

Research Article

Vol. 18, No.2, 2026, p. 237-253



Investigating the Effect of Different Fermentation Methods of Wheat Bran and Rice Bran on Performance and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens

Fatemeh Imaninejad¹, Somayyeh Salari¹*, Hossein Motamedi²

1- Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2- Department of Biology, Faculty of Science, and Biorefinery Research Center, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

*Corresponding Author's Email: S.Salari@asnrukh.ac.ir

Received: 10-06-2025
Revised: 14-08-2025
Accepted: 15-09-2025
Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Imaninejad, F., Salari, S., & Motamedi, H. (2026). Investigating the Effect of Different Fermentation Methods of Wheat Bran and Rice Bran on Performance and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(2), 237-253. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93922.1249>

Introduction: Wheat bran contains crude fiber, protein, fat, carbohydrates, and minerals (Souci and Kirchhoff, 2000). The direct inclusion of wheat bran in monogastric diets is limited due to its high fiber content and anti-nutritional factors such as phytic acid and hemicelluloses (e.g., xylan) (Zhang et al., 2022). Similarly, the high fiber content and low digestibility of rice bran have restricted its inclusion in poultry diets (Kras et al., 2013). Microbial fermentation leads to an increase in lactic acid bacteria, a decrease in pH, and an increase in the organic acid concentration (Canibe and Jensen, 2012). Additionally, these brans contain anti-nutritional factors such as beta-glucans, trypsin inhibitors, and anti-thiamine factors, which, when consumed by poultry, reduce nutrient availability and consequently decrease production performance (Haryati et al., 2015). These anti-nutritional compounds increase digesta viscosity, interfere with the digestion and absorption of nutrients, and inhibit digestive enzymes such as trypsin, leading to reduced growth, immunity, and reproductive performance in poultry. Trypsin inhibitors particularly reduce protein digestion, while beta-glucans increase the viscosity of intestinal contents, impairing nutrient absorption. Therefore, the presence of these anti-nutritional factors in bran can negatively affect poultry production performance. It was hypothesized that subjecting wheat bran and rice bran to different fermentation methods would improve performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract characteristics of broiler chickens. Therefore, the main objective of this research was to compare the effects of different fermentation methods of wheat bran and rice bran on the performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract of broiler chickens.

Materials and Methods: This experiment aimed to investigate the effects of different fermentation methods (*Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*, and rumen fluid) on wheat and rice brans and their subsequent impact on performance and nutrient digestibility of broiler chickens. Fermentation with *B. subtilis* and *A. niger* was



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))

 <https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93922.1249>

conducted for 6 days at room temperature, while fermentation with rumen fluid was carried out for 6 hours under anaerobic conditions. A completely randomized design with a 4×2 factorial arrangement was used, consisting of 8 treatments (unfermented and fermented rice and wheat bran by the three methods), 5 replicates, and 10 birds per replicate for 42 days. Feed intake (FI), body weight gain (BWG), feed conversion ratio (FCR), and weights of carcass components and different segments of the gastrointestinal tract (GIT) were measured on day 42. To determine apparent ileal nutrient digestibility, the birds were fed a diet containing 3 g/kg chromium oxide (Cr₂O₃) as an indigestible marker from days 21 to 26. On day 26, the ileal digesta from 2 birds per replicate were collected and stored at -20°C for subsequent chemical analysis. Subsequently, the dry matter (DM), crude fat, and crude protein (CP) of the feed sample and ileal were measured (AOAC, 2000). The digestibility of dry matter, crude fat, and crude protein was calculated (Hafeez et al., 2016). Data were analyzed using SAS software and the GLM procedure. Duncan's multiple range test at 5% significance was used for mean comparisons.

Results and Discussion: Fermentation of brans significantly increased feed intake (FI) and body weight gain (BWG) in broilers compared to those fed raw bran. Specifically, Wheat bran fermented with *Aspergillus Niger* showed the most pronounced improvement in feed conversion ratio (FCR). Dietary inclusion of fermented brans increased apparent ileal crude protein digestibility compared to that of the unfermented treatments. Fermentation with rumen fluid or *Bacillus subtilis* also exerted positive effects although *A. niger* proved to be more effective. Furthermore, fermentation with *Aspergillus Niger* or rumen fluid improved fat digestibility. Broilers fed diets containing bran fermented with fungus had the highest relative weights of carcass, breast, thigh, and digestive tract. Fermentation can increase villus height and thus broiler weight by reducing anti-nutritional factors (Jazi et al., 2017). Our findings regarding protein digestibility align with those of Widodo et al. (2013), who reported that the dietary inclusion of fermented bran could improve crude protein digestibility. This enhancement is likely due to microbial enzymatic activity, which improves feed quality and liberates bound protein fractions. Fermented feeds have been shown to promote growth in broilers by increasing intestinal length indices, maintaining a normal gut microbial ecosystem, and improving gut morphology such as villus height. In addition, bran fermentation typically increases crude protein content and reduces fiber content (Sugiharto & Ranjitkar, 2019). Previous studies have shown that fermented feed contains proteases, amylases, and lipases. These proteases break down proteins to produce short peptides (Sun et al., 2022), thereby increasing the digestion and absorption by the host. Additionally, supplementing fermented feed can significantly improve nutrient metabolism and enhance digestion due to the microorganisms involved in fermentation (Gungor et al., 2021).

Conclusion: According to the results, fermentation of wheat bran and rice bran, especially with *Aspergillus niger*, is an effective method for improving their nutritional value and enhancing broiler performance and can be used as a practical strategy in the poultry industry for optimal use of agricultural by-products.

Keywords: Body Weight, Breast, Feed Intake, Microbial Fermentation, Villus Height

بررسی تأثیر روش‌های مختلف تخمیر سبوس گندم و سبوس برنج بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی

فاطمه ایمانی‌نژاد^۱، سمیه سالاری^{۱*}، حسین معتمدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی روش‌های مختلف تخمیر سبوس گندم و سبوس برنج بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه به مدت ۴۲ روز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل روش‌های مختلف فرآوری (بدون فرآوری، تخمیر با باکتری *Bacillus subtilis*، تخمیر با قارچ *Aspergillus Niger* و تخمیر با مایع شکمبه) و نوع سبوس (گندم و برنج در سطح ۱۰ درصد جیره) در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ با هشت تیمار و پنج تکرار بودند. شاخص‌های عملکردی به صورت دوره‌ای و قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از جیره های حاوی اکسیدکروم از ۲۱ تا ۲۶ روزگی، ارزیابی شدند. تخمیر سبوس‌ها باعث افزایش معنی‌دار مصرف خوراک و افزایش وزن جوجه‌ها نسبت به سبوس خام شد. سبوس گندم تخمیرشده با *Aspergillus Niger* بهترین بهبود را در ضریب تبدیل خوراک نشان داد. تغذیه با سبوس‌های تخمیرشده موجب افزایش قابلیت هضم پروتئین نسبت به تیمار تخمیر نشده گردید. همچنین تخمیر با قارچ و مایع شکمبه موجب بهبود قابلیت هضم چربی شد. تخمیر با مایع شکمبه و قارچ *Aspergillus Niger* نسبت به سبوس خام موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم چربی شدند. پرندگان در تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده با قارچ، بیشترین وزن نسبی لاشه، سینه، ران و دستگاه گوارش را داشتند. با توجه به نتایج حاصل، تخمیر سبوس گندم و برنج، به ویژه با قارچ *Aspergillus Niger*، روشی مؤثر برای بهبود ارزش غذایی و افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی است و می‌تواند به عنوان راهبرد عملی در صنعت طیور برای استفاده بهینه از محصولات جانبی کشاورزی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع پرزها، تخمیر میکروبی، سینه، مصرف خوراک، وزن بدن

مقدمه

(2015). سبوس گندم به عنوان اصلی‌ترین محصول فرعی فرآوری آرد گندم می‌باشد که با وجود داشتن سطح پروتئین مناسب، استفاده مستقیم از آن در جیره برای برخی از حیوانات تک معده‌ای به دلیل محتوای فیبر بالا (Zhang et al., 2022)، عوامل ضدتغذیه‌ای مانند اسید فیتیک، همی سلولز و زایلان (Olukosi & Adeola, 2008) و سایر پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محدود است، این اجزاء ممکن است هضم و جذب مواد مغذی را مهار کنند (Koropatkin et al., 2012). پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای می‌توانند سیگنال‌های سیری را از طریق تورم آب در روده ایجاد کنند (Stevenson et al., 2012) و بر ترکیب ریزجاندان روده تأثیر بگذارند (Koropatkin et al., 2012). به این دلایل، کاهش محتوای فیبر سبوس‌ها با فرآوری بسیار مهم است.

سبوس برنج نیز محصول جانبی دیگری از صنعت کشاورزی است

با توجه به اهمیت صنعت طیور در تأمین پروتئین مورد نیاز برای تغذیه انسان و از طرفی کمبود اقلام غذایی مورد نیاز جیره، بهتر است در کنار مواد خوراکی اصلی جیره، از برخی محصولات جانبی کشاورزی استفاده شود (Ravindran, 2013). در بین منابع موجود، سبوس گندم و سبوس برنج، محصولات فرعی کشاورزی فراوان و ارزان در کشورهای تولیدکننده برنج و گندم هستند (Haryati et al.,

۱- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و مرکز تحقیقات پالایشگاه زیستی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: S.Salari@asnruk.ac.ir).

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93922.1249>

که برای تغذیه حیوانات در دسترس است. اما محتوای فیبر بالا و قابلیت هضم پایین، استفاده از آن‌ها را در خوراک طیور محدود کرده است (Kras et al., 2013). علاوه بر این، سبوس حاوی مواد ضدتغذیه‌ای مانند بتاگلوکان‌ها، مهارکننده تریپسین و فاکتور آنتی-تیامین می‌باشد که با کاهش دسترسی مواد مغذی، عملکرد تولید را کاهش می‌دهد (Haryati et al., 2015).

تخمیر سبوس برنج و سایر محصولات جانبی کشاورزی باعث افزایش پروتئین و کاهش محتوای فیبر آن‌ها می‌شود (Sugiharto & Ranjitkar, 2019). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که خوراک تخمیرشده حاوی پروتئازها، آمیلاز و لیپاز است. پروتئازهای ترشح‌شده، پروتئین‌ها را تجزیه می‌کنند تا پپتیدهای کوتاه تولید کنند (Sun et al., 2022) و در نتیجه هضم و جذب خوراک توسط جوجه‌های گوشتی را افزایش می‌دهند. همچنین مکمل کردن خوراک تخمیرشده به دلیل ریزجاندان دخیل در تخمیر می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر متابولیسم مواد مغذی تأثیر بگذارد و هضم را تقویت کند (Gungor et al., 2021).

تخمیر، تکنیک تبدیل بیولوژیکی بسترهای پیچیده به ترکیبات ساده توسط ریزجاندان مختلف مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها است. تخمیر علاوه بر بهبود خواص تغذیه‌ای منجر به افزایش تعداد باکتری-های اسید لاکتیک، کاهش pH و افزایش غلظت اسیدهای آلی می-شود (Canibe & Jensen, 2012). در طی فرآیند تخمیر، مواد مغذی ضروری مختلفی مانند ویتامین‌ها، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه و پپتیدهای کوچک تولید می‌شوند که ممکن است ارزش غذایی محصولات جانبی را افزایش دهد (Chen, 2010). تخمیر سبوس برنج و سایر محصولات جانبی کشاورزی باعث افزایش پروتئین و کاهش محتوای فیبر آن‌ها می‌شود (Sugiharto & Ranjitkar, 2019). تخمیر همچنین با بهبود محتوای فنلی و فعالیت آنتی-اکسیدانی (Oliveira et al., 2008)، تقویت ایمنی (Koh et al., 2008) و کاهش محتوای فسفر فیتات در سبوس برنج (Azrinnahar et al., 2021) عملکرد طیور را افزایش می‌دهد.

Aspergillus Niger یکی از قارچ‌های توانمند است که توانایی تولید آنزیم‌هایی همچون همی سلولازها، هیدرولازها، پکتینولایتیک-ها، فیتاز و آنزیم‌های لیپولایتیک را دارد. هیدرولیز آنزیمی اسید فایتیک به‌وسیله آنزیم فیتاز تولیدشده از قارچ *Aspergillus Niger* منجر به تولید اینوزیتول‌ها، اینوزیتول فسفات و فسفات غیرمعدنی می‌شود (Mullaney et al., 2000). همچنین علاوه بر قارچ‌ها، باکتری‌های جنس *Bacillus* به‌ویژه *Bacillus subtilis* به‌دلیل ویژگی منحصر به فرد در تولید اسپور زیاد و مقاوم به اسید، قلیا و گرما، به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین باکتری‌ها در فرآیند مهار بیولوژیکی معرفی شده‌اند که طیف وسیعی از آنزیم‌ها مانند سلولاز، پروتئاز، لیپاز

و آمیلاز را ترشح می‌کنند (Gao et al., 2017). همچنین فرآیند تخمیر با استفاده از مایع شکمبه می‌تواند تکنیک مناسبی برای بهبود کیفیت محصولات جانبی از نظر محتوای پروتئینی باشد. تخمیر سبوس برنج توسط مایع شکمبه به کاهش محدودیت استفاده از سبوس برنج کمک می‌کند، زیرا ریزجاندان شکمبه برای تغییرات مورد نظر در شرایط بی‌هوازی مناسب هستند. از طرفی، میکروب‌های شکمبه می‌توانند فیبر را به‌راحتی تجزیه کنند و پروتئین تک سلولی تولید کنند (Hackmann & Firkins, 2015) که ممکن است کیفیت پروتئین سبوس‌ها را افزایش دهد. جمعیت میکروبی شکمبه می‌تواند اجزای غیرپروتئینی را در حضور انرژی محلول کافی به پروتئین با کیفیت بالا تبدیل کند (Hackmann & Firkins, 2015). هدف این تحقیق، ارزیابی تأثیر سه روش تخمیر مختلف (با استفاده از باکتری *Bacillus subtilis*، قارچ *Aspergillus Niger* و مایع شکمبه) بر بهبود ارزش غذایی سبوس گندم و برنج است. هدف اصلی، ارزیابی تأثیر این فرآیندهای تخمیری بر بهبود عملکرد رشد، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و بررسی وزن اندام‌های داخلی در جوجه‌های گوشتی به‌منظور ارائه راهکاری عملی برای استفاده بهینه از این محصولات جانبی کشاورزی در صنعت طیور است.

مواد و روش‌ها

الف- تخمیر حالت جامد سبوس برنج و سبوس گندم با استفاده از باکتری و قارچ

در مطالعه حاضر، باکتری *Bacillus subtilis* (ATCC 6633) و قارچ *Aspergillus Niger* (PTCC5010) به‌شکل ویال لیوفیلیزه از مرکز قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. فعال‌سازی ویال‌های لیوفیلیزه و تهیه کشت آغازگر باکتری و قارچ به‌ترتیب در محیط‌های MRS-broth در دمای ۳۷ درجه سانتی-گراد و PDA در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. پس از آن به هر کیلوگرم سبوس، یک لیتر آب مقطر اضافه گردید و کشت آغازگر (حاوی حداقل ۱۰^۵ واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) بر روی سبوس‌ها محلول‌پاشی شد. مخلوط حاصل در نایلون پلاستیکی که حاوی اکسیژن نیز بود به مدت شش روز در دمای اتاق جهت فرآیند تخمیر نگهداری گردید. پس از انجام فرآیند تخمیر، سبوس برنج و سبوس گندم تخمیرشده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Soltani Naseri et al., 2018).

ب- تخمیر سبوس برنج و سبوس گندم با استفاده از مایع شکمبه

مایع شکمبه از کشتارگاه تهیه و با استفاده از یک پارچه صاف شد. قسمت جامد خارج و از مایع به‌دست‌آمده به‌عنوان مایع تلقیح

شد. در سن ۲۱ روزگی، ۰/۳ درصد اکسید کروم به جیره اضافه و به مدت پنج روز در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. در سن ۲۶ روزگی، دو قطعه جوجه از هر تکرار انتخاب و کشتار شدند و محتویات ایلئومی آن‌ها از حد فاصل زائده مکل تا پنج سانتی‌متر قبل از اسفنگتر ایلئوسکال جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه داشته شدند. سپس ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام، کروم نمونه خوراک و محتویات ایلئومی اندازه‌گیری گردید (AOAC, 2000). قابلیت هضم ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Hafeez et al., 2016).

معادله (۱)

(غلظت نشانگر در ماده هضمی/غلظت نشانگر در خوراک) -

۱۰۰ = قابلیت هضم (%)

۱۰۰ × (غلظت ماده مغذی در خوراک/غلظت ماده مغذی در ماده

هضمی) ×

در روز ۴۲ آزمایش، دو قطعه جوجه با میانگین وزنی گروه، انتخاب و وزن کل دستگاه گوارش، لاشه، سینه، ساق و ران، چربی محوطه بطنی، پیش‌معه، سنگدان، کبد، بورس فابریسیوس اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه گردید. طول قسمت‌های مختلف روده کوچک و سکوم نیز در این زمان اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

داده‌های حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌روش فاکتوریل (۲×۴) آنالیز شد. همه داده‌ها با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ آنالیز شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های مختلف پرورش در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. در دوره آغازین، رشد و پایانی مصرف خوراک تحت تأثیر اثرات متقابل نوع سبوس و نوع تخمیر قرار نگرفت. اما در بررسی اثر فرآوری، مصرف خوراک در دوره آغازین در تیمارهای حاوی ۱۰ درصد سبوس تخمیرشده در مقایسه با تیمارهای حاوی ۱۰ درصد سبوس خام، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$).

استفاده گردید. انتقال مایع شکمبه در حداقل زمان ممکن و با استفاده از فلاسک عایق و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد. برای زنده ماندن ریزجانداران مایع شکمبه، پودر ذرت به‌مقدار ۱۰ گرم در لیتر به آن اضافه گردید. در نهایت، برای ایجاد شرایط بی‌هوازی از گاز دی‌اکسید کربن در ظرف‌های تخمیر استفاده شد. تخمیر در یک محیط کنترل‌شده برای شش ساعت انجام شد. ترکیب سبوس، محلول بافر (Debi et al., 2018) و مایع شکمبه به‌ترتیب در نسبت ۱:۲:۳ حفظ گردید. پس از سه ساعت به‌مقدار یک درصد وزن کل محلول NaHCO_3 نیز اضافه شد. این کار به این دلیل انجام شد که پس از سه ساعت pH شروع به کاهش نمود (زیر ۶). پس از تخمیر، سبوس‌ها در زیر نور خورشید خشک شدند (Debi et al., 2022) (به‌دلیل اینکه استفاده از دو لیتر بافر و سه لیتر مایع شکمبه به‌ازای هر کیلوگرم سبوس منجر به ایجاد محصولی با رطوبت بالا می‌شود. فرآیند خشک کردن در سایه با سرعت تبخیر پایین، شرایط را با فراهم آوردن بستر مغذی و رطوبت کافی، برای امکان رشد نمایی و تکثیر جمعیت میکروبی تسهیل کرده و منجر به آلودگی محصول نهایی می‌گردد، به همین دلیل سبوس‌ها در این روش در زیر نور خورشید خشک شدند).

این آزمایش به مدت ۴۲ روز با استفاده از ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ با هشت تیمار، پنج تکرار و تعداد ۱۰ قطعه پرند مخلوط دو جنس نر و ماده برای هر تکرار، بر روی بستر انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر نشده، ۲- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیرشده با باکتری *Bacillus subtilis*، ۳- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیرشده با قارچ *Aspergillus Niger*، ۴- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیرشده با مایع شکمبه، ۵- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر نشده، ۶- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیرشده با باکتری *Bacillus subtilis*، ۷- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیرشده با قارچ *Aspergillus Niger* و ۸- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیرشده با مایع شکمبه بودند. جیره پایه مطابق نیازهای ذکرشده در کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ تنظیم شد (Ross, 2019). آب و خوراک به‌صورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. اجزاء تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های مورد استفاده در تغذیه جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در جدول ۱ نشان داده شده است. فراسنجه‌های عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان در پایان هر دوره (آغازین، رشد و پایانی) رکوردبرداری و ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید. تعداد و وزن تلفات در محاسبه ضریب تبدیل غذایی در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی از اکسید کروم به‌عنوان نشانگر خارجی استفاده

جدول ۱- درصد اجزاء و ترکیبات جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف پرورش

Table 1- Percentage of components and compositions of experimental diets in different rearing periods

مواد خوراکی Feed ingredients	۱ تا ۱۰ روزگی (آغازین) 1 to 10 days old (Starter)		۱۱ تا ۲۴ روزگی (رشد) 11 to 24 days old (Grower)		۲۵ تا ۴۲ روزگی (پایانی) 25 to 42 days old (Finisher)	
	سبوس گندم ^۱ Wheat bran ¹	سبوس برنج ^۲ Rice bran ²	سبوس گندم Wheat bran	سبوس برنج Rice bran	سبوس گندم Wheat bran	سبوس برنج Rice bran
ذرت Maize	44.34	44.54	46	47	49.04	50.04
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44 % crude protein)	32.97	33.74	30	30	28.85	28.85
سبوس گندم (۱۷/۵۸ درصد پروتئین خام) Wheat bran (17.58% crude protein)	10	0	10	0	10	0
سبوس برنج (۱۱/۱۱ درصد پروتئین خام) Rice bran (11.11% crude protein)	0	10	0	10	0	10
گلوتن ذرت (۶۰ درصد) Corn gluten (60 %)	4.7	4.3	3.72	3.61	1	1
روغن سویا Soybean oil	3.05	2.5	5.5	4.6	7	6
دی ال-متیونین DL-methionine	0.3	0.29	0.3	0.3	0.29	0.29
ال لیزین هیدروکلراید L-lysine HCL	0.32	0.32	0.32	0.32	0.24	0.24
ال-ترئونین L-threonine	0.13	0.12	0.13	0.13	0.11	0.11
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	2	2	1.9	1.9	1.69	1.69
کلسیم کربنات Calcium carbonate	0.75	0.75	0.7	0.7	0.63	0.63
نمک Salt	0.2	0.2	0.2	0.2	0.21	0.21
جوش شیرین Sodium bicarbonate	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
مکمل ویتامین-مواد معدنی ^۳ Vitamin-mineral supplement ³	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
توکسین بایندر Toxin Binder	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2
ترکیب شیمیایی (درصد) Chemical composition (%)						
انرژی متابولیسمی (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolic energy (kcal/kg)	2882	2890	3050	3048	3151	3145
پروتئین خام Crude protein	22.91	22.91	21.14	21.05	19.14	19.12
عصاره اتری Ether extract	5.86	6.42	8.22	8.47	9.64	9.80
کلسیم Calcium	0.92	0.92	0.87	0.87	0.79	0.79
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	0.45	0.45	0.43	0.43	0.39	0.39
لیزین قابل هضم Digestible lysine	1.22	1.22	1.13	1.13	1.03	1.03
متیونین+سیستین قابل هضم Digestible methionine + cystine	0.91	0.91	0.87	0.87	0.80	0.80
ترئونین قابل هضم Digestible threonine	0.82	0.82	0.77	0.77	0.70	0.70

^۱ آنالیز سبوس گندم خام: ۹۳/۸۸ درصد ماده خشک، ۶/۵۳ درصد خاکستر خام، ۱۷/۵۸ درصد پروتئین خام، ۵/۴ درصد چربی خام

^۲ آنالیز سبوس برنج خام: ۹۴/۵۱ درصد ماده خشک، ۱۱/۶۷ درصد خاکستر خام، ۱۱/۱۱ درصد پروتئین خام، ۱۰/۲۴ درصد چربی خام

^۳ مکمل ویتامینی به‌ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کند: ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۵۵ واحد بین‌المللی ویتامین E، دو میلی‌گرم ویتامین K₃، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۴/۸ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۴۵ میلی‌گرم نیاسین، ۱۵ میلی‌گرم اسید پانتوتیک، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۰/۱۵ میلی‌گرم بیوتین، ۱/۶۰ میلی‌گرم اسید فولیک، ۰/۰۱۱ میلی‌گرم ویتامین B₁₂

مکمل معدنی به‌ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کند: ۶۰ میلی‌گرم آهن، ۱۲۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۶ میلی‌گرم مس، ۱/۲۵ میلی‌گرم ید، ۰/۳۰ میلی‌گرم سلنیوم

^۱ analysis of raw wheat bran: 93.88% dry matter, 6.53% crude ash, 17.58% crude protein,; 5.4% crude fat

^۲ Analysis of raw rice bran: 94.51% dry matter, 11.67% crude ash, 11.11% crude protein, 10.24% crude fat

^۳ Vitamin premix provided per kilogram of diet: 10000 IU vitamin A, 3000 IU vitamin D₃, 55 IU vitamin E, 2 mg vitamin K₃, 2.2 mg vitamin B₁, 4.8 mg vitamin B₂, 45 mg niacin, 15 mg pantothenic acid, 2.2 mg B₆, 0.15 mg biotin, 1.60 mg folic acid, 0.011 mg B₁₂. Mineral premix provided per kilogram of diet: 60 mg Fe, 120 mg Mn, 100 mg Zn, 16 mg Cu, 1.25 mg I, 0.30 mg Se.

موجب بهبود عملکرد می‌گردد. بهبود افزایش وزن در گروه فرآوری شده با قارچ *Aspergillus Niger* احتمالاً به دلیل فعالیت آنزیمی این قارچ است که پلیمرهای پیچیده را تجزیه می‌کند و مواد مغذی را آزاد و هضم‌پذیری را افزایش می‌دهد (Lawal et al., 2013). علاوه بر این، افزایش وزن بدن ممکن است به دلیل اثرات تجزیه زیستی قارچ بر بهبود هضم، افزایش مصرف خوراک، کاهش تخمیر میکروبی، کاهش زمان عبور در دستگاه گوارش و کاهش اتلاف داخلی باشد که همه اینها به طور اجتناب‌ناپذیری بر افزایش وزن بدن پرندگان تأثیر مثبت می‌گذارند (Akinfemi & Ogunwale, 2012). تجزیه زیستی سبوس توسط قارچ *Aspergillus Niger* با باز کردن مواد مغذی محصور شده در دیواره سلولی عمل می‌کند و در نتیجه ویسکوزیته را کاهش داده و جذب مواد مغذی توسط پرندگان را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، رشد قارچ‌ها پتانسیل خشی‌سازی عوامل ضدتغذیه‌ای مانند بتاگلوکان‌ها را دارد و به طور کلی، سیستم‌های آنزیمی ناقص جوجه‌ها را تکمیل می‌کنند (Lawal et al., 2013). در کل دوره پرورش، ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر اثرات متقابل نوع سبوس و نوع تخمیر قرار گرفت، به طوری که در ارتباط با سبوس برنج، هر سه روش فرآوری و در مورد سبوس گندم، فرآوری با قارچ *Aspergillus Niger* در مقایسه با نوع بدون فرآوری موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک شد ($P < 0.05$). همچنین در اثرات اصلی، سبوس گندم در مقایسه با سبوس برنج موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک گردید ($P < 0.05$). تنگ و همکاران (Teng et al., 2017) بیان کردند که استفاده از سبوس گندم تخمیر شده با *باسیلوس آمیلولیکویی* فاشینز به همراه *ساکارومایسس سرویزیه* در مقایسه با شاهد باعث بهبود ضریب تبدیل خوراک شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که ضریب تبدیل خوراک در گروه پرندگان تغذیه شده با سبوس برنج تخمیری با مایع شکمبه پایین‌تر بود (Alam et al., 2023). در طول فرآیند تخمیر، مواد مغذی ضروری مختلفی مانند ویتامین‌ها، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه و پپتیدهای کوچک تولید می‌شوند که ممکن است ارزش غذایی محصولات جانبی را بیشتر افزایش دهد (Chen, 2010)، در نتیجه استفاده از سبوس تخمیری موجب بهبود عملکرد می‌گردد. محصولات جانبی مانند سبوس گندم حاوی مقادیر قابل توجهی پلی ساکاریدهای غیرنشاسته-ای هستند که توسط طيور قابل هضم نیستند، زیرا فاقد آنزیم‌های هیدرولیزکننده درون‌زا هستند. پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول می‌تواند ویسکوزیته گوارشی را افزایش داده و قابلیت هضم مواد مغذی را در روده کوچک طيور کاهش دهد.

همچنین در ارتباط با روش فرآوری، در دوره پایانی و کل دوره پرورش، تخمیر با قارچ *Aspergillus Niger* در مقایسه با تخمیر با مایع شکمبه و بدون فرآوری، مصرف خوراک را به طور معنی‌داری افزایش داد ($P < 0.05$). الهه و همکاران (Ullah et al., 2021) مصرف خوراک بالاتر در گروه ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر شده با مایع شکمبه را در مقایسه با جیره شاهد حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر نشده گزارش دادند. همچنین الابی و همکاران (Alabi et al., 2016) گزارش دادند که مصرف خوراک جیره‌های حاوی ۱۵ و ۲۰ درصد پوسته برنج تخمیر شده در جوجه‌های گوشتی در مقایسه با جیره استاندارد، یکسان بود. در توافق با نتایج این آزمایش، لاول و همکاران (Lawal et al., 2012) گزارش دادند که تخمیر ضایعات گندم با قارچ *Aspergillus Niger* در جوجه گوشتی موجب افزایش مصرف خوراک گردید. افزایش مصرف خوراک در تیمارهای حاوی سبوس تخمیری می‌تواند به دلیل خوش‌خوراکی خوراک تخمیری باشد، زیرا تخمیر سبب ایجاد طعم‌های مطلوب به دلیل تولید اسیدها، الکل‌ها و ... می‌شود (Zhu et al., 2023)؛ که خود در افزایش مصرف خوراک مؤثر می‌باشد. نتایج به دست آمده در ارتباط با افزایش وزن جوجه‌های گوشتی نشان داد که اثرات متقابل روش فرآوری و نوع سبوس معنی‌دار نشد، علی‌رغم اینکه هر دو عامل روش فرآوری و نوع سبوس به طور جداگانه، تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن داشتند. به طوری که در دوره آغازین سبوس برنج در مقایسه با سبوس گندم و در دوره پایانی و نیز کل دوره پرورش، سبوس گندم در مقایسه با سبوس برنج موجب بهبود افزایش وزن شد ($P < 0.05$). همچنین در دوره آغازین، هر سه روش فرآوری در مقایسه با بدون فرآوری، و در دوره رشد، پایانی و نیز کل دوره پرورش، بیشترین افزایش وزن مربوط به تیمار تخمیر با قارچ *Aspergillus Niger* بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). علاوه بر این، تیمارهای تخمیر شده با باکتری *Bacillus subtilis* و مایع شکمبه نیز در مقایسه با تیمارهای سبوس خام موجب بهبود افزایش وزن شدند ($P < 0.05$). در توافق با نتایج این آزمایش، مکمل کردن جیره پایه با غلظت‌های مختلف باکتری *Bacillus subtilis* (Gao et al., 2017) و تخمیر ضایعات گندم و پوسته برنج با قارچ *Aspergillus Niger* (Lawal et al., 2012; 2013) در جوجه‌های گوشتی موجب بهبود افزایش وزن گردید. کنکول و همکاران (Konkol et al., 2023) گزارش دادند که تخمیر جامد کنجاله کلزا با باکتری موجب بهبود افزایش وزن جوجه‌های گوشتی شد که همسو با نتایج این آزمایش می‌باشد. باکتری *Bacillus subtilis* با مصرف اکسیژن آزاد در دستگاه گوارش و ایجاد محیط بی‌هوازی با مهار رشد باکتری‌های بیماری‌زا و تقویت رشد پروبیوتیک‌های غیرهوازی مانند لاکتوباسیل‌ها

جدول ۲- بررسی اثر متقابل روش‌های مختلف فرآوری سیوس و برنج و سیوس گندم بر مصرف خوراک (گرم)، افزایش وزن بدن (گرم)، ضریب تبدیل خوراک جوتهای گوشتی
Table 2- Investigation of the interaction effect of different processing methods of rice bran and wheat bran on feed intake (g), body weight gain (g), and feed conversion ratio of broiler chickens

نوع سبوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۳۴ روزگی) Grower (11-24 days)	دوره پایانی (۳۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)								
		مصرف خوراک FI ¹	افزایش وزن بدن BWG ²	ضریب تبدیل FCR ³	مصرف خوراک FI	افزایش وزن بدن BWG	ضریب تبدیل FCR	مصرف خوراک FI	افزایش وزن بدن BWG	ضریب تبدیل FCR			
برنج Rice	خام Raw	191.78	138.70	1.38	978.74	581.57	1.68	2732.52	1297.97	2.11 ^a	3903.04	2018.23	1.93 ^a
	باکتری Bacteria	202.50	149.30	1.35	1006.65	587.74	1.71	2773.47	1486.35	1.87 ^b	3982.62	2223.39	1.79 ^b
	قارچ Fungus	205.60	156.60	1.31	1053.90	631.69	1.67	2885.65	1645.87	1.76 ^{bc}	4145.15	2434.16	1.71 ^{bc}
	مایع شکمبه Rumen liquor	207.62	162.02	1.28	982.50	606.12	1.62	2625.03	1412.38	1.86 ^b	3815.15	2180.51	1.75 ^b
	خام Raw	186.40	134.10	1.39	1037.60	622.51	1.67	2602.09	1422.89	1.83 ^b	3826.09	2179.50	1.75 ^b
گندم Wheat	باکتری Bacteria	203.81	149.85	1.35	974.45	595.45	1.64	2910.57	1556.63	1.87 ^b	4088.83	2301.93	1.77 ^b
	قارچ Fungus	199.74	145.89	1.37	1069.31	701.30	1.53	3004.14	1763.90	1.70 ^c	4273.20	2611.09	1.63 ^c
	مایع شکمبه Rumen liquor	204.20	152.60	1.34	977.73	628.20	1.56	2816.78	1527.82	1.84 ^b	3998.72	2308.62	1.73 ^b
	خطای معیار میانگین SEM	6.02	4.31	0.03	48.80	30.55	0.06	94.16	60.15	0.04	117.41	70.60	0.03
	سطح احتمال p-value	0.9	0.46	0.68	0.76	0.69	0.76	0.24	0.95	0.002	0.63	0.86	0.03

^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹ Feed Intake, ² Body Weight Gain, ³ Feed Conversion Ratio

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

¹ در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

جدول ۳- بررسی اثر اصلی روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس گندم بر مصرف خوراک (گرم)، افزایش وزن بدن (گرم)، ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی
Table 3- Investigation of the main effect of different processing methods of rice bran and wheat bran on feed intake (g), body weight gain (g), and feed conversion ratio of broiler chickens

نوع سبوس Bran type	دوره رشد (۱۱-۳۴ روزگی)						دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)				کل دوره (۱-۴۲ روزگی)			
	Starter (1-10 days)			Grower (11-24 days)			Finisher (25-42 days)				Whole period (1-42 days)			
مصرف خوراک FI ^۱	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI
ضریب تبدیل BWG ^۲	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳
۲۰۱.۸۸	۱۵۱.۶۶ ^a	۱.۳۳	۱۰۰۵.۴۵	۶۰۱.۷۸	۱.۶۷	۲۷۵۴.۱۷	۱۴۶۰.۶۴ ^b	۱.۹۰ ^a	۳۹۶۱.۴۹	۲۲۱۴.۰۸ ^b	۱.۷۹ ^a	۲۰۱.۸۸	۱۵۱.۶۶ ^a	۱.۳۳
۱۹۸.۵۴	۱۴۵.۶۱ ^b	۱.۳۶	۱۰۱۴.۷۷	۶۳۶.۸۶	۱.۶۰	۲۸۳۳.۴۰	۱۵۶۷.۸۱ ^a	۱.۸۱ ^b	۴۰۴۶.۷۱	۲۳۵۰.۲۸ ^a	۱.۷۲ ^b	۱۹۸.۵۴	۱۴۵.۶۱ ^b	۱.۳۶
۳.۰۰	۲.۱۵	۰.۰۱	۲۴.۴۰	۱۵.۲۷	۰.۰۳	۴۷.۰۸	۳۰.۰۷	۰.۰۲	۵۸.۷۰	۳۵.۳۰	۰.۰۱	۳.۰۰	۲.۱۵	۰.۰۱
خطای معیار میانگین SEM												خطای معیار میانگین SEM		
نوع فرآوری Processing type	دوره رشد (۱۱-۳۴ روزگی)						دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)				کل دوره (۱-۴۲ روزگی)			
	Starter (1-10 days)			Grower (11-24 days)			Finisher (25-42 days)				Whole period (1-42 days)			
مصرف خوراک FI ^۱	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI	مصرف خوراک FI
ضریب تبدیل BWG ^۲	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳	ضریب تبدیل FCR ^۳
۱۸۹.۰۹ ^b	۱۳۶.۴۰ ^b	۱.۳۸	۱۰۰۸.۱۷	۶۰۲.۰۴ ^b	۱.۶۷	۲۶۶۷.۳۱ ^b	۱۳۶۰.۴۳ ^c	۱.۹۷ ^a	۳۸۶۴.۵۶ ^b	۲۰۹۸.۸۷ ^c	۱.۸۴ ^a	۱۸۹.۰۹ ^b	۱۳۶.۴۰ ^b	۱.۳۸
۲۰۳.۱۶ ^a	۱۴۹.۵۸ ^a	۱.۳۵	۹۹۰.۵۵	۵۹۱.۵۹ ^b	۱.۶۷	۲۸۴۲.۰۲ ^{ab}	۱۵۲۱.۴۹ ^b	۱.۸۷ ^b	۴۰۳۵.۷۳ ^{ab}	۲۲۶۲.۶۶ ^b	۱.۷۸ ^b	۲۰۳.۱۶ ^a	۱۴۹.۵۸ ^a	۱.۳۵
۲۰۲.۶۷ ^a	۱۵۱.۲۵ ^a	۱.۳۴	۱۰۶۱.۶۱	۶۶۶.۵۰ ^a	۱.۶۰	۲۹۴۴.۹۰ ^a	۱۷۰۴.۸۸ ^a	۱.۷۳ ^c	۴۲۰۹.۱۸ ^a	۲۵۲۲.۶۳ ^a	۱.۶۷ ^c	۲۰۲.۶۷ ^a	۱۵۱.۲۵ ^a	۱.۳۴
۲۰۵.۹۱ ^a	۱۵۷.۳۱ ^a	۱.۳۱	۹۸۰.۱۲	۶۱۷.۱۶ ^{ab}	۱.۵۹	۲۷۲۰.۹۱ ^b	۱۴۷۰.۱۰ ^b	۱.۸۵ ^b	۳۹۰۶.۹۴ ^b	۲۲۴۴.۵۷ ^b	۱.۷۴ ^b	۲۰۵.۹۱ ^a	۱۵۷.۳۱ ^a	۱.۳۱
۴.۲۵	۳.۰۵	۰.۰۲	۳۴.۵۱	۲۱.۶۰	۰.۰۴	۶۶.۵۸	۴۲.۵۳	۰.۰۳	۸۳.۰۲	۴۹.۹۲	۰.۰۲	۴.۲۵	۳.۰۵	۰.۰۲
خطای معیار میانگین SEM												خطای معیار میانگین SEM		
سطح احتمال p-value	دوره رشد (۱۱-۳۴ روزگی)						دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)				کل دوره (۱-۴۲ روزگی)			
	Starter (1-10 days)			Grower (11-24 days)			Finisher (25-42 days)				Whole period (1-42 days)			
نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس	نوع سبوس
۰.۳۸	۰.۰۳	۰.۱۴	۰.۷۶	۰.۰۷	۰.۱۱	۰.۱۹	۰.۰۰۸	۰.۰۰۳	۰.۲۵	۰.۰۰۴	۰.۰۰۲	۰.۳۸	۰.۰۳	۰.۱۴
۰.۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۱۱	۰.۲۶	۰.۰۴	۰.۳۶	۰.۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰۰۱	۰.۰۰۰۱
نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری	نوع فرآوری
Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type	Processing type

^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^۱ Feed Intake, ^۲ Body Weight Gain, ^۳ Feed Conversion Ratio.

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

^۱ در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

این گزارش‌ها نشان می‌دهد که بهبود در ارزش‌های غذایی و قابلیت هضم مواد غذایی از طریق تخریب پلی ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول در طی تخمیر، عامل اصلی تعیین‌کننده بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی است. همچنین خوراک تخمیری با کاهش pH دستگاه گوارش می‌تواند به رشد ریزجانداران مفید دستگاه گوارش از جمله باکتری اسیدلاکتیک کمک کند و در نتیجه افزایش سلامت دستگاه گوارش منجر به عملکرد بهتر جوجه‌های گوشتی شود (Ashayerizadeh et al., 2017).

تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس گندم بر قابلیت هضم ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر متقابل نوع فرآوری و نوع سبوس بر قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). اما در بررسی اثرات اصلی، تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده با مایع شکمبه و قارچ *Aspergillus Niger* موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم چربی خام در مقایسه با تیمار خام شدند ($P < 0.05$). در قابلیت هضم پروتئین، تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده در مقایسه با سبوس خام افزایش معنی‌داری را نشان دادند، همچنین در مقایسه نوع سبوس، سبوس گندم قابلیت هضم پروتئین خام بالاتری در مقایسه با سبوس برنج داشت ($P < 0.05$). اما در قابلیت هضم ماده خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

در پژوهشی، سبوس گندم تخمیرشده با استفاده از باکتری‌های لاکتوباسیلوس پاراکازی و لاکتوباسیلوس پلانتروم، ضریب قابلیت هضم پروتئین را در جوجه‌های گوشتی افزایش داد (Kraler et al., 2014) که با نتایج این آزمایش تطابق دارد. همسو با نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش حاضر، کرالر و همکاران (Kraler et al., 2014) اشاره کردند که استفاده از ۱۵ درصد سبوس گندم تخمیرشده جامد می‌تواند ضرایب قابلیت هضم عصاره اتری را افزایش دهد. همچنین بهبود قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، انرژی و نیتروژن) جیره‌های حاوی سبوس گندم تخمیرشده گزارش شده است (Zhang et al., 2022). همسو با نتایج این آزمایش، الابی و همکاران (Alabi et al., 2016) تأثیر جیره‌های حاوی پوسه برنج تخمیرشده با مایع شکمبه بر عملکرد و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی را مورد بررسی قرار دادند. تخمیر با استفاده از مایع شکمبه سبب تولید آنزیم‌های مختلفی مانند α -آمیلاز، α -استولاکتات، دکربوکسیلاز، بتا-اندوگلوکاناز، همی سلولاز، فیتاز، آمیلاز مالتوژنیک و زایلاناز می‌شود که فیبر را تجزیه می‌کنند (Diaz, 2008). در پژوهشی بیان شد افزودن سبوس تخمیرشده به جیره می‌تواند قابلیت هضم پروتئین خام را بهبود دهد (Widodo et al., 2013). اظهار داشتند که قابلیت هضم پروتئین به مواد تشکیل‌دهنده جیره و میزان

پروتئین در دستگاه گوارش بستگی دارد. افزایش قابلیت هضم پروتئین خام در جیره حاوی سبوس گندم تخمیرشده احتمالاً ناشی از فعالیت ریزجاندارانی است که می‌توانند کیفیت مواد خوراکی را بهبود بخشند و بر افزایش قابلیت هضم پروتئین تأثیر بگذارند. افزایش قابلیت هضم پروتئین به دلیل تخمیر، نشان‌دهنده تجزیه آسان‌تر اجزای پروتئین خام است. افزایش قابلیت هضم پروتئین، متابولیسم پروتئین‌ها را تسهیل می‌کند و به‌طور مستقیم منجر به افزایش وزن می‌شود (Mahfudz et al., 2006). قابلیت هضم پایین پروتئین در تیمار حاوی سبوس خام، ناشی از فیتات موجود در سبوس برنج و گندم است. اکپور و همکاران (Akyure et al., 2005) گزارش کردند که فیتات ممکن است با پروتئازها مانند تریپسین و پیپسین در دستگاه گوارش ترکیب شود، که می‌تواند فعالیت آنزیم‌های گوارشی را کاهش دهد و در نتیجه به کاهش قابلیت هضم پروتئین منجر شود. قارچ *Aspergillus Niger* قارچی است که توانایی تولید آنزیم‌های هیدرولازی خارج سلولی (اندوگلیکاناز، گزیلاناز، اسید پروتئاز و فیتاز) را دارد. گزارش شده است که فیبر خام همبستگی منفی با قابلیت هضم دارد (Janssen & Carre, 1985). همچنین *Aspergillus Niger* توانایی تولید آنزیم‌هایی مانند فیتاز را دارد که موجب افزایش زیست‌فراهمی فسفر فیتاتی می‌گردد و ممکن است منجر به افزایش زیست‌فراهمی سایر مواد معدنی شود (Ferket, 1993). احتمالاً دلیل این تفاوت‌ها، ترکیبات مختلف سبوس گندم و سبوس برنج است. سبوس برنج حاوی پروتئین خام کمتری نسبت به سبوس گندم است. مطالعات قبلی گزارش کردند که باکتری‌های سلولولیتیک با افزایش سطح پروتئین در جیره غذایی به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابند که باعث افزایش تجزیه‌پذیری فیبر می‌شود (Da Silva et al., 2016). همچنین در مطالعات دیگر (Ouellet & Chiquette, 2016)، تجزیه‌پذیری NDF با افزایش سطح پروتئین جیره افزایش می‌یابد. دلیل دیگر می‌تواند محتوای چربی خام بالاتر در سبوس برنج در مقایسه با سبوس گندم باشد (Debi et al., 2018). این ممکن است دلیل دیگری برای تخریب کندتر فیبر در سبوس برنج در مقایسه با سبوس گندم باشد. محتوای چربی بالا، فیبر غذایی را می‌پوشاند و بنابراین در تخریب فیبر دخالت می‌کند (Oldick & Firkins, 2000). سبوس برنج نسبت به سبوس گندم دارای لیگنین بیشتری است. به دلیل وجود پیوندهای کووالانسی قوی بین لیگنین و پلی ساکاریدهای دیواره سلولی، دسترسی به هیدرولیز آنزیمی ترشح‌شده توسط میکروب‌های شکمبه (Debi et al., 2018) کاهش می‌یابد و در نتیجه تخریب فیبر کم می‌شود و اثربخشی بهتر تخمیر سبوس گندم با مایع شکمبه نسبت به سبوس برنج ممکن است حاکی از موارد ذکر شده باشد.

جدول ۴- تأثیر روش‌های مختلف فراوری سیبوس برنج و سیبوس گندم بر قابلیت هضم مواد مغذی در سن ۲۶ روزگی جوجه‌های گوشتی (درصد)
Table 4 - Effects of different processing methods of rice bran and wheat bran on nutrient digestibility in 26-day-old broiler chickens (%).

متغیر Parameter	نوع فراوری Processing type	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	چربی خام (درصد) Crude fat (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)
نوع سیبوس Bran type				
برنج Rice	خام Raw	64.26	65.00	64.42
	باکتری Bacteria	74.79	71.78	74.37
	قارچ Fungus	70.15	70.92	71.94
	مایع شکمبه Rumen liquor	65.72	71.69	68.44
گندم Wheat	خام Raw	71.38	68.17	64.07
	باکتری Bacteria	68.04	68.73	73.02
	قارچ Fungus	72.90	74.82	81.61
	مایع شکمبه Rumen liquor	71.78	78.69	81.55
خطای معیار میانگین SEM		2.70	2.40	3.37
نوع سیبوس Bran type				
برنج Rice		68.73	72.60	69.79 ^b
گندم Wheat		71.02	69.84	75.06 ^a
خطای معیار میانگین SEM		1.35	1.20	1.68
نوع فراوری Processing type				
خام Raw		67.82	66.58 ^b	64.25 ^b
باکتری Bacteria		71.41	70.26 ^{ab}	73.69 ^a
قارچ fungus		71.52	72.87 ^a	76.77 ^a
مایع شکمبه Rumen liquor		68.75	75.19 ^a	74.99 ^a
خطای معیار میانگین SEM		1.91	1.69	2.38
سطح احتمال p-value				
نوع سیبوس Bran type		0.24	0.11	0.03
نوع فراوری Processing type		0.42	0.01	0.005
اثر متقابل Interaction		0.66	0.23	0.10

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

مطابقت دارد، به طوری که مرغ‌هایی که سبوس تخمیری دریافت کردند، وزن نهایی و افزایش وزن بدن بالاتری نسبت به مرغ‌هایی که سبوس خام دریافت کرده‌اند، داشتند. در پژوهشی جزئی و همکاران (Jezzi et al., 2015) اعلام کردند که درصد وزن نسبی سینه در تیمارهای حاوی کنجاله پنبه دانه تخمیری به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای حاوی کنجاله پنبه دانه خام بود که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد. در پژوهشی، افزودن خوراک تخمیری به جیره جوجه‌های گوشتی باعث افزایش وزن ماهیچه‌های ران و سینه شد (Chen et al., 2022). همچنین یانگ و همکاران (Yang et al., 2008) به افزایش وزن قطعات بریده‌شده (ران و سینه) جوجه‌های گوشتی که به آن‌ها اقلام گیاهی تخمیری داده شده بود، اشاره کردند. لسون (Lesson, 2000) گزارش کرد که شرایط فیزیولوژیکی و محتوای عناصر غذایی در خوراک و عوامل ژنتیکی بر وزن لاشه جوجه‌های گوشتی تأثیر می‌گذارد. توسعه بافت عضلانی تحت تأثیر پروتئین‌های موجود در خوراک قرار دارد (Churriyah et al., 2022). علاوه بر تأثیر خوراک، رشد عضله سینه تحت تأثیر عواملی نظیر جنسیت، سن، عوامل ژنتیکی و سویه‌های جوجه نیز قرار دارد (Rezaei et al., 2004). نورحیاتی و همکاران (Nurhayati et al., 2020) توضیح دادند که افزایش وزن بدن و لاشه بر افزایش درصد وزن سینه تأثیر می‌گذارد.

تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس گندم بر طول قسمت‌های مختلف روده (سانتی‌متر) در جدول ۶ نشان داده شده است. اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر طول ژژنوم معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بیشترین طول ژژنوم مربوط به تیمار تخمیر سبوس گندم با قارچ بود ($P < 0.05$). همچنین تیمار حاوی سبوس تخمیرشده برنج با مایع شکمبه نیز بیشترین طول ژژنوم را نسبت به سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده در مقایسه با تیمارهای سبوس خام، طول ایلئوم بیشتری داشتند ($P < 0.05$). در مقایسه سبوس گندم و سبوس برنج، بیشترین طول ژژنوم، ایلئوم و سکوم مربوط به جیره‌های حاوی سبوس گندم بود ($P < 0.05$). طول دئودنوم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P < 0.05$). در توافق با نتایج این مطالعه، انکیوب و ماور (Ncube & Mawere, 2024) گزارش دادند که سویای تخمیری نسبت به سویای تخمیر نشده موجب افزایش طول روده گردید. مشخص شده است که خوراک‌های تخمیری با افزایش شاخص‌های طول روده، حفظ اکوسیستم میکروبی روده نرمال و بهبود ریخت‌شناسی روده مانند ارتفاع پرز باعث رشد در جوجه‌های گوشتی می‌شود.

تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس گندم بر اجزاء لاشه (درصدی از وزن زنده) و بخش‌های مختلف دستگاه گوارش در جدول شماره ۵ نشان داده شده است. اثر متقابل نوع فرآوری و نوع سبوس بر افزایش وزن نسبی کل دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). اما تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده موجب افزایش وزن نسبی کل دستگاه گوارش در مقایسه با سبوس خام شد ($P > 0.05$). پرندگان تیمارهای حاوی سبوس تخمیرشده با قارچ بیشترین وزن نسبی لاشه، سینه، ران و دستگاه گوارش را داشتند ($P < 0.05$). همچنین تأثیر نوع سبوس (برنج و گندم) نیز بر وزن نسبی سینه و ران و سنگدان معنی‌دار بود، به طوری که سبوس گندم در مقایسه با سبوس برنج موجب بهبود وزن نسبی سینه و ران گردید ($P < 0.05$). اما وزن نسبی سنگدان در تیمارهای حاوی سبوس برنج بیشتر بود ($P < 0.05$). همان‌طور که در بخش قابلیت هضم به صورت عددی گزارش شده است، احتمالاً دلیل افزایش وزن نسبی سنگدان در تیمارهای حاوی سبوس برنج نسبت به سبوس گندم به دلیل درصد فیبر بالاتر سبوس برنج است. استفاده از منبع غنی از فیبر نامحلول در جیره غذایی می‌تواند رشد دستگاه گوارش، به ویژه بخش فوقانی آن شامل پیش‌معدة و سنگدان را تقویت کند (Jimenez-Moreno et al., 2013). اسیدهای چرب کوتاه زنجیره به ویژه بوتیرات، نقش کلیدی در تغذیه و متابولیسم سلول‌های اپیتلیال روده (کولونوسیت‌ها) دارند، به عنوان منبع انرژی اصلی برای این سلول‌ها عمل می‌کنند و از طریق مسیرهای مختلف سیگنالینگ باعث تحریک تکثیر و رشد آن‌ها می‌شوند که به نوبه خود می‌تواند وزن بافت روده را افزایش دهد (Wong et al., 2006). اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف برای وزن کبد و بورس فابریسیوس مشاهده نشد. موافق با نتایج این آزمایش، در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که وزن نسبی لاشه در پرندگان تیمارهای سبوس برنج تخمیرشده با مایع شکمبه به همراه اوره نسبت به سبوس خام بیشتر بود (Alam et al., 2023). وزن لاشه در فرآوری مواد غذایی تخمیری به دلیل وجود باکتری‌های اسید لاکتیک که از فرآیند تخمیر تشکیل می‌شوند و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه (SCFA) مثل اسید بوتیریک تولید می‌کنند، افزایش می‌یابد. این اسیدهای چرب در افزایش تعدادی از سلول‌های اپیتلیال روده کوچک به ویژه سلول‌های جامی، که وظیفه محافظت از مخاط روده در برابر آسیب را بر عهده دارند، نقش داشته و در نتیجه، فرآیندهای هضم، متابولیسم و جذب مواد مغذی را تسهیل می‌کنند و از این مسیر بر وزن لاشه تأثیر می‌گذارند (Satimah et al., 2019). وزن لاشه همچنین با وزن زنده و افزایش وزن بدن مرتبط است؛ به طوری که هرچه وزن زنده بیشتر باشد، وزن لاشه نیز افزایش می‌یابد (Herlinae et al., 2022). این موضوع با مقدار وزن نهایی و افزایش وزن بدن مرغ‌های این تحقیق

جدول ۵- تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سیبوس برنج و سیبوس گندم بر اجزاء لاشه (درصدی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 5- Effect of different processing methods of rice bran and wheat bran on carcass components (percentage of live weight) of broiler chickens at 42 days of age

نوع سیبوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دستگاه گوارش پر Gastro intestinal tract	لاشه Carcass	سینه Breast	ساق و ران Legs and thighs	چربی بطنی Abdomin al fat	پیش معده Provent riculus	سنگدان Gizzard	کبد Liver	بورس فابرسیوس Fabricius Bursa
برنج Rice	خام Raw	11.78	60.62	20.17	17.25	1.24	0.55	3.03	1.69	0.20
	باکتری Bacteria	12.30	62.35	20.26	17.70	1.30	0.53	2.87	1.72	0.20
	قارچ fungus	12.88	69.95	23.92	18.99	1.52	0.52	2.58	1.82	0.19
	مایع شکمبه Rumen liquor	13.56	63.58	22.26	19.67	1.30	0.47	2.62	1.79	0.25
گندم Wheat	خام Raw	12.76	62.82	21.50	18.91	1.30	0.56	2.67	1.66	0.23
	باکتری Bacteria	13.72	64.30	24.01	19.41	1.41	0.52	2.58	1.82	0.21
	قارچ fungus	16.30	69.57	25.10	23.38	1.22	0.50	2.35	1.70	0.20
	مایع شکمبه Rumen liquor	13.90	70.04	23.18	20.83	1.40	0.58	2.56	1.78	0.25
خطای معیار میانگین SEM		0.96	3.41	1.73	1.22	0.16	0.04	0.21	0.13	0.03
نوع سیبوس Bran type										
برنج Rice		12.63 ^b	64.12	21.65 ^b	18.40 ^b	1.34	0.52	2.77 ^a	1.76	0.21
گندم Wheat		14.17 ^a	66.68	23.45 ^a	20.63 ^a	1.33	0.54	2.54 ^b	1.74	0.22
خطای معیار میانگین SEM		0.48	1.70	0.86	0.61	0.08	0.02	0.10	0.06	0.01
نوع فرآوری Processing type										
خام Raw		12.27 ^c	61.72 ^c	20.84 ^b	18.08 ^b	1.27	0.56	2.85	1.68	0.22
باکتری Bacteria		13.01 ^{bc}	63.32 ^{bc}	22.13 ^{ab}	18.56 ^b	1.35	0.53	2.72	1.77	0.21
قارچ fungus		14.59 ^a	69.76 ^a	24.51 ^a	21.18 ^a	1.37	0.51	2.47	1.76	0.19
مایع شکمبه Rumen liquor		13.73 ^{ab}	66.81 ^{ab}	22.72 ^{ab}	20.25 ^a	1.35	0.52	2.59	1.78	0.25
خطای معیار میانگین SEM		0.68	2.41	1.22	0.81	0.11	0.03	0.15	0.09	0.02
سطح احتمال p-value										
نوع سیبوس Bran type		0.002	0.13	0.04	0.0003	0.95	0.34	0.03	0.79	0.54
نوع فرآوری Processing type		0.009	0.007	0.03	0.0009	0.84	0.40	0.08	0.69	0.06
اثر متقابل Interaction		0.14	0.55	0.63	0.19	0.27	0.17	0.78	0.74	0.88

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)
^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۶- تأثیر روش‌های مختلف فرآوری سیبوس برنج و سیبوس گندم بر طول قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی (سانتی‌متر) در سن ۴۲ روزگی

Table 6- Effect of different rice bran and wheat bran processing methods on the length of different parts of the digestive tract of broiler chickens (cm) at 42 days of age

نوع سیبوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دئودنوم Duodenum	ژژنوم Jejunum	ایلئوم Ileum	سکوم Cecum
برنج Rice	خام Raw	32.87	81.00 ^c	79.75	34.75
	باکتری Bacteria	33.87	89.25 ^{bc}	99.00	35.87
	قارچ fungus	33.50	93.75 ^b	91.00	38.25
	مایع شکمبه Rumen liquor	32.12	98.37 ^{ab}	98.25	41.25
گندم Wheat	خام Raw	32.00	90.25 ^{bc}	90.12	36.37
	باکتری Bacteria	32.87	95.25 ^b	101.25	37.75
	قارچ fungus	33.37	106.38 ^a	102.75	43.87
	مایع شکمبه Rumen liquor	31.87	91.37 ^b	97.00	41.25
خطای معیار میانگین SEM		1.45	33.73	5.27	1.55
نوع سیبوس Bran type					
برنج Rice		33.09	90.59 ^b	92.00 ^b	37.53 ^b
گندم Wheat		32.53	95.81 ^a	97.78 ^a	39.81 ^a
خطای معیار میانگین SEM		0.72	1.86	2.63	0.77
نوع فرآوری Processing type					
خام Raw		32.43	85.62 ^c	84.93 ^b	35.56 ^b
باکتری Bacteria		33.37	92.25 ^b	100.13 ^a	36.81 ^b
قارچ fungus		33.43	100.06 ^a	96.87 ^a	41.06 ^a
مایع شکمبه Rumen liquor		32.00	94.87 ^{ab}	97.62 ^a	41.25 ^a
خطای معیار میانگین SEM		1.04	3.23	3.73	1.10
سطح احتمال p-value					
نوع سیبوس Bran type		0.45	0.02	0.03	0.004
نوع فرآوری Processing type		0.43	0.0005	0.0007	0.0001
اثر متقابل Interaction		0.96	0.02	0.24	0.08

^{a-c} در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).
^{a-c} Within each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

موجب افزایش طول روده می‌شود (Manu et al., 2023).
 باکتری‌های اسید لاکتیک در خوراک تخمیرشده می‌توانند طول
 پرزهای روده کوچک را افزایش دهند، بنابراین سطح جذب را

این خوراک‌ها هضم و جذب را نیز بهبود می‌بخشند که منجر به
 بهبود عملکرد تولید می‌شود (Sugiharto & Ranjitkar, 2019).
 موافق با نتایج این آزمایش گزارش شده است که خوراک تخمیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد علی‌رغم اینکه سبوس گندم نسبت به سبوس برنج عملکرد بهتری داشت، اما استفاده از فرآوری هر دو نوع سبوس برنج و سبوس گندم در سطح ۱۰ درصد در جیره جوجه‌های گوشتی، به‌خصوص با قارچ *Aspergillus Niger* با توجه به بهبود ضریب تبدیل خوراک و قابلیت هضم پروتئین خام مفید می‌باشد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به خاطر حمایت مالی از پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

گسترده‌تر کرده و جذب مواد مغذی را بهینه می‌کنند (Satimah et al., 2019). افزایش قدرت هضم پروتئین می‌تواند وزن نسبی روده را تحت تأثیر قرار دهد و در نتیجه نسبت روده کوچک را افزایش دهد. به گفته کنارن (Ketaren, 2010)، پروتئین در تشکیل سلول‌ها نقش دارد، زیرا سلول‌های مرده را جایگزین کرده و بافت بدن را تشکیل می‌دهد. سلول‌ها و بافت‌های تشکیل‌شده شامل سلول‌های اپیتلیوم روده کوچک هستند. هرچه تعداد سلول‌های اپیتلیوم روده کوچک بیشتر باشد، سطح آن بزرگ‌تر شده و تعداد پرزها افزایش می‌یابد که منجر به سنگین‌تر شدن روده می‌شود (Ketaren, 2010).

نتیجه‌گیری کلی

References

- Akinfemi, A., & Ogunwale, O. A. (2012). Chemical composition and *in vitro* digestibility of rice straw treated with *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius* and *Pleurotus tuber-regium*. *Slovak Journal of Animal Science*, 45(1), 14-20.
- Akyurek, H., Senkoylu, N., & Ozduven, M. L. (2005). Effect of microbial phytase on growth performance and nutrients digestibility in broilers. *Pakistan journal of Nutrition*, 4(1), 22-26. <https://doi.org/10.3923/pjn.2005.22.26>.
- Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shargh, M. S., Mahoonak, A. S., & Zerehdaran, S. (2017). Fermented rapeseed meal is effective in controlling *Salmonella enterica* serovar Typhimurium infection and improving growth performance in broiler chicks. *Veterinary Microbiology*, 201, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.007>
- Alabi, O. J., Adama, J. Y., Fasanya, O. O. A., & David, O. M. (2016). Response of finishing broiler chickens to diets containing rumen liquor fermented rice husk meal. *Nigerian Journal of Animal Production*, 43(1), 94-101.
- Alam, M. A., Khan, S. R., & Khan, S. I. (2023). Effect of feeding fermented rice bran by rumen liquor on the growth performance of broiler chickens. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 42(1), 26-30. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DRF-273>
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
- Azrinnahar, M., Islam, N., Shuvo, A. A. S., Kabir, A. A., & Islam, K. M. S. (2021). Effect of feeding fermented (*Saccharomyces cerevisiae*) de-oiled rice bran in broiler growth and bone mineralization. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(7), 476-481. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.006>
- Canibe, N., & Jensen, B. B. (2012). Fermented liquid feed-microbial and nutritional aspects and impact on enteric diseases in pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 173(1-2), 17-40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.021>
- Chen, B., Li, D., Leng, D., Kui, H., Bai, X., & Wang, T. (2022). Gut microbiota and meat quality. *Frontiers in Microbiology*, 13, 951726. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.951726>
- Chen, Q. T. (2010). Application of fermented palm kernel meal and coconut meal in diet of laying hens. *Feed Research*, 10, 11-12.
- Churriyah, R., Sjoefjan, O., & Natsir, M. H. (2022). Growth performance and digestive enzyme activity of broiler fed with microwaved flaxseed flour (*Linum usitatissimum*). *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, 20(2), 78-82. <https://doi.org/10.29244/jintp.20.2.78-82>
- Da Silva, L. D., Pereira, O. G., Da Silva, T. C., Valadares Filho, S. C., & Ribeiro, K. G. (2016). Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency, and performance of finishing beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 22-33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.008>
- Debi, M. R., Wichert, B. A., & Liesegang, A. (2018). Method development to reduce the fiber content of wheat bran and rice bran through anaerobic fermentation with rumen liquor for use in poultry feed. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(3), 395. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0446>
- Debi, M. R., Wichert, B. A., & Liesegang, A. (2022). Anaerobic fermentation of rice bran with rumen liquor for reducing their fiber components to use as chicken feed. *Heliyon*, 8(4), e09275. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09275>
- Diaz, D. (2008). Safety and efficacy of Ecobiol® (*Bacillus amyloliquefaciens*) as feed additive for chickens for fattening. *European Food Safety Authority Journal*, 773, 2-13. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.773>
- Ferket, P. R. (1993). Practical use of feed enzymes for turkeys and broilers. *Journal of Applied Poultry*

Research, 2(1), 75-81. <https://doi.org/10.1093/japr/2.1.75>.

Gao, Z., Wu, H., Shi, L., Zhang, X., Sheng, R., Yin, F., & Gooneratne, R. (2017). Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1 to 42 d broiler chickens. *Animal Nutrition*, 3(2), 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.002>.

Gungor, E., Altop, A., Erener, G., & Coskun, I. (2021). Effect of raw and fermented pomegranate pomace on performance, antioxidant activity, intestinal microbiota and morphology in broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*, 75(2), 137-152. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2021.1894065>

Hackmann, T. J., & Firkins, J. L. (2015). Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. *Frontiers in Microbiology*, 6, 465. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00465>.

Hafeez, A., Männer, K., Schieder, C., & Zentek, J. (2016). Effect of supplementation of phytogenic feed additives (powdered vs. encapsulated) on performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 95(3), 622-629. <https://doi.org/10.3382/ps/pev368>

Haryati, T., Susanti, T., & Susana, I. W. R. (2015). Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(2), 231-238. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0039>

Herlinae, H., Kusuma, M. E., & Yulli, Y. (2022). Bobot karkas dan giblet ayam broiler dengan penambahan pakan fermentasi kelakai dan dedak padi pada pakan komersil. *Journal of Tropical Animal Science*, 11(2), 41-47.

Jezzi, V., Baldaji, F., & Dastar, B. (2015). The effect of feeding fermented cottonseed meal on performance, carcass characteristics and serum lipid profile of broiler chickens. *Animal Production*, 18(2) 321. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jap.2016.55500>.

Jimenez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., García, J., & Mateos, G. G. (2013). Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 182(1-4), 33-43. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.03.011>

Ketaren, P. P. (2010). Kebutuhan gizi ternak unggas di Indonesia. *Wartazoa*, 20(4), 172-180.

Konkol, D., Jonuzi, E., Popiela, E., Sierzant, K., Korzeniowska, M., Leicht, K., Gumowski, M., Krasowska, A., Łukaszewicz, M. and Korczyński, M. (2023). Influence of solid state fermentation with *Bacillus subtilis* 67 strain on the nutritional value of rapeseed meal and its effects on performance and meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 102(7), 102742. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102742>

Koropatkin, N. M., Cameron, E. A., & Martens, E. C. (2012). How glycan metabolism shapes the human gut microbiota. *Nature Reviews Microbiology*, 10(5), 323-335. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2746>

Kraler, M., Schedle, K., Domig, K. J., Heine, D., Michlmayr, H., & Kneifel, W. (2014). Effects of fermented and extruded wheat bran on total tract apparent digestibility of nutrients, minerals and energy in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.010>

Kras, R. V., Kessler, A. D. M., Ribeiro, A. M. L., Henn, J., Dos Santos, I. I., Halfen, D. P., & Bockor, L. (2013). Effect of dietary fiber and genetic strain on the performance and energy balance of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15, 15-19. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2013000100003>

Lawal, T. E., Ademola, S. G., Owoseni, A., Atobatele, O. E., & Oriye, L. O. (2013). Use of *Aspergillus niger* for improving the feeding value of rice offal. *African Journal of Biotechnology*, 12(20).

Lawal, T. E., Faniyi, G. F., Alabi, O. M., Ademola, S. G., & Lawal, T. O. (2012). Enhancement of the feeding value of wheat offal for broiler feeding after its solid state fermentation with *Aspergillus niger*. *African Journal of Biotechnology*, 11(65), 12925-12929.

Lesson, S. (2000). Nutrition and Quality of Broiler Carcass. Department of Animal and Poultry Science. University of Guelph.

Mahfudz, L. D., Sarengat, W., Prayitno, D. S., & Atmomarsono, U. (2006). Tofu by product fermented with oncom mold for broiler feed. *Jurnal Produksi Ternak*, 8(2), 108-114.

Manu, K. R., Mulyantini, N. G. A., Kallau, N. H., Telupere, F. M., & Detha, A. I. (2023). Pakan fermentasi berbasis bahan lokal berbentuk pellet dan tepung terhadap performa, karkas dan organ intestinal ayam broiler. *Jurnal Kajian Veteriner*, 11(2), 198-217. <https://doi.org/10.35508/jkv.v11i2.12596>

Mullaney, E. J., Daly, C. B., & Ullah, A. H. (2000). Advances in phytase research. *Advances in Applied Microbiology*, 47, 157-199. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(00\)47004-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(00)47004-8)

Ncube, N., & Mawere, C. (2024). The effect of experimental diets incorporating fermented soybean meal on growth metrics and utilization of nutrients in broiler chickens. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*, 11(3), 100-110. <https://doi.org/10.18488/ij sar.v11i3.3953>

Nurhayati, N., Berliana, B., & Nelwida, N. (2020). Massa protein dan lemak daging dada pada ayam broiler yang mengkonsumsi ransum mengandung bawang hitam. *Sains Peternakan: Jurnal Penelitian Ilmu Peternakan*, 18(1), 15-22.

Oldick, B. S., & Firkins, J. L. (2000). Effects of degree of fat saturation on fiber digestion and microbial protein synthesis when diets are fed twelve times daily. *Journal of Animal Science*, 78(9), 2412-2420. <https://doi.org/10.2527/2000.7892412x>

- Oliveira, M. C., Rodrigues, E. A., Marques, R. H., Gravena, R. A., Guandolini, G. C., & Moraes, V. M. B. (2008). Performance and morphology of intestinal mucosa of broilers fed mannan-oligosaccharides and enzymes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60, 442-448. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000200025>
- Olukosi, O. A., & Adeola, O. (2008). Whole body nutrient accretion, growth performance and total tract nutrient retention responses of broilers to supplementation of xylanase and phytase individually or in combination in wheat-soybean meal based diets. *The Journal of Poultry Science*, 45(3), 192-198. <https://doi.org/10.2141/jpsa.45.192>.
- Ouellet, D. R., & Chiquette, J. (2016). Effect of dietary metabolizable protein level and live yeasts on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows on a high red clover silage diet. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.006>.
- Ravindran, V. (2013). Poultry feed availability and nutrition in developing countries. *Poultry Development Review*, 2, 60-63.
- Rezaei, M., Moghaddam, H. N., Pour Reza, J., & Kermanshahi, H. (2004). The effects of dietary protein and lysine levels on broiler performance, carcass characteristics and N excretion. *International Journal of Poultry Science*, 3(2), 148-152. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.148.152>
- Satimah, S., Yunianto, V. D., & Wahyono, F. (2019). Bobot relatif dan panjang usus halus ayam broiler yang diberi ransum menggunakan cangkang telur mikropartikel dengan suplementasi probiotik *Lactobacillus* sp. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(4), 396-403.
- Soltani Naseri, K., Ghanbari, F., Bayat Kouhsar, J., & Taliey, F. (2018). Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, gas production parameters and in vitro digestibility of *Cicer arietinum* Wastes. *Research on Animal Production*, 9(22), 72-82. <https://doi.org/10.29252/rap.9.22.72>.
- 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. <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.687366>.
- Sugiharto, S., & Ranjitkar, S. (2019). Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: A review. *Animal Nutrition*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.11.001>.
- Sun, H., Chen, D., Cai, H., Chang, W., Wang, Z., Liu, G., Deng, X., & Chen, Z. (2022). Effects of fermenting the plant fraction of a complete feed on the growth performance, nutrient utilization, antioxidant functions, meat quality, and intestinal microbiota of broilers. *Animals*, 12(20), 2870. <https://doi.org/10.3390/ani12202870>.
- Teng, P. Y., Chang, C. L., Huang, C. M., Chang, S. C., & 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. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1299597>.
- Ullah, H., Islam, K. M. S., Shuvo, A. A. S., Rahman, M. M., Alam, M. S., Dickhofer, U., & Grashorn, M. A. (2021). Effects of feeding rumen liquor-fermented rice bran on performance of broiler chicken. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 21(1), 177-186. <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2021.000147>
- Wong, J. M., De Souza, R., Kendall, C. W., Emam, A., & Jenkins, D. J. (2006). Colonic health: Fermentation and short chain fatty acids. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 40(3), 235-243. <https://doi.org/10.1097/00004836-200603000-00015>
- Yang, X. Y., Li, Y. X., & Li, Y. (2008). Effect of Ginkgo biloba extract on growth performance, slaughter performance and immune index in broilers. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition in Chinese)*, 3, 295-298.
- Zhang, A.R., Wei, M., Yan, L., Zhou, G.L., Li, Y., Wang, H.M., Yang, Y.Y., Yin, W., Guo, J.Q., Cai, X.H. and Li, J.X. (2022). Effects of feeding solid-state fermented wheat bran on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 101(1), 101402. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101402>
- Gao, Z., Wu, H., Shi, L., Zhang, X., Sheng, R., Yin, F., & Gooneratne, R. (2017). Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1 to 42 d broiler chickens. *Animal Nutrition*, 3(2), 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.002>
- Zhu, X., Tao, L., Liu, H., & Yang, G. (2023). Effects of fermented feed on growth performance, immune organ indices, serum biochemical parameters, cecal odorous compound production, and the microbiota community in broilers. *Poultry Science*, 102(6), 102629. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102629>