

The Effect of Raw and Fermented Sesame Meal, with Probiotic Supplementation, on Performance, Carcass Characteristics, Gastrointestinal Microbial Population, and Meat Quality in Broiler Chickens

Mahmoud Shams Shargh¹ , Iman Askari² , and Mohammad Taheri³  

1. Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Gorgan, Iran. E-mail: m_shams196@yahoo.com
2. Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Gorgan, Iran. E-mail: imanaskrai@gmail.com
3. Corresponding author, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Gorgan, Iran. E-mail: mohammad.taheri1989@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 11 June 2026
Received in revised form
21 August 2026
Accepted 05 September
2026
Available online 23
September 2026

Keywords:
Broiler chickens,
Fermented sesame meal,
Gastrointestinal microbial,
Growth performance,
population,
Probiotic.

ABSTRACT

Objective: This experiment was conducted to investigate the effects of fermented and raw sesame meal, with probiotic supplementation, on growth performance, carcass characteristics, gastrointestinal microbial population, and meat quality in broiler chickens.

Method: Sesame meal was fermented with *Lactobacillus plantarum* for 25 days. A total of 240 male Ross 308 broiler chickens were used in a completely randomized design with 4 treatments and 4 replicates (15 birds per replicate) for 42 days. Experimental treatments included: 1) control diet (Corn-Soybean meal), 2) diet containing 50% raw sesame meal replacing soybean meal, 3) diet containing 50% fermented sesame meal replacing soybean meal, and 4) diet containing 50% raw sesame meal with probiotics replacing soybean meal.

Results: The fermentation process significantly reduced pH, tannin and phytic acid levels, while the population of lactic acid bacteria increased during the fermentation period ($P < 0.05$). Chickens fed a diet containing 50% raw sesame meal had the lowest body weight, the highest feed conversion ratio, and the lowest carcass, breast, and thigh percentages ($P < 0.05$). There was no significant difference between the control, 50% fermented sesame meal, and 50% raw sesame meal plus probiotic treatments in terms of growth performance and the aforementioned traits ($P < 0.05$). The abdominal fat of the treatments containing fermented sesame meal and probiotics was significantly reduced ($P < 0.05$). The lactic acid bacteria population and pH in the crop and ileum of chickens fed with 50% fermented sesame meal and 50% raw sesame meal with probiotics were higher and lower than other treatments, respectively ($P < 0.05$). Malondialdehyde (MDA) levels decreased after 1 and 30 days of meat storage, in the 50% raw sesame meal with probiotics group compared to the control ($P < 0.05$).

Conclusions: Fermentation of sesame meal or the use of probiotics effectively mitigated the negative effects of replacing 50% of soybean meal with raw sesame meal, maintaining growth performance and carcass traits at levels similar to the control diet. Additionally, these treatments improved certain indicators of gastrointestinal health and meat quality.

Cite this article: Shams Shargh, M., Askari, I., & Taheri, M. (2026). The effect of raw and fermented sesame meal, with probiotic supplementation, on performance, carcass characteristics, gastrointestinal microbial population, and meat quality in broiler chickens. *New Approaches in Animal Sciences*, 1(3), 1-19. <https://doi.org/10.22098/naas.2026.20083.1018>



Introduction

Feed represents the major proportion of production expenses in poultry farming, accounting for nearly 70% of total costs. Among feed ingredients, soybean meal is considered the primary protein source in broiler diets; however, its high price and limited availability have encouraged the search for alternative protein sources. Therefore locally available feed ingredients with suitable nutritional characteristics is important for reducing feed costs and improving the sustainability of poultry production. Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed crop with high tolerance to drought and adaptability to various environmental conditions. Sesame meal, obtained after oil extraction, is a valuable protein-rich by-product containing more than 44% crude protein and considerable levels of essential amino acids. Nevertheless, the presence of anti-nutritional compounds, particularly phytic acid and tannins, restricts its efficient utilization in poultry diets by reducing nutrient digestibility and mineral availability. Different processing methods have been investigated to improve the nutritional value of plant-derived feed ingredients. Among these approaches, solid-state fermentation has gained attention as an effective biological process for reducing anti-nutritional factors and enhancing nutrient availability. Fermentation by beneficial microorganisms, including lactic acid bacteria, *Bacillus* species, fungi, and yeasts, can improve the nutritional quality of feed materials through the degradation of undesirable compounds and the production of bioactive metabolites. In parallel, probiotics have been widely studied as functional feed additives in poultry nutrition. Their beneficial effects are associated with modulation of intestinal microbial populations, improvement of gut health, enhancement of immune function, and positive effects on growth performance and meat quality. These effects are mainly related to the production of organic acids, enzymes, vitamins, and antimicrobial substances. Although fermented plant-based ingredients have shown promising results in animal nutrition, information regarding the application of fermented sesame meal in broiler diets remains limited. Moreover, the potential of combining raw sesame meal with probiotic supplementation as an alternative strategy has not been fully investigated. Therefore, this study was conducted to evaluate and compare the effects of raw sesame meal, fermented sesame meal, and raw sesame meal supplemented with probiotics on growth performance, carcass characteristics, gastrointestinal microbial populations, and meat quality in broiler chickens.

Method

Sesame meal was fermented with *Lactobacillus plantarum* for 25 days. A total of 240 male Ross 308 broiler chickens were used in a completely randomized design with 4 treatments and 4 replicates (15 birds per replicate) for 42 days. Experimental treatments included: 1) control diet (Corn-Soybean meal), 2) diet containing 50% raw sesame meal replacing soybean meal, 3) diet containing 50% fermented sesame meal replacing soybean meal, and 4) diet containing 50% raw sesame meal with probiotics replacing soybean meal.

Results

Fermentation of raw sesame meal with *Lactobacillus plantarum* significantly reduced pH, phytic acid, and tannin contents, while increasing lactic acid bacteria counts compared with the raw substrate. The reduction in pH is mainly attributed to organic acid production during carbohydrate fermentation, whereas decreases in anti-nutritional factors may result from enzymatic degradation during microbial activity. Replacing soybean meal with 50% raw sesame meal negatively affected growth performance, whereas fermented sesame meal and probiotic-supplemented diets improved body weight gain and feed conversion ratio, with values comparable to the control group. These improvements are associated with enhanced nutrient availability, reduced anti-nutritional factors, and improved intestinal microbial balance. Carcass traits were adversely affected by high inclusion of raw sesame meal, leading to reduced carcass, breast, and thigh yields. In contrast, fermented and probiotic treatments reduced abdominal fat deposition. Increased liver weight in fermented treatments may be linked to enhanced bile acid turnover and hepatic metabolic activity, while other organs were unaffected. Dietary treatments significantly improved gut microbiota by reducing coliform counts and pH and increasing lactic acid bacteria populations in the crop and ileum. These changes indicate a more favorable intestinal environment, likely resulting from organic acid production and competitive exclusion of pathogenic bacteria. Meat quality analysis showed no differences in lipid oxidation (MDA) or pH at 1 day post-slaughter; however, after 30 days of storage, fermented and probiotic treatments significantly reduced MDA and improved pH stability. These effects suggest improved oxidative stability, potentially related to reduced fat deposition and enhanced gut-derived metabolic health. Overall, fermentation and probiotic supplementation mitigated the negative effects of high inclusion levels of raw sesame meal and improved growth performance, carcass characteristics, gut health, and meat quality in broiler chickens.

Conclusions

Overall, the results of the present study demonstrated that microbial fermentation is an effective strategy for reducing phytic acid and tannin contents in sesame meal. Replacing soybean meal with a diet containing 50% fermented sesame meal or 50% raw sesame meal supplemented with probiotics improved broiler performance, as evidenced by higher body weight gain and better feed conversion ratio. In addition, these dietary treatments enhanced carcass characteristics, including increased carcass, breast, and thigh yields, along with a reduction in abdominal fat deposition. Furthermore, fermented and probiotic-supplemented diets positively modulated gut microbiota by increasing lactic acid bacteria populations while reducing coliform counts and pH in both the crop and ileum. A significant reduction in malondialdehyde (MDA) in birds fed raw sesame meal supplemented with probiotics indicates improved oxidative stability of meat during storage. In conclusion, fermented sesame meal and

probiotic supplementation can successfully replace up to 50% of soybean meal in broiler diets and may serve as suitable alternative protein sources in poultry nutrition.

Author Contributions

Author 1: Guidance and consultation in the planning and design of the research study, supervision of the experiments, verification and validation of the results, and review and editing of the manuscript.

Author 2: Conducting the experiments, performing statistical analyses, and writing the initial draft of the manuscript.

Author 3: Performing software-based and statistical analyses, preparing and organizing the tables, writing the manuscript, and reviewing and editing the manuscript.

Data Availability Statement

All data generated or analyzed during this study are included in this published article.

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to the Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, for their support and cooperation during this research.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

This research was conducted using personal funds from A. Askari during his doctoral studies, with no external financial support from public, commercial, or not-for-profit agencies.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



اثر کنجاله کنجد خام و تخمیری همراه با پروبیوتیک بر عملکرد، خصوصیات لاشه، جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی

محمود شمس شرق^۱، ایمان عسکری^۲، محمد طاهری^۳ ✉

۱. گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: m_shams196@yahoo.com
۲. گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: imanaskrai@gmail.com
۳. نویسنده مسئول، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mohammad.taheri1989@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

هدف: این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کنجاله کنجد تخمیری و خام همراه با پروبیوتیک بر عملکرد، خصوصیات لاشه، جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی،

روش پژوهش: کنجاله کنجد برای مدت ۲۵ روز با باکتری *لاکتوباسیلوس پانتاروم* تخمیر شد. تعداد ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس (۳۰۸) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۴ تکرار (هر تکرار دارای ۱۵ قطعه جوجه) به مدت ۴۲ روز مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) جیره شاهد (ذرت-سویا) (۲) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام به جای کنجاله سویا (۳) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری به جای کنجاله سویا (۴) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک به جای کنجاله سویا بودند.

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

یافته‌ها: نتایج نشان داد که فرآیند تخمیر به طور معنی‌داری pH و میزان تانن و اسید فایتیک را کاهش داد، در حالی که جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی طی دوره تخمیر افزایش یافت ($P < 0.05$). جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام دارای کمترین وزن بدن، بیشترین ضریب تبدیل خوراک و پایین‌ترین درصد لاشه، سینه و ران بودند ($P < 0.05$). بین تیمارهای شاهد، ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری و ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک از نظر عملکرد رشد و صفات مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). چربی محوطه بطنی تیمارهای حاوی کنجاله کنجد تخمیری و پروبیوتیک به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$). جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی و pH در چینه‌دان و ایلئوم جوجه‌هایی که با ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری و ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام با پروبیوتیک تغذیه شدند، به ترتیب بیشتر و کمتر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). میزان مالون‌دی‌آلدئید (MDA) پس از ۱ و ۳۰ نگهداری گوشت، در تیمار حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام با پروبیوتیک در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت ($P < 0.05$).

کلیدواژه‌ها:

پروبیوتیک،
جمعیت میکروبی دستگاه گوارش،
جوجه‌های گوشتی،
عملکرد رشد،
کنجاله کنجد تخمیری.

نتیجه‌گیری: تخمیر کنجاله کنجد یا استفاده همزمان از پروبیوتیک توانست اثرات منفی ناشی از جایگزینی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام را کاهش داده و عملکرد رشد و صفات لاشه را در سطحی مشابه جیره شاهد حفظ کند. همچنین این تیمارها برخی شاخص‌های سلامت دستگاه گوارش و کیفیت گوشت را بهبود بخشیدند.

استناد: شمس شرق، محمود؛ عسکری، ایمان؛ طاهری، محمد (۱۴۰۵). اثر کنجاله کنجد خام و تخمیری همراه با پروبیوتیک بر عملکرد، خصوصیات لاشه، جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی. *یافته‌های نوین علوم دامی*، ۱ (۳)، ۱-۱۹. <https://doi.org/10.22098/naas.2026.20083.1018>



۱. مقدمه

موثر می‌باشد (Hong و همکاران، ۲۰۰۴). از سوی دیگر پروبیوتیک‌ها را می‌توان به عنوان افزودنی‌های خوراکی میکروبی زنده‌ای تعریف کرد که از طریق ترشح آنزیم‌های مفید، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها و مواد ضد باکتریایی در بدن میزبان، اثرات موثری بر بهبود تعادل میکروبی، سیستم ایمنی و کیفیت گوشت میزبان می‌گذارند (Popova، ۲۰۱۷). گونه‌های وسیعی از میکروارگانیسم‌ها به عنوان پروبیوتیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که عمدتاً شامل باسیلوس‌ها، بیفیدوباکتریوم، آنتروکوکوس، لاکتوباسیلوس‌ها، لاکتوکوکوس، استرپتوکوکوس، مخمرها و کشت‌های مخلوط و مرکب از چند گونه ذکر شده می‌باشد. بیفیدوباکتریوم و لاکتوباسیلوس‌ها گونه‌هایی هستند که اغلب برای انسان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالی که گونه‌های آنتروکوکوس، مخمر ساکارومایسس و باسیلوس‌ها بیشتر برای مصارف حیوانی کاربرد دارد (Simon و همکاران، ۲۰۰۱). استفاده از محصولات پروبیوتیکی طی سال‌های اخیر افزایش فراوانی یافته و باعث افزایش عملکرد و بهبود ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی شده است (Mazaheri و همکاران، ۲۰۱۴). با این حال اطلاعات محدودی در ارتباط با تاثیر استفاده از کنجاله کنجد تخمیری در تغذیه جوجه‌های گوشتی وجود دارد. افزون بر توجه به اینکه محصولات تخمیری ممکن است اثری مشابه با پروبیوتیک‌ها یا پری‌بیوتیک‌ها در دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی داشته باشند، این آزمایش به منظور بررسی مقایسه کنجاله کنجد خام و تخمیری بر عملکرد، خصوصیات لاشه، جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

تهیه کنجاله تخمیری و پروبیوتیک تجاری

در مطالعه حاضر باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاروم به شکل ویال‌های لیوفیلیزه از سازمان تحقیقات علمی و صنعتی ایران تهیه و در محیط کشت Nutrient-agar در دمای ۲۵ درجه سلسیوس فعال سازی شد. همچنین آماده‌سازی کشت آغازگر با استفاده از محیط کشت broth-MRS در طی انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انجام شد. پیش از آغاز فرآیند تخمیر و به‌منظور تعیین دقیق اثر لاکتوباسیلوس پلانتاروم بر میزان اسید فایتیک و تانن، کنجاله کنجد خام به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس اتوکلاو شد (Walia و Vig، ۲۰۰۱). سپس هر کیلوگرم کنجاله کنجد خام با ۱/۲ لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر (حاوی ۱۰۵ واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) باکتری مخلوط شد و در یک مخزن مخصوص

خوراک ۷۰ درصد از کل هزینه‌های تولید در صنعت طیور را به خود اختصاص می‌دهد که در این میان سهم قابل توجهی از این مخارج ناشی از قیمت بالای کنجاله سویا به عنوان منبع پروتئینی حیاتی در جیره است (Rutkowski و همکاران، ۲۰۱۵). از این رو استفاده از سایر منابع پروتئینی با کیفیت که بتوانند منابع ارزشمندی از انرژی و پروتئین را برای طیور فراهم کنند، ضروری است (Taheri و همکاران، ۱۴۰۲). دانه کنجد محصول مقاوم به خشک سالی، و سازگار به انواع مختلف خاک است که در مناطق گرمسیری در سراسر جهان رشد می‌کند. این دانه منبعی غنی از پروتئین و یکی از اولین محصولات فرآوری شده برای تولید روغن است. روغن دانه کنجد با استفاده از حلال‌های آلی و یا با فشار مکانیکی استخراج می‌شود (Mamputu و Buhr، ۱۹۹۵)، همچنین دانه کنجد داری ۴۵ تا ۵۰ درصد چربی، ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین و ۱۰ تا ۱۵ درصد کربوهیدرات می‌باشد (Lee و همکاران، ۲۰۰۵). کنجاله کنجد حاصل عملیات روغن‌کشی از دانه کنجد و دارای بیش از ۴۴ درصد پروتئین خام و مقادیر مناسب اسید آمینه‌های ضروری به ویژه آرژنین، لوسین و متیونین می‌باشد. مقدار لیزین این کنجاله کمتر از حد مورد نیاز بوده و ترکیب آن با کنجاله سویا می‌تواند این کمبود را جبران کند (Gebrehiwot و Mulugeta، ۲۰۱۳). اسید فایتیک موجود در کنجاله کنجد به عناصر معدنی متصل شده و آن‌ها را از دسترس آنزیم‌های گوارشی خارج می‌سازد و ممکن است در متابولیسم عناصر معدنی مثل کلسیم مشکل ایجاد کند (Adebiyi و همکاران، ۲۰۱۵). راهکارهایی از قبیل پرتودهی، حرارت و یا خیساندن در محلول‌های شیمیایی برای حذف و یا کاهش اسید فایتیک در کنجاله کنجد ارایه شده اما این روش‌ها برای حل این مشکل، پرهزینه و گاه ناکارآمد بوده‌اند (Adebiyi و همکاران، ۲۰۱۵).

فرآیند تخمیر حالت جامد به عنوان یک راه حل مؤثر برای کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای و افزایش زیست‌فراهمی مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است (Niba و همکاران، ۲۰۰۹). این تکنیک از گونه‌های باکتریایی (نظیر لاکتوباسیلوس پلانتاروم، آنتروکوکوس فاسیوم، باسیلوس سابیتیلیس)، قارچی (نظیر آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس اوریزا) و مخمر (نظیر ساکارمایسس سرویزیه) جهت پیشبرد اهداف تخمیر بهره می‌برد. گزارش شده است که این تکنیک جهت حذف و یا کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای نظیر بازدارنده تریپسین، گوسپول، تانن، اسید فایتیک و اگزالیک اسید

روزگی)، ۳۲ قطعه جوجه گوشتی (۲ جوجه از هر واحد آزمایشی) انتخاب و پس از اعمال ۴ ساعت گرسنگی کشتار شدند. پس از جدا کردن پوست، پر، سر، پاها و دستگاه گوارش و ضامم آن؛ لاشه پرنده‌ها توزین گردید. سپس اندام‌های سینه و ران همراه با استخوان، چربی حفره بطنی، کبد، طحال، قلب بورس فابریسیوس جداسازی و توزین و به عنوان درصدی از لاشه گزارش شدند. جهت تعیین جمعیت میکروبی باکتری‌های اسیدلاکتیکی در چینه‌دان و ایلئوم، ۱ گرم نمونه از محتویات آن‌ها گرفته شد و تحت شرایط استریل با ۹ گرم از محلول کلرید سدیم ۰/۸۵ درصد مخلوط و هموژنیزه و پس از ساخت سری رقیق‌سازی، جمعیت باکتری مذکور بر روی محیط MRS آگار پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری، در زیر کلنی‌کانت شمارش گردید. نتایج حاصل از شمارش کلنی‌ها در عکس رقت ضرب و به داده‌های لگاریتمی تبدیل شدند (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). برای محاسبه مالون‌دی‌آلدهید (در روز ۱ و ۳۰ پس از کشتار)، ابتدا نمونه های ران و سینه با استفاده از دستگاه چرخ گوشت چرخ شده، سپس ۱۰ گرم گوشت با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲ دقیقه همزده و یکنواخت شد. سپس در یک بالن تقطیر به آن ۴۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر، ۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۴ مولار برای رساندن اسیدیته آن به ۱/۵ اضافه شد، چند قطره ضد کف و چند عدد سنگ جوش هم اضافه گردید. فلاسک حرارت داده شد تا در مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه از زمان جوش مقدار ۵۰ میلی‌لیتر محلول تقطیر شده بدست آید. سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول تقطیر شده و ۵ میلی‌لیتر معرف TBA (اسیداستیک گلاسیال (۹۰ درصد) و ۰/۲۸۸۳ گرم تیوباریتوریک اسید ml100) درون لوله‌های درب‌دار ریخته شد و به مدت ۳۵ دقیقه در آب در حال جوش حرارت داده شد. یک نمونه محلول بلانک (شاهد) هم با استفاده از ۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵ میلی‌لیتر معرف TBA تهیه گردید. در نهایت لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب سرد قرار گرفتند و جذب آن‌ها با دستگاه اسپکتوفتومتری (Model UV-1800) (Shimadzu, Kyoto, Japan) در طول موج 538 nm اندازه‌گیری شد. مقدار مالون‌دی‌آلدهید تولید شده طبق معادله زیر محاسبه گردید (Tarladgis و همکاران، ۱۹۶۰).

$TBA = \text{جذب محلول مرحله نهایی در طول موج } 538 \times 7/8$
(آلدئید در کیلوگرم گوشت‌دی‌گرم مالون میلی)
pH گوشت ران و سینه با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (testo 206-AG، آلمان) اندازه‌گیری شد (Naveena و همکاران، ۲۰۰۶). برای تعیین ظرفیت نگهداری آب ابتدا ۱ گرم نمونه گوشت درون کاغذ صافی قرار گرفت و به مدت ۴ دقیقه در دور ۱۵۰۰ سانتریفوژ شد.

(سوپاپ‌دار، جهت خروج گازهای تولید شده) برای مدت ۲۵ روز در دمای ۳۳ درجه سلسیوس قرار گرفت. در ادامه کنجاله کنجد تخمیر شده به مدت ۳ روز در اتاقی با دمای ۵۰ درجه سلسیوس خشک شد (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). میزان pH کنجاله کنجد خام و تخمیری با استفاده از دستگاه pH متر (Schott CG 804 pH Meter) اندازه‌گیری شد. یک گرم از نمونه کنجاله کنجد خام و تخمیری تحت شرایط استریل با ۹ گرم از محلول کلرید سدیم ۰/۸۵ درصد مخلوط و هموژنیزه شده و پس از ساخت سری رقیق‌سازی، جمعیت باکتری‌های مذکور بر روی محیط agar-MRS پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سلسیوس و شرایط بی‌هوازی، کلنی‌های تشکیل شده شمارش و جمعیت باکتریایی بر حسب CFU/g محاسبه شد (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). مقدار فیتات از طریق استخراج با اسید کلریدریک و سولفات سدیم و جذب‌سنجی در طول موج ۶۶۰ نانومتر (De Boland و همکاران، ۱۹۷۵) و میزان تانن به روش فولین دنیز (Mukhopadhyay، ۲۰۰۱) اندازه‌گیری شدند. pH، جمعیت میکروبی، مقادیر فیتات و تانن در کنجاله کنجد خام و تخمیری بر مبنای آزمون T-test و با استفاده از نرم‌افزار SAS (2003) آنالیز شدند. همچنین در این پژوهش از پروبیوتیک Protexin® Concentrate | غلظت ۲×۱۰۱۲ (CFU/g) به مقدار ۱۰۰ گرم در تن خوراک در کل دوره، استفاده شد.

پرنده‌های آزمایشی

تعداد ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی نر (سویه راس ۳۰۸) تهیه و به طور تصادفی در ۱۶ واحد آزمایشی، شامل ۴ تیمار و ۴ تکرار (۱۵ قطعه مرغ در هر واحد) توزیع شدند. طول دوره آزمایش ۴۲ روز بود. جیره های آزمایشی برای دوره‌های آغازین (۱۰-، روزگی)، رشد (۲۲-۱۱ روزگی) و پایانی (۲۳-۴۲ روزگی) بر اساس مقادیر توصیه‌های راهنمای سویه راس ۳۰۸ با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل جیره شاهد (ذرت و سویا)، جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام، ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری، جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک جایگزین با کنجاله سویا در جیره بودند. در طول دوره آزمایش، تمامی پرندگان به صورت آزادانه به خوراک و آب دسترسی داشتند. جهت تعیین عملکرد جوجه‌های گوشتی، میزان خوراک مصرفی واحد آزمایشی به طور روزانه محاسبه و در پایان دوره گزارش شد. مقدار افزایش وزن بدن هر واحد آزمایشی، از طریق محاسبه اختلاف وزن ابتدا و انتهای دوره پرورش (۰-۴۲ روزگی) به دست آمد. همچنین ضریب تبدیل خوراک نیز از تقسیم میانگین خوراک مصرفی بر میزان افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در کل دوره آزمایش محاسبه و گزارش گردید. در پایان آزمایش (۴۲

جدول ۱. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (برحسب درصد)

مواد خوراکی Ingredients	جیره های آغازین (۰-۱۰ روزگی)				جیره های رشد (۱۱-۲۴ روزگی)				جیره های رشد (۲۵-۴۲ روزگی)			
	Starter diets (0-10 days of age)				Grower diets (11-24 days of age)				Grower diets (25-42 days of age)			
	شاهد	کنجد خام ^۱	کنجاله تخمیری ^۲	کنجد خام با پروبیوتیک ^۳	شاهد	کنجد خام	کنجد تخمیری	کنجد خام با پروبیوتیک	شاهد	کنجد خام	کنجد تخمیری	کنجد خام با پروبیوتیک
ذرت Corn	52.41	56.63	57.11	56.62	56.14	58.78	59.85	58.77	61.36	63.62	64.53	63.62
کنجاله سویا ^۴ Soybean Meal ⁴	40.52	17.65	17.07	17.645	36.49	17.06	15.90	17.06	31.05	14.51	13.52	14.505
کنجاله کنجد خام ^۵ Raw sesame meal ⁵	-	20.13	-	20.13	-	18.12	-	18.12	-	15.42	-	15.42
کنجاله کنجد تخمیری ^۶ Fermented sesame meal ⁶	-	-	20.13	-	-	-	18.12	-	-	-	15.42	-
روغن سویا Soybean Oil	2.68	1.62	1.68	1.62	3.40	2.45	2.50	2.45	3.91	3.11	3.15	3.11
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.67	1.61	1.62	1.61	1.48	1.42	1.44	1.42	1.34	1.29	1.30	1.29
کربنات کلسیم Carbonate Calcium	1.13	0.28	0.28	0.28	1.04	0.28	0.28	0.28	0.97	0.31	0.31	0.31
نمک Salt	0.44	0.43	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.40	0.39	0.39	0.39
مکمل ویتامینی ^۷ Vitamin premix ⁷	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل معدنی ^۸ Mineral premix ⁸	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ال-لیزین L-Lysine	0.22	0.75	0.78	0.75	0.16	0.64	0.66	0.64	0.17	0.57	0.60	0.57
ال-ترئونین L-Threonine	0.08	0.17	0.18	0.17	0.05	0.13	0.14	0.13	0.03	0.10	0.11	0.10
دی ال-متیونین DL-Methionine	0.35	0.23	0.22	0.23	0.30	0.19	0.18	0.19	0.27	0.18	0.17	0.18

پروبیوتیک	-	-	-	0.015	-	-	0.01	-	-	-	0.005
Probiotic											
ترکیب شیمیایی											
Chemical composition											
(کیلوکالری/کیلوگرم) انرژی قابل متابولیسم	2900	2900	2900	2900	3000	3000	3000	3000	3100	3100	3100
Metabolizable Energy (kcal/kg)											
پروتئین خام %	22.23	22.23	22.23	22.23	20.80	20.80	20.80	20.80	18.89	18.89	18.89
Crude Protein %											
کلسیم %	0.93	0.93	0.93	0.93	0.84	0.84	0.84	0.94	0.76	0.76	0.77
Calcium %											
فسفر قابل دسترس %	0.46	0.46	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	0.47	0.38	0.38	0.39
Available Phosphorus %											
سدیم	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.17	0.17	0.17
Sodium %											
ترئونین %	0.94	0.94	0.94	0.94	0.85	0.85	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75
Threonine %											
لیزین %	1.39	1.39	1.39	1.39	1.25	1.25	1.25	1.25	1.12	1.12	1.12
Lysine %											
متیونین %	0.68	0.68	0.68	0.68	0.61	0.61	0.61	0.61	0.56	0.56	0.56
Methionine %											
اسیدهای آمینه گوگرد دار %	1.04	1.04	1.04	1.04	0.96	0.96	0.96	0.96	0.88	0.88	0.88
Sulfur Amino Acids %											

(۱) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام، (۲) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری، (۳) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک، (۴) حاوی ۴۵/۳۹ درصد پروتئین خام، (۵) حاوی ۴۳/۵۳ درصد پروتئین خام، (۶) حاوی ۴۷/۶۷ درصد پروتئین خام، (۷) هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی شامل: ۳۶۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D۳، ۱۴۴۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۸۰۰ میلی گرم ویتامین K۳، ۷۰۰ میلی گرم ویتامین B۱، ۲۶۴۰ میلی گرم ویتامین B۲، ۳۹۲۰ میلی گرم ویتامین B۳، ۱۱۸۸۰ میلی گرم ویتامین B۵، ۱۱۷۶ میلی گرم ویتامین B۶، ۴۰۰ میلی گرم ویتامین B۹، ۶ میلی گرم بیوتین، ۴۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدان، ۱۲۰۰۰۰ گرم کولین کلراید، کریز (سیوس گندم و کربنات کلسیم) تا ۱۰۰۰ گرم، (۸) هر کیلوگرم از مکمل معدنی شامل: ۳۹۶۸۰ میلی گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی گرم آهن، ۳۳۸۸۰ میلی گرم روی، ۳۹۶ میلی گرم ید، ۸۰ میلی گرم سلنیوم، ۸۰۰۰۰ میلی گرم کولین کلراید، ۴۰۰۰ میلی گرم مس، کریز (سیوس گندم و کربنات کلسیم) تا ۱۰۰۰ گرم.

1) Diet containing 50% raw sesame meal, 2) Diet containing 50% fermented sesame meal, 3) Diet containing 50% raw sesame meal with probiotics, 4) Contains 45.39% crude protein, 5) Contains 43.53% crude protein, 6) Contains 67% crude protein, 7) Each kilogram of vitamin supplement contains: 3,600,000 international units of vitamin A, 800,000 international units of vitamin 3D, 14,400 international units of vitamin E, 800 mg of vitamin 3K, 700 mg of vitamin 1B, 2,640 mg of vitamin 2B, 3,920 mg of vitamin 3B, 11,880 mg of vitamin 5B, 1,176 mg of vitamin 6B, 400 mg of vitamin 9B, 6 mg of biotin, 400 mg of antioxidants, 120,000 mg of choline chloride, carrier (wheat bran and calcium carbonate) up to 1,000 grams, 8) Each kilogram of mineral supplement contains: 39,680 mg of manganese, 20,000 mg of iron, 33,880 mg of zinc, 396 mg of iodine, 80 mg of selenium, 80,000 mg of choline chloride, 4,000 mg of copper, carrier (wheat bran and calcium carbonate) up to 1,000 grams.

Y_{ij} = مقدار هر صفت اندازه‌گیری شده (متغیر وابسته)؛ μ = میانگین کل؛ T_i = اثر تیمار آزمایشی؛ e_{ij} = اثر خطای تصادفی (خطای آزمایش).

۳. نتایج و بحث

تأثیر تخمیر میکروبی بر شمارش باکتری‌های اسید لاکتیکی، pH، اسید فایتیک و تانن در کنجاله کنجد در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تخمیر کنجاله کنجد خام با باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاروم، به طور معنی‌داری pH و میزان تانن و اسید فایتیک را کاهش داد، در حالی که شمارش باکتری‌های اسید لاکتیکی در طول دوره تخمیر افزایش یافت ($P < 0.05$).

نمونه گوشت بعد از سانتی‌فیوژ کردن به مدت ۱۲ ساعت درون آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. ظرفیت نگهداری آب با استفاده از فرمول $WHC = [(A-B)/C] \times 100$ محاسبه گردید (Castellini و همکاران، ۱۹۹۸)، که A وزن نمونه بعد از سانتی‌فیوژ؛ B وزن نمونه بعد از آون گذاری و C وزن نمونه قبل از سانتی‌فیوژ بودند.

داده‌های آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۴ تکرار (۱۶ واحد آزمایشی) با استفاده از نرم‌افزار SAS (2003) تجزیه واریانس شدند، و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماری ۵ درصد انجام گرفت. مدل آماری آزمایش:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

جدول ۲. مقایسه pH، جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک (لگاریتم ۱۰ واحد تشکیل دهنده کلنی در گرم)، و مواد ضد مغذی (میلی گرم بر گرم) کنجاله کنجد خام و تخمیری (بر اساس درصد ماده خشک).

Table 2. Comparison of pH, Lactic Acid Bacteria population (log10 cfu/g), and Anti-nutritional Factors (mg/g) of raw and fermented sesame meal (on a dry matter basis).

Items	Type of sesame meal		میانگین خطای استاندارد SEM	سطح معنی‌داری P-value
	کنجاله کنجد خام Raw sesame meal	کنجاله کنجد تخمیری Fermented sesame meal		
پی‌اچ	5.23	3.86	0.075	<0.0001
pH				
باکتری‌های اسید لاکتیک	6.35	13.46	0.091	<0.0001
LAB ¹ (log10 cfu/g)				
اسید فایتیک (میلی گرم/گرم)	17.39	2.26	0.06	<0.0001
Phytic acid (mg/g)				
تانن (میلی گرم/گرم)	15.26	2.22	0.06	<0.0001
Tanin (mg/g)				

تخمیر با تولید و ترشح آنزیم‌های تجزیه کننده (به عنوان مثال تانناز، فیتاز، سلولاز، آنزیم‌های تجزیه کننده فیبر) قادر به تجزیه و از بین بردن ترکیبات ضد مغذی هستند (Morais و همکاران، ۲۰۱۳). بر این اساس، افزایش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی و کاهش هم‌زمان pH، اسید فایتیک و تانن نشان می‌دهد که تخمیر میکروبی توانسته شرایط شیمیایی و میکروبی کنجاله کنجد را بهبود بخشد. این تغییرات احتمالاً یکی از مهم‌ترین دلایل بهبود عملکرد رشد، خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی دستگاه گوارش در جوجه‌های تغذیه‌شده با کنجاله کنجد تخمیری در ادامه این پژوهش بوده است.

همسو با نتایج این پژوهش، تخمیر میکروبی کنجاله کنجد خام با لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و ساکرومایسس سروزیه موجب کاهش pH و افزایش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی و بهبود کیفیت این کنجاله شد (Hajimohammadi و همکاران، ۲۰۲۰). در مطالعه Ashayerizadeh و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده شد که تخمیر میکروبی کنجاله کلزا، سبب کاهش pH، اسید فایتیک، تانن و افزایش باکتری‌های اسید لاکتیک می‌شود. کاهش pH ممکن است به این علت باشد که در طول دوره تخمیر باکتری‌های اسید لاکتیکی با تخمیر قند موجود در سوپسترا، تولید اسیدهای آلی کرده که منجر به کاهش pH می‌شود (Correia و همکاران، ۲۰۰۵). تأثیر تخمیر میکروبی بر کاهش اسید فایتیک و تانن ممکن است به این دلیل باشد که باکتری‌ها در طول دوره

تأثیر کنجاله کنجد تخمیری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

جایگزینی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام با کنجاله سویا موجب کاهش وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی شد ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از عملکرد جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج این آزمایش نشان داد که

جدول ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی
Table 3. Effects of treatments on growth performance of broiler chicks

صفات Traits	تیمارهای آزمایشی Treatments				سطح معنی‌داری P-value
	شاهد	کنجد خام ^۱	کنجد تخمیری ^۲	کنجاله کنجد خام با پروبیوتیک ^۳	
					SEM
مصرف خوراک (گرم) Feed Intake (g)	4364.88	4392.35	4379.97	4378.15	12.17
افزایش وزن بدن (گرم) Body weight gain (g)	2277.93 ^a	2030.45 ^b	2176.13 ^a	2279.13 ^a	31.18
ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	1.91 ^b	2.16 ^a	2.01 ^b	1.92 ^b	0.09

(۱) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام، (۲) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری، (۳) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک.
^{a, b} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند ($P < 0.05$).

1) Diet containing 50% raw sesame meal, 2) Diet containing 50% fermented sesame meal, 3) Diet containing 50% raw sesame meal with probiotics.

^{a, b} Means within the same column with differing superscripts are significantly different at $P < 0.05$.

افزایش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی در کنجاله تخمیری، همخوانی دارد. همسو با نتایج این پژوهش، Shanti و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که جایگزینی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام با کنجاله سویا در جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک شد. در مطالعه دیگر، Hajimohammadi و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که استفاده از کنجاله کنجد تخمیری تا سطح ۲۵ درصد و کنجاله کنجد خام تا سطح ۱۵ درصد تفاوت معنی‌داری در عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی نسبت به تیمار شاهد ایجاد نکرد. همچنین مطالعات متعددی نشان داده‌اند که جایگزینی کنجاله کنجد تا سطوح ۱۵ درصد در جیره جوجه‌های گوشتی و بلدرچین ژاپنی تأثیر منفی بر عملکرد رشد ندارد (Yamauchi و همکاران، ۲۰۰۶؛ Sina و همکاران، ۲۰۱۴؛ Ghazvinian و همکاران، ۲۰۱۶). Chen و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از خوراک‌های تخمیرشده با باکتری‌های اسید لاکتیک می‌تواند عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد. همچنین مصرف

با این حال، استفاده از ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری یا ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک، عملکرد رشد را بهبود بخشید، به گونه‌ای که وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در این تیمارها نسبت به تیمار حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام به‌طور معنی‌داری بهتر بود ($P < 0.05$) و تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$). مصرف خوراک نیز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). کاهش عملکرد رشد در تیمار حاوی کنجاله کنجد خام احتمالاً به وجود ترکیبات ضدتغذیه‌ای، به‌ویژه اسید فایتیک و تانن، مربوط است که می‌توانند قابلیت هضم پروتئین و دسترسی به مواد معدنی را کاهش دهند. در مقابل، تخمیر کنجاله کنجد با کاهش این ترکیبات و بهبود ارزش تغذیه‌ای آن، و همچنین استفاده از پروبیوتیک از طریق بهبود تعادل میکروبی دستگاه گوارش، شرایط مناسب‌تری را برای هضم و جذب مواد مغذی فراهم کرده و در نتیجه موجب بهبود عملکرد رشد شده است. این تفسیر با نتایج بخش قبل این پژوهش، مبنی بر کاهش اسید فایتیک و تانن و

مواد خوراکی تخمیرشده و پروبیوتیک‌ها از طریق کاهش pH دستگاه گوارش، بهبود تعادل میکروبی روده و افزایش قابلیت استفاده از مواد مغذی می‌تواند موجب بهبود عملکرد پرندگان شود (Ashayerizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). علاوه بر این، لاکتوباسیلوس‌ها با مهار رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و بهبود سلامت دستگاه گوارش، شرایط مناسب‌تری را برای هضم و جذب مواد مغذی فراهم می‌کنند (Paton و همکاران، ۲۰۰۶). Jazi و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که خوراک‌های تخمیرشده و پروبیوتیک‌ها با افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده و کاهش میکروارگانیسم‌های مضر، موجب بهبود بهره‌وری استفاده از خوراک می‌شوند. علاوه بر این، Roy و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که تخمیر کنجاله کلزای خام با باکتری باسیلوس لیچنیفورمیس سبب کاهش اسید فایتیک و در نتیجه افزایش محتوای پروتئین آن شد. یافته‌های پژوهش حاضر نیز این مکانیسم‌ها را تأیید می‌کند؛ به‌طوری‌که کاهش اسید فایتیک و تانن در کنجاله کنجد تخمیری، همراه با افزایش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیکی، احتمالاً موجب افزایش قابلیت استفاده از مواد مغذی و بهبود سلامت دستگاه گوارش شده و در نهایت به بهبود وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک انجامیده است. همچنین عملکرد مشابه تیمارهای کنجاله کنجد تخمیری و کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک با تیمار شاهد نشان می‌دهد که هر دو راهکار توانسته‌اند اثرات منفی جایگزینی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام را تا حد زیادی جبران کنند.

تأثیر کنجاله کنجد تخمیری بر خصوصیات لاشه

نتایج اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی (جدول ۴) نشان داد که جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام منجر به کاهش معنی‌دار درصد لاشه، گوشت سینه و ران در مقایسه با سایر تیمارها شد ($P < 0.05$). در مقابل، چربی محوطه بطنی در تیمارهای حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری و ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام به همراه پروبیوتیک به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر گروه‌ها بود، در حالی که بیشترین میزان چربی محوطه بطنی در گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). وزن کبد در تیمارهای حاوی کنجاله کنجد تخمیری، به‌تنهایی یا همراه با پروبیوتیک، به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). در مقابل، وزن قلب، طحال و بورس فابریسیوس تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). کاهش درصد لاشه، سینه و ران در تیمار حاوی کنجاله کنجد خام احتمالاً ناشی از وجود ترکیبات ضدتغذیه‌ای و کاهش قابلیت

استفاده از مواد مغذی بوده است. در مقابل، بهبود این صفات در تیمارهای حاوی کنجاله کنجد تخمیری و کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک را می‌توان به کاهش اسید فایتیک و تانن، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و بهبود سلامت دستگاه گوارش نسبت داد که در نهایت موجب افزایش رسوب پروتئین در بافت‌های عضلانی شده است. همسو با نتایج مطالعه حاضر، Hajimohammadi و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که استفاده از کنجاله کلزای خام تا ۱۵ درصد و کنجاله کلزای تخمیری تا ۲۵ درصد تأثیری بر درصد لاشه و سینه در مقایسه با جیره شاهد نداشت و همچنین مصرف خوراک، درصد طحال و بورس فابریسیوس تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. در مقابل، افزایش سطح کنجاله کلزا به ۲۵ درصد موجب کاهش درصد لاشه و سینه شد. در گزارشی دیگر افزودن ۲۵ و ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام (به جای کنجاله سویا) به جیره جوجه‌های گوشتی در مقایسه با جیره شاهد (ذرت-سویا)، تأثیری بر درصد لاشه نداشت، اما جایگزینی کامل کنجاله سویا با کنجاله کنجد موجب کاهش معنی‌دار درصد لاشه شد، اما تفاوتی در چربی محوطه بطنی این جوجه‌ها (در مقایسه با تیمار شاهد) مشاهده نشد (Shanti و همکاران، ۲۰۱۲). در همین راستا، Rama Rao و همکاران (۲۰۰۸) نیز عدم تغییر چربی محوطه بطنی جوجه‌های گوشتی که در جیره آن‌ها ۶۷ درصد کنجاله کنجد جایگزین کنجاله سویا شد، را گزارش کردند. بهبود نسبی خصوصیات لاشه در تیمارهای حاوی خوراک تخمیری و پروبیوتیک‌ها می‌تواند ناشی از حضور باکتری‌های اسید لاکتیکی و اثرات مثبت آن‌ها بر متابولیسم لیپیدها باشد. این باکتری‌ها با کاهش فعالیت آنزیم استیل‌کوآنزیم A کربوکسیلاز، سنتز اسیدهای چرب در کبد را محدود کرده و در نتیجه ذخیره چربی در بافت‌های بدن، به‌ویژه چربی محوطه بطنی، کاهش می‌یابد (Kalaviathy و همکاران، ۲۰۱۳). افزایش وزن کبد مشاهده‌شده در تیمارهای تخمیری نیز می‌تواند به تغییرات متابولیسم نمک‌های صفراوی مرتبط باشد. گزارش شده است که مصرف خوراک‌های تخمیری موجب استقرار باکتری‌های اسید لاکتیکی در دستگاه گوارش و افزایش تجزیه نمک‌های صفراوی می‌شود، که این امر نیاز به سنتز مجدد آن‌ها در کبد را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش وزن کبد می‌گردد (Toghyani و همکاران، ۲۰۰۹ و Taherpour و همکاران، ۲۰۰۹). بر این اساس، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بهبود خصوصیات لاشه و کاهش چربی محوطه بطنی در تیمارهای حاوی کنجاله کنجد تخمیری و کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک، احتمالاً

پیامد مستقیم بهبود ارزش تغذیه‌ای خوراک و وضعیت میکروبی دستگاه گوارش است. این یافته‌ها با نتایج عملکرد رشد در پژوهش حاضر نیز همخوانی داشته و نشان می‌دهد که بهبود هضم و جذب مواد مغذی، علاوه بر افزایش رشد، موجب بهبود ترکیب لاشه نیز شده است.

جدول ۴. اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه (درصد وزن زنده بدن در زمان کشتار) جوجه‌های گوشتی

Table 4. Effects of treatments on carcass characteristics (% Live Body Weight) of broiler chicks

صفات Traits	تیمارهای آزمایشی Treatments				میانگین خطای استاندارد SEM	سطح معنی‌داری P-value
	شاهد	کنجد خام ^۱	کنجد تخمیری ^۲	کنجد خام با پروبیوتیک ^۳		
لاشه Carcass	64.77 ^a	58.10 ^b	62.76 ^a	62.96 ^a	1.71	<0.0001
سینه با استخوان Breast wit bone	24.87 ^a	23.00 ^b	24.55 ^a	24.53 ^a	0.64	<0.0001
ران با استخوان Thigh with bone	21.19 ^a	20.63 ^b	20.84 ^a	20.88 ^a	0.83	<0.0001
چربی محوطه بطنی Abdominal fat	2.24 ^a	2.03 ^b	1.22 ^c	1.29 ^c	0.19	<0.0001
کبد Liver	2.02 ^b	2.15 ^b	2.39 ^a	2.45 ^a	0.15	0.031
طحال Spleen	0.15	0.20	0.21	0.16	0.08	0.550
قلب Heart	0.68	0.83	0.73	0.62	0.12	0.612
بورس فابریسیوس Bursa of Fabricius	0.10	0.15	0.10	0.12	0.05	0.097

(۱) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام، (۲) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری، (۳) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک.

^{a, b} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند ($P < 0.05$).

1) Diet containing 50% raw sesame meal, 2) Diet containing 50% fermented sesame meal, 3) Diet containing 50% raw sesame meal with probiotics.

^{a, b} Means within the same column with differing superscripts are significantly different at $P < 0.05$.

تاثیر کنجاله کنجد تخمیری بر جمعیت میکروبی دستگاه گوارش

نتایج اثر تیمارهای آزمایشی بر pH و جمعیت میکروبی دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی (جدول ۵ گزارش) نشان داد که کاهش همزمان pH و جمعیت کلی‌فرم‌ها در چینه دان و ایلئوم پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری و ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام با پروبیوتیک در مقایسه با گروه شاهد و جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام به طور معنی‌داری رخ داد ($P < 0.05$). در مقابل، باکتری‌های اسید

لاکتیکی در همین تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). این الگوی همزمان تغییرات نشان می‌دهد که کاهش pH احتمالاً نه یک پیامد مستقل، بلکه نتیجه مستقیم افزایش فعالیت و استقرار باکتری‌های اسید لاکتیکی و تولید متابولیت‌های اسیدی در دستگاه گوارش است؛ شرایطی که به‌طور طبیعی موجب جابجایی تعادل میکروبی به سمت فلور غالب مفید می‌شود. یافته‌ها حاضر با نتایج Ashayerizadeh و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد، آن‌ها گزارش کردند که تخمیر کنجاله کلزا با قارچ و باکتری‌های اسید لاکتیکی سبب کاهش pH و افزایش جمعیت باکتری

های اسید لاکتیکی در چینه‌دان و ایلئوم جوجه‌های گوشتی شد. همچنین Paton و همکاران (۲۰۰۶) افزایش باکتری‌های اسید لاکتیکی در چینه‌دان و کاهش جمعیت باکتری‌های کلی‌فرم در ایلئوم را در پاسخ به مصرف خوراک‌های تخمیری و پروبیوتیک گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر که آرد گندم و جو در فرآیند تخمیر گنجانده شدند، کاهش مشابهی در pH دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی مشاهده شد Skrede و همکاران، (۲۰۰۳) نیز کاهش pH دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی را پس از مصرف خوراک‌های تخمیری حاوی گندم و جو مشاهده نمودند. به نظر می‌رسد خوراک‌های تخمیری و پروبیوتیک‌ها به دلیل دارا بودن

جمعیت بالای باکتری‌های اسید لاکتیکی و تولید اسیدهای آلی، با ایجاد یک محیط اسیدی پایدار، شرایط انتخابی به نفع میکروارگانیسم‌های مفید و به ضرر باکتری‌های فرصت‌طلب ایجاد می‌کنند (Chamberlain و همکاران، ۲۰۱۹). در این راستا، افزایش جمعیت این باکتری‌ها از طریق تولید اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر، کاهش pH و پدیده حذف رقابتی، رشد باکتری‌های بیماری‌زا از جمله کلی‌فرم‌ها و سالمونلا را محدود کرده و به حفظ تعادل میکروبی و سلامت دستگاه گوارش کمک می‌کند (Isolauri و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۵. اثر تیمارها بر جمعیت میکروبی (لگاریتم ۱۰ واحد تشکیل‌دهنده کلنی در گرم) و pH محتویات دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی

Table 5. Effects of treatments on microbial population ($\log_{10}$ CFU/g) and pH of broiler chicks

صفات Traits	تیمارهای آزمایشی Treatments ¹				میانگین خطای استاندارد SEM	سطح معنی‌داری P-value
	شاهد	کنجاله کنجد خام ^۱	کنجاله کنجد تخمیری ^۲	کنجد خام با پروبیوتیک ^۳		
چینه دان Crop						
pH	4.59 ^a	4.57 ^a	4.24 ^b	4.23 ^b	0.01	<.0001
باکتری‌های اسید لاکتیکی Lactic acid bacteria	7.77 ^b	7.70 ^b	8.08 ^a	8.12 ^a	0.02	<.0001
کلی‌فرم‌ها Coliforms	4.13 ^a	4.17 ^a	3.80 ^b	3.77 ^b	0.02	<.0001
ایلئوم Ileum						
بی‌اچ pH	6.40 ^a	6.44 ^a	6.19 ^b	6.18 ^b	0.02	<.0001
باکتری‌های اسید لاکتیکی Lactic acid bacteria	7.75 ^b	7.71 ^b	7.96 ^a	8.06 ^a	0.05	0.0002
کلی‌فرم‌ها Coliforms	4.09 ^a	4.14 ^a	3.67 ^b	3.66 ^b	0.02	<.0001

(۱) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام، (۲) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری، (۳) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک.

^{a, b} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند ($P < 0.05$).

1) Diet containing 50% raw sesame meal, 2) Diet containing 50% fermented sesame meal, 3) Diet containing 50% raw sesame meal with probiotics.

^{a, b} Means within the same column with differing superscripts are significantly different at $P < 0.05$.

تأثیر کنجاله کنجد تخمیری بر کیفیت گوشت

نتایج این پژوهش (جدول ۶) نشان داد که تیمارهای آزمایشی تأثیری بر میزان مالون‌دی‌آلدئید، ظرفیت نگهداری آب و مقدار pH گوشت ران در یک روز پس از کشتار نداشتند، اما پس از ۳۰

روز نگهداری، مقدار مالون‌دی‌آلدئید در تیمار حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک به طور معنی کاهش یافت ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۶. اثر تیمارهای آزمایشی بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی

Table 6. Effects of treatments on meat quality of broiler chicks

صفات Traits	تیمارهای آزمایشی Treatments				میانگین خطای استاندارد SEM	سطح معنی- داری P-value
	شاهد	کنجد خام ^۱	کنجد تخمیری ^۲	کنجد خام با پروبیوتیک ^۳		
روز ۱ Day 1						
مالون دی آلدئید (میلی گرم بر کیلوگرم گوشت) MDA (mg/kg Meat)	0.65	0.54	0.46	0.40	0.09	0.717
ظرفیت نگهداری آب WHC (%)	57.42	57.45	59.53	61.45	2.18	0.174
pH مقدار pH value	6.29	6.28	6.20	6.18	0.12	0.58
روز ۳۰ Day 30						
مالون دی آلدئید (میلی گرم بر کیلوگرم گوشت) MDA (mg/kg Meat)	2.38 ^a	2.35 ^a	2.24 ^{ab}	2.20 ^b	0.48	0.013
ظرفیت نگهداری آب WHC (%)	58.24	59.23	60.12	61.36	2.59	0.168
pH مقدار pH value	6.13 ^a	6.37 ^a	6.10 ^b	6.06 ^b	0.16	0.402

۱) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام، ۲) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری، ۳) جیره حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک.

^{a,b} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند ($P < 0.05$).

1) Diet containing 50% raw sesame meal, 2) Diet containing 50% fermented sesame meal, 3) Diet containing 50% raw sesame meal with probiotics.

^{a,b} Means within the same column with differing superscripts are significantly different at $P < 0.05$.

نتایج، Mazaheri و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که سویه‌های پروبیوتیکی قادرند پراکسیداسیون لیپیدها را مهار کرده و میزان مالون‌دی‌آلدئید و pH گوشت را کاهش دهند. همچنین Pieniz و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که مصرف پروبیوتیک‌ها از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش اکسیداسیون چربی‌ها، کیفیت نگهداری گوشت را ارتقا می‌دهد. کاهش مالون‌دی‌آلدئید در مطالعه حاضر همچنین می‌تواند با کاهش رسوب چربی در بافت‌های بدن و در نتیجه کاهش بسترهای مستعد اکسیداسیون مرتبط باشد؛ به‌طوری که محدود شدن ذخایر لیپیدی مستعد اکسیداسیون، احتمال تشکیل محصولات اکسیداتیو

همچنین، pH گوشت در تیمارهای حاوی ۵۰ درصد کنجاله کنجد تخمیری و ۵۰ درصد کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای شاهد و کنجاله کنجد خام بود ($P < 0.05$). این یافته‌ها نشان می‌دهد که اثر خوراکی‌های تخمیری و پروبیوتیک‌ها بیشتر در مرحله نگهداری (۳۰ روز) و از طریق بهبود پایداری اکسیداتیو پس از کشتار بروز می‌کند تا در زمان اولیه پس از کشتار. کاهش همزمان مالون‌دی‌آلدئید و pH در طول دوره نگهداری می‌تواند ناشی از بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی و تغییر ترکیب اسیدهای چرب بافت عضلانی در نتیجه مصرف خوراک تخمیری و پروبیوتیک‌ها باشد. در تأیید این

تخمیری یا کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک، قابلیت جایگزینی تا سطح ۵۰ درصد با کنجاله سویا در جیره جوجه‌های گوشتی را داشته و می‌توانند به عنوان منابع پروتئینی مناسب مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشکده علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، به دلیل همکاری صمیمانه در اجرای این پژوهش اعلام می‌داریم.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچگونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: راهنمایی و مشاوره در برنامه‌ریزی و طراحی طرح پژوهش، نظارت بر اجرای آزمایش، کنترل و تایید نتایج، بازبینی و ویرایش متن مقاله.
نویسنده دوم: اجرای آزمایش، اجرای تحلیل‌های آماری و نگارش اولیه مقاله.
نویسنده سوم: انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری و آماری، تنظیم و تهیه جداول، نگارش مقاله، بازبینی و ویرایش نهایی مقاله.

References

- Adebiyi, O. A., Famakinwa, A., Adeniji, O. A., & Omojola, A. B. (2015). Effect of dietary replacement of soyabean meal with toasted sesame seed on performance, tibia bone mineralisation and gut morphology of broilers chicken. *American Journal of Experimental Agriculture*, 5(2), 156. <https://doi:10.9734/AJEA/2015/12922>
- 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://10.1016/j.vetmic.2017.01.007>
- Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shargh, M. S., Mahoonak, A. S., & Zerehdaran, S. (2018).

را کاهش می‌دهد. در همین راستا، Homma و Shinohara (2004)) نیز کاهش انباشت چربی بدن در پرندگان دریافت‌کننده پروبیوتیک را گزارش کردند. از سوی دیگر، کاهش pH گوشت در تیمارهای حاوی خوراک تخمیری و پروبیوتیک را می‌توان علاوه بر تغییرات متابولیکی پیش از کشتار، به بهبود وضعیت ذخایر گلیکوژن عضلانی و افزایش کارایی تبدیل آن به اسید لاکتیک پس از کشتار نسبت داد. تجمع اسید لاکتیک در بافت عضله پس از کشتار یکی از عوامل اصلی کاهش pH گوشت محسوب می‌شود (Wang و همکاران، ۲۰۱۳). با وجود اینکه تیمارهای حاوی کنجاله کنجد تخمیری و کنجاله کنجد خام همراه با پروبیوتیک موجب بهبود برخی شاخص‌های گوشت در دوره نگهداری شدند، اما ظرفیت نگهداری آب (گوشت) در هیچ یک از زمان‌ها ارزیابی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. از آنجا که ظرفیت نگهداری آب به ساختار پروتئین‌های میوفیبریلی، میزان دناتوراسیون پروتئین‌ها و تغییرات pH پس از کشتار وابسته است (Petracci و همکاران، ۲۰۱۷)، احتمالاً کاهش مالون آلدئید و pH در برخی تیمارها نتوانسته است موجب ایجاد تفاوت معنی دار در این شاخص شود. این نتایج با گزارش Nemati و همکاران (۲۰۲۰) همسو است که نشان دادند مکمل‌یاری ویتامین E با کاهش TBARS و pH در طول نگهداری، پایداری اکسیداتیو و ماندگاری گوشت غاز را بهبود می‌بخشد، اگرچه در این مطالعه ظرفیت نگهداری آب در گوشت مورد ارزیابی قرار نگرفت. با این نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های Ashayerizadeh و همکاران (۲۰۱۸) که افزایش معنی‌دار ظرفیت نگهداری آب (گوشت) را در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با ۵۰ و ۱۰۰ درصد کنجاله کلزای تخمیری جایگزین با سویا گزارش کردند، متفاوت بود. این اختلاف احتمالاً به تفاوت در نوع ماده اولیه مورد تخمیر، ترکیب شیمیایی و ترکیبات ضدتغذیه‌ای، شرایط تخمیر و تفاوت در ترکیب اسیدهای چرب و ویژگی عضله مربوط است. بنابراین، به نظر می‌رسد مصرف خوراک‌های تخمیری و پروبیوتیک‌ها از طریق بهبود وضعیت فیزیولوژیکی پرنده، افزایش ظرفیت متابولیکی عضله و تعدیل مسیرهای گلیکولیتیک پس از کشتار، در کاهش pH و در نهایت بهبود پایداری نگهداری گوشت نقش داشته باشد.

۴. نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که تخمیر میکروبی و استفاده همزمان از پروبیوتیک، راهکارهای مؤثری برای افزایش ارزش تغذیه‌ای کنجاله کنجد و کاهش اثرات منفی ناشی از جایگزینی آن با کنجاله سویا هستند. بر این اساس هر دو راهکار، یعنی کنجاله کنجد

- Hajimohammadi, A., Mottaghtalab, M., & Hashemi, M. (2020). Influence of microbial fermentation processing of sesame meal and enzyme supplementation on broiler performances. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 712-722. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1790045>
- Homma, H., & Shinohara, T. (2004). Effects of probiotic *Bacillus cereus* toyoi on abdominal fat accumulation in the Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Animal Science Journal*, 75(1), 37-41. <https://doi.org/10.1111/j.17400929.2004.00152.x>
- Hong, K. J., Lee, C. H., & Kim, S. W. (2004). *Aspergillus oryzae* GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and feed soybean meals. *Journal of medicinal food*, 7(4), 430-435. <https://doi.org/10.1089/jmf.2004.7.43>
- Isolauri, E., Salminen, S., & Ouwehand, A. C. (2004). Probiotics. *Best practice & research Clinical gastroenterology*, 18(2), 299-313. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2003.10.006>
- Jazi, V., Boldaji, F., Dastar, B., Hashemi, S. R., & Ashayerizadeh, A. (2017). Effects of fermented cottonseed meal on the growth performance, gastrointestinal microflora population and small intestinal morphology in broiler chickens. *British Poultry Science*, 58(4), 402-408. <https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1315051>
- Kalavathy, R., Abdullah, N., Jalaludin, S., & Ho, Y. W. (2003). Effects of *Lactobacillus* cultures on growth performance, abdominal fat deposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens. *British poultry science*, 44(1), 139-144. <https://doi.org/10.1080/0007166031000085445>
- Lee, S. C., Jeong, S. M., Kim, S. Y., Nam, K. C., & Ahn, D. U. (2005). Effect of far-infrared irradiation on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts. *Journal of Agricultural and Food*
- Effects of feeding fermented rapeseed meal on growth performance, gastrointestinal microflora population, blood metabolites, meat quality, and lipid metabolism in broiler chickens. *Livestock Science*, 216, 183-190. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.08.012>
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Bernardini, M., & Cyril, H. W. (1998). Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability of raw and cooked rabbit meat. *Meat Science*, 50(2), 153-161. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(98\)00026-6](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(98)00026-6)
- Chamberlain, C. A., Hatch, M., & Garrett, T. J. (2019). Metabolomic profiling of oxalate-degrading probiotic *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus gasseri*. *PLos one*, 14(9), e0222393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222393>
- Chen, K. L., Kho, W. L., You, S. H., Yeh, R. H., Tang, S. W., & Hsieh, C. W. (2009). Effects of *Bacillus subtilis* var. natto and *Saccharomyces cerevisiae* mixed fermented feed on the enhanced growth performance of broilers. *Poultry science*, 88(2), 309-315. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00224>
- Correia, I., Nunes, A., Duarte, I. F., Barros, A., & Delgadillo, I. (2005). Sorghum fermentation followed by spectroscopic techniques. *Food Chemistry*, 90(4), 853-859. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.060>
- De Boland, A. R., Garner, G. B., & O'Dell, B. L. (1975). Identification and properties of phytate in cereal grains and oilseed products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23(6), 1186-1189. <https://doi.org/10.1021/jf60202a038>
- Ghazvinian, K., Pour, H. A., & Alanghi, A. R. (2016). Effect of sesame meal supplementation to the feed on performance, blood parameters and physiology characteristics in Japanese quail. *Entomology and Applied Science Letters*, 3(4-2016), 71-75.

- during retail display. *Meat Science*, 74(2), 409-415. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.020>
- Nemati, Z., Alirezalu, K., Besharati, M., Amirdahri, S., Franco, D., & Lorenzo, J. M. (2020). Improving the quality characteristics and shelf life of meat and growth performance in goose fed diets supplemented with vitamin E. *Foods*, 9(6), 798. <https://doi.org/10.3390/foods9060798>
- Niba, A. T., Beal, J. D., Kudi, A. C., & Brooks, P. H. (2009). Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*, 8(9).
- Paton, A. W., Morona, R., & Paton, J. C. (2006). Designer probiotics for prevention of enteric infections. *Nature Reviews Microbiology*, 4(3), 193-200.
- Petracci, M., Soglia, F., & Berri, C. (2017). Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In *Poultry quality evaluation* (pp. 51-75). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00003-9>
- Pieniz, S., Andreazza, R., Anghinoni, T., Camargo, F., & Brandelli, A. (2014). Probiotic potential, antimicrobial and antioxidant activities of *Enterococcus durans* strain LAB18s. *Food control*, 37, 251-256. <https://doi.org/10.1016/j.foodcontrol.2013.09.055>
- Popova, T. (2017). Effect of probiotics in poultry for improving meat quality. *Current Opinion in Food Science*, 14, 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.01.008>
- Rama Rao, S. V., M. V. L. N. Raju, A. K. Panda, N. S. Poonam, G. Shyam Sunder, and R. P. Sharma. "Utilisation of sesame (*Sesamum indicum*) seed meal in broiler chicken diets." *British Poultry Science* 49, no. 1 (2008): 81-85. <https://doi.org/10.1080/00071660701827888>
- Chemistry*, 53(5), 1495-1498. <https://doi.org/10.1021/jf048620x>
- Mamputu, M., & Buhr, R. J. (1995). Effect of substituting sesame meal for soybean meal on layer and broiler performance. *Poultry science*, 74(4), 672-684. <https://doi.org/10.3382/ps.0740672>
- Mazaheri, A., Shargh, M. S., Dastar, B., & Zerehdaran, S. (2014). Effect of different levels of mushroom waste (*Agaricus bisporus*) with or without probiotic on growth performance, carcass characteristics, and breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 2(2), 125-138. <https://doi.org/10.22069/psj.2014.1961>
- Morais, S., Shterzer, N., Rozman Grinberg, I., Mathiesen, G., Eijsink, V., Axelsson, L., Lamed, R., Edward, A., Bayera and Mizrahib, I. (2013). Establishment of a Simple *Lactobacillus plantarum* Cell Consortium for Cellulase-Xylanase Synergistic Interactions. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(17), 5242-5249. <https://doi.org/10.1128/AEM.01211-13>
- Mukhopadhyay, N. (2001). Effect of fermentation on apparent total and nutrient digestibility of sesame (*Seasamum indicum*) seed meal in Rohu, Labeo Rohita (Hamilton) fingerlings. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 31, 19-28.
- Mulugeta Fitwi, M. F., & Gebrehiwot Tadesse, G. T. (2013). Effect of sesame cake supplementation on feed intake, body weight gain, feed conversion efficiency and carcass parameters in the ration of sheep fed on wheat bran and teff (*Eragrostis teff*) straw. <https://journal.mu.edu.et/index.php/mejs/article/view/132>
- Naveena, B. M., Muthukumar, M., Sen, A. R., Babji, Y., & Murthy, T. R. K. (2006). Improvement of shelf-life of buffalo meat using lactic acid, clove oil and vitamin C

- in broiler breeders after peak production. *British Poultry Science*, 64(2), 259-267. <https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2144712>
- Taherpour, K. (2009). Effects of dietary probiotic, prebiotic and butyric acid glycerides on performance and serum composition in broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*. <https://doi.org/10.5897/AJB09.178>
- Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., & Dugan Jr, L. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 37(1), 44-48.
- Toghyani, M., Mohammadsalehi, A., Gheisari, A., & Tabeidian, S. A. (2009). The effect of low-glucosinolate rapeseed meal in diets with multi-enzyme supplement on performance and protein digestibility in broiler chicks. *Journal Animal. Feed Science*, 18(2), 313-321. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.053>
- Yamauchi, K., Samanya, M., Seki, K., Ijiri, N., & Thongwittaya, N. (2006). Influence of dietary sesame meal level on histological alterations of the intestinal mucosa and growth performance of chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(2), 266-273. <https://doi.org/10.1093/japr/15.2.266>
- Roy, T., Banerjee, G., Dan, S. K., Ghosh, P., & Ray, A. K. (2014). Improvement of nutritive value of sesame oilseed meal in formulated diets for rohu, Labeo rohita (Hamilton), fingerlings after fermentation with two phytase-producing bacterial strains isolated from fish gut. *Aquaculture International*, 22(2), 633-652.
- Rutkowski, A., Kaczmarek, S. A., Hejdysz, M., Nowaczewski, S., & Jamroz, D. (2015). Concentrates made from legume seeds (*Lupinus angustifolius*, *Lupinus luteus* and *Pisum sativum*) and rapeseed meal as protein sources in laying hen diets. *Annals of Animal Science*, 15(1), 129-142. <https://doi.org/10.2478/aoas-2014-0061>
- SAS. (2003). *SAS User's Guide*. Version 9.1. Cary, NC, SAS Institute Incorporation (North Carolina, US).
- Shanti, H., Abo Omar, J., Al-Shakhrit, K., & Ghany, A. A. (2012). Performance and some blood constituents of broilers fed sesame meal supplemented with microbial phytase. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1, 1-8.
- Simon, O., Jadamus, A., & Vahjen, W. (2001). Probiotic feed additives-effectiveness and expected modes of action. *Journal of Animal and feed Sciences*, 10(Suppl. 1), 51-67. <https://doi.org/10.22358/jafs/70012/2001>
- Sina, G., Jafari, M., & Khojasteh, S. (2014). The use of sesame meal in diets of Japanese Quail.
- Skrede, G., Herstad, O., Sahlstrøm, S., Holck, A., Slinde, E., & 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)
- Taheri, M., Dastar, B., Ashayerizadeh, O., & Mirshekar, R. (2023). The effect of fermented rapeseed meal on production performance, egg quality and hatchability