

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

Fatemeh Imaninejhad¹, Somayyeh Salari^{*2}, Hossein Motamedi³

- 1- Ph.D Candidate in Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
- 2- Professor, Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
- 3- Professor, Department of Biology, Faculty of Science, and Biorefinery Research Center, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

*Corresponding author: E-mail address: somayehsallary@yahoo.com, s.salari@asnrukh.ac.ir
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.93922.1249>

Introduction: Wheat bran contains crude fiber, protein, fat, carbohydrates, and minerals (Souci and Kirchoff, 2000). Direct use of wheat bran in monogastric animal diets is limited due to its high fiber content and anti-nutritional factors such as phytic acid and hemicellulose xylan (Zhang *et al.*, 2022). The high fiber content and low digestibility of rice bran have restricted its use in poultry feed (Krás *et al.*, 2013). Fermentation leads to an increase in lactic acid bacteria, a decrease in pH, and an increase in organic acid concentration (Canibe and Jensen, 2012). Additionally, bran contains 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 digestive viscosity, interfere with the digestion and absorption of nutrients, and inhibit digestive enzymes like trypsin, leading to reduced growth, immunity, and reproductive performance in poultry. Trypsin inhibitors particularly reduce protein digestion, while beta-glucans increase the stickiness of intestinal contents, impairing nutrient absorption. Therefore, the presence of these anti-nutritional factors in bran can negatively affect poultry production performance. The hypotheses of this study were that different fermentation methods of wheat bran and rice bran likely affect the performance of broiler chickens. Additionally, different fermentation methods of wheat bran and rice bran likely affect the nutrient digestibility of broiler chickens. The main objective of this research is 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* bacteria, *Aspergillus Niger* fungus, and rumen fluid) on wheat and rice bran and their impact on performance and nutrient digestibility in broiler chickens. Bran fermentation with *Bacillus Subtilis* and *Aspergillus Niger* was conducted for 6 days at room temperature, and fermentation with rumen fluid was done for 6 hours under anaerobic conditions. A completely randomized design with a 4×2 factorial arrangement was used, including 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, weight gain, feed conversion ratio and weights of carcass

components and different parts of the digestive tract were measured on day 42. To determine ideal nutrient digestibility, birds were fed 3 g/kg chromium oxide from days 21 to 26. On day 26, ileal contents from 2 birds per replicate were collected and stored at -20°C. Then, the dry matter, crude fat, and crude protein of the feed sample and ileal contents were measured (AOAC, 2000). The digestibility of dry matter, crude fat, and crude protein was calculated (Hafeez et al., 2015). Data were analyzed using SAS software and the GLM method. Duncan's multiple range test at 5% significance was used for mean comparisons.

Results and Discussion: Fermentation of bran significantly increased feed intake and weight gain in broilers compared to raw bran. Wheat bran fermented with *Aspergillus Niger* showed the best improvement in feed conversion ratio. Feeding fermented brans increased protein digestibility compared to unfermented treatments. Fermentation with rumen fluid and *Bacillus subtilis* also had positive effects compared to raw bran, but *Aspergillus Niger* was more effective. Fermentation with *Aspergillus Niger* and rumen fluid improved fat digestibility. Birds 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). Adding fermented bran to the diet can improve crude protein digestibility (Widodo et al., 2013). The increased crude protein digestibility in diets containing fermented wheat bran is likely due to the activity of microorganisms that improve feed quality and protein digestibility. Fermented feeds have been shown to promote growth in broilers by increasing intestinal length indices, maintaining normal gut microbial ecosystems, and improving gut morphology such as villus height. Bran fermentation increases protein content and reduces fiber content (Sugiharto et al., 2019). Previous studies have shown that fermented feed contains proteases, amylases, and lipases. Secreted proteases break down proteins to produce short peptides (Sun et al., 2022), thereby increasing the digestion and absorption of feed by broiler chickens. Additionally, supplementing fermented feed can significantly affect 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 nutritional value and increasing performance of broilers and can be used as a practical strategy in the poultry industry for optimal use of agricultural by-products.

Keywords: Broilers, Fermentation, Performance, Rice bran, Wheat bran.

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

مغذی جوجه‌های گوشتی

فاطمه ایمانی‌نژاد^۱، سمیه سالاری^{۲*}، حسین معتمدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۳

- ۱- دانشجوی دکتری تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.
- ۲- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.
- ۳- استاد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم و مرکز تحقیقات پالایشگاه زیستی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

(*) ایمیل نویسنده مسئول: s.salari@asnrukh.ac.ir, somayehsallary@yahoo.com

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

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 با سیلوس سابتیلیس، تخمیر با قارچ *آسپرژیلوس نایجر* 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 ۸ تیمار و ۵ تکرار بودند. شاخص‌های عملکردی به صورت دوره‌ای و قابلیت هضم مواد مغذی در ۲۱ روزگی با استفاده از مارکر اکسید کروم ارزیابی شدند. تخمیر سبوس‌ها باعث افزایش معنی‌دار مصرف خوراک و افزایش وزن جوجه‌ها نسبت به سبوس خام شد. سبوس گندم تخمیر شده با *آسپرژیلوس نایجر* بهترین بهبود را در ضریب تبدیل خوراک نشان داد. تغذیه با سبوس‌های تخمیر شده 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 *آسپرژیلوس نایجر* نسبت به سبوس خام موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم چربی شدند. پرندگان در تیمارهای حاوی سبوس تخمیر شده با قارچ بیشترین وزن نسبی لاشه، سینه، ران و دستگاه گوارش را داشتند. با توجه به نتایج حاصل، تخمیر سبوس گندم و برنج، به‌ویژه با قارچ *آسپرژیلوس نایجر*، روشی مؤثر برای بهبود ارزش غذایی و افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی است و می‌تواند به عنوان استراتژی عملی در صنعت طیور برای استفاده بهینه از محصولات جانبی کشاورزی به کار رود.

کلمات کلیدی: تخمیر، سبوس برنج، سبوس گندم، جوجه‌های گوشتی، عملکرد

مقدمه

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). از میان منابع موجود، سبوس گندم و سبوس برنج، محصولات فرعی کشاورزی فراوان و ارزان در کشورهای تولیدکننده برنج و گندم هستند (Haryati et al., 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 ضد تغذیه‌ای مانند اسید فیتیک، همی سلولز و زایلان (Olukosi and Adeola, 2008) و سایر پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محدود است، این اجزا ممکن است هضم و جذب مواد مغذی را مهار کنند (Koropatkin et al., 2012). پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای می‌توانند سیگنال‌های سیری را از طریق تورم آب در روده ایجاد کنند (Stevenson et al., 2012)، و بر ترکیب میکروارگانیزم 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 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 (Krás et al., 2013). علاوه بر این، سبوس حاوی مواد ضد تغذیه‌ای نیز مانند بتاگلوکان‌ها، مهارکننده تریپسین و فاکتور آنتی‌تیامین 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 et al., 2019). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که خوراک تخمیر شده، حاوی پروتئازها، آمیلاز و لیپاز است. پروتئازهای ترشح شده پروتئین‌ها را تجزیه می‌کند 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 تخمیر شده به دلیل میکروارگانیسم‌های دخیل در تخمیر می‌تواند به طور 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 میکروارگانیسم‌های مختلف مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها است. علاوه بر بهبود خواص تغذیه‌ای، تخمیر منجر به افزایش تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک، کاهش pH و افزایش غلظت اسیدهای آلی می‌شود (Canibe and 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 and Ranjitkar, 2019). تخمیر همچنین با بهبود محتوای فنی 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.

آسپرژیلوس نایجر یکی از قارچ‌های توانمند است که توانایی تولید آنزیم‌هایی همچون همی سلولازها، هیدرولازها، پکتینولایتیک‌ها، فیتاز و آنزیم‌های لیپولایتیک را دارد. هیدرولیز آنزیمی اسید فایتیک به وسیله آنزیم فیتاز تولید شده از قارچ آسپرژیلوس نایجر، منجر به تولید اینوزیتول‌ها، اینوزیتول فسفات و فسفات غیر معدنی می‌شود (Mullaney et al., 2000). همچنین علاوه بر قارچ‌ها، باکتری‌های جنس باسیلوس به ویژه باسیلوس سابیتیلیس به دلیل ویژگی منحصر به فرد به در تولید اسپور زیاد و مقاوم به اسید، قلیا و گرما، به عنوان یکی از مناسب‌ترین باکتری‌ها در فرآیند کنترل 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 میکروارگانیسم‌های شکمبه برای تغییرات مورد نظر در شرایط بی‌هوازی مناسب هستند. از طرفی، میکروب‌های شکمبه می‌توانند فیبر را به راحتی تجزیه کنند و پروتئین تک سلولی تولید کنند (Hackmann and Firkins, 2015) که ممکن است کیفیت پروتئین سبوس‌ها را افزایش دهد. جمعیت میکروبی شکمبه می‌تواند اجزای غیر پروتئینی را در حضور انرژی محلول کافی به پروتئین با کیفیت بالا تبدیل کند (Hackmann and Firkins, 2015). هدف این تحقیق ارزیابی تأثیر سه روش تخمیر مختلف (با استفاده از باکتری باسیلوس سابیتیلیس، قارچ آسپرژیلوس نایجر 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 به منظور 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 *باسیلوس سابتیلیس* (ATCC 6633) و قارچ *آسپرژیلوس نایجر* (PTCC5010) به شکل 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 به ترتیب در محیط‌های MRS-broth در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد 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 10^5 واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) بر روی سبوس‌ها اسپری شد. مخلوط حاصل در نایلون پلاستیکی که حاوی اکسیژن نیز بود به مدت ۶ روز در دمای اتاق جهت فرایند تخمیر نگهداری شدند. پس از انجام فرایند تخمیر، سبوس برنج و سبوس گندم تخمیر شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Soltani 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 به دست آمده به عنوان مایع تلقیح استفاده شد. انتقال مایع شکمبه در حداقل زمان ممکن و با استفاده از فلاسک عایق و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد. برای زنده ماندن میکروارگانیسم‌های مایع شکمبه، پودر ذرت به مقدار ۱۰ گرم در لیتر به آن اضافه گردید. در نهایت برای ایجاد شرایط بی‌هوازی از گاز CO_2 در ظرف‌های تخمیر نیز استفاده شد. تخمیر در یک محیط کنترل شده برای ۶ ساعت انجام شد. ترکیب سبوس، محلول بافر (Debi et al., 2019) و مایع شکمبه به ترتیب در نسبت ۱:۲:۳ حفظ شد. پس از سه ساعت به مقدار ۱ درصد وزن کل محلول $NaHCO_3$ نیز اضافه شد. این کار به این دلیل انجام شد که پس از ۳ ساعت pH شروع به کاهش نمود (زیر ۶). پس از تخمیر، سبوس‌ها در زیر نور خورشید خشک شدند (Debi et al., 2022). (به دلیل اینکه استفاده از ۲ لیتر بافر و ۳ لیتر مایع شکمبه به ازای هر کیلوگرم سبوس، منجر به ایجاد محصولی با رطوبت بالا می‌شود. فرایند خشک کردن در سایه با سرعت تبخیر پایین، شرایط را با فراهم آوردن بستر مغذی و رطوبت کافی، امکان رشد نمایی و تکثیر جمعیت میکروبی را 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 2×4 با ۸ تیمار، ۵ تکرار و تعداد ۱۰ قطعه پرنده 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 تخمیر شده با قارچ ۳- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر شده با باکتری *باسیلوس سابتیلیس* ۴- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر شده با مایع شکمبه ۵- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر نشده ۶- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر شده با باکتری *باسیلوس سابتیلیس* ۷- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر شده با قارچ *آسپرژیلوس نایجر* ۸- جیره پایه حاوی ۱۰ درصد سبوس گندم تخمیر شده با مایع شکمبه بودند. جیره پایه مطابق نیازهای ذکر شده در کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ تنظیم شد (Ross, 2019). آب و خوراک به‌صورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. اجزاء تشکیل دهنده 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) رکورد برداری 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 شد. در سن ۲۱ روزگی ۰/۳ درصد اکسید کروم به جیره اضافه و به مدت ۵ 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 شد. 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 شد (AOAC, 2000). قابلیت هضم ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Hafeez et al., 2015).

معادله (۱)

$$\text{غلظت نشانگر در ماده هضمی/غلظت نشانگر در خوراک} - 100 = (\%) \text{ قابلیت هضم}$$

$$100 \times (\text{غلظت ماده مغذی در خوراک/غلظت ماده مغذی در ماده هضمی}) \times$$

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، پیش معده، سنگدان، کبد، بورس فابریسیوس اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد. طول قسمت‌های مختلف روده کوچک و سکوم نیز در این زمان اندازه‌گیری شد.

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

	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
ذرت Maize	44.34	44.54	46
کنتجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44 % crude protein)	32.97	33.74	47
سبوس گندم (۱۷/۵۸ درصد پروتئین خام) Wheat bran (17/58% crude protein)	10	0	30
سبوس برنج (۱۱/۱۱ درصد پروتئین خام) Rice bran (11/11% crude protein)	0	10	0
گلوتن ذرت (۶۰ درصد) Corn gluten (60 %)	4.7	4.3	0
روغن سویا Soybean oil	3.05	2.5	10
دی ال-متیونین DL-methionine	0.3	0.29	1
ال لیزین هیدروکلراید	0.32	0.32	6

L-Lysine HCL						
ال - ترئونین	0.13	0.12	0.13	0.13	0.11	0.11
L-Threonine						
دی کلسیم فسفات	2	2	1.9	1.9	1.69	1.69
Dicalcium phosphate						
کربنات کلسیم	0.75	0.75	0.7	0.7	0.63	0.63
Calcium carbonate						
نمک	0.2	0.2	0.2	0.2	0.21	0.21
Salt						
جوش شیرین	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Sodium bicarbonate						
مکمل ویتامین-مواد معدنی ^۳	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin-mineral supplement ³						
توکسین بایندر	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2
Toxin Binder						
ترکیب شیمیایی (درصد)						
Chemical composition (%)						
انرژی متابولیسمی (کیلوکالری بر کیلوگرم)	2882	2890	3050	3048	3151	3145
Metabolic energy (kcal/kg)						
پروتئین خام	22.91	22.91	21.14	21.05	19.14	19.12
Crude protein						
عصاره اتری	5.86	6.42	8.22	8.47	9.64	9.80
Ether extract						
کلسیم	0.92	0.92	0.87	0.87	0.79	0.79
Calcium						
فسفر قابل دسترس	0.45	0.45	0.43	0.43	0.39	0.39
Available phosphorus						
لیزین قابل هضم	1.22	1.22	1.13	1.13	1.03	1.03
Digestible lysine						
متیونین+سیستین قابل هضم	0.91	0.91	0.87	0.87	0.8	0.8
Digestible methionine + cystine						
ترئونین قابل هضم	0.82	0.82	0.77	0.77	0.7	0.7
Digestible threonine						

^۱آنالیز سیوس گندم خام (درصد): ماده خشک، ۹۳/۸۸؛ خاکستر خام، ۵۳/۵۳؛ پروتئین خام، ۱۷/۵۸؛ چربی خام، ۵/۴

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

^۳مکمل ویتامینی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تامین می کند: ویتامین A، ۱۰۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین D₃ ۳۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین E، ۵۵ واحد بین المللی؛ ویتامین K₃، دو میلی گرم؛ ویتامین B₁، ۲/۲ میلی گرم؛ ویتامین B₂، ۴/۸ میلی گرم؛ نیاسین، ۴۵ میلی گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۵ میلی گرم؛ ویتامین B₆، ۲/۲ میلی گرم؛ بیوتین، ۰/۱۵ میلی گرم؛ اسید فولیک، ۱/۶۰ میلی گرم؛ ویتامین B₁₂، ۰/۱۱ میلی گرم.

مکمل معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تامین می کند: آهن، ۶۰ میلی گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی گرم؛ روی، ۱۰۰ میلی گرم؛ مس، ۱۶ میلی گرم؛ ید ۱/۲۵ میلی گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی گرم

^۱Analysis of Raw Rice Bran (%): Dry Matter, 94.51; Crude Ash, 11.67; Crude Protein, 11.11; Crude Fat, 10.24

^۲Analysis of Raw Wheat Bran (%): Dry Matter, 93.88; Crude Ash, 6.53; Crude Protein, 17.58; Crude Fat, 5.4

^۳Vitamin premix provided per kilogram of diet: A, 10000 IU; D₃ 3000 IU; E 55 IU; K₃ 2 mg; B₁ 2.2 mg; B₂ 4.8 mg; Niacin 45 mg; Pantothenic Acid 15 mg; B₆ 2.2 mg; Biotin 0.15 mg; Folic Acid 1.60 mg; B₁₂ 0.011 mg. Mineral premix provided per kilogram of diet: Fe, 60 mg; Mn, 120 mg; Zn, 100 mg; Cu, 16 mg; I, 1.25 mg; Se, 0.30 mg.

آنالیز آماری

داده‌های حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل (۲×۴) آنالیز شد. همه داده‌ها با استفاده از رویه GLM نرم افزار آمار SAS نسخه ۹/۱ آنالیز شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد استفاده شد.

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 تخمیر شده در مقایسه با تیمارهای حاوی ۱۰ درصد سبوس خام، به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). همچنین در ارتباط با روش فرآوری، در دوره پایانی و کل دوره پرورش، تخمیر با قارچ آسپرژیلوس نایجر در مقایسه با تخمیر با مایع شکمبه و بدون فرآوری، مصرف خوراک را به طور معنی‌داری افزایش داد ($P < 0.05$). Ullah et al., (2021) مصرف خوراک بالاتر در گروه ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر شده با مایع شکمبه در مقایسه با جیره شاهد حاوی ۱۰ درصد سبوس برنج تخمیر نشده را گزارش دادند. همچنین 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 (Lawal et al., 2012) گزارش دادند که تخمیر ضایعات گندم با قارچ آسپرژیلوس نایجر 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 موثر می‌باشد. نتایج بدست 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. بطوریکه 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 آسپرژیلوس نایجر بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). علاوه بر این، تیمارهای تخمیر شده با باکتری باسیلوس سابتیلیس 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 باسیلوس سابتیلیس (Zhenhua et al., 2017) و تخمیر ضایعات گندم و پوسته برنج با قارچ آسپرژیلوس نایجر (Lawal et al., 2012, 2013) در جوجه‌های گوشتی موجب بهبود افزایش وزن گردید. 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 باسیلوس سابتیلیس با مصرف اکسیژن آزاد در دستگاه گوارش و ایجاد محیط بی‌هوازی با مهار رشد باکتری‌های بیماری‌زا و تقویت رشد پروبیوتیک‌های غیرهوازی مانند لاکتوباسیل-ها، موجب بهبود عملکرد می‌گردد. بهبود افزایش وزن در گروه فراوری شده با قارچ آسپرژیلوس نایجر 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

اجتناب ناپذیری بر افزایش وزن بدن پرندگان تأثیر مثبت می‌گذارند (Akinfemi and Ogunwole, 2012). تجزیه زیستی سبوس توسط قارچ آسپرژیلوس نایجر 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 خنثی‌سازی عوامل ضد تغذیه‌ای 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، بطوریکه در ارتباط با سبوس برنج، هر سه روش فرآوری و در مورد سبوس گندم، فرآوری با قارچ آسپرژیلوس نایجر 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 شد ($P < 0.05$). (Teng et al., 2017) بیان کردند که استفاده از سبوس گندم تخمیر شده با باسیلوس آمیلولیکویی فاشینز به همراه ساکارومایسس سرویزیه در مقایسه با تیمار 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 غیر نشاسته‌ای هستند که توسط طيور قابل هضم نیستند زیرا فاقد آنزیم‌های هیدرولیز کننده درون‌زا هستند. پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول می‌تواند ویسکوزیته گوارشی را افزایش داده و قابلیت هضم مواد مغذی را در روده کوچک طيور کاهش دهد. این گزارش‌ها نشان می‌دهد که بهبود در ارزش‌های غذایی و قابلیت هضم مواد غذایی از طریق تخریب پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول در طی تخمیر، عامل اصلی تعیین کننده بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی است. همچنین خوراک تخمیری با کاهش pH دستگاه گوارش می‌تواند به رشد میکروارگانیسم‌های مفید دستگاه گوارش از جمله باکتری اسیدلاکتیک کمک کند و در نتیجه افزایش سلامت دستگاه گوارش منتج به عملکرد بهتر جوجه‌های گوشتی شود (Ashayerizadeh et al., 2017).

جدول ۲- بررسی اثر متقابل روش‌های مختلف فرآوری سیوس برنج و سیوس گندم بر مصرف خوراک (گرم)، افزایش وزن بدن (گرم)، ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های 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 سیوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)			دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی) Grower (11-24 days)			دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 days)			کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)		
		مصرف خوراک FI	افزایش وزن بدن BWG	ضریب تبدیل FCR	مصرف خوراک FI	افزایش وزن بدن BWG	ضریب تبدیل FCR	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
گندم Wheat	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
	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} 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 ۳- بررسی اثر اصلی روش‌های مختلف فرآوری سیوس برنج و سیوس 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 سیوس Bran type	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)			دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی) Grower (11-24 days)			دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) Finisher (25-42 days)			کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)		
	مصرف	افزایش	ضریب	مصرف	افزایش وزن	ضریب	مصرف	افزایش	ضریب	مصرف	افزایش	ضریب
	خوراک FI	وزن بدن BWG	تبدیل FCR	خوراک FI	BWG بدن	تبدیل FCR	خوراک FI	وزن بدن BWG	تبدیل FCR	خوراک FI	وزن بدن BWG	تبدیل FCR
برنج Rice	201.88	151.66 ^a	1.33	1005.45	601.78	1.67	2754.17	1460.64 ^b	1.90 ^a	3961.49	2214.08 ^b	1.79 ^a
گندم Wheat	198.54	145.61 ^b	1.36	1014.77	636.86	1.60	2833.40	1567.81 ^a	1.81 ^b	4046.71	2350.28 ^a	1.72 ^b
خطای معیار میانگین SEM	3.00	2.15	0.01	24.40	15.27	0.03	47.08	30.07	0.02	58.70	35.30	0.01
نوع فرآوری Processing type												
خام Raw	189.09 ^b	136.40 ^b	1.38	1008.17	602.04 ^b	1.67	2667.31 ^b	1360.43 ^c	1.97 ^a	3864.56 ^b	2098.87 ^c	1.84 ^a
باکتری Bacteria	203.16 ^a	149.58 ^a	1.35	990.55	591.59 ^b	1.67	2842.02 ^{ab}	1521.49 ^b	1.87 ^b	4035.73 ^{ab}	2262.66 ^b	1.78 ^b
قارچ Fungus	202.67 ^a	151.25 ^a	1.34	1061.61	666.50 ^a	1.60	2944.90 ^a	1704.88 ^a	1.73 ^c	4209.18 ^a	2522.63 ^a	1.67 ^c
مایع شکمبه Rumen liquor	205.91 ^a	157.31 ^a	1.31	980.12	617.16 ^{ab}	1.59	2720.91 ^b	1470.10 ^b	1.85 ^b	3906.94 ^b	2244.57 ^b	1.74 ^b
خطای معیار میانگین SEM	4.25	3.05	0.02	34.51	21.60	0.04	66.58	42.53	0.03	83.02	49.92	0.02
سطح احتمال p-Value												
نوع سیوس Bran type	0.38	0.03	0.14	0.76	0.07	0.11	0.19	0.008	0.003	0.25	0.004	0.002
نوع فرآوری Processing type	0.01	0.0001	0.11	0.26	0.04	0.36	0.01	0.0001	0.0001	0.01	0.0001	0.0001

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

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

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 تخمیر شده با مایع شکمبه و قارچ *آسپرژیلوس نایجر* موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم چربی خام در مقایسه با تیمار خام شدند ($P < 0.05$). در قابلیت هضم پروتئین، تیمارهای حاوی سبوس تخمیر شده 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 تخمیر شده با استفاده از باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پاراکازی* و *لاکتوباسیلوس پلاتناروم* ضریب قابلیت هضم پروتئین را در جوجه‌های گوشتی افزایش داد (Kraler et al., 2014) که با نتایج این آزمایش تطابق دارد. همسو با نتایج بدست آمده در آزمایش حاضر (Kraler et al., 2014) اشاره کردند که استفاده از ۱۵٪ سبوس گندم تخمیر شده 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 تخمیر شده گزارش شده است (Zhang et al., 2022). همسو با نتایج این آزمایش، (Alabi et al., 2016) تأثیر جیره‌های حاوی پسته برنج تخمیر شده 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). افزودن سبوس تخمیر شده به جیره می‌تواند قابلیت هضم پروتئین خام را بهبود دهد (2013) Widodo et al., اظهار داشتند که قابلیت هضم پروتئین به مواد تشکیل دهنده جیره و میزان پروتئین در دستگاه گوارش بستگی دارد. افزایش قابلیت هضم پروتئین خام در جیره حاوی سبوس گندم تخمیر شده احتمالاً ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌هایی 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 به طور 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. (Akyure et al., 2005) گزارش کردند که فیتات ممکن است با پروتئازها مانند تریپسین و پپسین در دستگاه گوارش ترکیب شود، که می‌تواند فعالیت آنزیم‌های گوارشی را کاهش دهد و در نتیجه به کاهش قابلیت هضم پروتئین منجر شود. قارچ *آسپرژیلوس نایجر* 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 and Carre, 1985). همچنین *آسپرژیلوس نایجر* 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 et al., 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 سلولاییتیک با افزایش سطح پروتئین در جیره غذایی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابند که باعث افزایش تجزیه‌پذیری فیبر می‌شود (Da Silva et al., 2016). همچنین در مطالعات دیگر (Ouellet and Chiquette, 2016)،

تجزیه پذیری 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 and 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 ترشح شده توسط میکروب‌های شکمبه (Debi et al., 2018) کاهش می‌یابد و در نتیجه تخریب فیبر کم می‌شود و اثر بخشی بهتر تخمیر سبوس گندم با مایع شکمبه نسبت به سبوس برنج ممکن است حاکی از موارد ذکر شده باشد.

جدول ۴- تاثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس 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 (%).

نوع سبوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	چربی خام (درصد) Crude fat (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein(%)
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
	خام Raw	71.38	68.17	64.07
گندم Wheat	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 سبوس 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 فرآوری Processing type				
خام Raw		67.82	66.58 ^b	64.25 ^b
باکتری Bacteria		71.41	70.26 ^{ab}	73.69 ^a
قارچ		71.52	72.87 ^a	76.77 ^a

fungus			
مایع شکمبه	68.75	75.19 ^a	74.99 ^a
Rumen liquor			
خطای معیار میانگین	1.91	1.69	2.38
SEM			
سطح احتمال			
p-Value			
نوع سبوس	0.24	0.11	0.03
Bran type			
نوع فرآوری	0.42	0.01	0.005
Processing type			
اثر متقابل	0.66	0.23	0.10
Interaction			

^{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 ($P < 0.05$).

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 تخمیر شده موجب افزایش وزن نسبی کل دستگاه گوارش در مقایسه با سبوس خام شد ($P > 0.05$). پرندگان تیمارهای حاوی سبوس تخمیر شده 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، بطوریکه 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 پیش معده 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 فابرسیوس مشاهده نشد. موافق با نتایج این آزمایش در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد وزن نسبی لاشه در پرندگان تیمارهای سبوس برنج تخمیر شده 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، به‌ویژه 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 می‌گذارد (Satimah et al., 2019). وزن لاشه همچنین با وزن زنده و افزایش وزن بدن مرتبط است؛ به‌طوری‌که 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 مطابقت دارد، به‌طوری‌که مرغ‌هایی که سبوس تخمیری دریافت کردند، وزن نهایی و افزایش وزن بدن بالاتری نسبت به مرغ‌هایی که سبوس خام دریافت کرده‌اند، داشتند. در پژوهشی (Jezzi et al., 2015) اعلام کردند 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 (Yang et al., 2008) به افزایش وزن قطعات بریده شده (ران و سینه) جوجه‌های گوشتی که اقلام گیاهی تخمیری داده شده بودند اشاره کرد. (Lesson et al., 2000) گزارش کردند 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 (ChurriyahR 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). (Nurhayati 2020) et al., توضیح می‌دهند که افزایش وزن بدن و لاشه بر افزایش درصد وزن سینه تأثیر می‌گذارد.

جدول ۵- تاثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس 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 سبوس Bran type	نوع فرآوری Processing type	دستگاه گوارش پر Gastro intestinal tract	لاشه Carcass	سینه Breast	ساق و ران Legs and thighs	چربی بطنی Abdom inal 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 سبوس 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		14.17 ^a	66.68	23.45 ^a	20.63 ^a	1.33	0.54	2.54 ^b	1.74	0.22

Wheat									
خطای معیار	0.48	1.70	0.86	0.61	0.08	0.02	0.10	0.06	0.01
میانگین									
SEM									
نوع فرآوری									
Processing type									
خام	12.27 ^c	61.72 ^c	20.84 ^b	18.08 ^b	1.27	0.56	2.85	1.68	0.22
Raw									
باکتری	13.01 ^{bc}	63.32 ^{bc}	22.13 ^{ab}	18.56 ^b	1.35	0.53	2.72	1.77	0.21
Bacteria									
قارچ	14.59 ^a	69.76 ^a	24.51 ^a	21.18 ^a	1.37	0.51	2.47	1.76	0.19
fungus									
مایع شکمبه	13.73 ^{ab}	66.81 ^{ab}	22.72 ^{ab}	20.25 ^a	1.35	0.52	2.59	1.78	0.25
Rumen liquor									
خطای معیار	0.68	2.41	1.22	0.81	0.11	0.03	0.15	0.09	0.02
میانگین									
SEM									
سطح احتمال									
p-Value									
نوع سبوس	0.002	0.13	0.04	0.0003	0.95	0.34	0.03	0.79	0.54
Bran type									
نوع فرآوری	0.009	0.007	0.03	0.0009	0.84	0.40	0.08	0.69	0.06
Processing type									
اثر متقابل	0.14	0.55	0.63	0.19	0.27	0.17	0.78	0.74	0.88
Interaction									

^{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 ($P < 0.05$).

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 تخمیر شده برنج با مایع شکمبه نیز بیشترین طول ژژنوم را نسبت به سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). تیمارهای حاوی سبوس تخمیر شده 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 (Ncube and 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 مورفولوژی روده، مانند ارتفاع پرز، باعث رشد در جوجه‌های گوشتی می‌شود. این خوراک‌ها هضم و جذب را نیز بهبود می‌بخشند که منجر به بهبود عملکرد تولید می‌شود (Sugiharto et al., 2019). موافق با نتایج این آزمایش گزارش شده است که خوراک تخمیری موجب افزایش طول روده می‌شود (Manu et al., 2023). باکتری‌های اسید لاکتیک در خوراک تخمیر شده می‌توانند طول پرزهای روده کوچک را افزایش دهند، بنابراین سطح جذب را 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 (Ketaren 2010)، پروتئین در تشکیل سلول‌ها نقش دارد، زیرا سلول‌های مرده را جایگزین کرده و بافت بدن را تشکیل می‌دهد. سلول‌ها و بافت‌های

تشکیل شده شامل سلول‌های اپیتلیوم روده کوچک هستند. هر چه 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).

جدول ۶- تاثیر روش‌های مختلف فرآوری سبوس برنج و سبوس 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 سبوس 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
	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 سبوس 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 سبوس 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 ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد علیرغم اینکه سبوس گندم نسبت به سبوس برنج عملکرد بهتری داشت اما استفاده از فراوری هر دو نوع سبوس برنج و سبوس گندم در سطح ۱۰ درصد در جیره جوجه‌های گوشتی، بخصوص با قارچ/آسپرژیلوس نایجر با توجه به بهبود ضریب تبدیل خوراک و قابلیت هضم پروتئین خام مفید می‌باشد.

References

1. Akinfemi Li, W., Bai, J., Li, Y., Qin, Y., and Yu, D. (2014). Effects of *Bacillus subtilis* on meat quality, nutrient digestibility and serum biochemical parameters of broilers. Chinese Journal of Veterinary Science, 34(10), 1682-1685. doi10.18805/ijar.v0i0F.8002
2. Akinfemi, A., and Ogunwole, 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.
3. Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shargh, M. S., Mahoonak, A. S., and 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
4. Akyurek, H., Senkoylu, N., and Ozduven, M. L. (2005). Effect of microbial phytase on growth performance and nutrients digestibility in broilers. 22-26. DOI: 10.3923/pjn.2005.22.26
5. Alabi, O. J., Adama, J. Y., Fasanya, O. O. A., and 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.
6. Alam, M. A., Khan, S. R., and 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. DOI : 10.18805/ajdfr.DRF-273
7. AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
8. Azrinnahar, M., Islam, N., Shuvo, A. A. S., Kabir, A. A., and 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.

9. Canibe, N., and 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>.
10. Chen, B., Li, D., Leng, D., Kui, H., Bai, X., and Wang, T. (2022). Gut microbiota and meat quality. *Frontiers in Microbiology*, 13, 951726. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.951726>.
11. Chen, Q. T. (2010). Application of fermented palm kernel meal and coconut meal in diet of laying hens. *Feed Res*, 10, 11-12.
12. ChurriyahR, SjoefjanO, NatsirMH. (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. DOI: <https://doi.org/10.29244/jintp.20.2.78-82>
13. Da Silva, L. D., Pereira, O. G., Da Silva, T. C., Valadares Filho, S. C., and 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>.
14. Debi, M. R., Wichert, B. A., and 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. doi: 10.5713/ajas.18.0446.
15. Debi, M. R., Wichert, B. A., and 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>.
16. 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>.
17. Ferket, P. R. (1993). Practical use of feed enzymes for turkeys and broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 2(1), 75-81. DOI: [10.1093/japr/2.1.75](https://doi.org/10.1093/japr/2.1.75).
18. Gao, Z., Wu, H., Shi, L., Zhang, X., Sheng, R., Yin, F., and 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>.
19. Gungor, E., Altop, A., Erener, G., and 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>.
20. Hackmann, T. J., and Firkins, J. L. (2015). Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. *Frontiers in microbiology*, 6, 465. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00465>.
21. 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>
22. Haryati, T., Susanti, T., and 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. [doi: 10.5713/ajas.14.0039](https://doi.org/10.5713/ajas.14.0039).
23. Herlinae, H., Kusuma, M. E., and Yulli, Y. (2022). Bobot Karkas dan Giblet Ayam Broiler dengan Penambahan Pakan Fermentasi Kelakai dan Dedak Padi pada Pakan Komersil. Jurnal Ilmu Hewani Tropika, 11(2), 41-47.
 24. Jezzi, V., Baldaji, F. and 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>.
 25. Jiménez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., García, J., and 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>.
 26. Ketaren, P. P. (2010). Kebutuhan gizi ternak unggas di Indonesia. Wartazoa, 20(4), 172-180
 27. Konkol, D., Jonuzi, E., Popiela, E., Sierżant, K., Korzeniowska, M., Leicht, K., ... 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>.
 28. Koropatkin, N. M., Cameron, E. A., and Martens, E. C. (2012). How glycan metabolism shapes the human gut microbiota. Nature Reviews Microbiology, 10(5), 323-335.
 29. Kraler, M., Schedle, K., Domig, K. J., Heine, D., Michlmayr, H., and 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>.
 30. Kras, R. V., Kessler, A. D. M., Ribeiro, A. M. L., Henn, J., Dos Santos, I. I., Halfen, D. P., and 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>.
 31. Lawal, T. E., Ademola, S. G., Owoseni, A., Atobatele, O. E., and Oriye, L. O. (2013). Use of *Aspergillus Niger* for improving the feeding value of rice offal. African Journal of Biotechnology, 12(20).
 32. Lawal, T. E., Faniyi, G. F., Alabi, O. M., Ademola, S. G., and 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. DOI: [10.5897/AJB11.126](https://doi.org/10.5897/AJB11.126).
 33. Lesson, S. (2000). Nutrition and Quality of Broiler Carcass. Department of Animal and Poultry Science. University of Guelph.
 34. Mahfudz, L. D., Sarengat, W., Prayitno, D. S., and Atmomarsono, U. (2006). Tofu by product fermented with oncom mold for broiler feed. Jurnal Produksi Ternak, 8(2), 108-114.
 35. Manu, K. R., Mulyantini, N. G. A., Kallau, N. H., Telupere, F. M., and 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. DOI: <https://doi.org/10.35508/jkv.v11i2.12596>.

36. Mullaney, E. J., Daly, C. B., and 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).
37. Ncube, N., and 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.
38. Nurhayati, N., Berliana, B., and 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.
39. Ogbuewu, I. P., Mabelebele, M., and Mbajiorgu, C. A. (2024). Determination of performance response of broilers to fermented tropical leaf meal supplementation using meta-analytical method. *Tropical Animal Health and Production*, 56(2), 98. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-03944-w>.
40. Oldick, B. S., and 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>.
41. Oliveira, M. C., Rodrigues, E. A., Marques, R. H., Gravena, R. A., Guandolini, G. C., and 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>.
42. Olukosi, O. A., and 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>.
43. Ouellet, D. R., and 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>.
44. Ravindran, V. (2013). Poultry feed availability and nutrition in developing countries. *Poultry Development Review*, 2, 60-63.
45. Resnawati, H. (2004). Cuts Carcass Weight And Fat Abdomen Broiler chickens fed Flour Containing Earthworm (Lumbricus Rubellus). DOI: <https://doi.org/10.51791/njap.v5i4.8236>.
46. Rezaei, M., H. N. Moghaddam, J. Pour Reza and H. Kermanshahi. (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.
47. Satimah, S., Yunianto, V. D., and 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.
48. Shabani, A., Boldaji, F., Dastar, B., Ghorchi, T., and Zerehdaran, S. (2017). Effect of fermented fish waste in feeding broiler chickens on gastrointestinal microbial population and blood parameters. *Research Journal of Livestock Science*, 29(113), 17-30 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/asj.2017.109457>.
49. Skrede, G., Herstad, O., Sahlstrøm, S., Holck, A., Slinde, E., and Skrede, A. (2003). Effects of lactic acid fermentation on wheat and barley carbohydrate composition and production

- performance in the chicken. *Animal Feed Science and Technology*, 105(1-4), 135-148. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00055-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00055-5).
50. Skrede, G., Sahlstrøm, S., Skrede, A., Holck, A., and Slinde, E. (2001). Effect of lactic acid fermentation of wheat and barley whole meal flour on carbohydrate composition and digestibility in mink (*Mustela vison*). *Animal Feed Science and Technology*, 90(3-4), 199-212. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00222-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00222-X).
 51. Soltani Naseri, K., F. Ghanbari, J. Bayat Kouhsar and F. Taliey. 2018. Effect of chemical and biological processing methods on chemical composition, gas production parameters and in vitro digestibility of Cicer Arietinum Wastes *Rap*, 9(22): 72-82. [doi:10.29252/rap.9.22.72](https://doi.org/10.29252/rap.9.22.72).
 52. Stevenson, L. E. O., Phillips, F., O'sullivan, K., and 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>.
 53. Sugiharto, S., and 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>.
 54. Sun, H., Chen, D., Cai, H., Chang, W., Wang, Z., Liu, G., ... and 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>.
 55. 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. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1299597>.
 56. Ullah, H., Islam, K. M. S., Shuvo, A. A. S., Rahman, M. M., Alam, M. S., Dickhofer, U., and 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. [DOI: 10.5958/0974-181X.2021.000147](https://doi.org/10.5958/0974-181X.2021.000147).
 57. Wahyu, J. (2004). Ilmu Nutrisi Unggas. Gajah Mada Universitas Pers, Yogyakarta. Wibowo, S. 1996. Petunjuk Beternak Ayam Buras.
 58. Widodo, A. R., Setiawan, H., Sudiyono, S., and Indreswari, R. (2013). Kecernaan nutrisi dan performansi puyuh (*Coturnix coturnix japonica*) jantan yang diberi ampas tahu fermentasi dalam ransum. *Tropical Animal Husbandry*, 2(1), 51-57.
 59. Wong, J. M., De Souza, R., Kendall, C. W., Emam, A., and Jenkins, D. J. (2006). Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *Journal of clinical gastroenterology*, 40(3), 235-243.
 60. Yadi, P., and Yana, S. (2010). The influence of palm kernel cake and rice bran fermentation product mixture to the broiler carcass quality. *International Journal of Science and Engineering*, 2(1), 1-3.
 61. 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.
 62. Zhang, A. R., Wei, M., Yan, L., Zhou, G. L., Li, Y., Wang, H. M., ... and Liang, Y. 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>.
63. Zhenhua, G., Haohao, W., Lin, S., Xiaohui, Z., Ran, S., Fuquan, Y. and Ravi, G. 2017 Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1-42 d broiler chickens. Animal Nutrition Journal [doi: 10.1016/j.aninu.2017.02.002](https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.02.002).
64. Zhu, X., Tao, L., Liu, H., and 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>.
65. Zhu, Y., Zhang, H., Zhang, Y., and Huang, F. (2011). Lignocellulose degradation, enzyme production and protein enrichment by *Trametes versicolor* during solid-state fermentation of corn stover. African Journal of Biotechnology, 10(45), 9182-9192. DOI: [10.5897/AJB11.810](https://doi.org/10.5897/AJB11.810).