اثر سطوح سبوس گندم فراوری شده یا نشده بر عملکرد، ریخت شناسی روده، صفات خونی و سیستم ایمنی در جوجه های گوشتی

Effect of processed or unprocessed wheat bran on performance, intestinal morphology, blood parameters and immune system in broiler chickens

10.22092/ASJ.2025.366888.2483 شناسه دیجیتال (DOI)

ترتیب نویسندگان	نام و نام خانوادگی	Name and last name	سمت سازمانی	شماره تلفن همراه	پست الکترونیکی
۱	زهرا بختیاری	Zahra Bakhtiari	دانشجوی دکتری تغذیه طیور	۰۹۱۸۸۱۴۴۷۷۱	Zahrabakhtiari2009@yahoo.com
۲	دکتر حسن درمانی کوهی*	Hasan Darmani koohi	دانشیار دانشگاه گیلان	۰۹۱۱۸۷۶۲۳۵۸	Darmani_22000@yahoo.com
۳	دکتر محمد روستایی علی مهر	Mohammad Roostaei alimehr	دانشیار دانشگاه گیلان	۰۹۱۱۱۳۵۵۲۶۲	Roostaei.a.m@gmail.com

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف فرآوری سبوس‌گندم بر عملکرد رشد، ریخت‌شناسی روده، پارامترهای سرم و سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی از سن ۱ تا ۴۲ روزگی انجام شد. تعداد ۵۰۴ قطعه جوجه گوشتی نر یکروزه (راس ۳۰۸ با متوسط وزن۴۲/۸ ±۰/۴۴) در قالب طرح کاملا تصادفی در ۷ تیمار آزمایشی (۶ تکرار۱۲ قطعه‌ای به ازاء هرتیمار) مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: جیره پایه (کنترل)، جیره پایه حاوی ۳ و ۶ درصد سبوس‌گندم (بدون عمل‌آوری)، جیره پایه حاوی ۳ و ۶ درصد سبوس‌گندم اکسترود شده، جیره پایه حاوی ۳ و ۶ درصد سبوس‌گندم تخمیر شده با *ساکارومایسس سرویزیه بودند*. در طول دوره آزمایش، برای هر تکرار مصرف خوراک روزانه و افزایش وزن بدن اندازه‌گیری شدند و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد. در پایان دوره، ۲ قطعه پرنده از هر تکرار انتخاب و پس از توزین کشتار و وزن نسبی اجزای لاشه و اندام‌های داخلی اندازه‌گیری شد. نمونه برداری خون از ۲ قطعه جوجه در هر قفس، به منظور ارزیابی عیار ایمنوگلوبولین G (IgG) و M (IgM) و پارامترهای بیوشیمیایی سرم شامل پروتئین‌کل، آلبومین، تری‌گلیسرید، کلسترول، گلوکز، اسیداوریک و آنزیم‌های کبدی انجام شد. تمامی تیمارهای آزمایشی، غلظت گلوکز سرم را در

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

مقایسه با گروه کنترل کاهش دادند (P <۰/۰۱). سطح کلسترول، اسیداوریک، آلبومین، پروتئین تام و فعالیت آنزیم آسپارتات‌آمینوترنسفراز در همه گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت (P <۰/۰۱). استفاده از سبوس گندم تخمیری ۶ درصد در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، تاثیر افزایشی معنی‌داری بر سطح آلکالین فسفاتاز در مقایسه با گروه کنترل داشت (P <۰/۰۱). پرندگانی که در جیره آنها ۳ و ۶ درصد سبوس‌گندم تخمیری استفاده شده بود، به صورت معنی‌داری عمق کریپت کمتری را در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند (۰/۰۵ > P). به طور کلی، بهبود نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در گروه دریافت کننده سبوس‌گندم تخمیری ۳ درصد و سبوس‌گندم اکسترود ۳ درصد در مقایسه با شاهد مشاهده شد (P≤۰/۰۵). نتایج این تحقیق نشان داد که نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت که دلالت بر سطح جذب دارد در تیمار حاوی ۳ درصد سبوس گندم تخمیری و اکسترود شده بهبود یافت و استفاده از سبوس‌گندم تا سطح ۶ درصد به صورت فرآوری شده یا غیر فرآوری شده تاثیر منفی بر عملکرد جوجه های گوشتی و ویژگی‌های لاشه نداشت.

جوجه های گوشتی، سبوس گندم، تخمیر، اکسترود کردن، عملکرد، مورفولوژی روده وپارامترهای خونی

Abstract

This study aimed to investigate the effect of different wheat bran processing methods on growth performance, intestinal morphology, serum parameters, and immune system in broiler chickens from 1 to 42 days of age. A total of 504 one-day-old male broiler chickens (Ross 308 with 42.8 ± 0.44 average weight) were distibuted in a completely randomized design into 7 experimental treatments (with 6 replicates, each containing 12 birds). Experimental treatments were: basal diet (wihout wheat bran), 2 diets with 3 and 6% wheat bran without processing, diets with 3 and 6% extruded wheat bran and diets with 3 and 6% wheat bran fermented with *Saccharomyces cerevisiae*. For each experimental period, feed intake and body weight gain were measured and feed conversion ratio was calculated. At the end of the period (day 42), 2 birds were selected from each replicate and weighed after slaughter, and the relative weight of carcass components and internal organs was measured. Blood sampling was performed from 2 birds in each cage to evaluate immunoglobulin G (IgG) and M (IgM) titers and serum biochemical parameters including total protein, albumin, triglycerides, cholesterol, glucose, uric acid, and liver enzymes. All experimental treatments reduced serum glucose concentration compared to the control group (P < 0.01). The levels of cholesterol, uric acid, albumin, total protein and aspartate aminotransferase enzyme activity

were significantly increased in all experimental groups compared to the control group (P < 0.01). The use of 6% fermented wheat bran in the diet of broilers had a significant increase in alkaline phosphatase levels compared to the control group (P< 0.01). Birds fed 3% and 6% fermented wheat bran in their diets showed significantly lower crypt depth compared to the control group (P < 0.05). Overall, an improvement in the ratio of villus height to crypt depth was observed in the group receiving 3% fermented wheat bran and 3% extruded wheat bran compared to the control (P< 0.05). The results showed that in general, the ratio of villus height to crypt depth, which indicates the level of absorption, was improved in the extruded and fermented wheat bran treatments at 3% and the use of wheat bran up to 6% in processed and unprocessed form did not have a negative effect on broiler performance and carcass characteristics.

Keyword: broiler chickens, wheat bran, fermenting, extrusion, performance, intestinal morphology and blood parameters

مقدمه

امروزه در صنعت طیور، استفاده از موادی مانند فرآورده‌های فرعی کشاورزی سبب کاهش رقابت بین انسان و طیور در استفاده از اقلام خوراکی و کاهش هزینه تولید خوراک می‌گردد (Choct و همکاران، ۲۰۱۰). سبوس گندم از نظر مقدار پروتئین، املاح معدنی (خصوصاً فسفر) و ویتامین‌های گروه ب (به ویژه نیاسین) در درجه بالاتری نسبت به خود دانه گندم قرار دارد. نشان داده شده است که استفاده از منابع فیبر نامحلول در جیره جوجه های گوشتی سودمند است (Kim و Tejeda، ۲۰۲۱). استفاده از سبوس گندم در سطح ۳ درصد قابلیت هضم پروتئین و انرژی، ارتفاع پرزهای ژژنوم و ایلئوم، فعالیت آنزیمی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش داد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی ترکیبات فنلی سبوس گندم، بافت ها را از تخریب اکسیداتیو محافظت می کنند (Shang و همکاران ۲۰۲۰a,b).

تحقیقات نشان داده است که فرآیند تخمیر می‌تواند بر بهبود ارزش تغذیه ای مواد خوراکی موثر باشد، تخمیر حالت جامد به عنوان یکی از قدیمی‌ترین روش‌های فرآوری تخمیری شناخته شده است (Semjon و همکاران، ۲۰۲۰). این روش برای افزایش زیست فراهمی مواد مغذی، مهار باکتری های بیماری‌زا روده و کاهش عوامل ضدتغذیه ای در منابع پروتئین گیاهی و در نتیجه بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد و سلامت روده جوجه‌های گوشتی استفاده می‌شود. فرآیند تخمیر حالت جامد شامل رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها بر روی مواد جامد تحت شرایط

کنترل شده در غیاب آب آزاد است (Olukomaiya و همکاران، ۲۰۱۹). در تحقیق Zhao و همکاران (۲۰۱۷)، تخمیر سبوس‌گندم توسط ساکارومایسس سرویزیه و لاکتوباسیلوس بولگاریس، محتوای آرابینوزایلان قابل استخراج سبوس گندم را ۳ تا ۴ برابر افزایش و زیست‌فراهمی فیبر غذایی محلول را بهبود و فنول آزاد کل را افزایش داد و بیش از ۲۰ درصد اسید فیتیک را تجزیه نمود. همانطور که توسط Chuang و همکاران، (۲۰۲۰) گزارش شده است، *ساکارومایسس سرویزیه* از طریق ترشح آنزیم‌هایی مانند گلوکاناز ، ماناناز ، سلولاز و زایلاناز می‌تواند در تجزیه بخش فیبری در تک معده‌ای‌ها موثر باشد.

فرایند اکستروژن یک فرآیند کوتاه مدت با دمای بالا است که آنزیم ها را غیرفعال نموده و آلودگی میکروبی را کاهش می‌دهد (Choton و همکاران ۲۰۲۰). همچنین به عنوان یک فرآیند چند مرحله‌ای، چند منظوره و حرارتی/مکانیکی، کاربردهای متنوعی در مواد غذایی دارد (Offiah و همکاران ۲۰۱۹). فرآیند اکستروژن همانند پلت کردن فرآیندی براساس رطوبت، فشار و حرارت است که میزان ژلاتینه شدن نشاسته خوراک را افزایش داده، بر پیوند عرضی پروتئین تاثیر گذاشته و متعاقبا می‌تواند بر عملکرد رشدی جوجه‌های گوشتی موثر باشد (Rahman و همکاران ۲۰۱۵; Logie و همکاران ۲۰۱۸). مطالعات نشان داده است که اکستروژن می‌تواند خواص فیزیکوشیمیایی سبوس گندم را تغییر داده و فراهمی زیستی و عملکرد فیبر جیره ای محلول را در سبوس گندم افزایش دهد (Menis-Henrique و همکاران ۲۰۲۰).

اطلاعات کمی در مورد تاثیر روش‌های مختلف فرآوری بر ارزش غذایی سبوس‌گندم در جوجه‌های گوشتی وجود دارد (Teng et al., 2017; Idan *et al*., 2023). لذا، مطالعه حاضر به منظور بررسی تاثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس‌گندم (خمیر جامد و اکسترودکردن) عملکرد، پارامترهای خونی، پاسخ ایمنی همورال و مورفولوژی روده در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف فرآوری سبوس‌گندم در تغذیه جوجه‌های گوشتی در سالن پرورش جوجه گوشتی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان به روش پرورش در بستر انجام شد. تعداد ۵۰۴ قطعه جوجه گوشتی نر یکروزه (سویه راس ۳۰۸) پس از توزین (با میانگین وزن۰/۴۴±۴۲/۸) ، در ۷ تیمار آزمایشی شامل ۶ تکرار به ازاء هر تیمار (۱۲ پرنده در هر واحد آزمایشی) توزیع شدند، بطوریکه میانگین وزن در همه واحدهای آزمایشی با هم برابر بود. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:

۱-جیره شاهد (جیره بر پایه دانه ذرت و کنجاله سویا)

۲- جیره حاوی ۳ درصد سبوس گندم (بدون عمل‌آوری)

۳- جیره حاوی ۶ درصد سبوس گندم (بدون عمل‌آوری)

۴- جیره حاوی ۳ درصد سبوس گندم اکسترود شده

۵- جیره حاوی ۶ درصد سبوس گندم اکسترود شده

۶-جیره حاوی ۳ درصد سبوس گندم تخمیر شده با *ساکارومایسس سرویزیه*.

۷-جیره حاوی ۶ درصد سبوس گندم تخمیر شده با *ساکارومایسس سرویزیه*.

در این تحقیق از سبوس گندم عمل آوری شده یا نشده در سطوح ۱ و ۲ درصد در دوره آغازین، ۲و ۴ درصد در دوره رشد و ۳ و ۶ در دوره پایانی استفاده شد.

سبوس‌گندم اکسترود شده تحت شرایط بهینه رطوبت ۲۱ درصد، دمای پخت ۱۲۰ °C، دور مارپیچ ۳۰۰[۱] دور بر دقیقه، میزان سرعت خوراکدهی ۴۰ کیلوگرم بر ساعت و قطر دای ۴ میلیمتر در پایلوت تحقیقاتی و تولید نیمه‌صنعتی اکستروژن مواد غذایی در پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی سازمان جهاد دانشگاهی خراسان رضوی تولید شد (Milani و همکاران، ۲۰۰۹).

تخمیر سبوس‌گندم توسط سوش *ساکارومایسس سرویزیه*، انجام شد. سوش‌ها بصورت لیوفیلیزه از مرکز پژوهش-های علمی و صنعتی ایران تهیه گردید. . به منظور تکثیر سوش‌های مورد نظر، ابتدا مطابق دستورالعمل الحاقی آمپول ها در شرایط استریل شکسته شده و به محیط کشت اختصاصیMRS-agar[۲] منتقل گردید و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس انکوبه گردید. سپس از محیط کشت مادر آماده شده به منظور شمارش جمعیت باکتریایی رقت های 10^{-7} تا 10^{-1} آماده شد و به روش پور پلیت بر روی محیط کشت اختصاصی MRS-agar کشت شد و در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و شمارش میکروبی صورت گرفت. ۱۰ میلی‌لیتر از محیط کشت مادر با جمعیت تقریبی شمارش شده 10^{7} cfu/g[۳] توسط سانتریفیوژ با ۴۰۰۰ دور در دقیقه (۴۰۰۰ rpm/min) در مدت ۱۰ دقیقه جدا و جهت فرآیند تخمیر با مخلوط سبوس گندم و آب با نسبت وزنی یک به یک (۱:۱) اضافه و

---

[۱] Revolutions per minute

[۲] MRSbroth : محیط کشت حاوی: Dextrose، Peptic Digest of Animal Tissue، Beef Extract، Yeast Extract، Sodium Acetate، Dipotassium Phosphate، Tween 80 ، Magnesium Sulfate، Manganese Sulfate

[۳] Colony-forming unit

سپس به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه قرار گرفت و پس از آن در آون در دمای ۶۰ درجه‌سلسیوس قرار داده شد تا خشک شود (Katina و همکاران، ۲۰۱۲).

جیره های آزمایشی بر اساس جدول نیازمندی‌های تغذیه‌ای سویه راس ۳۰۸ سال ۲۰۱۹ و در سه مرحله آغازین (۱-۱۰ روزگی)، رشد (۱۱-۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) بصورت آردی تهیه شدند. ترکیب جیره پایه شامل ذرت، کنجاله‌گلوتن، کنجاله‌سویا، نمک، روغن، دی‌کلسیم فسفات، صدف، مکمل معدنی، مکمل ویتامینه، لیزین، ترئونین، متیونین، جوش‌شیرین و کولین بود، همه جیره های آزمایشی از نظر انرژی، پروتئین و سایر مواد مغذی یکسان بودند. پرنده ها در کل دوره پرورش، دسترسی آزاد به آب و غذا داشتند.

برای محاسبه میانگین افزایش وزن بدن در روز ورود جوجه ها به سالن وزن‌کشی انجام شد. در این تحقیق میزان افزایش وزن بدن به صورت هفتگی و دوره‌ای (آغازین، رشد، پایانی و کل دوره) محاسبه شد. با استفاده از اختلاف وزن جوجه‌های هر پن در ابتدا و انتهای هر هفته میزان افزایش وزن هفتگی مشخص شد. برای اندازه‌گیری خوراک مصرفی خوراک هر گروه از پرندگان ابتدا توزین شد و سپس در اختیار آنها قرار گرفت. در صورتیکه در گروه‌های آزمایشی تلفات وجود داشت، بر اساس تعداد مرغ های زنده خوراک مصرفی محاسبه شد. ضریب تبدیل خوراک با محاسبه میانگین خوراک مصرفی بر میانگین افزایش وزن بدن در طول دوره محاسبه شد.

جهت بررسی صفات لاشه، در ۴۲ روزگی از هر پن، دو پرنده با میانگین وزن نزدیک به میانگین واحد آزمایشی، انتخاب و ذبح گردید. بازده لاشه به صورت نسبت وزن لاشه به وزن زنده محاسبه شد. پارامترهای لاشه شامل وزن سینه، ران، بال، پشت، کبد، قلب، طحال، سنگدان، پیش معده، چربی بطنی، پانکراس و اندام‌های ایمنی شامل تیموس و بورس فابریسیوس اندازه گیری و به صورت وزن نسبی (درصد از وزن لاشه) گزارش گردید. هم‌چنین، از قسمت میانی ژژنوم دو پرنده (۲سانتی‌متر) جهت بررسی ریخت‌شناسی، نمونه‌برداری انجام شد. تغییرات ریخت‌شناسی شامل اندازه‌گیری ارتفاع پرز، عمق کریپت و محاسبه نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت، انجام شد. ارزیابی پاسخ ایمنی هومورال بر اساس روش پیشنهادی Munns & Lamont (۱۹۹۱) انجام شد. به منظور تعیین عیار پادتن علیه سلول قرمز خون گوسفندیSRBC[۴] ابتدا به سیاهرگ بازویی دو قطعه پرنده از هر تکرار در۲۵ و۳۵ روزگی، یک میلی‌لیتر سوسپانسیون ۲۵ درصد سلول قرمز گوسفند تزریق شد. هفت روز بعد، از سیاهرگ بازویی همان جوجه‌ها (۳۲ و ۴۲ روزگی) خونگیری انجام شد، و عیار پادتن های کل بر ضد SRBC و عیار ایمنوگلوبولین G (IgG) و M (IgM) بر علیه گلبولهای قرمز گوسفند به روش HI تعیین شد (Nelson و همکاران، ۱۹۹۵).

[۴] sheep red blood cell

در ۴۰ روزگی پس از سه ساعت گرسنگی از دو جوجه در هر تکرار، از ورید بال خونگیری انجام شد. به منظور تهیه سرم، خون هر جوجه پس از تشکیل لخته با سرعت ۳۵۰۰ rpm به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پارامترهای بیوشیمیایی سرم شامل پروتئین کل، آلبومین، تری‌گلیسرید، کلسترول، گلوکز، اسید اوریک و آنزیم‌های کبدی شامل آسپارتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتازبا استفاده از کیت‌های تشخیصی به روش رنگ سنجی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری گلوکز و کلسترول توسط کیت شرکت پارس آزمون، اندازه‌گیری تری گلیسرید، اسید اوریک، آسپارتات‌آمینوترانسفراز، آلانین‌آمینوترانسفراز، آلبومین و آلکالین فسفاتاز توسط کیت شرکت من[۵] و پروتئین سرم توسط کیت شرکت بیونیک اندازه گیری شد. داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه مدل خطی عمومی (GLM) آنالیز شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها در صورت متفاوت بودن از آزمون توکی در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج

اثر استفاده از سطوح مختلف سبوس‌گندم، سبوس‌گندم تخمیری و سبوس‌گندم اکسترود شده بر صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی در جدول ۵ گزارش شده است. استفاده از سبوس‌گندم تخمیری در سطح ۶ درصد منجر به بهبود معنی‌دار وزن بدن در مقایسه با گروه کنترل در دوره رشد شد (P<۰/۰۱). تیمار حاوی ۶ درصد سبوس‌گندم تخمیری در دوره رشد و کل دوره، مصرف خوراک را در مقایسه با تیمار حاوی۶ درصد سبوس‌گندم بدون عمل-آوری افزایش داد (P<۰/۰۵). ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، رشد، پایانی و کل دوره تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. هیچ یک از تیمارهای آزمایشی (جداول ۶ و ۷) تاثیر معنی داری بر وزن نسبی لاشه، سینه، ران، بال، پشت و اجزاء داخلی (کبد، قلب، طحال، سنگدان، چربی بطنی، پانکراس، پیش-معده، تیموس و بورس فابریسیوس) نداشتند.

اثر استفاده از تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و آنزیم‌های کبدی جوجه‌های گوشتی در جدول ۸ ارایه شده است. غلظت گلوکز سرم در تمامی تیمارهای حاوی سبوس‌گندم در مقایسه با گروه کنترل کاهش نشان داد (P <۰/۰۱). جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی سبوس گندم بدون عمل‌آوری و اکسترود در سطح ۳ درصد و سبوس گندم بدون فرآوری در سطح ۶ درصد، غلظت تری‌گلیسرید سرمی بالاتری در مقایسه با گروه کنترل داشتند (P <۰/۰۱)، سبوس گندم اکسترود ۶ درصد در مقایسه با گروه شاهد، سطح تری‌گلیسرید سرم را کاهش داد (P <۰/۰۱). سطح کلسترول، اسیداوریک، آلبومین، پروتئین تام و فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترنسفراز در همه گروه های آزمایشی حاوی سبوس گندم نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت

---

[۵] MAN company

(P <۰/۰۱). بعلاوه، همه گروه های آزمایشی حاوی سبوس‌گندم، به جز سبوس گندم ۳ درصد، فعالیت آنزیم آلانین‌آمینوترنسفراز را در مقایسه با شاهد افزایش دادند (P <۰/۰۱). استفاده از سبوس‌گندم تخمیری۶ درصد، تاثیر معنی‌داری در افزایش سطح آلکالین فسفاتاز در مقایسه با گروه کنترل داشت (P <۰/۰۱).

تیمار های آزمایشی تاثیری بر غلظت ایمونوگلوبینM، G و کل ایمونوگلوبین‌های خون (جدول ۵) در روز ۳۵ و ۴۵ نداشتند (P≥۰/۰۵). ارتفاع پرز (جدول ۶) تحت تاثیر معنی‌دار جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت، اما گروه دریافت کننده سبوس‌گندم بدون فرآوری در سطح ۶ درصد تمایل به کاهش ارتفاع پرز ژژنوم را نشان داد (P=۰۵۵/۰). عرض پرز در همه گروه‌های آزمایشی، به غیر از تیمار حاوی سبوس گندم فرآوری نشده در سطح ۳ درصد، در مقایسه با گروه شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت (P <۰/۰۵). پرندگانی که در جیره آن‌ها از سبوس گندم تخمیری ۳ و ۶ درصد استفاده شده بود، به صورت معنی‌داری عمق کریپت کمتری را در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند (P <۰/۰۵). به طور کلی، بهبود در نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در گروه دریافت کننده سبوس‌گندم تخمیری ۳ درصد و سبوس‌گندم اکسترود ۳ درصد در مقایسه با شاهد مشاهده شد (P≤۰/۰۵).

بحث

در آزمایش حاضر، افزایش وزن بدن پرندگان در دوره رشد تحت تاثیر سبوس‌گندم تخمیری ۶ درصد نسبت به گروه شاهد قرار گرفت. Zhang و همکاران (۲۰۲۲) افزایش وزن بالاتر را در جوجه های گوشتی تغذیه شده با جو و گندم تخمیر شده را در مقایسه با جیره شاهد گزارش‌کردند، بهبود در ارزش غذایی و قابلیت هضم از طریق تجزیه پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته ای محلول در طی تخمیر، عامل اصلی موثر در بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی است. در تحقیق Chuang و همکاران (۲۰۲۱)، جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیری در مرحله آغازین، افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل خوراک کمتر در مقایسه با گروه کنترل نشان دادند. این نتایج ممکن است به این دلیل باشد که محتوای الیاف جیره‌ای بیشتر در گروه ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیری می‌تواند حمایت بیشتری ار میکروبیوتای مفید روده نماید.

Belal و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که افزودن ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیری در حالت جامد، باعث افزایش معنی دار مصرف خوراک شد که دلیل آن به خوش‌خوراکی بیشتر خوراک تخمیری نسبت داده شد. نتایج مطالعه Taheri و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد افزودن سبوس‌گندم به جیره های مبتنی بر جو تاثیری در مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی ندارد.

Donkoh و همکاران گزارش دادند (۱۹۹۹) که میانگین وزن جوجه‌ها در سن ۳ هفتگی برای پرندگانی که با تیمارهای ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰ و ۴۵۰ گرم در کیلوگرم سبوس‌گندم پرورش یافته بودند، مشابه بود. با این حال، تفاوت

معنی‌داری در افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در طول دوره ۳-۸ هفتگی مشاهد شد. پرندگان با تیمار حاوی ۱۵۰ گرم در کیلوگرم سبوس گندم، بیشترین افزایش وزن را داشتند و تاثیر آن بر مصرف خوراک در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر بود.

بر خلاف نتایج آزمایش حاضر در مطالعه Teng و همکاران (۲۰۱۷) گنجاندن سبوس گندم تخمیر شده در حالت جامد با ساکارومایسس سرویزیه[۶] به تنهایی و همراه با باسیلوس آمیلولیکوییفیشنز[۷] باعث بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی نسبت به گروه شاهد شد. Chen و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که جیره تخمیر شده با 10^6 cfu *ساکارومایسس سرویزیه و باسیلوس سوبتیلیس* تفاوت معنی داری بر روی ضریب تبدیل خوراک جوجه های گوشتی نداشت، که با آزمایش ما هم خوانی داشت.

Teng و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تخمیر سبوس گندم در دسترس بودن مواد مغذی آن را بهبود می بخشد و باعث عملکرد بهتر رشد می شود. کاربرد سبوس گندم در سطح ۱۲ درصد در مقایسه با جیره ذرت و جو مکمل‌شده با آنزیم تاثیری بر ضریب تبدیل خوراک نداشت.

در این مطالعه هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تاثیر معنی‌داری بر وزن نسبی اندام‌های داخلی نداشتند. در مطابقت با نتایج این تحقیق، مطالعه Martínez و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که گنجاندن سطوح مختلف سبوس‌گندم در جیره غذایی پولت‌های تخمگذار (۱۶ هفته) هیچ تأثیری بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی، اندام‌های گوارشی و امعاء واحشاء، یا روی طول نسبی روده کوچک و سکوم نداشت. (González-Alvarado و همکاران، ۲۰۰۸) گزارش کردند که با افزودن منابع فیبر مختلف به جیره جوجه‌های گوشتی، وزن نسبی بالاتری از اندام‌های گوارشی و ضمیمه مشاهده شد. (Viveros وهمکاران،۱۹۹۴;Eastwood و همکاران، ۱۹۹۲) نیز گزارش نمودند که افزایش سطوح مختلف فیبر در جیره غذایی ممکن است طول سکوم را به دلیل ماندگاری طولانی‌تر خوراک در این بخش افزایش دهد. هم‌چنین (Rodríguez و همکاران، ۲۰۰۶; González-Alvarado و همکاران، ۲۰۰۷) هیچ تغییری در وزن نسبی طحال در پولت‌های تخمگذار و جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با منابع مختلف فیبر مشاهده نکردند.

گزارش شده است جیره‌های حاوی غلات تخمیری تغذیه شده به جوجه های گوشتی، وزن لاشه بیشتری نسبت به جوجه‌هایی که با غلات تخمیر نشده تغذیه شده‌بودند، تولید کردند (Paul و همکاران، ۲۰۲۳).

فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون

---

[۶] *Saccharomyces cerevisiae*

[۷] *Bacillus amyloliquefaciens*

در این مطالعه در سرم خون پرندگان دریافت کننده سبوس گندم ۳ درصد، ۶ درصد و سبوس گندم تخمیری۳ درصد میزان تری‌گلیسرید بیشتری در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد. در حالیکه پرندگان دریافت کننده سبوس‌گندم اکسترود ۶ درصد در مقایسه با گروه شاهد، سطح تری‌گلیسرید سرم را کاهش داد. در مطالعه (Paul و همکاران، ۲۰۲۳) پرندگان تغذیه شده با سبوس گندم در در روز ۴۲، غلظت سرمی لیپوپروتئین باچگالی کم، کلسترول و تری گلیسرید کمتری داشتند. در مطالعه Teng و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده‌شد که در تیمارهای با ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر شده با باسیلوس آمیلولیکوئیفیشنز ، *ساکارومایسس سرویزیه* و ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر شده با مخلوط ساکارومایسس+باسیلوس تمایل به کاهش کلسترول سرم در مقایسه با تیمار شاهد وجود داشت. کلسترول در دستگاه گوارش حیوانات می‌تواند در غشای سلولی لاکتوباسیل‌ها نفوذ کند. بخش الیافی سبوس گندم می تواند توسط باکتری‌های لاکتوباسیلوس مورد استفاده قرار گرفته، جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس روده را افزایش و در نتیجه کلسترول سرم را در جوجه‌های گوشتی کاهش دهد.

سطح گلوکز در تمامی تیمارهای آزمایشی حاوی سبوس در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داشت. Paul و همکاران (۲۰۲۳) گزراش کردند که غلظت گلوکز خون در روزهای ۲۸ و ۴۲ پرورش در تیمارهای دریافت کننده سبوس گندم تخمیری بیش‌تر بود که بر خلاف نتایج تحقیق حاضر است.

در تایید نتایج مطالعه حاضر، Li و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که سطوح سرمی پروتئین تام و آلبومین در گروه دریافت کننده سبوس گندم تخمیری به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین An و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که در مقایسه با گروه شاهد تیمارهای دریافت کننده سبوس گندم تخمیر شده در حالت جامد و غوطه‌ور در سطح ۷ درصدی به طور معنی‌داری سطوح سرمی پروتئین کل و گلوبولین را در روز ۲۱ افزایش دادند.

در مطالعه حاضر، غلظت سرمی اسید اوریک جیره‌های حاوی سبوس گندم در مقایسه با شاهد افزایش معنی داری داشت ($P <$ ۰/۰۱). سطح آنزیم‌های کبدی یک پارامتر شاخص برای سطح فعالیت کبد است (Cheesborough، ۱۹۹۱). در این مطالعه همه گروه‌های آزمایشی حاوی سبوس گندم، به جز سبوس‌گندم ۳ درصد در رابطه با سطح آلانین‌آمینوترنسفراز، سطح آلانین‌آمینوترنسفراز و آسپارتات آمینوترنسفراز را در مقایسه با شاهد افزایش دادند ($P <$ ۰/۰۱) که می تواند نشان دهنده افزایش فعالیت کبدی باشد. در مطالعه Semjon و همکاران (۲۰۲۰) غلظت کمتر آلکالین فسفاتاز و کلسیم و غلظت بیشتر تری‌گلیسیرید در سرم خون پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر شده گزارش شد.

در آزمایش حاضر هیچ‌یک از تیمارهای آزمایش تاثیر معنی‌داری بر سطح سرمی ایمونوگلوبین‌های M، G و توتال نداشتند ($P \geq$ ۰/۰۵). اما یافته‌های مطالعه Wang و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که گنجاندن پلی ساکاریدهای

سبوس‌گندم تخمیری در جیره جوجه های گوشتی منجر به افزایش غلظت سرمی ایمونوگلوبولین M (IgM) شد. هم‌چنین نتایج مطالعه He و همکاران (۲۰۲۱) در خوک‌های تغذیه شده با سبوس گندم تخمیر شده، نشان داد که سطوح IgM و IgG به طور معنی داری افزایش یافتند.

در روده کوچک، ارتفاع پرزهای بلندتر و عمق کریپت کم‌تر می‌تواند سطح بزرگ‌تری را برای هضم و جذب مواد مغذی فراهم کند (Teng و همکاران ، ۲۰۱۷; Baurhoo و همکاران، ۲۰۰۷ ; Chu و همکاران، ۲۰۱۷). در این تحقیق نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در ژژنوم در پرندگانی که سبوس‌گندم تخمیری و سبوس‌گندم اکسترود در سطح ۳ درصد دریافت کردند، افزایش یافت. نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت یک معیار مفید برای تخمین ظرفیت جذب روده کوچک است. این اثرات مثبت، احتمالاً مربوط به اثرات مفید فیبر جیره بر ترکیب میکروبیوتای روده و متابولیت‌های مرتبط است (Drażbo و همکاران، ۲۰۱۸). نسبت بین ارتفاع پرز به عمق کریپت به عنوان شاخصی برای تخمین ظرفیت جذب روده کوچک پذیرفته شده است (Mateos و همکاران، ۲۰۱۲). میانگین بالاتر این نسبت نشان دهنده بهبود عملکرد و بلوغ بهتر روده است (Baurhoo و همکاران، ۲۰۰۷).

Chuang و همکاران (۲۰۲۱) در آزمایشی که با گنجاندن سبوس‌گندم در جیره جوجه‌های گوشتی انجام دادند، گزارش کردند که محتوای فیبر به طور مثبت با ارتفاع پرز در ژژنوم مرتبط است، که می تواند به دلیل افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیل باشد. به کار بردن ۱۰ درصد سبوس‌گندم تخمیر شده با *ساکارومایسس سرویزیه* به طور معنی‌داری ارتفاع پرزهای روده‌ای را افزایش داد که ممکن است با مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* مرتبط باشد. مطالعات قبلی نشان داده است که استفاده از مخمر یا دیواره سلولی مخمر، مورفولوژی روده را بهبود می‌بخشد. دیواره سلولی *ساکارومایسس سرویزیه* که حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد وزن سلول را شامل می‌شود، غالبا متشکل از مانان الیگوساکارید و بتاگلوکان است. این ترکیبات ممکن است از اتصال باکتری‌های بیماری‌زا به پرز جلوگیری کرده و از مخاط در برابر مواد سمی محافظت کنند (Teng و همکاران، ۲۰۱۷) . Li و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند که احتمالاً ترکیبات زیست فعال موجود در سبوس گندم تخمیر شده یکپارچگی روده را بهبود می بخشد و بنابراین هضم و جذب پروتئین را افزایش می دهد.

در این پژوهش پس از تخمیر سبوس گندم فیبر خام ٪ ۱/۱۸ کاهش یافت ومقدار پروتئین خام ٪۱/۵۵ افزایش یافت که با نتیجه پژوهش Jishan و همکاران (۲۰۲۲) همسو بود، آنان اظهار کردند کاهش محتوای فیبر خام ممکن است مربوط به سلولاز حاصل از باکتری‌های پروبیوتیک در طول تخمیر باشد، علاوه بر این، افزایش محتوای پروتئین خام احتمالاً به دلیل اثر غلظت مواد تخمیر شده به قیمت از دست دادن کربوهیدرات‌ها در فرآیند تخمیر

میکروبی بوده است (Zhang et al., 2022). همچنین Omwango و همکاران (۲۰۱۳)گزارش دادند تخمیر، پروتئین خام را افزایش داد، در حالی که همزمان محتوای فیبر خام را کاهش داد.

پس از اکسترود کردن سبوس گندم پروتئین خام ٪۰/۵۵ کاهش یافت اما فیبرخام تغییر خاصی نداشت، Li و همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند پس از اکستروژن، تفاوت معنی‌داری در میزان کل فیبر و پروتئین مشاهده نشد. برخی از محققان پیشنهاد کردند که محتوای بدون تغییرکل فیبر جیره ای عمدتاً به تشکیل نشاسته مقاوم همزمان با تخریب فیبر غذایی نسبت داده می‌شود (Andesson و همکاران ۲۰۱۷).

در مورد بحث اقتصادی جیره حاوی سبوس‌گندم تخمیر شده ۴۹۰ ریال از کنترل گرانتر و سبوس‌اکسترود شده ۳۹۱۰ ریال از کنترل ارزانتر بود ودر سطح ٪۶ جیره حاوی سبوس‌گندم تخمیری ۴۴۵۰ ریال از کنترل بالاتر و جیره حاوی سبوس‌اکسترود شده ۳۶۱۰ ریال از کنترل ارزانتر بود، افزایش قیمت جیره با سبوس‌گندم تخمیری نامحسوس است، همچنین در این دوره با استفاده از سبوس‌گندم اکسترود شده کاهش قیمت داشته ایم و با توجه به این مسئله که بیشترین مصرف خوراک در دوره پایانی می باشد، بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده در آزمایش استفاده از سبوس گندم تخمیری و اکسترود شده در سطح ٪۳ توجیه اقتصادی دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که به کاربردن سبوس گندم تا سطح ۶ درصد بصورت فرآوری شده و غیر فرآوری شده تاثیر منفی بر عملکرد جوجه های گوشتی و ویژگی‌های لاشه ندارد، هر چند که وزن بدن در پرندگانی که با سبوس گندم تخمیری (۶ درصد) تغذیه شدند در دوره رشد بهبود یافت. نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت که نشان‌دهنده سطح جذب است در تیمارهای سبوس گندم اکسترود و تخمیری در سطح ۳ درصد، بهبود یافت. البته افزایش در سطح آنزیمهای کبدی در پرندگانی که سطوح مختلف سبوس گندم فرآوری شده و فرآوری نشده دریافت کردند مشاهده شد که نیاز به بررسی بیشتر دارد با توجه به نتایج بدست آمده در آزمایش استفاده از سبوس گندم تخمیری و اکسترود شده در سطح ٪۳ توجیه اقتصادی دارد.

منابع

An, J., Shi, J., Liu, K., Li, A., He, B., Wang, Y., and He, J. (2022). Effects of solid-state fermented wheat bran on growth performance, immune function, intestinal morphology and microflora in lipopolysaccharide-challenged broiler chickens. *Animals*, *12*(9): 1100. DOI:10.3390/ani 12091100

Andersson, A. A. M., Andersson, R., Jonsäll, A., Andersson, J. and Fredriksson, H. (2017) Effect of different extrusion parameters on dietary fiber in wheat bran and rye bran. *Journal of Food Science. 82*: 1344–1350. DOI: 10.1111/1750-3841.13741

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

Ari M.M., Ayanwale, B.A., Adama, T.Z., Olatunji E.A. (2012). Effects of diets containing alkali-
treated Soybeans on performance traits, nutrient digestibility and cost benefits of broiler chickens. Nigerian Journal of Animal Production 39: 125–134. DOI: 10.51791/njap. v39i2.745

Baurhoo, B., Phillip, L., and Ruiz-Feria, C. A. (2007). Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. *Poultry Science*, *86*(6), 1070-1078. DOI: 10.1093/ps/86.6.1070

Belal, E. (2017). Assessment of the performance of chicks fed with wheat bran solid fermented by Trichoderma longibrachiatum (SF1). *Journal of Sustainable Agricultural Sciences*, *43*(2), 115-126. Doi: 10.21608/jsas.2017.1162.1008

Cheesborough M. Tropical health technology and Butterworth scientific limited Cambridge; Edinburgh, England: (1991). *Medical Laboratory Manual for Tropical Countries 2nd Edition*. 358-361.

Chen, K. L., Kho, W. L., You, S. H., Yeh, R. H., Tang, S. W., and Hsieh, C. W. (2009). Effects of Bacillus subtilis var. natto and Saccharomyces cerevisiae mixed fermented feed on the enhanced growth performance of broilers. *Poultry Science*, *88*(2): 309-315. DOI: 10.3382/PS.2008-00224

Choct, M., Dersjant-Li, Y., McLeish, J., and Peisker, M. (2010). Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *23*(10): 1386-1398. DOI:10.5713/ajas.2010.90222

Choton, S., Gupta, N., Bandral, J. D., Anjum, N., and Choudary, A. (2020). Extrusion technology and its application in food processing: A review. *The Pharma Innovation Journal*, *9*(2): 162-168. DOI: 10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367

Chu, Y. T., Lo, C. T., Chang, S. C., and Lee, T. T. (2017). Effects of Trichoderma fermented wheat bran on growth performance, intestinal morphology and histological findings in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. *16*(1): 82-92. DOI: 10.1080/1828051X.2016.1241133

Chuang, W. Y., Hsieh, Y. C., and Lee, T. T. (2020). The effects of fungal feed additives in animals: A review. *Animals*. *10*(5): 805. DOI: org/10.3390/ani10050805

Chuang, W. Y., Lin, L. J., Hsieh, Y. C., Chang, S. C., and Lee, T. T. (2021). Effects of Saccharomyces cerevisiae and phytase co-fermentation of wheat bran on growth, antioxidation, immunity and intestinal morphology in broilers. *Animal Bioscience*. *34*(7): 1157. DOI: DOI: 10.5713/ajas.20.0399

Donkoh, A., Atuahene, C. C., and Dzineku, M. (1999). Growth response of broiler chickens to finisher diets containing high amounts of wheat bran. *Ghana Journal of Agricultural Science*. *32*(2): 213-219. DOI: 10.4314/gjas. v32i2.1904

Drażbo, A., Ognik, K., Zaworska, A., Ferenc, K., and Jankowski, J. (2018). The effect of raw and fermented rapeseed cake on the metabolic parameters, immune status, and intestinal morphology of turkeys. *Poultry Science*. *97*(11): 3910-3920. DOI: 10.3382/ps/pey250.

Eastwood, M. A. (1992). The physiological effect of dietary fiber: an update. DOI: 10.1146/annurev.nu.12.070192.000315.

González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., and Mateos, G. G. (2007). Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science. 86*(8): 1705-1715. DOI: 10.1093/ps/86.8.1705.

González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Valencia, D. G., Lázaro, R., and Mateos, G. G. (2008). Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poultry Science. 87*(9): 1779-1795. DOI: 10.3382/ps.2008-00070.

Gonzalez-oritz, G., and Olukosi, O.A. (2024). Interaction of wheat bran particle size and stimbiotic supplementation on growth performance and gut health parameters in broilers. *Animal*s. 14(18):2685. DOI: org/10.3390/ani14182685.

He, W., Gao, Y., Guo, Z., Yang, Z., Wang, X., Liu, H., sun, H. and Shi, B. (2021). Effects of fermented wheat bran and yeast culture on growth performance, immunity, and intestinal microflora in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. *99*(11): skab308. DOI: 10.1093/jas/skab308.

Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C., and Abecassis, J. (2007). Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science. 46*(3): 327-347. DOI:10.1016/j.jcs.2007.09.008.

Idan, F., Paulk, C.B., Pokoo-Aikins, A. and Stark, C.R., (2023). Growth performance, intestinal morphometry, and blood serum parameters of broiler chickens fed diets containing increasing levels of wheat bran with or without exogenous multi-enzyme supplementation during the grower and finisher phases. Livestock Science. 275: 105296. DOI: org/10.1016/j.livsci.2023.105296.

Katina, K., Juvonen, R., Laitila, A., and Flander, L. (2012). Fermented wheat bran as a functional ingredient in baking. *Cereal Chemistry. 89*(2): 126-134. DOI:10.1094/CCHEM-08-11-0106.

Kim, K. H., Tsao, R., Yang, R.and Cui, S. W. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*. 95: 466-473. DOI: org/10.1016/j.foodchem.2005.01.032

Knudsen, K. E. B. (2014). Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poultry Science*. 93: 2380-2393. DOI: .org/10.3382/ps.2014-03902.

Li, B., Schroyen, M., Leblois, J., Beckers, Y., Bindelle, J., and Everaert, N. (2019). The use of inulin and wheat bran only during the starter period or during the entire rearing life of broilers: effects on growth performance, small intestinal maturation, and cecal microbial colonization until slaughter age. *Poultry Science*. *98*(9): 4058-4065. DOI:10.3382/ps/pez088.

Li, R., Wang, C., Wang, Y., Xie, X., Sui, W., Liu, R., Wu, T. and Zhang, M. (2023). Extrusion Modification of Wheat Bran and Its Effects on Structural and Rheological Properties of Wheat Flour Dough. *Foods. 12*(9): 1813. DOI: org/10.3390/foods12091813.

Lichovnikova, M., L. Zeman, S. Kracmar. andD. Klecker. (2004). The effect of the extrusion process on the digestibility of feed given to laying hens. *Animal Feed Science and Technology*. 116: 313-318. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2004.07.018.

Logié, N., Della Valle, G., Rolland-Sabaté, A., Descamps, N. and Soulestin, J. (2018). How does temperature govern mechanisms of starch changes during extrusion? *Carbohydrate Polymers. 184*: 57–65. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.12.040.

Martínez, Y., Carrión, Y., Rodríguez, R., Valdivié, M., Olmo, C., Betancur, C., ... and Duraipandiyan, V. (2015). Growth performance, organ weights and some blood parameters

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

of replacement laying pullets fed with increasing levels of wheat bran. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. *17*(3): 347-354. DOI: 10.1590/1516-635X1703347-354.

Mateos, G. G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M. P., and Lázaro, R. P. (2012). Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*. *21*(1): 156-174. DOI:10.3382/japr.2011-00477.

Meng, X., B.A. Slominski, C.M. Nyachoti, L.D. Campbell, and W. Guenter. (2005). Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *International Journal of Poultry Science*. 84: 37–47. DOI: 10.1093/ps/84.1.37.

Menis-Henrique, M.E.C., Scarton, M., Piran, M.V.F. and Clerici, M.T.P.S. (2020). Cereal fiber: Extrusion modifications for food industry. *Current Opinion in Food Science. 33*: 141–148. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.05.001.

Milani, E., Pourazarang, H., and Mortazavi, S. A. (2009). Effect of rice bran addition on dough rheology and textural properties of Barbary bread. *Journal of Food Sience and Thechnology (Iran)*. 6(20): 23-31.

Moritz, J.S., A.S. Parsons, N.P. Buchanan, W.B. Calvacanti, K.R. Cramer and R.s. Beyer. (2005). Effect of gelatinizing dietary starch through feed processing on zero-to-three weeks' broiler performance and metabolism. *Journal Applied Poultry Research*. 14: 47-54. DOI: 10.1093/japr/14.1.47

Munns, P.L. and Lamont, S, J., (1991). Research note: Effects of age and immunization interval on the anamnestic response to T-cell-dependent and T-cell-independent antigens in chickens. *Poultry Science*. 70: 2371-2374.

Nelson, N. A., Lakshmanan, N., and Lamont, S. J. (1995). Sheep red blood cell and Brucella abortus antibody responses in chickens selected for multitrait immunocompetence. *Poultry Science*. *74*(10): 1603-1609. DOI: 10.3382/ps.0741603

Offiah, V., Kontogiorgos, V. and Falade, K.O. (2019). Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review. *Criticl Revews in Food Science and Nutrition. 59*: 2979–2998. DOI: 10.1080/10408398.2018.1480007

Olukomaiya, O., Fernando, C., Mereddy, R., Li, X., and Sultanbawa, Y. (2019). Solid-state fermented plant protein sources in the diets of broiler chickens: A review. *Animal Nutrition. 5*(4): 319-330. DOI: 10.1016/j.aninu.2019.05.005

Omwango, E. O., Njagi, E. N. M., Orinda, G. O., and Wanjau, R. N. (2013). Nutrient enrichment of pineapple waste using Aspergillus niger and Trichoderma viride by solid state fermentation. *African Journal of Biotechnology*. 12: 6193–6196. DOI: 10.5897/AJB2013.12992

Paul, A., Samanta, A. K., Das, B. K., Debbarmma, G., Paul, S., and Datta, M. (2023). Effects of fermented wheat bran on blood biochemical parameters and carcass characteristics of broiler birds. *International Journal of Bio-resource and Stress Management. 14*(5): 780-788. DOI: 10.23910/1.2023.3382

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

Rahman, M.A.U., A. Rehman, X. Chuanqi, Z.Z. long, C. Binghai, J. Linbao & S. Huawei. (2015). Extrusion of feed/feed ingredients and its effect on digestibility and performance of poultry. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 4: 48-61. https://www.researchgate.net/publication/274894715_Extrusion_of_FeedFeed_Ingredients_and_Its_Effect_on_Digestibility_and_Performance_of_Poultry_A_Review.

Rodríguez, R., Martinez, M., Valdivié, M., Cisneros, M., Cardenas, M., and Sarduy, L. (2006). Morphometry of the gastrointestinal tract and its accessory organs in laying hens fed feedstuffs containing proteinic sugarcane meal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, *40*(3): 343.https://www.researchgate.net/publication/289110192_Morphometry_of_the_gastrointestinal_tract_and_its_accessory_organs_in_laying_hens_fed_feedstuffs_containing_proteinic_sugarcane_meal.

Semjon, B., Bartkovský, M., Marcinčáková, D., Klempová, T., Bujňák, L., Hudák, M., et al. (2020). Effect of solid-state fermented wheat bran supplemented with agrimony extract on growth performance, fatty acid profile, and meat quality of broiler chickens. *Animals*. *10*(6): 942. DOI: 10.3390/ani10060942.

Shang, Q., Wu, D., Liu, H., Mahfuz, S. and Piao, X. 2020.The impact of wheat bran on the morphology and physiology of the gastrointestinal tract in broiler chickens. *Animals*. 10: 1-12. DOI; org/10.3390/ani10101831.

Smits, C. H. M. and Annison, G. (1996). Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. *Worlds Poultry Science Journal*. 52: 203-221: DOI: org/10.1079/WPS19960016.

Stevenson, L. E. O., Phillips, F., O'sullivan, K., & Walton, J. (2012). Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *63*(8): 1001-1013. DOI: 10.3109/09637486.2012.687366

Taheri, H. R., Tanha, N., and Shahir, M. H. (2016). Effect of wheat bran inclusion in barley-based diet on villus morphology of jejunum, serum cholesterol, abdominal fat and growth performance of broiler chickens. *Journal of Livestock Science and Technologies*. *4*(1): 9-16. https://www.researchgate.net/publication/311617091_Effect_of_wheat_bran_inclusion_in_barley

Tejeda, O.J. and Kim, W. K. (2021). Effects of fiber type, particle size, and inclusion level on the growth performance, digestive organ growth, intestinal morphology, intestinal viscosity, and gene expression of broilers. *Poultry Science*. 100: 101397. DOI: org/10.1016/j.psj.2021.101397.

Teng, P. Y., Chang, C. L., Huang, C. M., Chang, S. C., and Lee, T. T. (2017). Effects of solid-state fermented wheat bran by Bacillus amyloliquefaciens and Saccharomyces cerevisiae on growth performance and intestinal microbiota in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *16*(4): 552-562. DOI: 10.1080/1828051X.2017.1299597

Viveros, A., Brenes, A., Pizarro, M., and Castaño, M. (1994). Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers. *Animal Feed Science and Technology*, *48*(3-4): 237-251. DOI: 10.1016/0377-8401(94)90175-9

Wang, R. F., Wang, Y., An, X. P., Ji, X., Du, J., Hu, Y. C., ... and Qi, J. W. (2022). Effects of biomacromolecules on growth, digestibility, digestive enzyme activity, antioxidation, and

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

immunity in broilers. *South African Journal of Animal Science*. *52*(4): 539-551. DOI: 10.4314/sajas. v52i4.14

Wang, Y., He, B., Liu, K., Shi, J., Li, A., Cheng, J., et al (2022). Effects of long-term dietary supplementation of fermented wheat bran on immune performance and inflammatory response in laying hens. *Food and Agricultural Immunology*. *33*(1): 150-166. DOI: 10.1080/09540105.2021.2025346

Zhang, A. R., Wei, M., Yan, L., Zhou, G. L., Li, Y., Wang, H. M., et al. (2022). Effects of feeding solid-state fermented wheat bran on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*. *101*(1): 101402. DOI: 10.1016/j.psj.2021. 101402.

Zhao, H. M., Guo, X. N., and Zhu, K. X. (2017). Impact of solid state fermentation on nutritional, physical and flavor properties of wheat bran. *Food Chemistry*, *217*: 28-36. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.08.062.

نسخه پیش از انتشار