مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفدهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، صفحات ۶۶-۵۷

اثر سبوس گندم (فرآیند نشده و هیدروترمال) و سطح جایگزینی بر خواص کمی و کیفی کشک زرد

سمیه خاوری[۱]، محمد علی نجفی[۲]، محمد امین میری[۳]، محمود توکلی[۳]، طیبه حدادی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. پست الکترونیکی: m.njafi413@uoz.ac.ir

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۴- مربی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۸

چکیده

سابقه و هدف: غذاهای تخمیری سابقه طولانی در تأمین غذای انسان دارند. کشک زرد فرآورده تخمیری است که برپایه غلات و ماست تهیه می شود. بهبود خواص تغذیه‌ای مواد غذایی همواره مورد توجه بوده است. هدف از این تحقیق ارزیابی اثر جایگزینی سبوس گندم فرآیند نشده و هیدروترمال بر بهبود خواص تغذیه‌ای و حسی کشک زرد است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، اثر نوع سبوس گندم (در سطوح فرآیند نشده و هیدروترمال) و سطح جایگزینی (در سطوح: ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) بر مقادیر pH، اسیدیته، پروتئین، پروتئین قابل هضم، اسید فیتیک، روی، قابلیت دسترسی روی، فنل کل، خاصیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH)، و پذیرش کلی کشک زرد بررسی شد.

یافته‌ها: تمامی صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر نوع و سطح جایگزینی سبوس قرار داشتند ($p<۰/۰۵$) افزودن سبوس گندم در مقایسه با نمونه کنترل باعث افزایش مقادیر فیبر کل و بهبود قابلیت جذب روی در تمامی سطوح جایگزینی گردید ($p<۰/۰۵$). جایگزینی سبوس فرآیند نشده روند افزایشی و هیدروترمال روند کاهشی بر مقدار پروتئین داشتند ($p<۰/۰۵$). افزودن سبوس هیدروترمال موجب بهبود قابلیت هضم پروتئین گردید ($p<۰/۰۵$).

نتیجه گیری: باتوجه به شاخص‌های مقدار پروتئین، قابلیت هضم پروتئین، قابلیت جذب روی، مقدار فیبرکل و پذیرش کلی تیمار سطح جایگزینی ۱۰ درصد سبوس هیدروترمال در فرمولاسیون کشک زرد پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: آنتی اکسیدان، فیبر، قابلیت هضم پروتئین، کشک زرد

• مقدمه

تخمیر از جمله فرآیندهای مطلوب در صنایع غذایی است که به منظور تهیه محصولات ارزان قیمت، خوش طعم، ایمن و مغذی مورد استفاده قرار می‌گیرد. غذاهای تخمیر شده را می-توان به عنوان گروهی از مواد غذایی تعریف کرد که برای مدتی تحت تأثیر میکروارگانیسم‌ها (باکتری ها، کپک ها و مخمرها) و آنزیم ها قرار گرفته و محصولات نهایی دستخوش تغییرات مطلوب شده‌اند (۱). کشک زرد، یک محصول سنتی تخمیر شده غلات، با مخلوط کردن آرد گندم، ماست، سبزیجات معطر و ادویه است که پس از تخمیر، خشک و آسیاب کردن تهیه می شود. این محصول پس از بازسازی با آب بصورت سوپ غلیظ مصرف می شود. محصولات مشابه کشک زرد شامل ترخینه (Tarhana) (در یونان و ترکیه)، کیشک (Kishk) (در مصر و لبنان)، کوشک (Kushuk) (در عراق) و تالکونا (Talkuna) (در فنلاند) می‌باشند (۲). اهمیت تغذیه ای اختلاط شیر تخمیر شده با غلات، بهبود رژیم غذایی بر پایه پروتئین، کلسیم و حذف ترکیبات ضد تغذیه‌ای مانند اسید فیتیک به شکل قابل قبول است (۳).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

امروزه تهیه غذاهای سلامت بخش با اهداف توسعه صنعتی و بهبود خواص تغذیه‌ای در حال انجام است (۴). افزودن فیبر رژیمی در فرآورده‌های غذایی به دلیل قابلیت کاربرد تکنولوژیکی و فواید آن برای سلامتی انسان از جمله کاهش خطر ابتلا به سرطان روده بزرگ، چاقی، بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت نوع ۲ مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات نشان داده رژیم غذای فرد بالغ حدود ۶۳ درصد نیاز روزانه را تأمین می‌کند. غذاهایی که بتوانند ۲/۵ گرم فیبر غذایی مورد نیاز را تأمین نمایند خوب و چنانچه ۵ گرم تأمین گردد عالی ارزیابی می شوند (۵). تاکنون تحقیقاتی در خصوص اثر افزودن سبوس و جوانه گندم بر ترخینه (۱)، سبوس گندم بر شیر تخمیری (۶) و سبوس گندم بر نان مسطح (۷) انجام شده است. سبوس گندم محصول جانبی فرآیند آسیابی دانه گندم است که از جداسازی لایه بیرونی آندوسپرم نشاسته‌ای بدست می‌آید. سبوس دانه گندم منبعی غنی از فیبر رژیمی، املاح، ویتأمین‌های ب و ترکیبات فعال زیستی است که عمدتا حاوی سلولز، لیگنین، آرابینوگزیلان و بتا-گلوکان است (۸). گزارش شده است که افزودن سبوس گندم می‌تواند باعث بهبود خواص تغذیه‌ای و حسی فرآورده های غذایی شود که این موضوع تابع نوع ماده غذایی، فعالیت تخمیری، نوع سبوس، روش فرآوری سبوس و سطح جایگزینی آن است (۷، ۶، ۱). کاهش اسید فیتیک سبوس گندم یک فاکتور کلیدی و ضروری است که با استفاده از تخمیر، فرآیند هیدروترمال و خیساندن امکان پذیر است (۹). در این بین فرآیند هیدروترمال به دلیل سادگی و کارآمدی در کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای و بهبود خواص تغذیه‌ای سبوس مورد توجه است (۱۰). هدف از این تحقیق بررسی اثر افزودن نوع سبوس گندم (فرآیند نشده و هیدروترمال) به فرمول کشک زرد (۰ تا ۴۰ درصد وزنی/ وزنی، برپایه آرد گندم) بر خواص تغذیه‌ای شامل قابلیت هضم پروتئین در شرایط آزمایشگاهی، محتوای اسید فیتیک، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، ترکیبات فنلی کل، قابلیت جذب روی و خواص حسی نمونه های کشک زرد غنی شده می باشد.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه: گندم و سبوس مورد نیاز از کارخانه آرد لیونا واقع در شهر زاهدان و سبزی‌های معطر، ادویه‌ها و ماست از بازار محلی شهر زابل تهیه شد. نمونه ماست (۳/۸ درصد پروتئین و ۰/۶ درصد چربی) حداکثر ۲۴ ساعت قبل خریداری و پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. کلیه آزمون‌ها با استفاده از مواد شیمیایی برند مرک، ساخت کشور آلمان انجام شد.

تهیه نمونه‌های کشک زرد: در این پژوهش نوع سبوس در دو سطح فرآیند نشده (B1) و هیدروترمال (B2) به عنوان متغیر اول و جایگزینی سبوس با آرد گندم در پنج سطح کنترل، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد (به ترتیب C، S1، S2، S3، S4) به عنوان متغیر دوم در نظر گرفته شدند. کشک زرد پایه از اختلاط ماست محلی (۶۰۰ گرم)، آرد گندم (۴۰۰ گرم)، تخم گشنیز (۲۵ گرم)، زردچوبه (۱۵ گرم)، سیر (۱۰ گرم)، شوید (۱۰ گرم)، زیره (۵ گرم)، فلفل سیاه (۵ گرم)، و رازیانه (۵ گرم) تهیه گردید. ابتدا تمامی اجزاء جداگانه به کمک دستگاه آسیاب (مدل 48-D0544، شرکت Binder، آلمان) در محل آزمایشگاه پودر و ذرات با سایز ۲۰۰-۳۰۰ میکرومتر توسط الک جداسازی گردیدند. به منظور حذف آلودگی ثانویه سبوس تهیه شده با آب آشامیدنی (۵ برابر نسبت حجمی/وزنی) شستشو و سپس در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. سبوس هیدروترمال مطابق روش Ozkaya و همکاران (۲۰۱۷) تهیه شد (۱۱). بدین منظور سبوس خام شسته شده با آب آشامیدنی (w/v 15:1) مخلوط شده و pH سوسپانسیون توسط اسید کلریدریک ۱۰ نرمال به حدود ۴ رسانده شد. در مرحله بعد به مدت ۳۰ دقیقه اتوکلاو و پس از جداسازی فاز محلول به کمک الک، ۵ مرتبه با آب (w/w 10) شسته و پس از خشک شدن در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد جهت مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفت. فرآیند جایگزینی سبوس با آرد گندم قبل از اختلاط اجزاء انجام شد. تمامی مواد طی یک مرحله با یکدیگر مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه همزده شدند. خمیر تهیه شده برای مدت ۱۰ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری و هر ۱۲ ساعت به روش دستی همزده شدند. در پایان سوسپانسیون تخمیر شده به صورت لایه‌ای با ضخامت ۳ میلی‌متر بر روی سینی‌های استریل پهن و در دمای آزمایشگاه برای مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. در نهایت به‌کمک آسیاب آزمایشگاهی در rpm ۲۰۰۰۰ برای مدت ۳ دقیقه آسیاب گردیدند.

مقادیر ترکیبات شیمیایی: مقادیر pH و اسیدیته مطابق روش Rezaei و همکاران (۲۰۱۹) به کمک دستگاه pH متر دیجیتال (مدل PTR79، زاگ شیمی، ایران) و محلول سود ۰/۱ نرمال اندازه گیری شد (۷). پروتئین به روش کلدال، چربی با استفاده از سوکسله، فیبر کل به روش آنزیمی همچنین خاکستر و روی به ترتیب مطابق دستورالعمل شماره-های ۹۹۶/۱۱، ۹۲۲/۰۶، ۹۹۲/۱۶، ۹۲۳/۰۳ و ۹۷۹/۰۹

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

مندرج در AOAC (2002) اندازه‌گیری شدند (۱۲). میزان نشاسته برابر دستورالعمل Ahmed و همکاران (۲۰۱۶) پس از کسر وزن خشک کل از مجموع چربی، پروتئین، خاکستر و فیبر کل محاسبه گردید (۱۳). مقدار فنل‌کل به روش اسپکتروفتومتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Gold spectrumlab 54) در طول موج ۷۶۰ نانومتر تعیین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برپایه ظرفیت مهار رادیکالی DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) اندازه‌گیری شد (۱۵).

تعیین پروتئین قابل هضم: ابتدا مقدار ۵۰ میلی لیتر سوسپانسیون کشک زرد با pH = ۸ به حمام بن ماری با دمای۳۷ درجه سانتی‌گراد منتقل و مخلوط آنزیم کموتریپسین، تریپسین و پپتیداز به آن افزوده شد (۱۶). مقدار پروتئین قابل هضم از فرمول ذیل محاسبه گردید:

$Y= ۲۱۰/۴۶۴ - ۱۸/۱۰۳ x$ (۱)

Y= قابلیت هضم پروتئین

X= pH پس از ۱۰ دقیقه

اسید فیتیک و قابلیت جذب روی: اندازه گیری اسید فیتیک مطابق روش Rezaei و همکاران (۲۰۱۹) برپایه استیوکیومتری و نسبت وزنی آهن به فسفر (۴:۶) تعیین شد (۷). برای تعیین قابلیت جذب روی از فرمول ذیل استفاده گردید (۲).

$$Phy/Zn = \frac{\text{۶۶۰/ اسید فیتیک (۱۰۰ گرم/ میلی‌گرم)}}{\text{۶۵/۴ / روی (۱۰۰ گرم/ میلی‌گرم)}}$$

خواص حسی: ارزیابی پذیرش کلی نمونه‌های کشک زرد، به روش هدونیک ۹ امتیازی (امتیاز ۱ بسیار بد و امتیاز ۹ بسیار خوب) به کمک ۳۵ ارزیاب نیمه آموزش دیده شامل کارمندان و دانشجویان دانشگاه زابل (۲۲ تا ۳۵ سال)، مورد ارزیابی قرار گرفتند. شماره گذاری نمونه‌ها بطور تصادفی و آزمایش در شرایط دمایی و نور مناسب، انجام شد (۱۵).

آنالیز آماری: کلیه آزمون‌ها در سه تکرار، بر مبنای آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی اجرا گردیدند. تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و اختلاف معنی‌دار میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه گردید.

• یافته‌ها

خواص فیزیکوشیمیایی آرد گندم، سبوس فرآیند نشده و هیدروترمال در جدول ۱ آورده شده است. فرآیند هیدروترمال باعث کاهش مقادیر پروتئین، چربی، خاکستر، نشاسته، اسید فیتیک، فنل کل، DPPH و افزایش فیبر کل سبوس شد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۱. تغییرات خصوصیات فیزیکو شیمیایی سبوس (بر پایه وزن خشک بر حسب درصد)

پارامتر	آرد گندم	نوع سبوس	
		فرآیند نشده	هیدروترمال
pH	۶/۴ ± ۰/۱ b	۷/۴ ± ۰/۱ a	۴/۱ ± ۰/۱ c
اسیدیته (ml NaOH 0.1N)	۵/۶ ± ۰/۳ c	۶/۱ ± ۰/۳ b	۱۰/۸ ± ۰/۵ a
پروتئین (درصد)	۱۳/۳ ± ۰/۲ c	۱۶/۲ ± ۰/۴ a	۱۱/۶ ± ۰/۴ b
چربی (درصد)	۱/۹ ± ۰/۱ b	۲/۴ ± ۰/۳ a	۱/۱ ± ۰/۲ c
خاکستر (درصد)	۰/۹ ± ۰/۱ c	۶/۴ ± ۰/۳ a	۲/۵ ± ۰/۲ b
فیبر کل (درصد)	۱۰/۳ ± ۰/۸ c	۵۱/۷ ± ۱/۵ b	۶۸/۱ ± ۱/۷ a
نشاسته (درصد)	۷۳/۲ ± ۱/۴ a	۲۳/۳ ± ۰/۶ b	۱۹/۲ ± ۰/۳ c
اسید فیتیک (mg/100g dw)	۳۷۶/۳ ± ۱/۴ b	۳۹۸۵/۵ ± ۰/۹ a	۲۸۳۰/۳ ± ۲/۳ c
مقدار روی (mg/100g dw)	۰/۹۳ ± ۰/۲۴ b	۸/۴۵ ± ۰/۲۱ a	۸/۱۲ ± ۰/۱۳ a
فنل کل (mM gallic acid/g dw)	۱/۸۳ ± ۰/۲۷ c	۳/۴۸ ± ۰/۱۵ a	۱/۹۲ ± ۰/۱۲ b
DPPH (mM Trolox eq/g dw)	۹/۷۳ ± ۰/۰۷ a	۶/۷۳ ± ۰/۰۳ b	۵/۲۸ ± ۰/۰۴ c

نتایج به صورت میانگین داده‌ها ± انحراف معیار نمایش داده شده‌اند. حروف مشترک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

pH و اسیدیته: همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقادیر pH و اسیدیته نمونه‌های کشک زرد تحت تأثیر نوع سبوس و سطح جایگزینی قرار گرفتند ($p<۰/۰۵$). مقدار pH از ۴/۴ تا ۵/۴ متغیر بود که به ترتیب در نمونه‌های کنترل و B1S4 بدست آمد ($p<۰/۰۵$). افزایش سطح جایگزینی سبوس از صفر به ۴۰ درصد باعث افزایش pH و کاهش اسیدیته گردید ($p<۰/۰۵$). نمونه‌های تهیه شده با سبوس فرآیند نشده در مقایسه با هیدروترمال، در سطوح جایگزینی یکسان مقادیر pH بالاتری ثبت نمودند حال آن‌که این روند برای اسیدیته روند معکوس داشت ($p<۰/۰۵$). مقادیر اسیدیته نمونه‌های کشک زرد در محدوده ۲/۰ تا ۳/۸ قرار داشتند که به ترتیب در نمونه‌های B1S4 و کنترل ثبت شد ($p<۰/۰۵$).

پروتئین: براساس نتایج مندرج در جدول ۳، نوع سبوس و سطح جایگزینی بر میزان پروتئین تأثیر معنی دار داشتند ($p<۰/۰۵$). کمترین (۱۶/۴ ٪) و بیشترین (۱۹/۱) مقدار به ترتیب در تیمارهای B2S4 و B1S4 اندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$). افزایش سطح جایگزینی سبوس فرآیند نشده باعث بروز روند افزایشی و هیدروترمال روند کاهشی نشان دادند ($p<۰/۰۵$).

قابلیت هضم پروتئین: قابلیت هضم پروتئین تحت تأثیر نوع و سطح جایگزینی سبوس مقادیر متفاوتی را ثبت نمود ($p<۰/۰۵$). افزایش سطح جایگزینی سبوس فرآیند نشده از ۱۰ به ۴۰ درصد روند کاهشی نشان داد بطوری‌که کمترین مقدار قابلیت هضم پروتئین (۵۲/۸ ٪) در تیمار B1S4 دیده شد. بالاترین مقدار (۶۵/۵ ٪) نیز در نمونه B2S1 مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$).

اسید فیتیک: نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های اسیدفیتیک (جدول ۲) نشان می‌دهد تیمارهای حاوی سبوس فرآیند نشده در مقایسه با هیدروترمال حاوی اسید فیتیک بالاتری بودند ($p<۰/۰۵$). با افزایش سطح جایگزینی سبوس، مقدار اسید فیتیک افزایش یافت. کمترین (۳۶/۲۰ mg/100g) و بیشترین میزان اسید فیتیک (۹۳/۰ mg/100 g) به ترتیب در تیمارهای کنترل و B1S4 بدست آمد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۲. تغییرات مقادیر pH و اسیدیته (ml NaOH 0.1N) نمونه‌های کشک زرد

نوع سبوس	صفت	سطح جایگزینی				
		C	S1	S2	S3	S4
pH	B1	۴/۴ ± ۰/۱ ^{e}	۴/۸ ±۰/۱ ^{c}	۴/۹±۰/۱ ^{bc}	۵/۱±۰/۱ ^{b}	۵/۴ ±۰/۲ ^{a}
	B2	۴/۴ ±۰/۱ ^{e}	۴/۵ ± ۰/۱ ^{d}	۴/۶ ±۰/۱ ^{d}	۴/۸ ±۰/۱ ^{c}	۵/۱ ±۰/۱ ^{b}
اسیدیته (ml NaOH 0.1N)	B1	۳/۸ ±۰/۱ ^{a}	۳/۱ ±۰/۱ ^{d}	۳/۰±۰/۱ ^{d}	۲/۷ ±۰/۱ ^{e}	۲/۲ ±۰/۱ ^{f}
	B2	۳/۸ ± ۰/۱ ^{a}	۳/۶ ±۰/۱ ^{b}	۳/۴ ±۰/۱ ^{c}	۳/۱ ± ۰/۱ ^{d}	۲/۸ ±۰/۱ ^{e}

نتایج به صورت میانگین داده‌ها ± انحراف معیار نمایش داده شده‌اند. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<۰/۰۵$). B1: سبوس فرآیند نشده، B2: سبوس هیدروترمال. C: کنترل (سطح جایگزینی صفر درصد) ، S1: سطح جایگزینی ۱۰ درصد، S2: سطح جایگزینی ۲۰ درصد، S3: سطح جایگزینی ۳۰ درصد ،S4: سطح جایگزینی ۴۰ درصد

جدول ۳. تغییرات مقادیر اسید فیتیک و روی و قابلیت جذب روی نمونه‌های کشک زرد

صفت	نوع سبوس	سطح جایگزینی				
		C	S1	S2	S3	S4
پروتئین (٪)	B1	۱۷/۵ ±۰/۱ ^{d}	۱۷/۹ ±۰/۱ ^{c}	۱۸/۲ ±۰/۱ ^{b}	۱۸/۳ ±۰/۱ ^{b}	۱۹/۱ ± ۰/۱ ^{a}
	B2	۱۷/۵ ± ۱/۱ ^{d}	۱۷/۴ ±۰/۲ ^{d}	۱۷/۱ ±۰/۱ ^{f}	۱۶/۹ ±۰/۲ ^{g}	۱۶/۴ ± ۰/۱ ^{h}
قابلیت هضم پروتئین (٪)	B1	۵۹/۴ ± ۰/۴ ^{d}	۵۶/۱ ±۰/۱ ^{e}	۵۴/۷ ±۰/۵ ^{f}	۵۳/۶ ±۰/۷ ^{f}	۵۲/۸ ± ۰/۳ ^{g}
	B2	۵۹/۴ ±۰/۴ ^{d}	۶۵/۵ ±۰/۱ ^{a}	۶۲/۹ ±۰/۲ ^{b}	۶۰/۸ ±۰/۶ ^{c}	۶۰/۳ ±۰/۵ ^{cd}
اسید فیتیک (mg/100 g)	B1	۳۶/۳ ± ۰/۲ ^{i}	۴۵/۷ ± ۰/۳ ^{g}	۶۰/۱ ±۰/۳ ^{d}	۷۱/۲ ± ۰/۳ ^{c}	۹۳/۴ ± ۰/۶ ^{a}
	B2	۳۶/۳ ± ۰/۲ ^{i}	۳۸/۴ ± ۰/۳ ^{h}	۴۵/۷ ± ۰/۶ ^{f}	۵۸/۵ ± ۰/۴ ^{e}	۷۹/۹ ± ۰/۵ ^{b}
روی (mg/100 g)	B1	۰/۴۵ ±۰/۰۲ ^{h}	۱/۱۸ ±۰/۰۱ ^{f}	۱/۳۳ ± ۰/۰۲ ^{e}	۱/۶۵ ± ۰/۰۱ ^{c}	۲/۳۱ ± ۰/۰۱ ^{a}
	B2	۰/۴۵ ±۰/۰۲ ^{h}	۱/۱۵ ±۰/۰۱ ^{g}	۱/۱۶ ±۰/۰۲ ^{fg}	۱/۵۴ ± ۰/۰۱ ^{d}	۲/۲۰±۰/۰۲ ^{b}
قابلیت جذب روی	B1	۷/۹ ±۰/۰۱ ^{a}	۳/۸۴ ±۰/۰۲ ^{e}	۴/۴۸ ±۰/۰۲ ^{b}	۴/۲۸ ±۰/۰۳ ^{c}	۴/۱۹±۰/۰۲ ^{d}
	B2	۷/۹ ±۰/۰۱ ^{a}	۳/۳۱ ±۰/۰۱ ^{h}	۳/۹۰±۰/۰۲ ^{e}	۳/۷۶ ±۰/۰۱ ^{f}	۳/۶۰±۰/۰۲ ^{g}
فیبر کل (٪)	B1	۱۳/۷ ±۰/۲ ^{g}	۱۶/۱ ±۰/۲ ^{f}	۱۸/۹ ±۰/۳ ^{d}	۱۹/۶ ±۰/۲ ^{b}	۲۰/۳ ±۰/۱ ^{b}
	B2	۱۳/۷ ±۰/۲ ^{g}	۱۷/۵ ±۰/۲ ^{e}	۱۹/۳ ±۰/۱ ^{cd}	۲۰/۳ ±۰/۲ ^{b}	۲۱/۶ ±۰/۴ ^{a}

نتایج به صورت میانگین داده‌ها ± انحراف معیار نمایش داده شده‌اند. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<۰/۰۵$). B1: سبوس فرآیند نشده، B2: سبوس هیدروترمال. C: کنترل، S1: سطح جایگزینی ۱۰ درصد، S2: سطح جایگزینی ۲۰ درصد، S3: سطح جایگزینی ۳۰ درصد ،S4: سطح جایگزینی ۴۰ درصد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

روی: تمامی نمونه‌های حاوی سبوس در مقایسه با نمونه کنترل (جدول ۳) محتوی روی بالاتری را نشان دادند ($p<۰/۰۵$). بررسی روند تغییرات عنصر روی بیانگر افزایش محتوی روی بالاتر در تیمارهای حاوی سبوس فرآیند نشده و نیز روند صعودی با افزایش سطح جایگزینی سبوس هستند ($p<۰/۰۵$). بیشترین مقدار (۲/۳۱ mg/100g) در تیمار B1S4 و کمترین مقدار (۰/۴۵ mg/100g) در نمونه کنترل ثبت شد ($p<۰/۰۵$).

قابلیت جذب روی: مقایسه داده های حاصل از نسبت مولی اسیدفیتیک به روی (جدول ۳) بالاترین مقدار (۷/۹) را در نمونه کنترل و کمترین (۳/۶) را در تیمار B2S1 نشان می‌دهد ($p<۰/۰۵$). جایگزینی سبوس هیدروترمال در مقایسه با فرآیند نشده باعث کاهش معنی دار نسبت مولی در سطح اطمینان ۹۵ درصد گردید ($p<۰/۰۵$).

فیبر کل: همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد مقدار فیبرکل نمونه‌ها تحت تأثیر نوع سبوس و سطح جایگزینی قرار گرفت، بطوری‌که افزودن سبوس هیدروترمال و افزایش سطح جایگزینی موجب افزایش بیشتر مقدار فیبر کل شد ($p<۰/۰۵$). در بین تمامی تیمارها، کنترل کمترین (۱۳/۷ درصد) و B2S4 بالاترین سطح (۲۱/۶ درصد) را دارا بودند ($p<۰/۰۵$).

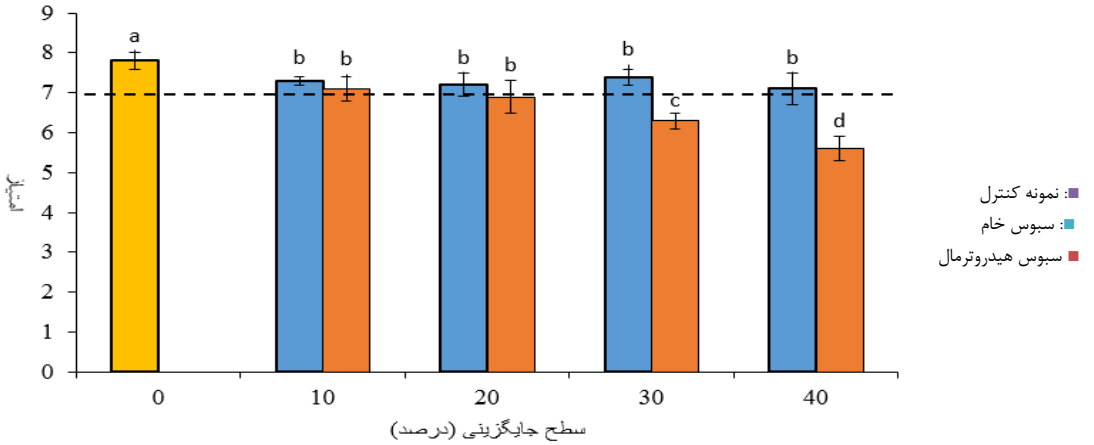
ترکیبات فنلی و DPPH: همان‌طور که داده‌های فنل کل (جدول ۴) نشان می‌دهد، افزایش سطح جایگزینی سبوس فرآیند نشده موجب بروز روند افزایشی و نوع هیدروترمال روند کاهشی در مقادیر فنل کل و اندیس DPPH• شده است ($p<۰/۰۵$). مقدار فنل کل از ۰/۷۸ تا ۱/۲۶ متغیر بود که به ترتیب توسط تیمارهای B2S4 و B1S4 بدست آمد. همچنین کمترین (۲/۶۶ µmol TE/100g) و بیشترین (۳/۸۴ µmol TE/100g) توانایی مهار DPPH• نیز توسط B2S4 و B1S4 ثبت شد.

پذیرش کلی: همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود امتیاز پذیرش کلی تمامی نمونه‌ها بالاتر از ۵ (حداقل امتیاز قابل قبول) بود. افزایش سطح جایگزینی هر دو نوع سبوس روند کاهشی پذیرش کلی را نشان می‌دهد. اما میزان کاهش در نمونه‌های حاوی سبوس هیدروترمال بیشتر بود. بالاترین امتیاز (۷/۸) پذیرش کلی در نمونه کنترل و کمترین مقدار (۵/۶) توسط تیمار B2S4 بدست آمد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۴. تغییرات مقادیر فنل کل و ظرفیت مهار DPPH نمونه‌های کشک زرد

نوع سبوس	صفت	سطح جایگزینی				
		C	S1	S2	S3	S4
فنل کل (mM gallic acid/g dw)	B1	۱/۰۲±۰/۰۴ c	۱/۰۶±۰/۰۵ bc	۱/۱۳±۰/۰۳ b	۱/۱۴±۰/۰۳ b	۱/۲۶±۰/۰۴ a
	B2	۱/۰۲±۰/۰۴ c	۰/۹۹±۰/۰۶ cd	۰/۹۵±۰/۰۳ cde	۰/۸۶±۰/۰۵ e	۰/۷۸±۰/۰۱ f
DPPH (mM Trolox eq/g dw)	B1	۳/۶۲±۰/۰۷ b	۳/۷۲±۰/۱۴ ab	۳/۷۵±۰/۱۲ ab	۳/۷۷±۰/۱۰ ab	۳/۸۴±۰/۰۹ a
	B2	۳/۶۲±۰/۰۷ b	۳/۱۵±۰/۰۳ c	۳/۰۷±۰/۰۴ c	۲/۹۳±۰/۰۷ d	۲/۶۶±۰/۰۵ e

نتایج به صورت میانگین داده‌ها ± انحراف معیار نمایش داده شده‌اند. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<۰/۰۵$). B1: سبوس فرآیند نشده، B2: سبوس هیدروترمال. C: کنترل، S1: سطح جایگزینی ۱۰ درصد، S2: سطح جایگزینی ۲۰ درصد، S3: سطح جایگزینی ۳۰ درصد ،S4: سطح جایگزینی ۴۰ درصد،



شکل۱. تغییرات مقادیر امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌های کشک زرد

نتایج به صورت میانگین داده‌ها ± انحراف معیار نمایش داده شده‌اند.

حروف مشابه در بالای هر ستون نشان دهده تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

• بحث

مقادیر pH و اسیدیته در فرآورده‌های تخمیری تابع فرمولاسیون، نوع آغازگر، درجه حرارت و مدت زمان تخمیر است (۱۷). باکتری‌های اسیدلاکتیک مهمترین گروه میکروبی فعال در تخمیر کشک زرد هستند که با مصرف منابع کربوهیدراتی، اسیدهای آلی مانند لاکتیک و استیک تولید می‌کنند (۱۹، ۱۸). هرچه قابلیت دسترسی این ترکیبات توسط میکروب‌ها بیشتر باشد کاهش pH و افزایش اسیدیته بیشتر خواهد بود (۲۰). هرچند سبوس هیدروترمال در مقایسه با سبوس فرآیند نشده حاوی نشاسته کمتری است، اما احتمالاً به دلیل اعمال حرارت و فشار بالا، ساختمان نشاسته تجزیه و قابلیت دسترسی میکروبی افزایش یافته است (۲۱). Bilgicli و همکاران (۲۰۰۶) اثر سطح جایگزینی سبوس گندم فرآیند نشده بر خواص ترخینه را بررسی و گزارش نمودند با افزایش سطح جایگزینی مقدار pH افزایش می‌یابد که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد (۱).

در طی فرآیند هیدروترمال به دلیل pH پایین به همراه اعمال فشار و حرارت ترکیبات فسفات و سایر املاح مهار شده توسط تانن و فیتات آزاد شده و به همراه سایر اجزاء محلول مانند املاح، پلی‌ساکاریدها و ترکیبات پروتئینی به فاز آبی نفوذ می‌یابند (۲۳، ۲۲). مجذوبی و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر سایز ذرات و فرآیند هیدروترمال بر ترکیبات شیمیایی سبوس گندم را بررسی و نتایج مشابهی گزارش نمودند (۲۴). Merali و همکاران (۲۰۱۵) نیز تأثیر حرارت مرطوب بر ترکیبات سبوس گندم را بررسی و به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۱). ترکیبات فنلی از مهمترین گروه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با منشاء گیاهی هستند که به دو صورت آزاد و پیوندی با سایر ترکیبات شیمیایی دیده می‌شوند (۲۵). هرچند فرآیند حرارتی سبوس با غیرفعال‌سازی آنزیم‌های داخلی مانع تخریب ترکیبات فنلی می‌شود (۲۶) اما احتمالا به دلیل اکسیداسیون شیمیایی ترکیبات مؤثر در دمای بالا (۲۷) و خروج ترکیبات فنلی آزاد مانند اسید فرولیک، مقدار فنل کل کاهش می‌یابد (۲۶). نتایج به‌دست آمده با گزارش Zhao و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد (۲۸). کاهش مقادیر ترکیبات فنلی می‌تواند موجب کاهش پتانسیل مهار رادیکال‌های آزاد DPPH گردد (۲۱). در همین خصوص گزارش متفاوتی توسط Ozkaya و همکاران (۲۰۱۷) منتشر شده که احتمالاً به دلیل تفاوت در واریته نمونه‌های سبوس مورد آزمایش است (۱۱).

تأثیرپذیری محتوی پروتئین تیمارها ناشی از سطح این ترکیبات در فرمولاسیون اولیه می‌باشد (۷). پروتئین‌های سبوس در داخل سلول‌های آلورون توسط دیواره‌های سلولی ساخته‌شده با آرابینوگزیلان‌های بسیار شاخه‌دار، سلولز و لیگنین موجود به‌ویژه در بخش پریکارپ سبوس احاطه شده‌اند که از تأثیر گذاری آنزیم‌های گوارشی جلوگیری می‌کند (۲۹). دمای بالا و فشار به دو دلیل می‌تواند موجب بهبود قابلیت هضم پروتئین گردد. نخست دناتوراسیون پروتئین‌ها موجب تجزیه ساختار ماکروملکولی به زیر واحدهای کوچک‌تر می‌گردد (۲۳) و دیگری موجب شکسته شدن پیوندهای کووالانسی و غیرکووالانسی بین پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای و سایر اجزای دیواره سلولی می‌گردد که افزایش حلالیت و دسترسی بیشتری برای آنزیم‌های گوارشی ایجاد می‌شود (۲۹). نتایج بدست آمده با گزارش Vries و همکاران (۲۰۱۴) درخصوص تأثیر فرآیند اکستروژن بر کنجاله کلزا مطابقت دارد (۳۰).

اسید فیتیک یا هگزوفسفات اینوزیتول ترکیب ضد تغذیه‌ای است که با جذب یون‌های فلزی دوظرفیتی مانند روی، مس، آهن، منگنز، کلسیم و همچنین پروتئین و نشاسته موجب کاهش دسترسی زیستی می‌گردد (۱۷). مقدار اسید فیتیک در محصولات تخمیری تابع فرمولاسیون اولیه، نوع آغازگر و pH محیط قرار دارد. هرچه pH محیط به حدود ۴/۵ نزدیک‌تر شود فعالیت آنزیم فیتاز بیشتر خواهد بود (۳۱). تیمارهای سبوس هیدروترمال در مقایسه با سبوس فرآیند نشده pH کمتری را ثبت نمودند که احتمالاً باعث افزایش فعالیت فیتازی شده که در کنار سایر عوامل ذکر شده در بالا، کاهش بیشتر اسید فیتیک را به دنبال داشته است. نتایج بدست آمده با گزارش Bilgicli و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد (۱). Rezaei و همکاران (۲۰۱۹) اثر سطوح جایگزینی سبوس تخمیری بر مقدار اسید فیتیک نان تافتون را بررسی و بیان داشتند با افزایش سطح جایگزینی سبوس، روند کاهشی مشاهده شد که احتمالاً ناشی از روش متفاوت فرآوری سبوس می‌باشد (۵).

لایه آلورون سبوس حاوی ۸۰ درصد مواد معدنی موجود در دانه مانند فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، روی و آهن است (۳۲). افزایش مقدار روی در نمونه‌های کشک زرد با مقدار این عنصر در سبوس ارتباط مستقیم دارد. طبق اعلام سازمان جهانی بهداشت نسبت مولی اسید فیتیک به روی شاخص مناسبی جهت ارزیابی قابلیت جذب روی است. چنانچه نسبت مولی کمتر از ۵، ۱۵-۵ و بالاتر از ۱۵ باشد دسترسی روی به ترتیب عالی، خوب و ضعیف ارزیابی می‌گردد (۳۱). تمامی تیمارهای حاوی سبوس قابلیت دسترسی روی عالی (کمتر از

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

۵) را ثبت نمودند که نشان دهنده بهبود اندیس جذب در مقایسه با کنترل است. در همین رابطه نتایج مشابهی توسط Najafi و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است (۳۱). بیشترین مقدار فیبر رژیمی در بخش سبوس دانه گندم دیده می‌شود که عمدتاً از ترکیبات سلولز، لگنین، آرابینوگزیلان و بتا گلوکان تشکیل شده است (۳۳). افزایش مقدار فیبر خام در تیمارهای حاوی سبوس هیدروترمال ناشی از مقدار بالاتر این ترکیبات می‌باشد، که به دنبال خروج سایر ترکیبات محلول در حین فرآیند آماده سازی ایجاد شده است (۲۲). Khrisanapant و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر فرآیند حرارتی بر افزایش قابلیت انحلال پلی ساکاریدهای برخی دانه‌های گیاهی را بررسی و نتایجی همراستا با این پژوهش گزارش نمودند (۳۴).

ترکیبات فنلی (مانند اسیدهای فوماریک، سیناپیک و کوماریک) مهمترین گروه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در غذاهای گیاهی هستند که به دو صورت محلول و نامحلول مشاهده می‌شوند. فرم نامحلول فاقد اثرات عملکردی است که عمدتاً به دلیل استریفیکاسیون اسید فرولیک با آرابینوگزیلان‌های دیواره سلولی وسایر ترکیبات کمپلکس دهنده مانند اسیدفیتیک و لیگنین‌ها می‌باشد (۳۳). کاهش محتوی ترکیبات فنلی سبوس هیدروترمال را می‌توان ناشی از تغییرات ساختمانی در اجزا، سبوس، تجزیه اسید فیتیک و پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای و همچنین نفوذ آنها به فاز آبی ارزیابی نمود (۳۳، ۲۳). نتایج بدست آمده در این تحقیق با گزارش Zhao و همکاران (۲۰۱۷) هماهنگ (۲۸) ولی با گزارش Ozkaya و همکاران (۲۰۱۷) در تضاد است که احتمالاً ناشی از تفاوت ساختمانی سبوس برنج و گندم با یکدیگر می باشد (۱۱).

امتیاز پذیرش کلی شاخص مناسبی جهت ارزیابی مطلوبیت فرآورده غذایی است (۳۳). تغییرات امتیاز پذیرش کلی و محتوی پروتئین کشک زرد، روند مشابهی را نشان می‌دهند که احتمالاً ناشی از نقش ترکیبات پروتئینی بر تولید ترکیبات آروماتیک و طعم غذاهای تخمیری است (۳۵). جایگزینی سبوس فرآیند نشده تا ۲۵ درصد با آرد گندم در محصول ترخینه باعث بهبود پذیرش کلی گردید که با نتایج به دست آمده توسط Bilgicli و همکاران (۲۰۰۶) در این تحقیق هماهنگ است (۱).

افزودن سبوس فرآیند نشده و هیدروترمال به فرمولاسیون کشک زرد تأثیرات متفاوتی برخواص تغذیه‌ای و حسی محصول نهایی داشت. هرچند افزودن سبوس فرآیند نشده باعث افزایش مقادیر پروتئین، فیبر کل و بهبود قابلیت جذب روی گردید، اما بر قابلیت هضم پروتئین تأثیر منفی نشان داد. سبوس هیدروترمال موجب بهبود قابلیت هضم پروتئین (۱۱-۱ درصد)، فیبر کل (۲۷ تا ۵۷ درصد) و قابلیت جذب روی گردید، حال آنکه تا سطح جایگزینی ۱۰ درصد تأثیر معنی-داری بر کاهش محتوای پروتئین نشان نداد. در این پژوهش با توجه به اولویت شاخص‌های پروتئین، قابلیت هضم پروتئین، قابلیت جذب روی، مقدار فیبرکل و پذیرش کلی تیمار B2S1 به‌عنوان تیمار بهینه معرفی می‌گردد که می‌تواند در تهیه نمونه‌های کشک زرد بکار گرفته شود.

سپاس‌گزاری: این پژوهش با بهره گیری از گرنت شماره UOZ-GR-9955 اجرا شده است.

• References

1. Bilgicli N, Elgun A, Herken EN, Turker S, Ertas N, Ibanoglu S. Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. J Food Eng. 2006; 77: 680–686.
2. Hosseini F, Ansari S. Effect of modified tapioca starch on the physicochemical and sensory properties of liquid kashk. J Food Sci Technol. 2019; 56: 5374–5385.
3. Ertas N. Effect of backer's yeast addition on some properties and phytic acid content of tarhana prepared with different cereal and legume products. Food and Health. 2018; 4: 9-18.
4. Tsisaryk O, Slyvka I. Musiy L, Screening of technological properties of natural strains of lactic acid bacteria. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. 2017; 19: 88–92.
5. Slavin J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. Nutrients. 2013; 5: 1417–1435.
6. Nagovska V, Hachak Y, Gutyj B, Bilyk O, Slyvka N. Influence of wheat bran on quality indicators of a sour milk beverage. Technology and equipment of food production. 2018; 94: 1-11.
7. Rezaei S, Najafi MA, Haddadi T. Effect of fermentation process, wheat bran size and replacement

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

level on some characteristics of wheat bran, dough, and high-fiber Tafton bread. J Cereal Sci. 2019; 85: 56-61.

8. Preuckler M, Siebenhandl-Ehn S, Apprich S, Höltinger S, Haas S, Kneifela W. Wheat-bran based biorefinery: composition of wheat bran and strategies of functionalization. LWT- Food Sci Techn. 2014; 56: 211-221.

9. Coda R, Rizzello CG, Curiel JA, Poutanen K, Katina K. Effect of bioprocessing and particle size on the nutritional properties of wheat bran fractions. Innov.Food Science Emerg. 2014; 25: 19-27.

10. Ruiz HA, Rodríguez-Jasso RM, Fernandes BD, Vicente AA, Teixeira JA. Hydrothermal processing, as an alternative for upgrading agriculture residues and marine biomass according to the biorefinery concept: A review. Rev. Renew Sust Energ Rev. 2013; 21: 35–51.

11. Ozkaya B, Turksoy S, Ozkaya 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; 39: 209 – 215.

12. AOAC, Offical methods of analysis: revision 1 (17th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Inc., Washington, DC. 2002.

13. Ahmed MARH, Mustafa AI, Hussan HAR, Elfaki AE. Proximate Analysis, Protein and Starch Digestibility, Specific Volume, and Sensory Evaluation of (Gluten-Free) Tin Bread. Open Access Library Journal. 2016; 3:6, 1-8.

14. Apak R, Guclu K, Ozyürek M, Celik SE. Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. Microchimica Acta. 2008; 160: 413-9.

15. Isik F, Yapar A. Effect of tomato seed supplementation on chemical and nutritional properties of tarhana. Food Measure. 2017; 11: 667-674.

16. Hsu CL, Chen W, Weng YM, Tseng CY. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. Food Chem. 2003; 83: 85-89.

17. Shahri. KM, Najafi MA, Ata-Saleh I. The influence of alone and starter culture combinations *Saccharomyces cerevisiae* (PTCC5052) and *Lactobacillus Plantarum* (PTCC1058), fermentation time and temperature on phytic acid content of Wheat bran. Innovative food technology. 2017; 4: 33-41 [in Persian].

18. Demirci AS, Palabiyik I, Ozalip S, Sive GT. Effect of using kefir in the formulation of traditional Tarhana. Food Sci Technol. 2018; 39: 1-7.

19. Yazdi TF, Vasiee AR, Alizadeh BB, Mortazavi SA. Diversity of lactic acid bacteria isolated from yellow zabol kashk using 16S rRNA Gene Sequence Analysis. Iranian journal of food science and technology. 2017; 13: 25-36 [in Persian].

20. Abedi E, Hashemi MSB. Lactic acid production – producing microorganisms and substrates sources-state of art. Heliyon. 2020; 6: 1-32.

21. Merali Z, Collins SRA, Elliston A, Wilson DR, Kasper A, Waldron KW. Characterization of cell wall components of wheat bran following hydrothermal pretreatment and fractionation Biotechnology for Biofuels. 2015; 8: 1-13.

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 Chemestry. 2009; 115:789–794.

23. Goodarzi BF, Birger Ss, Heinrich GR, Jurgen Z. Review article The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. Animal Feed Science and Technology. 2016; 220: 187–215.

24. Majzoobi M, Pashangeh S, Farahnaky M, Hadi Eskandari M, Jamalian 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; 51:2755–2761.

25. Valiolahi M, Najafi MA, Eskandani MA, Rahnama M. Effects of organic acid alone and in combination with H2O2 and NaCl on Escherichia coli O157:H7: An evaluation of antioxidant retention and overall acceptability in Basil leaves (Ocimum basilicum). Int J Food Microbiol. 2019; 292: 56-63.

26. Onipe OO, Ramashia SE, Jideani AIO. Review wheat bran modifications for enhanced nutrition and functionality in selected food products. Molecules. 2021; 26: 1-16.

27. Yin X, Chen K, Cheng H, Chen X, Feng S, Song Y. Liang L. Chemical Stability of Ascorbic Acid Integrated into Commercial Products: A Review on Bioactivity and Delivery Technology. Antioxidants 2022. 11:1 – 20.

28. Zhao HM, Guo XN, Zhu KX. Impact of solid-state fermentation on nutritional, physical and flavour properties of wheat bran. Food Chem. 2017; 217, 28–36.

29. Goodarzi BF, Mader A, Knorr F, Ruhnke I, Rohe I, Hafeez A, Manner K, Zentek Z. The effects of different thermal treatments and organic acid levels on nutrient digestibility in broilers. Poult Sci. 2104; 93; 5: 1159-1171.

30. Vries DS, Pustjens A, Kabel M, Kwakkel R, Gerrits W. Effects of processing technologies and pectolytic enzymes on degradability of nonstarchpolysaccharides

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

from rapeseed meal in broilers. Poult Sci. 2014; 93, 589–598.

31. Najafi MA, Rezaei K, Safari M, Razavi SH. Use of sourdough to reduce phytic acid and improve zinc bioavailability of a traditional flat bread (sangak) from Iran. Food Sci Biotechnol. 2012; 21: 51-57.

32. Brouns F, Hemery Y, Price R, Anson NM. 2012. Wheat aleurone: separation, composition, health aspects, and potential food use. Crit Rev Food Sci Nutr. 2012; 52: 553–568.

33. Tsafrakidou P, Michaelidou AM, Biliaderis CG. Fermented Cereal-based Products: Nutritional Aspects, Possible Impact on Gut Microbiota and Health Implications. Foods. 2020; 9: 1-24.

34. Khrisanapant P, Leong SY, Kebede B, Oey I. Effects of Hydrothermal Processing Duration on the Texture, Starch and Protein In Vitro Digestibility of Cowpeas, Chickpeas and Kidney Beans. Foods. 2021. 6: 1-22.

35. Najafi MA, Rezaei K, Safari M, Razavi SH. Effects of Several Starter Cultures on the Anti-mold Activity and Sensory Attributes of a Traditional Flat Bread (Sangak) from Iran. Food Sci Biotechnol. 2012b; 21: 113-121.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]

Effects of Wheat Bran (Unprocessed and Hydrothermal) and Replacement Level on Quantitative and Qualitative Characteristics of Kashk-e-Zard

*Khavari S[1], Najafi MA[*2], Miri MA[3], Tavakoli M[3] , Hadadi T[4]*

1 - Graduated MSc Student, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

*2 -*Corresponding author: Associate Professor, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran. Email: m.njafi413@uoz.ac.ir*

3 - Assistant Professor, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

4- Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

Received 20 Apr, 2022 **Accepted 30 Jul, 2022**

Background and Objectives: Fermented foods include a long history in human nutrition. Kashk-e-Zard is a fermented product based on cereals and yogurt. The aim of this study was to assess effects of replacing unprocessed and hydrothermal wheat bran on the improvement of nutritional and sensory characteristics of Kashk-e-Zard.

Materials & Methods: In this study, effects of wheat bran types (unprocessed and hydrothermal) and replacement levels (0, 10, 20, 30 and 40%) on pH, acidity, protein, digestible protein, phytic acid, zinc, zinc bioavailability, total phenol, antioxidant properties (DPPH) and overall acceptance of Kashk-e-Zard samples were assessed.

Results: All the highlighted parameters were affected by the types and levels of bran replacement ($p < 0.05$). Addition of wheat bran increased the total fiber and improved the absorption capacity of zinc at all replacement levels, compared to the control sample ($p < 0.05$). Increasing unprocessed bran replacement increased hydrothermal decreased the protein contents ($p < 0.05$). Furthermore, addition of hydrothermal bran improved protein digestibility ($p <0.05$).

Conclusion: Based on the indicators of protein content, protein digestibility, zinc bioavailability, fiber content and overall acceptance of the samples, substitution of hydrothermal wheat bran at the level of 10% is recommended to improve the nutritional Characteristics of Kashk-e-Zard.

Keywords: Antioxidant, Fiber, Protein digestibility, Kashk-e-Zard

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.6.0]