS, Gan AX, et al. Impact of solid-state fermented Brewer's spent grains incorporation in biscuits on nutritional, physical and sensorial properties. *LWT*. 2023; 5 (3): 439 - 445. doi: 10.1016/j.lwt.2023.114840.
44. Zamudio M, González A, Medina JA. *Lactobacillus plantarum* phytase activity is due to non-specific acid phosphatase. *Lett Appl Microbiol*. 2001; 66: 55 - 66. doi: 10.1046/j.1472-765x.2001.00890.x.
45. Zhao HM, Guo XN, Zhu KX. Impact of solid state fermentation on nutritional, physical and flavor properties of wheat bran. *Food Chem*. 2017; 42: 865 - 870. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.08.062.
46. Zhou X, Yue T, Wei Z, Yang L, Zhang L, Wu B. Evaluation of nutritional value, bioactivity and mineral content of quinoa bran in China and its potential use in the food industry. *Curr Res Food Sci*. 2023; 58(1): 124 - 129. doi: 10.1016/j.crfs.2023.100562.

Effect Of Particle Size, Hydrothermal Treatments And Fermentation Type On Phytic Acid Reduction And Physicochemical And Nutritional Characteristics Of Wheat Bran

Samira mansourgorgani¹, Yahya maghsoudlou^{2*}, Morteza khomeiri², Mehran alami³, Mohammad ghorbani³

¹PhD student, Department of Food Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan , Iran.

²Professor, Food Science and Industry, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran.

³Associate Professor, Food Science and Industry, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

Wheat bran is rich in minerals, fiber, B vitamins, etc. However, it contains anti-nutritional compounds such as phytic acid, which prevents the absorption of minerals in the body. In this research, the bran was ground and separated using sieve number 80. Wheat bran was soaked in acetate buffer (pH = 4.8) and autoclaved (121°C, 2 hours). Autoclaved bran was fermented with water and active dry yeast/suspension of lactic acid bacteria/suspension of lactic acid bacteria and yeast. Changes in the content of phytic acid, soluble and insoluble dietary fiber, thiamin and riboflavin, mineral content, water holding capacity and water absorption index of wheat bran with particle size larger and smaller than 180 microns were investigated during hydrothermal and fermentation treatments. The results showed that reducing the particle size, hydrothermal treatments and fermentation reduced the phytic acid of wheat bran. The content of soluble and insoluble dietary fiber increased and decreased, respectively. The storage capacity and water absorption index had a similar trend with insoluble dietary fiber and soluble dietary fiber, respectively. The content of minerals (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) decreased due to hydrothermal treatment and particle size reduction and increased due to fermentation process. The contents of thiamine and riboflavin increased due to hydrothermal treatment and fermentation treatment led to the production of thiamine and riboflavin. By observing the data obtained from this research, we came to the conclusion that the use of hydrothermal treatments and fermentation and reducing the size of particles is suitable for reducing the content of phytic acid.

Keywords: Wheat bran, Phytic acid, Particle size, Hydrothermal, Fermentation.

Corresponding Author: y.maghsoudlou@gau.ac.ir