



Comparison of the effects of postbiotic, probiotic and multithiomycin in low protein diet on performance, carcass characteristics and intestinal microbial population in broiler chicks

Esmaeel Kazemi ¹ , Mansour Rezaei ^{2✉}  and Mohammad Kazemi-Fard ³ 

1. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: es.kazemi@stu.sanru.ac.ir
2. Corresponding author, Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: m.rezaei@sanru.ac.ir
3. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: m.kazemifard@sanru.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	The present study was conducted using 200 male broiler chickens of Ross 308 strain in a completely randomized design with five treatments, four replications and 10 birds per replication for 42 days. The experimental treatments included: 1- Recommended crude protein diet without additives, 2- Low protein diet (95% of recommended requirements) without additives, 3- Low protein diet + postbiotic, 4- Low protein diet + 0.02% probiotic, 5- Low protein diet + 0.03% multithiomycin. Feed intake, weight gain, and feed conversion ratio of the chicks were calculated periodically and throughout the breeding period. The results showed that reducing the dietary protein level with and without adding of postbiotic and probiotic to the diet had not significant difference in feed intake, weight gain, and feed conversion ratio in the starter, growth, finisher, and whole periods compared to the control group. Treatment containing 0.03% multithiomycin significantly reduced feed consumption in the starter and whole periods ($P<0.05$). The percentage of carcass in the treatment containing 0.03% multithiomycin was significantly lower than the other groups ($P<0.05$). No significant difference was observed between the experimental treatments in terms of feed conversion ratio in the whole period. The percentage of thymus in the treatment containing postbiotic (treatment 3) was higher than the treatments 1, 2 and 4. The percentage of spleen in treatment 2 was significantly higher than the treatments 1, 3, and 5 ($P<0.05$). No significant difference was observed between the experimental treatments in terms of microbial population. The results of this experiment showed that low protein diet with and without the adding of postbiotics and probiotics had not have negative effect on performance traits, carcass characteristics, and intestinal microbial population of broiler chickens.
Article history: Received: 7 September 2025 Received in revised form: 25 October 2025 Accepted: 11 November 2025 Published online: Summer 2026	
Keywords: <i>broilers, Carcass Characteristics, Microbial Population, Performance, Postbiotic.</i>	
Cite this article: Kazemi, E., Rezaei, M. & Kazemi-Fard, M. (2026). Comparison of the effects of postbiotic, probiotic and multithiomycin in low protein diet on performance, carcass characteristics and intestinal microbial population in broiler chicks. <i>Iranian Journal of Animal Science</i> , 57 (2), 351-367. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.401535.654095	
	
© The Author(s). DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2025.401535.654095	Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Global population growth, particularly in the present century, underscores an escalating demand for high-quality protein, notably of animal origin. The Food and Agriculture Organization (FAO) has reported rising poultry meat consumption in developing countries, a trend that has increased both demand for and the cost of feed ingredients. In 2006, the European Union prohibited the use of growth-promoting antibiotics in livestock and poultry diets to mitigate the emergence of antimicrobial resistance in humans. However, the removal of antibiotics can adversely affect poultry health and elevate production costs. Protein sources constitute a substantial fraction of poultry rations and represent a major contributor to the cost per kilogram of feed. Optimizing performance by minimizing protein wastage can therefore reduce production expenses. Conversely, excess dietary protein may increase water intake and litter moisture, thereby predisposing flocks to problems such as breast blisters, footpad dermatitis, dysbiosis, and coccidiosis. The use of feed additives in poultry nutrition has been proposed to enhance feed utilization and sustain gut health. In recent years, postbiotics and paraprobiotics—derivatives of probiotic cultures—have been applied in humans, livestock, and poultry to support the intestinal microbiome and inhibit the adhesion of pathogenic organisms, particularly during early life stages.

Materials and Methods

A total of 200 one-day-old male broiler chicks (Ross 308) were used in a 42-day trial arranged as a completely randomized design with five dietary treatments, four replicates per treatment, and 10 birds per replicate. The treatments were: (1) balanced crude protein diet; (2) low-protein diet (95% of requirements) without additives; (3) low-protein diet (95% of requirements) plus postbiotic; (4) low-protein diet plus 0.02% probiotic; and (5) low-protein diet plus 0.03% multithiomycin. Postbiotic was included at 0.15% in the starter diet, 0.10% in the grower diet, and 0.05% in the finisher diet. The probiotic (Lactofeed) was provided at 0.02% throughout the entire period, and multithiomycin at 0.03% of the diet.

Results

In the starter period, chickens fed with the treatment containing 0.03% multithiomycin had lower feed consumption than other treatments. Chickens fed a balanced protein diet had the highest conversion ratio and chickens fed a low protein diet + 0.03% multithiomycin had the lowest conversion ratio during the growth period. In the final period, each of the performance traits, average weight gain, feed intake, and feed conversion ratio, was not affected by the experimental treatments. Throughout the total period, chickens fed the low protein diet + 0.03% multithiomycin had significantly lower average weight gain and feed consumption than the other groups. The treatment fed with low protein diet + 0.03% multithiomycin had a lower carcass weight percentage than the other groups, and the treatment fed with low protein diet + 0.02% probiotic had a higher carcass weight percentage than the other groups. Chickens fed a low protein diet + postbiotic had the highest thymus percentage, and the control treatment (with balanced crude protein) had the lowest percentage of thymus weight compared to other groups. The second treatment (low protein diet without additives) had the highest percentage of spleen weight and the fifth treatment (low protein diet + multithiomycin) had the lowest percentage of spleen weight. No significant differences were observed between the experimental treatments in terms of total population traits of aerobic bacteria, *Lactobacillus*, and *Escherichia coli*.

Conclusions

The results of the present experiment showed that, use of low protein diet without and with adding postbiotic and probiotics had not significant effect on performance of broiler chicks compared to the control group and due to reducing of soybean meal in such diet, it reduces the cost of broiler chicks diet.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Knowledge-Based Company of Bahan Kimia Enzyme and all those who helped us in conducting this research.

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the Sari Agricultural Sciences and Natural resources University (Ethical code: IR.UT.RES.2024.500). The authors avoided data fabrication falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

مقایسه تأثیر پست-بیوتیک، پروبیوتیک و مولتیومایسین در جیره کم پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی روده جوجه های گوشتی

اسماعیل کاظمی^۱ | منصور رضایی^۲ | محمد کاظمی فرد^۳

۱. گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: es.kazemi@stu.sanru.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: m.rezaei@sanru.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: m.kazemifard@sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	مطالعه حاضر با استفاده از ۲۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، چهار تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار به مدت ۴۲ روز انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره با پروتئین خام توصیه شده و بدون افزودنی ۲- جیره کم پروتئین (۹۵ درصد احتیاجات توصیه شده) بدون افزودنی ۳- جیره کم پروتئین + پست-بیوتیک ۴- جیره کم پروتئین + ۰/۰۲ درصد پروبیوتیک ۵- جیره کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین بودند. نتایج نشان داد، کاهش سطح پروتئین جیره با و بدون افزودن پست-بیوتیک و پروبیوتیک به جیره تفاوت معنی داری بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در دوره های آغازین، رشد، پایدانی و کل دوره پرورش نسبت به گروه شاهد نداشت. تیمار حاوی ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین به طور معنی داری سبب کاهش مصرف خوراک در دوره های آغازین و کل دوره پرورش شد ($P < 0.05$). در کل دوره از نظر ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. درصد لاشه، در تیمار حاوی مولتیومایسین (تیمار ۵) به طور معنی داری از سایر تیمارها کمتر بود ($P < 0.05$). درصد تیموس در تیمار حاوی پست-بیوتیک (تیمار ۳) نسبت به تیمار ۱، ۲ و ۴ بیشتر بود. درصد طحال در تیمار ۲ به طور معنی داری نسبت به تیمار ۱، ۳ و ۵ بیشتر بود ($P < 0.05$). از نظر جمعیت میکروبی تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. نتایج این آزمایش نشان داد، جیره کم پروتئین با و بدون افزودن پست-بیوتیک و پروبیوتیک تأثیر منفی بر صفات عملکردی، خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی روده جوجه های گوشتی نداشت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰ تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۵	
کلیدواژه ها: پست-بیوتیک، جمعیت میکروبی، جوجه گوشتی، خصوصیات لاشه، عملکرد.	

استناد: کاظمی، اسماعیل؛ رضایی، منصور و کاظمی فرد، محمد (۱۴۰۵). مقایسه تأثیر پست-بیوتیک، پروبیوتیک و مولتیومایسین در جیره کم پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی روده جوجه های گوشتی. نشریه علوم دامی ایران، ۵۲ (۲)، ۳۶۷-۳۵۱. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.401535.654095>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.401535.654095>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

یکی از فرآورده‌های غذایی با ارزش برای انسان از نظر مواد مغذی به‌ویژه پروتئین، گوشت طیور است که دارای ویژگی‌هایی مانند قیمت ارزان‌تر در مقایسه با گوشت دام و قابل مصرف بودن برای تمامی ادیان و مذاهب می‌باشد (Khan et al., 2007). افزایش جمعیت انسان، به‌ویژه در قرن حاضر، نیاز روز افزون به منابع پروتئینی به‌خصوص پروتئین حیوانی را روشن می‌کند. سازمان غذا و کشاورزی اعلام کرد که مصرف گوشت طیور در کشورهای در حال توسعه افزایش یافته که این امر باعث افزایش تقاضا و قیمت مواد اولیه خوراک شده است (FAO, 2020). بر اساس گزارش این سازمان جهت تأمین نیاز بشر به گوشت مرغ تا سال ۲۰۵۰ لازم است میزان تولید آن بیش از دو برابر میزان کنونی افزایش یابد (FAO, 2003).

عدم استفاده از داروهای محرک رشد باعث شده است که دسترسی به این هدف مشکل گردد. ایجاد مقاومت در برابر باکتری-های بیماری‌زا و همچنین باقی ماندن بقایای آنتی‌بیوتیک‌ها در فرآورده‌های دامی مانند تخم‌مرغ و گوشت که با سلامت عمومی جامعه در ارتباط است موجب شده امروزه استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به عنوان محرک رشد و پیشگیری‌کننده از بیماری‌های عفونی در صنعت دام و طیور در بسیاری از کشورهای دنیا با محدودیت مصرف رو به رو باشد (Cheng et al., 2014). در سال ۲۰۰۶، اتحادیه اروپا مصرف آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد را در خوراک‌های دام و طیور ممنوع کرد تا پتانسیل مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها را در انسان کاهش دهد (Hong et al., 2012). از طرفی حذف آنتی‌بیوتیک‌ها می‌تواند بر سلامت طیور اثرات نامطلوب داشته و هزینه تولید را افزایش دهد (Salehizadeh et al., 2019). از جمله مهمترین عوامل شناخته شده که می‌تواند از پتانسیل رشد جوجه‌ها جلوگیری کند، اجرام عفونت‌زا است. عوارض ناشی از باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها و ترکیبات سمی لزوماً به صورت بیماری بروز نکرده و ممکن است روی سیستم ایمنی تأثیر گذاشته و موجب اختلال در رشد حیوان شود (Ueda et al., 2002). بنابراین با توجه به معایب و محدودیت استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و چالش‌هایی که برای متخصصین تغذیه به وجود آمد؛ محصولات جدید بجای مصرف آنتی‌بیوتیک مورد بررسی و پیشنهاد قرار گرفت (Perry, 2006). بیشترین هزینه تولید در صنعت طیور مربوط به هزینه تغذیه می‌باشد و بیشترین هزینه جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی مربوط به تأمین پروتئین و انرژی است. منابع پروتئین گیاهی شامل کنجاله سویا، کنجاله پنبه دانه، کنجاله کلزا و سایر محصولات پس از استخراج روغن از دانه‌های روغنی است (Jha, Yadav & 2021). منابع پروتئینی بخش قابل توجهی از جیره‌های خوراکی طیور را تشکیل می‌دهند که از نظر هزینه تولید سهم بسزایی در قیمت تمام شده هر کیلوگرم خوراک دارند (Awaad et al., 2010). به دلیل بالا بودن قیمت کنجاله سویا بسیاری از پرورش‌دهندگان طیور به دنبال منابع جایگزین پروتئینی هستند که ممکن است با هزینه کمتری در دسترس باشند (Tufarelli, Laudadio & 2010). دستیابی به عملکرد مطلوب از طریق جلوگیری از اتلاف پروتئین می‌تواند به کاهش هزینه‌های پرورش منجر شود (Dairo et al., 2010). همچنین پروتئین مازاد می‌تواند منجر به افزایش مصرف آب، رطوبت بستر و ایجاد عوارضی مانند تاول سینه، زخم کف پا، عدم تعادل جمعیت میکروبی و کوکسیدیوز شود. استفاده از افزودنی‌های خوراکی در تغذیه طیور به عنوان یک راه حل در به کارگیری هرچه بهتر خوراک توسط طیور محسوب می‌شود. آنتی‌بیوتیک‌ها، پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها، پست‌بیوتیک‌ها، اسیدهای آلی، آنزیم‌ها و ترکیبات گیاهی از جمله افزودنی‌هایی هستند که در تغذیه طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد ارزش غذایی نداشته (در مقدار کم مصرف می‌شوند) و هدف از افزودن آن‌ها به جیره غذایی، بهبود سلامت دستگاه گوارش طیور، بهبود قابلیت هضم مواد مغذی، افزایش کیفیت محصولات حیوانی و یا حفظ کیفیت مواد خوراکی طی انبارداری و در نهایت بهبود عملکرد حیوان می‌باشد. در سال‌های اخیر پست بیوتیک‌ها و پاراپروبیوتیک‌ها به عنوان مشتقاتی از کشت‌های پروبیوتیک، در انسان‌ها، حیوانات و طیور جهت حفظ میکروبیوم روده و جلوگیری از پیوستن ارگانیسم‌های بیماری‌زا به ویژه در مراحل اولیه زندگی استفاده شده است (Abd El-Hac et al., 2022). تا کنون اطلاعات محدودی در مورد استفاده از پست‌بیوتیک‌ها در جیره غذایی کم‌پروتئین جوجه‌های گوشتی و تأثیر آن بر جوانب عملکردی و اقتصادی این پرنده در مقایسه با برخی از افزودنی‌های به کار برده شده در تغذیه طیور وجود دارد. در همین راستا باتوجه به اثرات مفید گزارش شده در خصوص پست‌بیوتیک‌ها، محصول پست‌بیوتیکی شرکت کیمیاژیم که بر پایه مخمر ساکارومایسس سرویزیه (NutriYeast) می‌باشد، برای^۱

این تحقیق انتخاب شد. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سه افزودنی متفاوت در جیره کم پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی روده جوجه‌های گوشتی اجرا شد.

پیشینه پژوهش

پیشینه نظری

به محصولات جانبی فرایند تخمیر و یا مواد باقیمانده از تغذیه مولکول‌های فیبری توسط پروبیوتیک‌ها پست‌بیوتیک گفته می‌شود و کلماتی چون سوپرناتانت، بیوژنیک، ایبوتیک، متابوتیک، پارابیوتیک و گوست‌بیوتیک مترادف با آن در نظر گرفته می‌شود (Chuah *et al.*, 2019). قابل تأمل است که در منابع علمی واژه پست‌بیوتیک در بین اصطلاحات مذکور رایج‌تر است. اصطلاح جدید "پست‌بیوتیک" که اخیراً در صنعت طیور نیز مطرح شده است به عوامل محلول (باکتری‌های غیرفعال شده، محصولات سلولی یا محصولات جانبی متابولیک) اشاره دارد که توسط باکتری‌های زنده ترشح می‌شوند یا پس از تجزیه باکتری آزاد می‌شوند (Jahson *et al.*, 2019). امروزه این ترکیبات با روش‌های آزمایشگاهی نیز تولید می‌شوند. این روش‌ها شامل عملیات حرارتی، فشار زیاد، غیرفعال‌سازی توسط فرمالین، اشعه ماورا بنفش، تشعشع یونیزان و فراصوت است. پست‌بیوتیک‌ها شامل سه جزء اصلی از سلول‌های میکروبی غیرفعال (دیواره سلولی)، بخش‌های عملکردی سلول (اسید تیکوئیک) و متابولیت‌های سلولی (آنزیم‌ها، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، باکتریوسین‌ها و اسیدهای آلی) هستند که اگر در مقدار کافی دریافت شوند، اثرات سلامت‌بخش از خود برجای می‌گذارند. در طی فرایند تخمیر، سلول‌های پروبیوتیک از ترکیبات پری‌بیوتیک استفاده می‌کنند و غالباً طیف وسیعی از پست‌بیوتیک‌ها را تولید می‌کنند (Homayouni *et al.*, 2021). پست‌بیوتیک‌ها را می‌توان با توجه به ساختار شیمیایی (پروتئینی، لیپیدی، کربوهیدراتی، ویتامینی، اسیدهای آلی و مولکول‌های پیچیده‌تر) و فعالیت‌های زیستی بالقوه (ضدالتهابی، تعدیل سیستم ایمنی، پیشگیری از چاقی، تعدیل فشار خون، کاهش کلسترول سرم، مهار تکثیر سلولی، آنتی‌اکسیدانی، و ضدسرطانی) طبقه‌بندی کرد (Dunand *et al.*, 2019). پست‌بیوتیک ممکن است به کاهش عوامل بیماری‌زا موجود در خوراک طی پرورش طیور کمک کند. محققان دلایل برتری پست‌بیوتیک نسبت به پروبیوتیک را به عواملی چون: عدم تأثیرپذیری از اسیدینه و دمای محیط، شرایط دمایی مناسب جهت کنترل و نگهداری، ایجاد مقاومت آنتی‌بیوتیکی در برخی از پروبیوتیک‌ها بر پایه لاکتوباسیلوس و احتمال تأثیر منفی بر میزبان توسط پروبیوتیک‌ها به دلیل افزایش التهاب، نسبت داده‌اند (Abd El-Ghany *et al.*, 2022). با توجه به ویژگی‌های مطلوب پست‌بیوتیک‌ها از جمله غیرسمی بودن این ترکیبات، ماندگاری بالا، سهولت انبارداری و حمل و نقل، می‌تواند در قالب انواع مختلفی از سیستم‌های تحویل از جمله غذاهای فرآوری شده (طیف متنوعی از غذاهای تخمیری و غیرتخمیری) جهت افزایش مدت زمان نگهداری مواد غذایی و ارزش تغذیه‌ای آن مورد استفاده قرار گرفته و دارای اثراتی مثل تنظیم سیستم ایمنی، ضدالتهاب و ضد میکروبی و همچنین دارای اثرات سیستماتیک شامل آنتی‌اکسیدانی، کاهش‌دهنده کلسترول سرم، کاهش فشارخون، ضدچاقی و ضدتکثیر سلولی می‌باشند (Kazem Alilu *et al.*, 2021). این خصوصیات نشان می‌دهد که پست‌بیوتیک‌ها می‌توانند در بهبود سلامتی میزبان نقش داشته باشند. همچنین تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که پست‌بیوتیک‌ها از جذب، متابولیسم و دفع مطلوبی برخوردار هستند که نشان‌دهنده ظرفیت بالای آن‌ها برای رساندن پیام برای اندام‌ها و بافت‌های مختلف در میزبان می‌باشد و در نتیجه از این طریق می‌توان چندین پاسخ بیولوژیکی را ایجاد کرد (Hernandez, 2018). همچنین باید اشاره شود پست‌بیوتیک‌ها دارای خواص فارماکوتیک مناسب مانند ساختار شیمیایی مشخص، نمایه ایمن و ماندگاری طولانی هستند (Yordshahi *et al.*, 2020).

پیشینه تجربی

در پژوهشی اثرات ضد التهابی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی لیزوزیم میکروبی آبی به عنوان یک پست‌بیوتیک پس از مصرف به صورت محلول در آب آشامیدنی و اسپری بر روی سر جوجه‌های گوشتی بررسی شد. این مطالعه نشان داد که لیزوزیم میکروبی می‌تواند موجب بهبود راندمان خوراک، سلامت روده، افزایش تعداد لاکتوباسیلوس، پاسخ‌های ضد التهابی و ایمنی در جوجه‌های گوشتی شود (Bastami *et al.*, 2024).

در مطالعه‌ای اثربخشی پست بیوتیک، پروبیوتیک و آنتی بیوتیک علیه انتریت نکروتیک در جوجه‌های گوشتی با استفاده از ۸ گروه تیماری به مدت پنج هفته مقایسه شد. نتایج نشان داد که تیمار پست بیوتیک (مخلوط در دان + محلول در آب) منجر به بهبود ضریب تبدیل غذایی و افزایش شاخص عملکرد اروپایی شد. با این حال تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها، آسیب‌های کبدی و روده‌ای کمتری داشت (Abd El-Ghany *et al.*, 2022).

در تحقیقی دیگر با استفاده از ۶ گروه تیماری تأثیر سطوح مختلف ترکیب پست بیوتیک و فیتوبیوتیک (اسانس آویشن) به عنوان افزودنی‌های خوراک بر لاشه، پروفیل لیپیدی، کیفیت گوشت و استخوان درشتنی در جوجه‌های گوشتی بررسی شد. نتایج نشان داد که تیمار خوراکی ترکیبی (۰/۲ درصد پست بیوتیک + ۰/۲ درصد فیتوبیوتیک) به طور قابل توجهی کیفیت گوشت و سلامت استخوان درشتنی را بهبود بخشید. همچنین این تیمارها موجب کاهش معنی‌دار کلسترول تام و تری‌گلیسرید و افزایش معنی داری HDL شد (Doski & Kareem, 2023).

در مطالعه‌ای اثرات استفاده از پست بیوتیک و پروبیوتیک بر پایه لاکتوباسیلوس در جیره غذایی بر صفات عملکردی، استخوانی، فراسنجه‌های خونی و معدنی جوجه‌های گوشتی به مدت ۴۲ روز ارزیابی شد. نتایج نشان داد که علاوه بر تأثیرات مثبت پست بیوتیک و پروبیوتیک، اثرات آن‌ها بر عملکرد رشد و فیزیولوژی جوجه‌های گوشتی ممکن است به ترکیب جیره غذایی و احتمالاً سایر عوامل مؤثر بر ویژگی‌های جیره وابسته باشد (Jansseune *et al.*, 2024).

محققان در مطالعه‌ای با استفاده از ۴ گروه تیماری (پست بیوتیک در دان، پست بیوتیک در آب، ترکیب پست بیوتیک در آب و دان و گروه شاهد) و با به چالش کشیدن پرندگان با باکتری /شریشیاکلاسی، تأثیر پست بیوتیک تولید شده از لاکتوباسیلوس‌های تثبیت شده غیرزنده را بر سلامت، عملکرد رشد، ایمنی و وضعیت دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی مبتلا به کلی باسیلوز به مدت پنج هفته بررسی کردند. نتایج نشان داد که تیمار حاوی پست بیوتیک مخلوط در دان + محلول در آب وزن بدن بالاتر و ضریب تبدیل غذایی پایین‌تری نسبت به سایر گروه‌ها داشت. همچنین این گروه عیار آنتی بادی بالاتری علیه واکسن نیوکاسل و انفلوانزا، بافت طبیعی کبد و روده و کاهش جمعیت باکتری کلی‌فرم را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (Abd El-Ghany *et al.*, 2022).

در مطالعه‌ای دیگر تأثیر پست بیوتیک مشتق شده از ساکارومایسس سرویزیه بر جمعیت باکتری سالمونلا/انتریدیس در مرغ‌های تخمگذار بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان این باکتری در بافت تخمدان و روده کور پرندگان به طور قابل توجهی کاهش یافت (Chaney *et al.*, 2023).

همچنین در مطالعه‌ای دیگر محققان دریافتند پست بیوتیک حاصل از لاکتوباسیلوس پلاتناروم می‌تواند جایگزینی مناسب برای آنتی بیوتیک‌های محرک رشد (AGP) باشد. این جایگزینی از طریق بهبود سلامت روده، کلونیزاسیون باکتری‌های مفید، تولید موکوس، کاهش نفوذپذیری اتصالات محکم و تقویت سیستم ایمنی صورت می‌گیرد (Chang *et al.*, 2022).

محققین در پژوهشی به بررسی اثرات جیره‌های غذایی کم پروتئین بر تولید مرغ گوشتی، با تمرکز بر تداوم تولید، بیان ژن، کیفیت گوشت و اثرات زیست محیطی پرداختند. نتایج نشان داد که جیره‌های کم پروتئین غنی شده با اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها و پروبیوتیک‌ها بر راندمان استفاده از پروتئین، کیفیت گوشت، کاهش آلودگی زیست محیطی و رفاه پرندگان تأثیر مثبت می‌گذارد. با این حال، رابطه بین جیره‌های کم پروتئین و ایمنی، ضایعات کف پا، میکروبیوتای روده، جنبه‌های اقتصادی و استفاده بهینه اسیدهای آمینه به طور کامل شناخته شده نیست (Salahi *et al.*, 2025).

در پژوهشی که روی جوجه‌های گوشتی و با استفاده از سطوح مختلف پروتئین و پروبیوتیک انجام شد، گزارش گردید که افزودن پروبیوتیک به جیره‌های کم پروتئین سبب بهبود عملکرد تولیدی، کاهش چربی حفره شکمی و افزایش توان ایمنی علیه ویروس نیوکاسل در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Dastar *et al.*, 2008).

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با استفاده از ۲۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یکروزه سویه تجاری راس ۳۰۸ و در واحدهای آزمایشی به ابعاد 100×100 سانتی‌متر و بر روی بستر انجام شد. پرندگان در قالب طرح کاملاً تصادفی به پنج تیمار، چهار تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار تقسیم و به مدت ۴۲ روز در یک مزرعه پرورش مرغ گوشتی در شهرستان قائمشهر پرورش داده شدند. دمای سالن در هفته اول آزمایش ۳۳ درجه سلسیوس تنظیم و با استفاده از دماسنج نصب شده در سطح جوجه‌ها کنترل می‌شد. پس از آن دما هر هفته به میزان دو درجه کاهش یافت تا به دمای ۲۴ درجه سلسیوس رسید. رطوبت سالن در محدوده ۵۵ تا ۶۵ درصد تنظیم شد. بر اساس توصیه راهنمای پرورشی جوجه گوشتی راس ۳۰۸ از یک برنامه نوری ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی استفاده شد. خوراک و آب در طول دوره آزمایش به صورت آزاد در اختیار جوجه‌های گوشتی قرار داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره با پروتئین خام توصیه شده ۲- جیره کم‌پروتئین (۹۵ درصد احتیاجات) بدون افزودنی خوراکی ۳- جیره کم‌پروتئین (۹۵ درصد احتیاجات) + پست‌بیوتیک ۴- جیره کم‌پروتئین + ۰/۰۲ درصد پروبیوتیک ۵- جیره کم‌پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتی‌مایسین بودند. جیره‌ها بر پایه ذرت و کنجاله‌ی سویا بر اساس احتیاجات سویه تجاری راس ۳۰۸ و با استفاده از نرم افزار UFFDA برای سه مقطع، آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) تنظیم شد. بر اساس توصیه شرکت تولید کننده پست‌بیوتیک (بهان کیمیا آنزیم) مقدار آن در جیره آغازین ۰/۱۵ درصد، جیره رشد ۰/۱ درصد و جیره پایانی ۰/۰۵ درصد بود. مقدار پروبیوتیک (لاکتوفید) در کل دوره به میزان ۰/۰۲ درصد و مولتی‌مایسین (محرک رشد، شرکت beleka) ۰/۰۳ درصد در دان مصرفی بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SAS (2004) استفاده شد. پس از آزمون همگنی واریانس‌ها، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی داری ۰/۰۵ انجام شد (SAS., 2004). مدل آماری استفاده شده در آزمایش به صورت زیر بود:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} : مقدار هر یک از مشاهدات، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر تیمارها و ε_{ij} : اثر خطای آزمایش

در پایان روزهای ۱۰، ۲۴ و ۴۲ روزگی پس از اعمال سه ساعت گرسنگی، به شیوه تجمعی وزن کشی جوجه‌ها انجام شد. مقدار مصرف خوراک هر واحد آزمایشی در پایان هر دوره هم‌زمان با وزن کشی جوجه‌ها، از تفاضل خوراک داده شده و خوراک باقیمانده در دانخوری‌ها بدست آمد. ضریب تبدیل غذایی از تقسیم خوراک مصرفی بر افزایش وزن در هر واحد آزمایشی برای هر دوره و کل دوره آزمایشی محاسبه شد. همچنین تلفات روزانه وزن کشی شده و در تصحیح ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید. همچنین یک پرنده از هر تکرار با وزن بدن نزدیک به میانگین واحد مربوطه توزین، کشتار و پس از پوست‌کشی، خصوصیات لاشه (وزن لاشه، وزن سینه، ران، بال و چربی محوطه شکمی) و اندام‌های درونی (کبد، سنگدان، قلب، پانکراس، تیموس، بورس فابریسیوس و طحال) اندازه‌گیری شد. درصد وزن سینه، ران، بال و چربی محوطه شکمی به صورت درصدی از وزن لاشه و درصد وزن هریک از اندام‌های درونی توزین شده به صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد. همچنین به منظور بررسی جمعیت میکروبی سکوم، در سن ۴۲ روزگی بعد از ذبح در شرایط استریل، یک گرم از محتویات سکوم استخراج و جمعیت باکتری‌ها نظیر *لاکتوباسیل*، *اشریشیاکلا* و کل باکتری‌های هوازی مورد شمارش قرار گرفتند. برای شمارش باکتری‌های منتخب از روش قطره‌ای و محیط کشت‌های مناسب استفاده شد. شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک در محیط کشت MRS آگار، شمارش *اشریشیاکلا* در محیط کشت Mac Conkey آگار و کل باکتری‌های هوازی در محیط کشت Nutrient آگار بعد از انکوبه کردن هوازی در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. برای شمارش باکتری‌ها، بعد از تهیه محیط کشت با میکروسمپلر، یک دهم میلی‌لیتر از رقت تهیه شده بر روی محیط کشت به طور سطحی پخش شد و پلیت‌های کشت داده شده بعد از ۲۴ ساعت شمارش شد (Marilena et al., 2005). در همه موارد پس از اتمام زمان انکوباسیون، کلنی‌ها بعد از شمارش، در

عکس رقت مورد استفاده ضرب شده و سپس لگاریتم آن‌ها گرفته شد تا لگاریتم تعداد کلنی در واحد وزن (لگاریتم واحدهای پرگنه شکل گرفته به ازاء هر گرم) بدست آید.

جدول ۱. ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های گوشتی (وره‌های آغازین، رشد و پایانی (%))

اجزای جیره (درصد)	جیره با سطح پروتئین توصیه شده	جیره با کاهش ۵ درصد پروتئین	رشد (۲۴-۱۱ روزگی)	پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)	جیره با سطح پروتئین توصیه شده	جیره با کاهش ۵ درصد پروتئین
ذرت	۵۵/۵۷	۶۰/۲۹	۵۷/۶۹	۶۲/۰۴	۶۱/۷۳	۶۵/۶۶
کنجاله سویا	۳۴/۵۳	۳۰/۳۹	۳۳/۴۲	۲۹/۶۰	۳۰/۵۵	۲۷/۱۱
گلوتن ذرت	۴/۰۰	۴/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
روغن سویا	۰/۹۱	۰/۰۸	۲/۴۴	۱/۶۹	۳/۶۴	۲/۹۶
دی کلسیم فسفات	۱/۹۱	۱/۹۳	۱/۶۹	۱/۷۱	۱/۵۱	۱/۵۲
کربنات کلسیم	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۰۹	۱/۰۹	۰/۹۹	۱/۰۰
سدیم کلراید	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۳
بی کربنات سدیم	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
مکمل ویتامینه ^۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی ^۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی - آل متیونین	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۴
آل - لیزین هیدروکلراید	۰/۴۳	۰/۵۶	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۲۴	۰/۳۵
آل - ترئونین	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۱۳
ترکیبات شیمیایی محاسبه شده						
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوگرم/کیلوکالری)	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰
پروتئین خام	۲۲/۲۴	۲۱/۱۱	۲۰/۸۰	۱۹/۷۶	۱۸/۹۰	۱۷/۹۶
کلسیم	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۷۶	۰/۷۶
فسفر قابل استفاده	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۸
سدیم ()	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۷
لیزین	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۱۲	۱/۱۲
متیونین + سیستین	۱/۰۴	۱/۰۴	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۸۹	۰/۸۹
ترئونین	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۷۶

۱- به ازای هر کیلوگرم جیره تامین کننده: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی. ویتامین D_۳، ۴۵۰۰ واحد بین‌المللی. ویتامین K، ۳/۶ میلی‌گرم. ویتامین E، ۶۵ واحد بین‌المللی. تیامین ۴ میلی‌گرم. ریبوفلاوین ۸ میلی‌گرم. کولین، ۱۶۰۰ میلی‌گرم. B_{۱۲}، ۰/۰۱۸ میلی‌گرم. اسید فولیک ۰/۲ میلی‌گرم. بیوتین ۰/۸۲ میلی‌گرم -۲ به ازای هر کیلوگرم جیره تامین کننده: منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم. روی، ۱۱۰ میلی‌گرم. آهن، ۲۰ میلی‌گرم. مس، ۶ میلی‌گرم. سلنیوم، ۰/۳ میلی‌گرم. ید، ۱/۲ میلی‌گرم.

یافته‌های پژوهش

صفات عملکردی (افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی)

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی در مراحل مختلف پرورش در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، بین تیمارهای آزمایشی از نظر مصرف خوراک در دوره آغازین اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$). به طوریکه جوجه‌های تغذیه شده با تیمار کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین مصرف خوراک کمتری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. در دوره آغازین بین تیمارهای آزمایشی از نظر میانگین افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در دوره رشد از نظر ضریب تبدیل غذایی بین گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$). به طوریکه جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های پروتئین توصیه شده و کم پروتئین + پست‌بیوتیک ضریب تبدیل غذایی نامناسب‌تری نسبت به جوجه‌های تغذیه شده با جیره کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین داشتند. از نظر میانگین افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در این مرحله اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مرحله پایانی هریک از صفات عملکردی میانگین افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند و اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. با توجه به نتایج ارائه شده از نظر میانگین افزایش وزن و مصرف خوراک در کل دوره (۴۲ - ۱ روزگی) بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$). به طوریکه جوجه‌های تغذیه شده با جیره کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین به طور معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌ها میانگین افزایش وزن و مصرف خوراک کمتری داشتند ولی از نظر ضریب تبدیل غذایی در این مرحله اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد.

خصوصیات لاشه

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است از بین فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده خصوصیات لاشه، درصد لاشه و از بین درصد وزن هریک از اندام‌های درونی، درصد تیموس و طحال دارای اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی بوده است ($P < 0/05$). سایر صفت‌های اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آزمایشی از خود نشان ندادند. بر اساس نتایج ارائه شده، تیمار تغذیه شده با جیره کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین درصد لاشه کمتری نسبت به سایر گروه‌ها داشت. و تفاوت بین سایر تیمارها از نظر درصد لاشه معنی دار نبود. جوجه‌های تغذیه شده با جیره کم پروتئین + پست‌بیوتیک بیشترین درصد تیموس را نشان داد و از تیمار با پروتئین خام توصیه شده و کم پروتئین + ۰/۰۲ درصد پروبیوتیک و نیز از کم پروتئین (بدون افزودنی) بالاتر بود، در حالی که تیمار کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین در حد میانی قرار گرفت. علاوه بر این، درصد طحال نیز تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$). تفاوت کلیه تیمارها بجز تیمار دو با تیمار شاهد از نظر آماری معنی دار نبود. جوجه‌های تغذیه شده با جیره کم پروتئین (بدون افزودنی) درصد طحال بالاتری نسبت به جیره‌های دارای پروتئین خام توصیه‌شده، کم پروتئین + پست‌بیوتیک و کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین داشتند. از نظر سایر صفات لاشه شامل درصد سینه، ران، بال، چربی محوطه شکمی، سنگدان، کبد، قلب و پانکراس، اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد.

جدول ۲. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

تیمارها	دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی)			دوره رشد (۱۱-۲۴ روزگی)			دوره پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)			کل دوره (۴۲-۱ روزگی)	
	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)
پروتئین توصیه شده	۲۱۱/۹۰	۲۹۵/۸۵ ^a	۱/۳۶۹	۶۷۱/۷۹	۱۰۶۵/۷۸	۱/۵۸۷ ^a	۱۳۵۳/۵۱	۲۵۵۲/۴۹	۱/۸۹۲	۳۹۹۳/۸۷ ^a	۱/۷۲۳
کم پروتئین (بدون افزودنی)	۲۱۱/۰۰	۲۸۹/۷۳ ^a	۱/۳۷۳	۶۶۶/۴۵	۱۰۹۴/۰۰	۱/۵۶۷ ^{ab}	۱۳۵۱/۷۸	۲۵۱۵/۶۰	۱/۷۷۴	۳۹۳۰/۴۵ ^a	۱/۶۸۷
کم پروتئین + پست-بیوتیک	۲۱۳/۶۵	۲۹۴/۶۳ ^a	۱/۳۷۹	۶۶۰/۰۴	۱۰۶۸/۷۸	۱/۵۹۴ ^a	۱۳۸۶/۰۰	۲۵۷۹/۰۱	۱/۸۶۱	۴۰۲۷/۵۳ ^a	۱/۷۴۳
کم پروتئین + ۰/۰۲ درصد پروبیوتیک	۲۰۲/۷۳	۲۸۲/۰۳ ^a	۱/۳۴۰	۷۰۶/۴۰	۱۰۸۸/۵۰	۱/۵۴۱ ^{ab}	۱۴۰۵/۵۰	۲۶۶۰/۰۰	۱/۸۳۳	۴۰۲۰/۲۰ ^a	۱/۷۷۳
کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین	۱۹۹/۳۶	۲۶۶/۹۳ ^b	۱/۳۳۹	۶۹۳/۶۸	۱۰۶۹/۸۵	۱/۵۰۹ ^b	۱۲۶۹/۵۱	۲۴۶۸/۵۱	۱/۹۴۶	۳۶۲۷/۸۷ ^b	۱/۷۴۷
SEM	۵/۹۰۱	۴/۶۲۲	۰/۰۲۵	۱۹/۰۰۰	۲۲/۲۷۷	۰/۰۱۸	۷۳/۱۳۷	۸۵/۸۳۷	۰/۰۴۳	۳۹/۴۲۷	۴۲/۶۰۲
P-value	۰/۳۷۷۹	۰/۰۰۲۸	۰/۶۷۳۹	۰/۴۰۹۴	۰/۸۵۱۸	۰/۰۲۸۲	۰/۷۳۲۳	۰/۶۰۳۷	۰/۱۲۵۶	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۰۳

a, b: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک نیستند دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$)

SEM: خطای استاندارد میانگین

جدول ۳. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی (%)

تیمارها	لاشه	سینه	ران	بال	چربی شکمی	سنگدان	کبد	قلب	پانکراس	تیموس	بورس فابریسیوس	طحال
پروتئین توصیه شده	۶۵/۳۱۹ ^a	۳۷/۴۹۱	۳۰/۲۶۶	۱۰/۶۱۸	۱/۲۲۷	۱/۶۳۲	۲/۲۲۸	۰/۵۵۹	۰/۱۹۶	۰/۳۸۸ ^c	۰/۱۲۰	۰/۱۱۲ ^b
کم پروتئین (بدون افزودنی)	۶۴/۵۷۱ ^a	۳۹/۹۰۶	۲۹/۶۲۸	۱۰/۴۴۷	۱/۳۹۱	۱/۵۳۲	۲/۵۷۸	۰/۴۷۲	۰/۲۳۰	۰/۴۴۹ ^{bc}	۰/۱۶۸	۰/۱۳۸ ^a
کم پروتئین + پست-بیوتیک	۶۴/۵۴۴ ^a	۳۷/۴۳۹	۳۱/۴۶۴	۱۰/۵۰۳	۱/۵۶۸	۱/۸۴۳	۲/۵۹۱	۰/۴۷۸	۰/۲۰۱	۰/۵۹۴ ^a	۰/۱۷۵	۰/۱۰۳ ^b
کم پروتئین + ۰/۰۲ درصد پروبیوتیک	۶۶/۲۱۰ ^a	۳۹/۰۰۰	۳۰/۱۰۸	۱۰/۱۰۱	۱/۲۸۴	۱/۶۵۳	۲/۵۱۹	۰/۴۷۶	۰/۲۰۶	۰/۳۵۸ ^c	۰/۱۲۹	۰/۱۲۴ ^{ab}
کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیومایسین	۶۲/۱۸۸ ^b	۳۵/۲۴۰	۳۱/۶۱۷	۱۰/۹۸۰	۰/۹۸۵	۱/۸۶۹	۲/۷۴۵	۰/۵۰۷	۰/۲۲۶	۰/۵۰۹ ^{ab}	۰/۱۴۳	۰/۱۰۰ ^b
SEM	۰/۶۵۱	۱/۲۷۲	۰/۷۰۶	۰/۳۰۹	۰/۱۶۲	۰/۰۹۹	۰/۱۴۳	۰/۰۳۱	۰/۰۱۴	۰/۰۳۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۸
P-value	۰/۰۰۶۶	۰/۱۵۳۳	۰/۲۳۱۲	۰/۳۸۷۵	۰/۱۹۷۸	۰/۱۲۸۸	۰/۱۹۲۹	۰/۳۰۴۲	۰/۴۰۰۱	۰/۰۰۶۷	۰/۰۷۹۱	۰/۰۱۶۴

a, b, c: میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک نیستند دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$)

SEM: خطای استاندارد میانگین

جمعیت میکروبی

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر جمعیت میکروبی روده کور جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج، از نظر صفات جمعیت کل باکتری‌های هوازی، لاکتوباسیلوس و اشریشیاکلاسی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد.

جدول ۴. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی روده کور جوجه‌های گوشتی (CFU*/g digeta)

تیمارها	لاکتوباسیلوس	ای کلای	کل باکتری هوازی
پروتئین توصیه شده	۷/۲۵۲	۷/۰۴۳	۶/۷۱۸
کم پروتئین (بدون افزودنی)	۶/۸۸۵	۶/۸۶۴	۶/۴۰۶
کم پروتئین + پست‌بیوتیک	۶/۶۶۹	۶/۸۲۱	۶/۷۳۵
کم پروتئین + ۰/۰۲ درصد پروبیوتیک	۶/۶۹۶	۷/۰۸۶	۶/۹۲۸
کم پروتئین + ۰/۰۳ درصد مولتیو مایسین	۶/۹۶۱	۶/۷۱۹	۶/۵۳۴
SEM	۰/۱۵۰	۰/۱۱۰	۰/۱۷۸
P-value	۰/۱۶۵۰	۰/۱۵۳۵	۰/۳۱۸۲

*: واحدهای تشکیل کلنی / گرم

SEM: خطای استاندارد میانگین

بحث

همسو با نتایج این پژوهش، نتایج تحقیقی نشان داد کاهش پروتئین خام جیره جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک در دوره رشد و کل دوره پرورش نداشت (Rezaei et al., 2006). محققین گزارش کردند که کاهش رشد جوجه‌ها هنگام تغذیه با جیره‌های کم پروتئین را می‌توان به کمبودهای حاشیه‌ای اسیدهای آمینه آرژنین و والین نسبت داد (Fancher et al., 1989). همچنین نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تغییر تعادل الکترولیت‌ها در جیره‌های کم پروتئین ممکن است سبب کاهش وزن در جوجه‌های گوشتی شود. از جمله اثرات سوء وجود میکروب‌های مضر در دستگاه گوارش دی‌آمیناسیون پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه مصرفی و نیز افزایش نرخ تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه در اثر ترشح ترکیباتی از قبیل آنزیم اوره از توسط میکروب‌ها می‌باشد (Lee et al., 2003). گزارش شده است که باکتری‌های مضر موجود در دستگاه گوارش، اسیدهای آمینه را تخمیر کرده و متابولیت‌های سمی (آمین، فنول، ایندول) تولید می‌کنند. این مواد سمی دارای اثرات کاهنده رشد بوده و پس از جذب توسط سلول‌های دیواره روده، اثرات نامطلوبی بر عملکرد پرنده می‌گذارند (Vander Klis & Jansman, 2002). ثابت شده است که می‌توان از پست‌بیوتیک‌ها به عنوان افزودنی‌های خوراکی برای ارتقای سلامت و عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی استفاده کرد (Kareem et al., 2017). گزارش شده کاهش سطح پروتئین جیره تأثیر معنی‌داری در کاهش وزن جوجه‌های گوشتی در دوره‌های آغازین و رشد داشت اما در دوره پایانی و کل دوره تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن نداشت (Ghiyasi et al., 2007). محققین نشان دادند که پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۵ درصد پروتئین کمتر نسبت به احتیاجات توصیه شده NRC افزایش وزن کمتری در طول دوره‌های ۷-۱۴ و ۱۵-۲۱ روزگی داشتند (Kermanshahi et al., 2011). پژوهشگران نشان دادند که کاهش پروتئین جیره به طور معنی‌داری سبب کاهش وزن روزانه در دوره آغازین و کل دوره پرورش شد (Abbasi et al., 2014). محققین گزارش دادند کاهش پروتئین جیره تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل غذایی در دوره آغازین و دوره پایانی نداشت که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (Kermanshahi et al., 2011). در تحقیقی دیگر با بررسی تأثیر سطوح مختلف پروتئین بر عملکرد جوجه‌های گوشتی گزارش دادند کاهش سطح پروتئین جیره باعث افزایش ضریب تبدیل غذایی و کاهش عملکرد در دوره رشد شد (Abbasi et al., 2014). محققان در مطالعه‌ای با استفاده از ۴ گروه تیماری (پست‌بیوتیک در دان، پست‌بیوتیک در آب، ترکیب پست‌بیوتیک در آب و دان و گروه شاهد) و با به چالش کشیدن پرندگان با باکتری اشریشیاکلاسی تأثیر یک پست‌بیوتیک تولید شده با لاکتوباسیلوس‌های تثبیت شده غیرزنده بر سلامت، عملکرد رشد، ایمنی و وضعیت دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی مبتلا به کلی‌باسیلوز را به مدت پنج هفته بررسی کردند. نتایج نشان داد که تیمار حاوی پست‌بیوتیک ترکیب در دان + محلول در آب وزن بدن بالاتر و ضریب تبدیل

پایین‌تری نسبت به سایر گروه‌ها داشت. همچنین این گروه نسبت به سایر تیمارها عیار آنتی بادی بالاتری علیه واکسن نیوکاسل و آنفولانزا، بافت طبیعی‌تر کبد و روده و کاهش بیشتری در جمعیت باکتری کلی‌فرم نشان داد (Abd El-Ghany et al., 2022). تأثیر مثبت پست بیوتیک و پروبیوتیک ترکیب در جیره غذایی بر رشد جوجه‌های گوشتی به چالش کشیده با انتریت نکروتیک ممکن است به خنثی کردن اثرات مخرب از طریق بهبود قابلیت هضم، ترکیب میکروبیوتای روده و ایمنی میزبان نسبت داده شود، اثراتی که معمولاً برای پروبیوتیک‌ها و پست بیوتیک‌ها گزارش می‌شوند (Abd El-Hack et al., 2020). در مطالعه حاضر افزودن پست بیوتیک و پروبیوتیک به جیره جوجه‌های گوشتی از نظر خصوصیات لاشه تفاوت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد ایجاد نکرد. محققین در مطالعه‌ای با استفاده از سطوح مختلف پست بیوتیک هیچ تأثیر معنی‌داری بر درصد لاشه، سینه، ران یا چربی محوطه شکمی در جوجه‌های گوشتی در معرض تنش گرمایی گزارش نکردند (Humam et al. 2019). در پژوهشی دیگر، محققین هیچ تأثیر معنی‌داری از پست بیوتیک‌ها بر وزن لاشه، وزن سینه یا میزان چربی شکمی در جوجه‌های گوشتی مشاهده نکردند (Soren et al., 2024). همچنین در آزمایشی دیگر محققین تأثیر سطوح مختلف انرژی و پروتئین را در جیره پایانی بر خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و در نتایج خود نشان دادند که خصوصیات لاشه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (Zamani et al., 2013). در مقابل گزارش شده است افزودن پست بیوتیک‌های کپسوله شده به جیره جوجه‌های گوشتی به‌طور قابل توجهی بازده لاشه، سینه، ران و چربی محوطه شکمی را بهبود بخشید (Atan Cirpici & Kirkpinar, 2025). همچنین در نتایج مطالعه‌ای دیگر گزارش شده است که استفاده از سطح ۰/۰۱۵ درصد پست بیوتیک‌های به دست آمده از باسیلوس سابیلیس ACCC 11025 در جیره جوجه‌های گوشتی بازده لاشه را بهبود می‌بخشد (Fang et al. 2024). با این حال، مکانیسم‌های اصلی اثرات پست بیوتیک‌ها بر این صفات لاشه هنوز مشخص نیست و نیاز به تحقیقات بیشتر دارد. در مطالعه حاضر، افزودن پست بیوتیک، پروبیوتیک و مولتیومایسین به جیره جوجه‌های گوشتی بر وزن نسبی قلب، کبد و پانکراس تأثیر معنی‌داری نداشت. این نتایج با مطالعات پیشین انجام شده مطابقت دارد (Atan Cirpici & Kirkpinar, 2025; Mohammed & Kareem, 2022). بورس فابریسیوس یک اندام ایمنی حیاتی در جوجه‌های گوشتی است و افزایش وزن نسبی آن ممکن است نشان دهنده افزایش عملکرد ایمنی باشد (Li et al., 2024). در این مطالعه درصد وزن بورس فابریسیوس تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. این نتیجه با مطالعه پیشین انجام شده مطابقت دارد (Li et al., 2024). در مقابل پژوهشگران گزارش کردند افزودن پست بیوتیک‌ها به جیره غذایی یا محلول در آب، وزن نسبی بورس فابریسیوس را در جوجه‌های گوشتی آلوده به/شریشیاکلازی افزایش می‌دهد (Abd El-Ghany et al., 2022). این اختلافات ممکن است به تغییرات در سویه‌های پست بیوتیک مورد استفاده یا تفاوت در سطوح مصرفی نسبت داده شود که می‌تواند منجر به سطوح مختلف ترکیبات متابولیت و اثرات تعدیل‌کننده سیستم ایمنی شود. هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر، در آزمایشی تأثیر کاهش پروتئین خام جیره و افزودن عصاره گیاه دارویی نعنای فلفلی بر خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی روده کور در جوجه‌های گوشتی بررسی شد و در نتایج خود گزارش کردند که خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (Mohammad Nejad et al., 2022). پست بیوتیک تولید شده از مخلوطی از سویه‌های لاکتوباسیلوس پلانناروم به‌طور قابل توجهی تعداد کل باکتری‌ها و لاکتوباسیل‌ها را افزایش داد، اما تعداد سالمونلا، /شریشیاکلازی و انتروباکتری/سه را در جوجه‌های گوشتی در مقایسه با گروه‌های کنترل کاهش داد (Humam et al. 2019).

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که کاهش سطح پروتئین تا ۹۵ درصد مقدار توصیه شده با و بدون افزودن پست بیوتیک هرچند موجب برخی تغییرات در صفات لاشه و اندام‌های لنفاوی شد ولی تأثیر منفی معنی‌داری بر عملکرد رشد در سطح تولیدی جوجه‌های گوشتی سویه تجاری راس ۳۰۸ نداشت، بنابراین با کاهش درصد کنجاله سویا در جیره کم پروتئین، هزینه‌های تغذیه‌ای کاهش خواهد یافت.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از شرکت دانش بنیان بهان کیمیاژیم جهت تأمین پست‌بیوتیک و کلیه افرادی که در اجرای این پژوهش مشارکت داشتند صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

پیشنهاها

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی اثر پست‌بیوتیک در جیره کم‌پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و جمعیت میکروبی جوجه‌های گوشتی در شرایط تنش (تنش گرمایی، بیماری و...) بررسی شود.

تعارض منافع

"هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

- دستار، بهروز؛ خاک‌سفیدی، احمد و مصطفی‌لو، یوسف (۱۳۸۷). تأثیر پروبیوتیک تپاکس و سطح پروتئین جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۲(۴۳)، ۴۴۹-۴۵۹.
- زمانی، مونا؛ رضایی، منصور؛ تیموری‌یانسری، اسداله؛ سیاح‌زاده، هادی و نیک‌نفس، فریدون (۱۳۹۲). تأثیر سطوح مختلف انرژی و پروتئین جیره پایانی بر عملکرد، خصوصیات لاشه و غلظت لیپیدهای سرم خون جوجه‌های گوشتی. *نشریه پژوهش‌های علوم دامی*، ۲۳(۳)، ۶۹-۸۶.
- محمدنژاد، معصومه؛ رضایی، منصور و کاظمی‌فرد، محمد (۱۴۰۱). تأثیر کاهش پروتئین جیره و افزودن عصاره گیاه دارویی نعنای فلفلی بر عملکرد، خصوصیات لاشه، فراسنجه‌های خونی و جمعیت میکروبی جوجه‌های گوشتی. *مجله پژوهش‌های تولیدات دامی*، ۱۳(۳۷)، ۵۲-۶۳.

REFERENCES

- Abbasi, M.A., Mahdavi Samie, A.H. & Jahanian, R. (2014). Effects of different levels of dietary crude protein and threonine on performance, humoral immune responses and intestinal morphology of broiler chicks. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 16, 35-44. doi.org/10.1590/s1516-635x2014000100005
- Abd El-Ghany, W.A., Fouad, H., Quesnell, R. & Sakai, L. (2022). The effect of a postbiotic produced by stabilized non-viable *Lactobacilli* on the health, growth performance, immunity, and gut status of colisepticaemic broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production* 54, 286. doi.org/10.1007/s11250-022-03300-w
- Abd El-Hack, M.E., El-Saadony, M. T., Elbestawy, A. R., El-Shall, N. A., Saad, A. M., Salem, H.M., El-Tahan, A.M., Khafaga, A.F., Taha, A.E., AbuQamar, S.F. & El-Tarabily, K.A. (2022). Necrotic enteritis in broiler chickens: disease characteristics and prevention using organic antibiotic alternatives—a comprehensive review. *Journal of Poultry Science*, 101, 101590. doi.org/10.1016/j.psj.2021.101590
- Abd El-Hack, M.E., El-Saadony, M.T., Shafi, M.E., Qattan, S.Y.A., Batiha, G.E., Khafaga, A.F., Abdel-Moneim, A.M.E. & Alagawany, M. (2020). Probiotics in poultry feed: a comprehensive review. *Journal of Physiol. Anim. Nutr.* 104, 1835–1850. doi.org/10.1111/jpn.13454
- Atan Cirpici, H. & Kirkpinar, F. (2025). Effects of Supplementation with Encapsulated Different Postbiotics, Alone or with Inulin, on Growth Performance, Carcass and Organ Characteristics, Blood Parameters, Growth Hormone, and Insulin-like Growth Factor mRNA in Broilers. *Journal of Animals*, 15, 1010. doi.org/10.3390/ani15071010
- Awaad, M.H., Abdel-Alim, G.A., Sayed, K.S., Hmed, A.A., Nada, A., Metwalli, A.S.Z. & Alkhalaf, A.N. (2010). Immunostimulant effects of essential oils of peppermint and eucalyptus in chicken. *Pakistan Veterinary Journal*, 30, 2-6. doi.org/10.21608/vmjg.2011.367851
- Bastami, M., Raheel, I., Elbestawy, A., Diab, M., Hammad, E., Elebeedy, L., El-Barbary, A.M, Albadrani, G.M., Abdel-Daim, M.M., Abdel-Latif M.A. & Orabi, A. (2024). Postbiotic, anti-inflammatory, and immunomodulatory effects of aqueous microbial lysozyme in broiler chickens. *Journal of Animal Biotechnology*, 35(1), 2309955. DOI: 10.1080/10495398.2024.2309955
- Chaney, W. E., McBride, H. & Girgis, G. (2023). Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* Postbiotic Feed Additive on Salmonella Enteritidis Colonization of Cecal and Ovarian Tissues in Directly Challenged and Horizontally Exposed Layer Pullets. *Journal of Animals*, 13, 1186. doi.org/10.3390/ani13071186
- Chang, H.M., Loh, T.C., Foo, H.L. & Lim, E.T.C. (2022). *Lactiplantibacillus plantarum* Postbiotics: Alternative of Antibiotic Growth Promoter to Ameliorate Gut Health in Broiler Chickens. *Journal of Frontiers in Veterinary Science*, 9, 883324. Doi. 10.3389/fvets.2022.883324
- Cheng, G., Hao, H., Xie, S., Wang, X., Dai, M., Huang, L. & Yuan, Z. (2014). Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry. *Journal of Frontiers in Microbiology*, 4, 137-156. doi.org/10.3389/fmicb.2014.00217
- Chuah L.O., Foo, H.L., Loh, T.C., Alitheen, N.B.M., Yeap, S.K., Mutalib, N.E.A., Abdul-Rahim, R. & Yusoff, K. (2019). Postbiotic metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* strains exert selective cytotoxicity effects on cancer cells. *Journal of BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1), 114. doi.org/10.1186/s12906-019-2528-2
- Dairo, F.A.S., Adesehinwa, A.O.K., Oluwasola T.A. & Oluyemi, J.A. (2010). High and low dietary energy and protein levels for broiler chickens. *African Journal Agriculture Research*, 5, 2030-2038.
- Dastar, B., Khack sefidy, A. & Mostafalou. Y. (2008). The effect of dietary teoax probiotic and dietary protein level on broiler performance. *Journal of Agricultural Science and Technology* 12(43), 449-459. (In Persian)
- Doski, J.M.M. & Kareem, K.Y. (2023). The effects of different levels of postbiotic and phytobiotic combination as feed additives on carcass, lipid profile, meat quality, and tibia bone in broiler chickens. *Kirkuk University Journal for Agricultural Sciences*, 14(3), 227-241.
- Dunand, E., Burns, P., Binetti, A., Bergamini, C., Peralta, G., Forzani, L., Reinheimer, J. & Vinderola, G. (2019). Postbiotics produced at laboratory and industrial level as potential functional food ingredients with the capacity to protect mice against Salmonella infection. *Journal of Applied Microbiology*. 127(1), 219-229. doi.org/10.1111/jam.14276

- Fancher, B.I. & Jensen, L.S. (1989). Influence on performance of three to six weeks –old broiler of varying dietary protein contents with supplementation of essential amino acid requirements. *Poultry Science* 68, 124-133. doi.org/10.3382/ps.0680113
- Fang, S., Fan, X., Xu, S., Gao, S., Wang, T., Chen, Z. & Li, D. (2024). Effects of dietary supplementation of postbiotic derived from *Bacillus subtilis* ACCC 11025 on growth performance, meat yield, meat quality, excreta bacteria, and excreta ammonia emission of broilerchicks. *Journal of Poultry Science*, 5, 10344. doi.org/10.1016/j.psj.2024.103444
- FAO, (2003). World agriculture: towards 2015/2030. A Perspective. Edited by Jelle Bruinsma. Earthscan Publications Ltd. London. 432 pp.
- FAO, (2020). Channels of transmission to food and agriculture, FAO Publications, Rome
- Giacobbo, F. C., Eyng, C., Nunes, R.V., de Souza, C., Teixeira, L.V., Pilla, R. & Bortoluzzi, C. (2021). Influence of enzyme supplementation in the diets of broiler chickens formulated with different corn hybrids dried at various temperatures. *Animals*, 11(3), 643. doi.org/10.3390/ani11030643.
- Ghiyasi, M., Rezaei, M. & Savvazadeh, H. (2007). Effect of prebiotic (fermacto) in low protein diet on performance and carcass characteristics of broiler chicks. *International Journal of Poultry Science*, 6, 661-665. doi.org/10.3923/ijps.2007.661.665
- Hernández, M. (2018). Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Elsevier Journal Prince*. doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.009
- Homayouni Rad, A., Aghebati Maleki, L., Samadi Kafil, H. & Abbasi, A. (2021). Postbiotics: A novel strategy in food allergy treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 61(3), pp.492-499. doi.org/10.1080/10408398.2020.1738333
- Hong, J. C., Steiner, T., Aufy, A., & Lien, T. F. (2012). Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Journal of Livestock Science*, 144(3), 253-262. doi.org/10.1016/j.livsci.2011.12.008
- Humam, A.M., Loh, T.C., Foo, H.L., Samsudin, A.A., Mustapha, N.M., Zulkifli, I. & Izuddin, W.I. (2019). Effects of feeding different postbiotics produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, carcass yield, intestinal morphology, gut microbiota composition, immune status, and growth gene expression in broilers under heat stress. *Journal of Animals*. 9, 644. doi.org/10.3390/ani9090644
- Jahnsen, C.N., Kogut, M.H., Genovese, K., He, H., Kazemi, S. & Arsenault, R.J. (2019). Administration of a Postbiotic Causes Immunomodulatory Responses in Broiler Gut and Reduces Disease Pathogenesis Following Challenge. *Journal of Microorganisms*, 268 (7), 1-19. doi.org/10.3390/microorganisms7080268
- Janseune, S.C.G., Lammers, A., van Baal, J., Blanc, F., van der Laan, M.H.P., Calenge, F. & Hendriks, W.H. (2024). Diet composition influences probiotic and postbiotic effects on broiler growth and physiology. *Journal of Poultry Science*, 103, 103650. doi.org/10.1016/j.psj.2024.103650
- Kareem, K.Y., Loh, T.C., Foo, H.L., Asmara, S.A. & Akit, H. (2017). Influence of postbiotic RG14 and inulin combination on cecal microbiota, organic acid concentration, and cytokine expression in broiler chickens. *Journal of Poultry Science*, 96, 966–975. doi.org/10.3382/ps/pew362
- Kazem Alilou, N., Amiri S., Rezazadeh Bari, M. & Dodangeh, S. (2021). Investigation of chemical and microbial properties of flavored probiotic milk using *Bacillus coagulans* and grape syrup. *Journal of Food Science and Technology*, 10, 18(112), 11-9. doi.org/10.52547/fsct.18.112.11
- Kermanshahi, H., Ziaei, N. & Pilevar, M. (2011). Effect of Dietary crude protein fluctuation on performance, blood parameters and nutrients retention in broiler chicken during starter period. *Journal of Global Veterinaria*, 6, 162-167
- Khan, M., Raoult, D., Richet, H., Lepidi, H., & La Scola, B. (2007). Growth-promoting effects of single-dose intragastrically administered probiotics in chickens. *Journal of Poultry Science*. 48, 732-735. doi.org/10.1080/00071660701716222
- Laudadio, V. & Tufarelli, V. (2010). Growth performance and carcass and meat quality of broiler chickens fed diets containing micronized-dehulled peas (*Pisum sativum* cv. Spirale) as a substitute of soybean meal. *Journal of Poultry Science*, 1537-1543. doi.org/10.3382/ps.2010-00655
- Lee, K.W., Everts, H., Kappert, H.J., Frehner, M., Losa, R. & Beynen, A.C. (2003). Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *Journal of British Poultry Science*, 44, 450-457.

- doi.org/10.1080/00071660301985
- Li, D., Fang, S., He, F., Fan, X., Wang, T., Chen, Z. & Wang, M. (2024). Postbiotic derived from *Bacillus subtilis* ACCC 11025 improves growth performance, mortality rate, immunity, and tibia health in broiler chicks. *Front. Journal of Veterinary Science*, 11, 1414767. doi.org/10.3389/fvets.2024.1414767
- Marilena, C., Bersani, C. & Comi, G. (2005). Impotence measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from lamiaceae and compositae. *Internatinal Journal Food Microbiol*, 95, 95-187. doi.org/10.1016/s0168-1605(01)00447-0
- Mohammad Nejad, M., Rezaei, M. & Kazemi Fard, M. (2022). Effect of dietary protein lowering and supplementation of peppermint extract on yield, carcass, blood parameters and microbial population of broiler chickens. *Journal of Research on Animal Production*, 13(37), 52-63. doi.org/10.52547/rap.13.37.52 (In Persian)
- Mohammed, M.Y. & Kareem, K.Y. (2022). A comparison study of probiotic, postbiotic and prebiotic on performance and meat quality of broilers. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 22, 24-32. doi.org/10.25130/tjas.22.4.4
- Perry, G.C. (2006). *Avian gut function in health and disease*. CABI, UK. doi.org/10.1079/9781845931803.0000
- Rezaei, M., Nassiri Moghaddam, H., Pour reza, J. & Kermanshahi, H. (2006). Effects of dietary crude protein and supplemental lysine levels on broiler chicken's performance, carcass characteristics and N excretion. *International Journal of Poultry Science*. JWSS, 9 (4), 171-180. doi.org/10.3923/ijps.2004.148.152
- Salahi, A., Shahir, M.H., Attia, Y.A., El-din Fahmy, K.N., Bovera, F. & Tufarelli, V. (2025). Impact of low-protein diets on broiler nutrition, production sustainability, gene expression, meat quality and greenhouse gas emissions. *Journal of Applied Animal Research*, 53(1), 2473419. doi.org/10.1080/09712119.2025.2473419
- Salehizadeh, M., Modarressi, M.H., Mousavi, S.N. & Ebrahimi, M.T. (2019). Effects of probiotic lactic acid bacteria on growth performance, carcass characteristics, hematological indices, humoral immunity, and IGFI gene expression in broiler chicken. *Journal of Tropical Animal Health and Production*, 51(8), 2279-2286. doi.org/10.1007/s11250-019-01935-w
- Strange, E.D., Benedict, R.C., Smith, J.L. & Swift, C.E. (1997). Evaluation of rapid tests for monitoring alterations in meat quality during storage. United States Department of Agriculture 40, 843-847. doi.org/10.4315/0362-028x-40.12.843
- Soren, S., Mandal, G.P., Mondal, S., Pradhan, S., Mukherjee, J., Banerjee, D. Pakhira, M.C., Amla Mondal, A., Nsereko, V. Samanta, I. (2024). Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation Product and Probiotic Supplementation on Growth Performance, Gut Microflora and Immunity of Broiler Chickens. *Journal of Animals*, 14, 866. doi.org/10.3390/ani14060866
- Ueda, H., Yamazaki, C. & Yamazaki, M. (2002). Luteolin as anti-inflammatory and anti-allergic constituent of *Perilla frutescens*. *Journal of Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25, 202-3397. doi.org/10.1248/bpb.25.1197
- Van der Klis, J.D. & Jansman, A.J.M. (2002). Optimising nutrient digestion, absorption and gut barrier function in monogastrics, Nutrition and health of the gastrointestinal tract. *Journal of Wageningen Academic Publishers*, 15-36. doi.org/10.3920/9789086865055003
- Yadav, S. & Jha, R. (2021). Macadamia nut cake as an alternative feedstuff for broilers: effect on growth performance. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 275, 114873. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114873
- Yordshahi, A.S., Moradi, M., Tajik, H. & Molaei, R. (2020). Design and preparation of antimicrobial meat wrapping nano paper with bacterial cellulose and postbiotics of lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 321, p.108561. doi.org/10.1016/j.ifofoodmicro.2020.108561
- Zamani, M., Rezaei, M., Teimouri Yansari, A., Sayyah Zadeh, H. & Nick Nafs, F. (2013). The effect of different levels of energy and protein in finisher diet on performance, carcass yield and blood serum lipids of broiler chickens. *Journal of Animal Science Research*, 3(23), 69-86. (In Persian)