

Research Article

Vol. 18, No.1, 2026, p. 105-119



Study of the Extra-Beneficial Effects of using Mealworm Powder in the Diet on Quantitative and Qualitative Traits of Egg Production, Blood Indices and Immune Response of Laying Hens

Mona Salamat¹, Ali Aghaei^{1*}, Somayyeh Salari¹

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

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

Received: 30-06-2025
Revised: 07-12-2025
Accepted: 17-12-2025
Available Online: 04-04-2026

How to cite this article:

Salamat, M., Aghaei, A., & Salari, S. (2026). Study of the extra-beneficial effects of using mealworm powder in the diet on quantitative and qualitative traits of egg production, blood indices and immune response of laying hens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(1), 105-119. (in Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.94169.1254>

Introduction: The most important and widely used plant-based protein sources in poultry nutrition are soybean meal, rapeseed meal, and canola meal. However, due to limited production and competition between humans and animals for the consumption of common protein sources, the prices of these items are increasing. Therefore, finding an alternative protein source is important (Tacon & Metian, 2008). Typically, animal-derived protein sources contain all the essential amino acids required by poultry. Insects grow and reproduce rapidly and have a good feed conversion ratio because they are cold-blooded. They are also able to convert agricultural waste into valuable biomass with high levels of energy and protein (Collavo et al., 2005). Insects are also highly efficient protein sources, with nearly their entire biomass being edible. Mealworms are the larvae of a species of nocturnal beetle, *Tenebrio molitor*, from the family Tenebrionidae, found worldwide and are known as Mealworms because they are a pest of grains, flour, and stored food (Ramos et al., 2002). This larva is commercially reared worldwide and is available in live, canned, dried, and powdered forms as feed for pets, birds, and fish. The crude protein content of the dried powder of this larva is reported to be between 31 and 50 percent, crude fiber is 10 to 15 percent, ash is 3 to 5 percent, ether extract is 31 to 43 percent, and its gross energy is between 5890 and 6520 kcal/kg (Makkar et al., 2014). It has also been reported that the presence of chitin in these larvae, due to its prebiotic properties, can have beneficial effects on the consumer's immune system (Bovera et al., 2015). The nutritional composition of mealworms depends strongly on their developmental stage, diet, and environmental conditions (Siemianowaska et al., 2013). In general, considering the price of common protein sources and the possibility of less access to them in the future, the use of animal protein, including insects and their larvae, could be one of the proposed solutions (Huis et al., 2013).

Materials and Methods: An experiment was designed to investigate the effects of different dietary levels of mealworm powder on the performance and immune response of laying hens. This experiment was conducted at the Department of Animal Husbandry of Agricultural and Natural Resources University of Khuzestan. The



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 <https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.94169.1254>

experiment was conducted for 8 weeks (two weeks of adaptation and 6 weeks of data collection) using 120 Leghorn laying hens of the Hy-Line W-80 strain, in a completely randomized design with four levels of mealworm powder (0, 1, 2, and 3%) with 4 treatments, 5 replications, and 6 chickens per replication with corn-soybean based diets. Propagation, rearing, and preparation of mealworm larvae for use in diets were carried out at Sarzamin Salamat Company. Records were taken throughout the experiment. At the end of the experiment, blood and egg samples were collected for hematological, immunological, and egg quality analyses.

Results and Discussion: Chemical analysis of mealworm powder revealed 97% dry matter, 40% crude protein and 28% extract. The results showed that dietary inclusion of mealworm powder significantly improved the overall performance of laying hens compared with the control group during the experimental period. During weeks 1–2 of the experiment, performance was not affected by the experimental treatments. During weeks 3–4, feed conversion ratio decreased under the influence of mealworm consumption. During weeks 5–6, percentage production and egg mass increased under the influence of 1 and 2% mealworm consumption, and feed conversion ratio decreased with 1% mealworm consumption. Throughout the entire experimental period, chickens fed diets containing mealworm powder produced more egg mass and had better feed conversion ratios compared to the control group. The egg production efficiency index increased significantly with the inclusion of mealworm powder in the diet. Chickens fed with 1% of mealworm powder significantly reduced LDL levels compared to other groups. Alanine aminotransferase (ALT) activity increased significantly with increasing mealworm powder levels. Glucose, triglycerides, cholesterol, and aminotransferase enzyme were not affected by the experimental treatments. The highest secondary antibody titer against sheep red blood cells (SRBC) was observed in the groups fed diets containing mealworm powder.

Conclusion: Overall, the findings of this study demonstrate that dietary supplementation with 1% mealworm powder effectively improves feed conversion ratio, enhances the egg production efficiency index (EPEI), and positively influences egg quality, hematological parameters, and immune response in laying hens.

Keywords: Hy-line W80, Immune response, Liver enzyme, Performance

بررسی اثرات فراسودمند کاربرد پودر میلورم در جیره، بر صفات کمی و کیفی تولید تخم مرغ، شاخص های خونی و پاسخ ایمنی مرغ های تخم گذار

مونا سلامت^۱، علی آقائی^{۱*}، سمیه سالاری^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی سطوح مختلف پودر میلورم بر عملکرد و پاسخ ایمنی مرغ های تخم گذار انجام شد. این آزمایش به مدت هشت هفته با استفاده از ۱۲۰ قطعه مرغ تخم گذار لگهورن سویه های -لای (W-80)، در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح پودر میلورم (صفر، یک، دو و سه درصد) با چهار تیمار، پنج تکرار و شش قطعه مرغ در هر تکرار اجرا گردید. جیره ها بر پایه ذرت-کنجاله سویا و با انرژی و پروتئین مشابه تهیه شد. نتایج نشان داد که استفاده از سطوح مختلف پودر میلورم باعث بهبود عملکرد مرغ های تخم گذار نسبت به شاهد شد. به طوری که مرغ های تغذیه شده با تیمار حاوی پودر میلورم نسبت به شاهد میزان توده تخم مرغ را افزایش داده و ضریب تبدیل غذایی را بهبود بخشید. شاخص کیفی زرده تخم مرغ به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، گروه های تغذیه شده با یک و سه درصد پودر میلورم نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین درصد زرده بودند. در سرم خون مرغ های تغذیه شده با سطح یک درصد پودر میلورم نسبت به سایر گروه ها، میزان LDL به طور معنی داری کاهش یافت. سطح آلانین آمینو ترانسفراز با افزایش سطح پودر میلورم به طور معنی داری افزایش یافت. بالاترین عیار پادتن ثانویه علیه گلبول های قرمز گوسفندی در گروه های تغذیه شده با پودر میلورم مشاهده شد. به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از سطح یک درصد پودر میلورم علاوه بر بهبود ضریب تبدیل خوراک و شاخص بهره وری تولید تخم مرغ، صفات کیفی تخم مرغ، صفات خونی و پاسخ ایمنی را بهبود بخشید.

واژه های کلیدی: آنزیم های کبدی، پاسخ ایمنی، های-لای W80، عملکرد

مقدمه

می باشد. علاوه بر این ارزش تغذیه ای حشرات از گیاهان بیشتر است، زیرا حشرات دارای مقادیر زیادی پروتئین، ویتامین، مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری هستند و گزارش شده است زمانی که برای تغذیه حیوانات تکمیل کننده استفاده می شوند باعث بهبود عملکرد رشد و قابلیت هضم در مقایسه با منابع پروتئینی دیگر می شوند (Veldkamp et al., 2012). از آنجا که حشرات به طور طبیعی توسط بسیاری از حیوانات از جمله ماهی و پرندگان وحشی مصرف می شوند، می توانیم فرض کنیم که این حیوانات به طور کاملی با خوردن آن ها به عنوان بخشی از رژیم عادی خود سازگار شده اند. بنابراین، منطقی به نظر می رسد که پروتئین حشرات را به عنوان یک منبع خوراک تجاری قابل قبول در سال های آینده در نظر بگیریم (Ribeiro, 2017). میلورم، لارو گونه ای سوسک شبزی با نام علمی *Tenebrio molitor* از خانواده Tenebrionidae است که در سراسر جهان یافت شده و چون آفت غلات، آرد و غذای انباری به شمار می رود، به کرم آرد یا میلورم معروف است (Ramos et al., 2002). میلورم دارای

مهم ترین و پرمصرف ترین منابع پروتئینی در تغذیه طیور کنجاله سویا، کنجاله منداب و کنجاله کانولا می باشد، اما به علت تولید محدود و رقابت بین انسان و حیوان برای مصرف منابع پروتئینی متداول، قیمت این اقلام رو به افزایش می باشد، بنابراین، یافتن یک منبع پروتئینی جایگزین، دارای اهمیت می باشد (Tacon & Metian, 2008). حشرات به سرعت رشد کرده و تکثیر می شوند و ضریب تبدیل غذایی مناسبی دارند. آن ها همچنین قادرند که پسماندهای کشاورزی را به زیست توده های با ارزش، با انرژی و پروتئین مناسب تبدیل نمایند (Collavo et al., 2005). حشرات، منبع پروتئین قابل مصرف برای انسان و حیوان هستند و نزدیک به ۱۰۰ درصد آن قابل مصرف

۱- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
(*) نویسنده مسئول: (Email: aghaei@asnrukh.ac.ir)

تا ۱۲ روز تغریخ شده و بعد از گذشت ۳ تا ۴ ماه به لارو بالغ تبدیل می شدند. میلوورها به مدت ۱۸-۱۶ هفته تا زمان رسیدن به لارو کامل، پرورش داده شد و قبل از تبدیل شدن به شفیره، لاروها به وسیله الک از بستر، سوسک و شفیره جدا شدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت بدون آب و غذا رها شدند تا محتویات دستگاه گوارش آنها به طور کامل تخلیه شود، که به آن روده شویی گفته می شود. سپس لاروها به منظور کشتن، در دمای ۲۱- درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت فریز شدند. لاروها به منظور خشک کردن به مدت ۲۴ ساعت تحت دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در داخل آون قرار گرفتند تا رطوبت آنها خارج شود. در نهایت، لاروهای خشک شده آسیاب و پودر شدند و به منظور تعیین مقدار ماده خشک، رطوبت، پروتئین خام و چربی مورد تجزیه تقریبی قرار گرفتند (AOAC, 2005).

آنالیز شیمیایی پودر میلورم

آزمایش هایی جهت اندازه گیری ترکیب شیمیایی پودر میلورم (شامل ماده خشک، چربی خام و پروتئین خام) و بررسی اثرات استفاده از آن در جیره بر صفات عملکردی و خصوصیات کیفی تخم مرغ مرغ های تخم گذار انجام شد. میلوورم از شرکت سرزمین سلامت تهیه گردید. نمونه میلوورم آسیاب و مخلوط شد و برای تعیین ماده خشک، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد در دستگاه آون قرار داده شدند. سپس ماده خشک، چربی خام، پروتئین خام، فیبر خام، خاکستر و عصاره عاری از ازت اندازه گیری گردید (AOAC, 2005).

آزمایش اصلی

این آزمایش در ایستگاه دامپرووری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، به مدت هشت هفته با استفاده از ۱۲۰ قطعه مرغ تخم گذار لگهون سویه های -لاین (W-80) با سن ۶۸ هفته به مدت هشت هفته (شامل دو هفته عادت پذیری و شش هفته رکوردبرداری) به صورت پرورش در قفس، در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (چهار سطح میلوورم ۰، ۱، ۲ و ۳ درصد جیره) و پنج تکرار (شش قطعه مرغ در هر تکرار) انجام شد. برای هر قفس ۷۶ سانتی متر دانخوری ناودانی و دو آبخوری نیپل قرار داشت. برنامه نوری به صورت ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. جیره های آزمایشی شامل ۱- شاهد: جیره بر پایه ذرت و کنجاله سویا بدون افزودن پودر میلوورم (شاهد)، ۲- استفاده از یک درصد پودر میلوورم در جیره پایه، ۳- استفاده از دو درصد پودر میلوورم در جیره پایه و ۴- استفاده از سه درصد پودر میلوورم در جیره پایه بودند. جیره ها مطابق کاتالوگ راهنمای سویه های -لاین (W-80) براساس احتیاجات غذایی و با استفاده از نرم افزار WUFFDA با انرژی و پروتئین مشابه تنظیم شد. ترکیب جیره های تنظیم شده در جدول ۱ گزارش شده است.

چهار مرحله زیستی تخم، لارو، شفیره و سوسک بالغ است. مرحله اول زندگی به صورت تخم می باشد، بعد از آن، دوره لاروی است که تخم تبدیل به لارو شده و در واقع ما در این مرحله آن را به اسم میلوورم می شناسیم (Finke, 2002). این لارو در دنیا به صورت صنعتی تکثیر شده و به شکل زنده، کنسرو شده، خشک شده و پودر شده به عنوان خوراک حیوانات پرندگان عرضه می شود. میزان پروتئین خام پودر خشک شده این لارو بین ۳۱ تا ۵۰ درصد، فیبر خام ۱۰ تا ۱۵ درصد، خاکستر ۳ تا ۵ درصد، چربی خام ۳۱ تا ۴۳ درصد و انرژی خام آن بین ۵۸۹۰ تا ۶۵۲۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم گزارش شده است (Makkar et al., 2014). همچنین گزارش شده است که وجود مقادیری کیتین در این لارو به دلیل خاصیت پری بیوتیکی می تواند اثرات مفیدی بر سیستم ایمنی مصرف کننده داشته باشد (Bovera et al., 2015). مقدار و تناسب ترکیبات مغذی میلوورم بستگی زیادی به مرحله زندگی، نوع رژیم غذایی و شرایط محیط پرورش دارد (Siemianowska et al., 2013). اگرچه استفاده از میلوورم در مقادیر محدود قادر به جایگزینی کامل با منابع پروتئینی متداولی همچون کنجاله سویا نیست، اما اهمیت اصلی آن بیشتر به دلیل اثرات فراسودمند بر ویژگی های تولیدی و کیفی محصولات دامی است. مصرف مقادیر کم از این منبع می تواند بر عملکرد مرغ های تخم گذار، کیفیت پوسته و زرده تخم مرغ، رنگ و ترکیب داخلی آن اثر مثبت داشته باشد. همچنین ترکیبات زیست فعال موجود در میلوورم، از جمله اسیدهای چرب غیر اشباع و کیتین با اثرات پری بیوتیک، می توانند متابولیسم چربی و انرژی را تحت تأثیر قرار داده و از طریق تغییر در شاخص های خونی مانند تری گلیسرید، گلوکز، آنزیم های کبدی (ALT و AST) و فلور میکروبی روده، سلامت پرنده را بهبود بخشند (Jiang et al., 2024). به طور کلی، با توجه به قیمت بالای منابع پروتئینی رایج و نقش بالقوه میلوورم در ارتقای سلامت و کیفیت تولید، بررسی اثرات این لارو در جیره مرغ های تخم گذار می تواند راهکار مفیدی برای بهبود عملکرد تولیدی و کیفی تخم مرغ و بهینه سازی وضعیت متابولیکی پرنده باشد (Huis et al., 2013).

مواد و روش ها

پرورش حشره و تهیه پودر میلوورم (پیش آزمایش)

تکثیر، پرورش و آماده سازی لارو میلوورم به منظور استفاده در جیره در شرکت سرزمین سلامت انجام شد. لاروها درون کشوهای پلاستیکی و روی بستر سیوس گندم و آرد جو پرورش داده شدند. شرایط محیطی اتاقک پرورش حشرات شامل دمای ۲۸ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۶۵ درصد و برنامه نوری ۲۴ ساعت تاریکی بود. از سبزیجاتی مانند کلم، کاهو و هویج جهت تأمین ویتامین و رطوبت مورد نیاز لاروها استفاده شد. تخم سوسک ها بعد از حدود ۱۰

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های غذایی آزمایشی
Table 1- The ingredient and nutrient composition of experimental diets

ترکیب جیره (درصد ماده خشک) Ingredients (%DM)	شاهد Control	۱٪ میلورم Mealworm 1 %	۲٪ میلورم Mealworm 2%	۳٪ میلورم Mealworm 3%
ذرت Corn	55.65	55.80	56.00	56.15
کنجاله سویا Soybean meal	24.5	23.5	22.5	21.5
میلورم Mealworm	0	1	2	3
سیوس گندم Wheat bran	3	3	3	3
روغن گیاهی Vegetable oil	3.5	3.35	3.15	3
صدف Shell	5.25	5.25	5.25	5.25
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.7	1.7	1.7	1.7
سنگ آهک Limestone	5	5	5	5
جوش شیرین Bicarbonate	0.22	0.22	0.22	0.22
نمک Salt	0.23	0.23	0.23	0.23
دی‌ال - متیونین DL-methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
ال - لیزین L-lysine	0.08	0.08	0.08	0.08
ترئونین Threonine	0.07	0.07	0.07	0.07
مکمل معدنی ^۱ Mineral-permix ¹	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل ویتامینی ^۲ Vitamin-permix ²	0.25	0.25	0.25	0.25
ترکیب شیمیایی Chemical compounds				
انرژی متابولیسمی (کیلوکالری/کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2778	2782	2784	2789
پروتئین خام (%) Crude protein	16.39	16.36	16.34	16.31
کلسیم (%) Ca (%)	4.36	4.36	4.36	4.36
فسفر در دسترس (%) Available P (%)	0.44	0.44	0.44	0.44
متیونین + سیستئین (%) Methionine + cysteine (%)	0.83	0.83	0.83	0.83
متیونین (%) Methionine (%)	0.56	0.56	0.56	0.56
لیزین (%) Lysine	0.9	0.9	0.9	0.9
سدیم (%) Na (%)	0.17	0.17	0.17	0.17
کلر (%) Cl (%)	0.17	0.17	0.17	0.17

^۱ مکمل مواد معدنی در هر کیلوگرم جیره غذایی: کولین کلرید، ۱۵۰ میلی گرم؛ منگنز، ۱۱۲/۵ میلی گرم؛ روی، ۶۲/۵ میلی گرم؛ مس، ۱۲/۵ میلی گرم؛ سلنیم، ۰/۳۱ میلی گرم؛ ید، ۱/۴ میلی گرم؛ آهن، ۳۲/۵ میلی گرم.

^۲ مکمل ویتامینی در هر کیلوگرم جیره غذایی: رتینیل استات، ۱۰۰۰۰ واحد بین الملل؛ کوله کلسیفرول، ۴۵۰۰ واحد بین الملل؛ α-توکوفرول استات، ۳۷/۵ واحد بین الملل؛ تیامین، ۱/۲۵ میلی گرم؛ نیاسین، ۳۹/۲۵ میلی گرم؛ اسید فولیک، ۰/۵ میلی گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۰ میلی گرم؛ ویتامین K، ۵ میلی گرم؛ نیکوتینامید، ۴/۶۳ میلی گرم؛ کولین، ۳۷/۵ میلی گرم؛ کوبالامین، ۰/۰۲۵ میلی گرم.

¹ Mineral-permix (kg/diet): Choline chloride, 150 mg; manganese, 112.5 mg; zinc, 62.5 mg; copper, 12.5 mg; selenium, 0.31 mg; iodine, 1.4 mg; iron, 32.5 mg.

² Vitamin-permix (kg/diet): Retinyl acetate, 10000 IU; cholecalciferol, 4500 IU; α-tocopherol acetate, 37.5 IU; thiamine, 1.25 mg; niacin, 39.25 mg; folic acid, 0.5 mg; pantothenic acid, 10 mg; vitamin K, 5 mg; nicotinamide, 4.63 mg; choline, 37.5 mg; cobalamin, 0.025 mg.

عملکرد

(توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم) و ثبت شد. میانگین وزن تخم‌مرغ‌ها با استفاده از معادله ۲ و درصد تولید با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد. توده تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک نیز به‌ترتیب با استفاده از معادله ۴ و ۵ محاسبه شدند (Çabuk et al., 2003).

میزان خوراک مصرفی از تفاضل خوراک توزیع‌شده در طول هفته و خوراک باقی‌مانده آن در آخر هفته به دست آمد. سپس به‌ازای هر پرنده در روز محاسبه شد (معادله ۱). در این آزمایش، تخم‌مرغ‌های تولیدشده توسط مرغ‌ها، به‌صورت روزانه جمع‌آوری (ساعت ۲ بعد از ظهر)، توزین

میانگین مصرف خوراک (گرم/مرغ/روز)

$$\text{معادله (۱)} = \frac{\text{غذای باقیمانده در پایان دوره در هر تکرار} - (\text{تعداد روزهای دوره} \times \text{مقدار خوراک روزانه برای تکرار})}{\text{تعداد روزهای دوره} \times \text{تعداد مرغ در هر تکرار}}$$

$$\text{معادله (۲)} = \frac{\text{وزن کل تخم مرغ تولیدی در هر گروه آزمایشی}}{\text{تعداد کل تخم مرغ تولیدی در آن گروه آزمایشی}} = \text{میانگین وزن تخم مرغ (گرم)}$$

$$\text{معادله (۳)} = \frac{\text{تعداد کل تخم مرغ تولید شده در طول یک دوره در هر واحد آزمایشی}}{(\text{تعداد تلفات} \times \text{تعداد روز تلف شده}) - (\text{تعداد روز} \times \text{تعداد مرغ در اول دوره})} \times 100 = \text{درصد تولید تخم‌مرغ}$$

$$\text{معادله (۴)} = \text{درصد تخم‌گذاری} \times \text{میانگین وزن تخم‌مرغ (گرم)} = \text{توده تخم‌مرغ تولیدی (گرم در روز)}$$

$$\text{معادله (۵)} = \frac{\text{میانگین مصرف خوراک (گرم/مرغ/روز)}}{\text{توده تخم مرغ (گرم/مرغ/روز)}} = \text{ضریب تبدیل خوراک}$$

کیت‌های تشخیصی تجاری (پارس آزمون، ایران) براساس دستورالعمل سازنده و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (Jenway Genova MK3, UK) و دستگاه اتوآنالایزر انجام شد (Yang et al., 2009).

SRBC

برای بررسی عیار پادتن تولیدشده علیه گلبول قرمز گوسفند (SRBC) (ایمنی هومورال)، با استفاده از بافر فسفات سالین محلول ۵ درصد SRBC (۵ میلی‌لیتر SRBC + ۹۵ میلی‌لیتر بافر فسفات) آماده و در هفته‌های پنج و هفت به‌میزان ۰/۵ میلی‌لیتر به عضله سینه دو مرغ از هر تکرار تزریق شد. در هفته‌های شش و هشت دوره آزمایش (یک هفته بعد از هر تزریق) خون‌گیری از پرنده‌های دریافت‌کننده SRBC انجام گردید. برای تعیین عیار پادتن تولیدشده علیه SRBC از روش هموگلوآگنیاسیون استفاده گردید (Matson et al., 2005).

اندازه‌گیری شاخص بهره‌وری تولید تخم‌مرغ

برای اندازه‌گیری شاخص بهره‌وری تولید تخم‌مرغ از معادله ۶ (Lucanov et al., 2023) استفاده شد.

$$\text{معادله (۶)} \quad \text{EPEI} = [(L \times \text{DEMP}) / \text{FCR}] \times 100$$

$$\text{DEMP} = (\text{HDEP} \times \text{AEW}) / t$$

که در آن، EPEI: شاخص بهره‌وری تولید تخم‌مرغ، L: درصد زنده‌مانی، DEMP (kg): توده تخم‌مرغ تولید روزانه، FCR: ضریب

خصوصیات کیفی تخم‌مرغ

به‌منظور بررسی خصوصیات کیفی تخم‌مرغ‌های تولیدشده، در پایان دوره آزمایش چهار تخم‌مرغ از هر تکرار جمع‌آوری و پس از شماره‌گذاری به آزمایشگاه منتقل شدند و خصوصیات کیفی شامل دو دسته: کیفیت خارجی (شامل مقاومت، ضخامت و وزن پوسته) و کیفیت داخلی تخم‌مرغ (شامل ارتفاع سفیده، واحد‌ها، وزن زرده و رنگ زرده) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری واحد‌ها از دستگاه Egg Multi tester japan, 5200-EMT استفاده گردید. تعیین مقاومت پوسته به‌وسیله دستگاه مقاومت‌سنج دستی پوسته تخم‌مرغ انجام شد. سپس پوسته‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. بعد از خشک شدن، وزن پوسته‌ها توسط ترازوی دقیق با حساسیت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن زرده و سفیده، تخم‌مرغ‌ها را شکسته، سفیده و زرده آن‌ها از هم جدا شد. سپس با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند (Çabuk et al., 2003).

تجزیه بیوشیمیایی خون

در پایان آزمایش، خون‌گیری از دو پرنده از هر تکرار از طریق ورید بال انجام گرفت. نمونه‌های خون به آزمایشگاه منتقل شدند و سرم نمونه‌های خون جداسازی شد. تجزیه بیوشیمی سرم خون شامل گلوکز، کلسترول، LDL، تری‌گلیسرید و آنزیم‌های کبدی ALT (آلانین آمینوترانسفراز) و AST (آسپاراتات آمینوترانسفراز) با استفاده از

تبدیل غذایی، HDEP: تولید تخم مرغ، روز-مرغ AEW: میانگین وزن تخم مرغ و t: تعداد روز است.

که در آن، Y_{ij} : مقدار عددی هر مشاهده، μ : میانگین جامعه، T_i : اثر ماده آزمایشی و e_{ij} : خطای آزمایش است.

روش آماری تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج به دست آمده از این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS و رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و سطح معنی داری پنج درصد انجام شد. مدل آماری مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها به شرح معادله ۷ بود.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{معادله (۷)}$$

نتایج

جدول ۲- $C:\Users\sf-2$
soltani\AppData\Roaming\Microsoft\Word\8-1254.docx
درصد ترکیبات موجود در میلورم مورد استفاده در مطالعه حاضر را نشان می‌دهد. ماده خشک ۹۷ درصد، پروتئین خام ۴۰ درصد و چربی خام ۲۸ درصد بود.

جدول ۲- ترکیب مواد مغذی پودر میلورم (درصد)

Table 2- Nutrient composition of mealworm powder (percentage)

ترکیبات Composition	ماده خشک Dry Matter	پروتئین خام Crude protein	چربی خام Ether Extract	فیبر خام Crude Protein	عصاره عاری از ازل Nitrogen Free Extract	خاکستر Ash
پودر میلورم Mealworm	97	40	28	12.06	29.21	3.84

نتایج اثر پودر میلورم بر شاخص بهره‌وری تولید تخم مرغ (جدول ۳) نشان داد که به جز دوهفته اول، در بقیه هفته‌های اندازه‌گیری و کل دوره آزمایش، پرندهای تیمارهای دریافت کننده پودر میلورم به‌طور معنی داری ($P \leq 0.05$) شاخص بهره‌وری تولید تخم مرغ بالاتری نسبت به شاهد داشتند.

نتایج مربوط به تأثیر افزودن سطوح مختلف پودر میلورم بر صفات کیفی تخم مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۴ نشان داده شده است. درصد زرده تخم مرغ به‌طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P \leq 0.05$). سایر صفات کیفی تخم مرغ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$). گروه‌های تغذیه شده با یک و سه درصد پودر میلورم نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین درصد زرده بودند ($P \leq 0.05$).

نتایج مربوط به تأثیر افزودن سطوح مختلف پودر میلورم بر فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۵ نشان داده شده است. میزان LDL و آلانین آمینو ترانسفراز (ALT) به‌طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P \leq 0.05$). در سرم خون مرغ‌های تغذیه شده با سطح یک درصد پودر میلورم نسبت به سایر گروه‌ها، میزان LDL به‌طور معنی داری کاهش یافت ($P \leq 0.05$). سطح آنزیم آلانین آمینو ترانسفراز با افزایش سطح پودر میلورم به‌طور معنی داری افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در سطح سه درصد جیره میلورم مشاهده شد ($P \leq 0.05$). گلوکز، تری گلیسرید، کلسترول و آنزیم آسپاراتات آمینو ترانسفراز (AST) تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($P > 0.05$).

اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار طی دوره آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است. هرچند که تأثیر تیمارهای آزمایشی طی دو هفته اول آزمایش بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار معنی داری نبود ($P > 0.05$)، اما مرغ‌های تغذیه شده با یک درصد پودر میلورم نسبت به سایر گروه‌ها، بالاترین درصد تولید و کمترین میزان ضریب تبدیل خوراک را داشتند ($P > 0.05$).

اثر تیمارهای آزمایشی طی دو هفته دوم آزمایش تنها بر ضریب تبدیل غذایی مرغ‌های تخم‌گذار معنی داری بود ($P \leq 0.05$)، به‌طوری که مرغ‌های تغذیه شده با سطوح مختلف پودر میلورم نسبت به سایر گروه‌ها، کمترین میزان ضریب تبدیل خوراک را طی دو هفته دوم آزمایش داشتند ($P \leq 0.05$).

اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار طی دو هفته سوم آزمایش نشان دادند که درصد تولید تخم مرغ، توده تخم مرغ و ضریب تبدیل خوراک به‌طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P \leq 0.05$). مرغ‌های تغذیه شده با سطوح یک و دو درصد پودر میلورم نسبت به شاهد، بالاترین درصد تولید و میزان توده تخم مرغ را داشتند ($P \leq 0.05$). همچنین گروه تغذیه شده با سطح یک درصد پودر میلورم، ضریب تبدیل خوراک را به‌طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها بهبود بخشید ($P \leq 0.05$).

نتایج کل دوره آزمایش نشان داد که توده تخم مرغ و ضریب تبدیل خوراک به‌طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند ($P \leq 0.05$). مرغ‌های تغذیه شده با سطوح یک و دو درصد پودر میلورم نسبت به شاهد بالاترین میزان توده تخم مرغ را داشتند ($P \leq 0.05$). همچنین سطوح مختلف پودر میلورم، ضریب تبدیل خوراک را به‌طور معنی داری نسبت به شاهد بهبود بخشید ($P \leq 0.05$).

جدول ۳- تأثیر استفاده از سطوح مختلف پودر میلو در جیره بر عملکرد مرغهای تخمگذار
Table 3- Effect of using different levels of mealworm powder in the diet on the Performance parameters of laying hens

تیمار Treatment	دو هفته اول The first two weeks					دو هفته دوم The second two weeks					دو هفته سوم The third two weeks					کل دوره The whole course				
	EW میانگین وزن	EP درصد تولید	EM نرخ تولید	FI مصرف	FCR مصرف به نسبت تولید	EW میانگین وزن	EP درصد تولید	EM نرخ تولید	FI مصرف	FCR مصرف به نسبت تولید	EW میانگین وزن	EP درصد تولید	EM نرخ تولید	FI مصرف	FCR مصرف به نسبت تولید	EW میانگین وزن	EP درصد تولید	EM نرخ تولید	FI مصرف	FCR مصرف به نسبت تولید
شاهد Control	69.35	86.6 7	60.0 7	93.2 9	1.55	64.81	90.2 4	58.5 0	98.8 7	1.69 ^a	63.73	90.59 ^b	57.76 ^b	95.9 4	1.66 ^a	65.97	89.1 6	58.78 ^b	96.0 3	1.64 ^a
میلو ۱ درصد Mealworm 1 %	69.69	89.7 6	62.5 5	93.1 1	1.49	66.67	93.5 7	62.3 9	95.5 7	1.53 ^b	65.83	94.90 ^a	62.48 ^a	92.6 6	1.48 ^b	67.40	92.7 4	62.47 ^a	93.7 8	1.50 ^b
میلو ۲ درصد Mealworm 2 %	70.64	85.0 0	60.0 5	91.9 5	1.53	65.89	92.6 2	61.0 1	95.4 1	1.57 ^b	64.48	95.69 ^a	61.68 ^a	95.6 7	1.55 ^{ab}	67.01	91.1 0	60.91 ^a	94.3 4	1.55 ^b
میلو ۳ درصد Mealworm 3 %	69.97	85.9 5	60.1 0	93.5 4	1.56	66.45	94.7 6	62.9 6	97.5 3	1.55 ^b	65.39	93.33 ^a ^b	61.06 ^a ^b	94.3 0	1.55 ^{ab}	67.27	91.3 5	61.37 ^a	95.1 2	1.55 ^b
انحراف استاندارد SEM	0.48	0.68	0.49	0.48	0.01	0.32	0.81	0.65	0.73	0.02	0.38	0.72	0.66	0.86	0.02	0.26	0.55	0.48	0.47	0.01
P-value	0.83	0.06	0.20	0.70	0.41	0.17	0.24	0.06	0.30	0.02	0.22	0.05	0.04	0.54	0.04	0.21	0.14	0.03	0.37	0.01

EW: Egg weight (g/m), EP: Egg production (%), EM: Egg mass (g/h/d), FI: Feed intake (g/d), FCR: Feed conversion ratio (g feed intake/g egg mass)
In each column, means with different letters are statistically significantly different ($P \leq 0.05$).

جدول ۳- تأثیر استفاده از سطوح مختلف پودر میلورم در جیره بر شاخص بهره‌وری تولید تخم‌مرغ
Table 4- Effect of using different levels of mealworm powder in egg production efficiency index (EPEI)

تیمار	دو هفته اول	دو هفته دوم	دو هفته سوم	کل دوره
Treatment	The first two weeks	The second two weeks	The third two weeks	The whole course
	شاخص بهره‌وری	شاخص بهره‌وری	شاخص بهره‌وری	شاخص بهره‌وری
	EPEI	EPEI	EPEI	EPEI
شاهد	387.27	384.11 ^b	348.65 ^b	360.01 ^b
Control				
یک درصد پودر میلورم	421.64	435.56 ^a	422.72 ^a	416.84 ^a
Mealworm 1%				
دو درصد پودر میلورم	392.40	421.56 ^a	398.69 ^a	394.23 ^a
Mealworm 2%				
سه درصد پودر میلورم	386.74	429.33 ^a	395.96 ^a	396.50 ^a
Mealworm 3%				
انحراف استاندارد میانگین	14.15	10.69	15.64	10.62
SEM				
سطح احتمال	0.283	0.016	0.029	0.013
value-P				

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مختلف تفاوت آماری معنی‌داری دارند ($P \leq 0.05$).

In each column, means with different letters are statistically significantly different ($P \leq 0.05$).

جدول ۴- تأثیر استفاده از سطوح مختلف پودر میلورم در جیره بر صفات کیفی تخم‌مرغ مرغ‌های تخم‌گذار
Table 5- Effect of using different levels of mealworm powder in the diet on the egg quality traits of laying hens

تیمار	وزن تخم‌مرغ (گرم)	درصد سفیده	درصد زرده	درصد پوسته	واحد هاو	استحکام پوسته
Treatment	Egg weight (g)	Albumen percentage	Yolk percentage	Egg shell percentage	Hough unit	(kg m/s ²)
شاهد	65.87	60.03	26.74 ^b	13.22	65.42	2.10
Control						
یک درصد پودر میلورم	65.42	56.46	30.24 ^a	13.29	65.87	2.82
Mealworm 1%						
دو درصد پودر میلورم	63.62	61.04	26.69 ^b	12.26	63.62	2.50
Mealworm 2%						
سه درصد پودر میلورم	64.42	56.78	29.61 ^a	13.60	64.42	2.62
Mealworm 3%						
انحراف استاندارد میانگین	0.86	0.77	0.57	0.35	0.96	0.22
SEM						
سطح احتمال	0.87	0.06	0.02	0.60	0.87	0.74
value-P						

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مختلف تفاوت آماری معنی‌داری دارند ($P \leq 0.05$).

In each column, means with different letters are statistically significantly different ($P \leq 0.05$).

جدول ۵- تأثیر استفاده از سطوح مختلف پودر میلورم در جیره بر فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار

Table 6- Effect of using different levels of mealworm powder in the diet on the blood parameters of laying hens

تیمار Treatment	گلوکز Glucose (mg/dl)	تری‌گلیسرید Triglyceride (mg/dl)	کلسترول Cholesterol (mg/dl)	کلسترول بد (mg/dl) LDL*	آسپاراتات ترانس آمیناز (u/L) AST	آلانین ترانس آمیناز (u/L) ALT
شاهد Control	261.00	1583.6	139.40	71.80 ^a	177.60	8.80 ^{bc}
یک درصد پودر میلورم Mealworm 1%	252.60	1255.6	121.20	47.80 ^b	162.60	8.00 ^c
دو درصد پودر میلورم Mealworm 2%	278.60	1979.4	199.00	71.60 ^a	166.60	10.20 ^{ab}
سه درصد پودر میلورم Mealworm 3%	269.80	1619.4	174.40	67.40 ^a	162.80	11.00 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	4.74	117.10	13.41	3.28	4.25	0.36
سطح احتمال value-P	0.25	0.19	0.16	0.01	0.59	0.004

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مختلف تفاوت آماری معنی‌داری دارند ($P \leq 0.05$).In each column, means with different letters are statistically significantly different ($P \leq 0.05$).

*Low-Density Lipoprotein, Aspartate Transaminase, Alanine Transaminase.

جدول ۶- تأثیر استفاده از سطوح مختلف پودر میلورم در جیره بر عیار پادتن علیه گلبول‌های قرمز گوسفندی در مرغ‌های تخم‌گذار (لگاریتم در مبنای ۲)

Table 7- Effect of using different levels of mealworm powder in the diet on the immune response of laying hens (Log 2)

تیمار Treatment	پاسخ اولیه Primary response	پاسخ ثانویه Secondary response
شاهد Control	6.25	7.25 ^b
یک درصد پودر میلورم Mealworm 1%	6.85	8.42 ^a
دو درصد پودر میلورم Mealworm 2%	7.20	8.37 ^a
سه درصد پودر میلورم Mealworm 3%	7.37	8.5 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.18	0.21
سطح احتمال value-P	0.08	0.03

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مختلف تفاوت آماری معنی‌داری دارند ($P \leq 0.05$).In each column, means with different letters are statistically significantly different ($P \leq 0.05$).

جدول ۷- نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای آزمایشی بر سیستم

ایمنی مرغ‌های تخم‌گذار را نشان می‌دهد. میزان عیار پادتن اولیه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). در عیار ثانویه علیه گلبول‌های قرمز گوسفندی اثر تیمارها معنی‌دار بود و عیار پادتن تیمارهای دریافت‌کننده میلورم به‌طور معنی‌داری بالاتر از شاهد بود

بحث

در این پژوهش، اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی میلورم مورد استفاده ۲۸ درصد چربی خام، ۴۰ درصد پروتئین خام و ۹۷ درصد ماده

خشک را نشان داد. درحالی که نویسندگان دیگری گزارش کردند که میزان پروتئین خام پودر خشک شده میلورم بین ۳۱ تا ۵۰ درصد، فیبر خام ۱۰ تا ۱۵ درصد، خاکستر ۳ تا ۵ درصد، چربی خام ۳۱ تا ۴۳ درصد و انرژی خام آن بین ۵۸۹۰ تا ۶۵۲۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم گزارش شده است (Makkar et al., 2014). مقدار پروتئین و چربی موجود در لاروها بستگی زیادی به نوع رژیم غذایی آن‌ها دارد. همچنین پروفایل اسیدهای آمینه موجود در لاروها نیز تحت تأثیر رژیم غذایی آن‌ها قرار می‌گیرد. این پدیده از آن جهت دارای اهمیت است که می‌توان با تغییر رژیم غذایی، میزان اسیدهای آمینه دارای گوگرد (مانند سیستئین و متیونین) را در لاروها افزایش داد و از لاروها به عنوان رژیم غذایی مناسب برای پرورش ماکیان استفاده کرد. لارو میلورم یکی از بالاترین مقادیر پروتئین (از ۴۷/۷۶ تا ۵۳/۱۳ درصد) و لیپید (۲۷/۲۵ تا ۳۸/۲۶ درصد) را دارد، و در هر ۱۰۰ گرم آن حدود ۳۷۹ تا ۵۷۳ کیلوکالری انرژی دارد. بنابراین انرژی دریافتی از حشرات برای امنیت غذایی مهم می‌باشد (Ribeiro, 2017; Alves et al., 2016). میلورم‌ها دارای میزان بالایی از پروتئین هستند و همچنین مقادیر قابل توجهی اسیدهای چرب اشباع نشده دارند. میلورم‌ها به عنوان منبع روی شناخته می‌شوند و همچنین حاوی منیزیم و کلسیم هستند. میلورم‌ها همچنین منبع خوبی از تمام اسیدهای آمینه ضروری می‌باشند. آنالیز ترکیبات نشان می‌دهد که در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک لارو میلورم ۵۲ گرم پروتئین، ۲۵ گرم چربی، ۲ گرم فیبر، ۳/۶ خاکستر و ۱۸۶۰ کیلوکالری انرژی وجود دارد (Jin et al., 2016).

در آزمایش حاضر طی دو هفته اول، عملکرد پرندگان تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت و طی دو هفته دوم، ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر مصرف میلورم بهبود یافت. طی دو هفته سوم آزمایش، مصرف سطوح یک و دو درصد میلورم، تولید و توده تخم‌مرغ را افزایش و سطح یک درصد، ضریب تبدیل خوراک را کاهش داد. در کل شش هفته در این مطالعه مصرف خوراک، درصد تولید و میانگین وزن تخم‌مرغ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. درحالی که تحت تأثیر مصرف میلورم، توده تخم‌مرغ افزایش و ضریب تبدیل خوراک کاهش یافت. زوته و همکاران (Dalle Zotte et al., 2019) و اولاده و همکاران (Ullah et al., 2017) با افزودن حشرات در جیره بلدرچین‌های تخم‌گذار و مرغ‌های تخم‌گذار اثر معنی‌داری بر مصرف خوراک، درصد تولید تخم و وزن تخم مشاهده نکردند که با نتایج مطالعه حاضر، به غیر از دو هفته سوم که درصد تولید با مصرف میلورم افزایش یافت، هم‌خوانی دارد. این نویسندگان همچنین اثر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک با استفاده از حشرات در جیره طیور مشاهده نکردند که مخالف نتایج کلی این پژوهش است. در پژوهشی گزارش شد که استفاده از چهار درصد میلورم در جوجه‌های گوشتی به عنوان جایگزین پروتئینی در دوره رشد و کل دوره نسبت به

شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما در دوره استارتر وزن‌گیری را افزایش داد (Elahi et al., 2020). در پژوهش دیگری نیز جایگزینی کامل کنجاله سویا با میلورم در جیره جوجه‌های گوشتی ۳۰ تا ۶۲ روزگی، وزن بدن و وزن‌گیری تحت تأثیر قرار نگرفت، اما مصرف خوراک ۴۶ تا ۶۲ روزگی و ضریب تبدیل خوراک نیز ۴۶ تا ۶۲ روزگی و ۳۰ تا ۶۲ روزگی نیز تحت تأثیر مصرف میلورم کاهش یافت (Bovera et al., 2015). ایسلام و یانگ (Islam & Yang, 2017) با استفاده از میلورم و سوپر میلورم به عنوان پروبیوتیک جایگزین آنتی‌بیوتیک در جیره جوجه‌های گوشتی تحت چالش با *Salmonella* و *E. coli* افزایش وزن نهایی، وزن‌گیری و مصرف خوراک و در نهایت کاهش ضریب تبدیل خوراک را گزارش کردند. در پژوهش دیگری، مصرف سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد میلورم در جوجه‌های گوشتی در سنین ۱۲ و ۲۵ روزگی به صورت خطی و در ۵۳ روزگی به صورت درجه دوم باعث افزایش وزن زنده شد. برخلاف نتایج پژوهش حاضر، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک نیز در پژوهش مذکور به صورت معنی‌دار یا تمایل به معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Biasato et al., 2018).

لیزین، دومین اسید آمینه محدودکننده در گونه‌های پرندگان است. براساس نتایج فخرایی و همکاران (Fakhraei et al., 2010)، نیاز به لیزین برای توده تخم‌مرغ مطلوب، بیشتر از احتیاج به لیزین براساس تولید تخم‌مرغ است (حدود ۱۵ درصد بیش از مقدار توصیه شده). بنابراین، تأمین مقدار لیزین بیشتر، اضافه بر میزان پیشنهاد شده توسط استانداردهای پرورش است که بر توده تخم‌مرغ تأثیر مثبت می‌گذارد. میلورم‌ها کیفیت و کمیت بالایی از مشخصات پروتئین و اسیدهای آمینه دارند و لیزین جزء فراوان‌ترین اسیدهای آمینه ضروری در لاروهای میلورم می‌باشد. براساس (NRC, 2012) محتوای لیزین در لاروهای میلورم از ۱/۵۸ تا ۵/۷۶ درصد متفاوت است. حشرات، منبع پروتئین و قابل مصرف برای انسان و حیوان هستند و نزدیک به ۱۰۰ درصد آن قابل مصرف می‌باشد. حشرات دارای مقادیر زیادی پروتئین، ویتامین، مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری هستند و اعلام شده زمانی که برای تغذیه حیوانات تک‌معدله‌ای استفاده می‌شوند باعث بهبود عملکرد رشد و قابلیت هضم در مقایسه با دیگر منابع پروتئینی می‌شوند (Veldkamp et al., 2012). میلورم سرشار از فیبر و اسیدهای چرب است. بنابراین، هضم غذا را بهبود می‌بخشد (Siemianowska et al., 2013). به دلیل اینکه حشرات جزئی از جیره طبیعی طیور هستند، بنابراین طیور می‌توانند حشرات را با بازده بیشتری نسبت به حیوانات دیگر استفاده کنند. کیتیناز، همان آنزیمی که می‌تواند کیتین اسکلت خارجی بی‌مهرگان را هیدرولیز کند، در معده بعضی از پرندگان حشره‌خوار یافت می‌شود. مواد مغذی بالای میلورم و بالا بودن قابلیت هضم آن و همچنین بهبود قابلیت هضم در پرندگان می‌تواند دلیل افزایش تولید، توده تخم‌مرغ و در نهایت بهبود

کیفیت خوراک بر پروفیل خون تأثیر می‌گذارد. مطالعه خون‌شناسی ابزار مهمی است که به‌عنوان یک شاخص واقعی و حساس برای پایش تغییرات فیزیولوژیکی و پاتولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. سنجش شاخص‌های خون به‌عنوان یک رویکرد ارزشمند برای تجزیه و تحلیل وضعیت سلامت پرندگان و حیوانات پرورشی تأیید شده است، زیرا این شاخص‌ها اطلاعات ثابتی در مورد اختلالات متابولیک و وضعیت استرس در یک محیط آزمایشی ارائه می‌دهند (Bahmani et al., 2001). در این پژوهش، اکثر فراسنجه‌های خونی بدون تغییر باقی ماندند، بنابراین نشان می‌دهد که استفاده از پودر لارو میلورم هیچ اثر نامطلوبی بر فراسنجه‌های فیزیولوژیکی و عملکردی نداشته است.

بوورا و همکاران (Bovera et al., 2018) گزارش کردند که در مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه‌شده با جیره غذایی لارو مگس سرباز سیاه در جایگزینی با کنجاله سویا در دو سطح (۲۵ و ۵۰ درصد) غلظت کلسترول سرم کاهش یافت، اما نتایج آزمایش دیگری نشان داد که غلظت تری‌گلیسرید و کلسترول در جوجه‌های گوشتی نر از سن ۳۰ تا ۶۲ روز، تحت تأثیر جایگزینی کامل کنجاله سویا با پودر لارو میلورم قرار نگرفت (Bovera et al., 2015). در پژوهش مارنو و همکاران (Marono et al., 2017)، کاهش غلظت کلسترول سرم مرغ‌های تخم‌گذار دریافت‌کننده کنجاله لارو مگس سرباز سیاه به‌عنوان جایگزین کل کنجاله سویا از ۲۴ تا ۴۵ هفتهگی مشاهده شد. همچنین مشابه نتایج آزمایش حاضر، گزارش شد که غلظت گلوکز سرم، غلظت آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات آمینوترانسفراز کبد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی (جایگزینی کامل کنجاله سویا با لارو مگس سرباز سیاه) قرار نگرفت (Marono et al., 2017). شریعت‌زاده و همکاران (Shariat Zadeh et al., 2020) در بررسی تأثیرات افزودن پودر میلورم به‌عنوان جایگزین پودر ماهی در جیره بر غلظت فراسنجه‌های سرم بلدرچین‌های تخم‌گذار گزارش کردند که غلظت کلسترول سرم در بلدرچین‌های تغذیه‌شده با ۷۵ و ۱۰۰ درصد پودر میلورم به‌جای پودر ماهی بیشتر از غلظت مشاهده‌شده برای پرندگان در گروه‌های دیگر بود. تری‌گلیسرید و HDL سرم در آزمایش مذکور تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند.

مخالف با نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه زنگ و همکاران (Zang et al., 2018)، تأثیر پودر کرم خاکی (۱، ۳ و ۵ درصد) بر پولات‌های نه هفته، نتایج غلظت آلانین آمینوترانسفراز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. شیوانه و همکاران (Schiavone et al., 2017)، اثر لارو مگس سرباز سیاه در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزینی با کنجاله سویا را مورد مطالعه قرار دادند. صفات خونی (تری‌گلیسرید، کلسترول، آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات آمینوترانسفراز) به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر تیمارهای غذایی قرار نگرفت و تمام صفات ارزیابی‌شده در آزمایش در محدوده فیزیولوژیکی

ضریب تبدیل خوراک باشد. میلورم در مقایسه با منابع پروتئین حیوانی دیگر، منبع خوبی از اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب ضروری است و همچنین مقادیر قابل توجهی از ویتامین‌ها، مواد معدنی و سایر مؤلفه‌های ضروری جیره غذایی را تأمین می‌کند. پروتئین استخراج شده از میلورم حاوی پروتئین و لیپیدی است که عملکردی شبیه به پروتئین‌های حیوانی و گیاهی دیگر را دارد و این خواص همراه با محتوای اسید آمینه ضروری، از آن‌ها یک ماده غذایی مناسب می‌سازد (Costa, 2017) و می‌تواند در نهایت باعث افزایش بهره‌وری در شاخص‌های تولیدی شود.

استاستنیک و همکاران (Stastnik et al., 2021) نشان دادند که استفاده از پودر میلورم در مرغ‌های تخم‌گذار اثرات قابل توجهی بر سلامت دستگاه گوارش، تولیدمثل، ایمنی و پروفایل لیپیدی خون دارد و مصرف پودر میلورم موجب بهبود ریخت‌شناسی روده، افزایش ارتفاع پرزهای روده و عمق کریپت می‌شود. مشخص شد که پودر میلورم دارای ترکیبات زیست‌فعال از قبیل کیتین و پپتیدها می‌باشد که نقش پروبیوتیکی داشته و باعث رشد باکتری‌های مفید روده و کاهش عوامل بیماری‌زا و ارتقای سلامت دستگاه گوارش می‌شود (Mohammadi et al., 2025). از اثرات دیگر فراسودمند پودر میلورم، می‌توان بهبود سیستم ایمنی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش‌های اکسیداتیو (Jiang et al., 2024) را نام برد. نتایج این آزمایش نشان داد که پودر میلورم، اثرات فراسودمندی دارد و باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی و پاسخ ایمنی و کاهش سطح LDL سرم خون شد و در تمام سطوح استفاده‌شده در جیره نسبت به شاهد، شاخص بهره‌وری تولید تخم‌مرغ را افزایش داد.

در پژوهش حاضر، خصوصیات کیفی تخم‌مرغ شامل درصد پوسته، واحد هاو و استحکام پوسته در این آزمایش تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند، اما در سطح یک درصد و سه درصد میلورم، درصد زرده نسبت به شاهد و دو درصد میلورم افزایش یافت. اولاده و همکاران (Ullah et al., 2017) اظهار داشتند که جایگزین کردن کنجاله سویا با پودر کرم ابریشم، وزن و ضخامت پوسته، میانگین وزن سفیده و زرده و واحد هاو تخم‌مرغ را تحت تأثیر قرار نداد. در مطالعه آگانیاد و همکاران (Agunbiade et al., 2007)، جیره‌های دارای سطوح مختلف لارو ماگوت به‌عنوان جایگزین با پودر ماهی، ضخامت و وزن پوسته را به‌صورت خطی کاهش دادند. تخم‌مرغ‌های پرندگانی که با گروه شاهد تغذیه شدند در مقایسه با ۱۰۰ درصد پودر ماهی، بیشترین ضخامت و وزن پوسته را داشتند. با این حال تأثیر معنی‌داری بر واحد هاو مشاهده نشد. آماو و همکاران (Amao et al., 2010) تأثیر مصرف ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد لارو وست وود بر خصوصیات کیفی تخم‌مرغ‌های نژاد براون را بررسی کردند و طبق نتایج، پودر این لارو حشره، واحد هاو را تحت تأثیر قرار نداد.

گرمینگر و اسکنز (Griminger & Scanes, 1986) بیان کردند که غلظت بالای گلوبولین و نسبت پایین آلبومین به گلوبولین نشان‌دهنده مقاومت بهتر در برابر بیماری و پاسخ ایمنی در پرندگان است. همچنین نتایج شریعت‌زاده و همکاران (Shariat Zadeh et al., 2020) نشان داد که پودر لارو میلورم هیچ تأثیر مخربی بر ایمنی ندارد و بر وضعیت سلامتی بلدرچین‌های تخم‌گذار تأثیر منفی نمی‌گذارد. در مطالعه حاضر، استفاده از پودر لارو میلورم عیار پادتن ثانویه را نسبت به شاهد افزایش داد. بنابراین این نتایج نشان می‌دهد که کرم‌های میلورم باعث بهبود پاسخ ایمنی پرندگان می‌شوند. حشرات خوراکی، میزان قابل توجهی فیبر به‌شکل کیتین دارند (Liu et al., 2007; Finke, 2012). کیتین در این لارو به‌دلیل خاصیت پری‌بیوتیکی می‌تواند اثرات مفیدی بر سیستم ایمنی مصرف‌کننده داشته باشد (Bovera et al., 2015). علاوه بر این، ون هویز (Van Huis, 2013) مشاهده کرد که تغذیه حشرات به جوجه‌ها ممکن است استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها را در صنعت طیور کاهش دهد که می‌تواند به‌دلیل اثرات نامطلوب شناخته‌شده آنتی‌بیوتیک‌ها بر سلامت انسان (سویه‌های باکتری مقاوم به دارو) بسیار مهم باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از یک درصد پودر میلورم در جیره مرغ‌های تخم‌گذار می‌تواند سبب بهبود پاسخ ایمنی، شاخص بهره‌وری تولید تخم‌مرغ و ضریب تبدیل غذایی شود.

سپاسگزاری

از مسئولین دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت فراهم‌نمودن امکانات پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

قرار گرفتند (Lumej, 2008)، بنابراین نشان می‌دهد که گنجاندن لارو مگس سرباز سیاه به جیره غذایی بر وضعیت سلامت حیوانات تأثیر منفی نمی‌گذارد. موافق با نتایج حاضر، غلظت آلانین آمینوترانسفراز و آسپارات آمینوترانسفراز در جوجه‌های گوشتی نر از سن ۳۰ تا ۶۲ روز، تحت تأثیر جایگزینی کامل کنجاله سویا با پودر لارو میلورم افزایش یافت (Bovera et al., 2015). در آزمایش حاضر، غلظت آلانین آمینوترانسفراز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، به‌طوری‌که تیمار حاوی یک درصد پودر میلورم پایین‌ترین غلظت آلانین آمینوترانسفراز را داشت. برخلاف اکثر حیوانات اهلی، آلانین آمینوترانسفراز یک شاخص کمتر اختصاصی برای عملکرد کبد در پرندگان است، زیرا در بسیاری از بافت‌های محیطی (به‌ویژه ماهیچه‌ها) نیز یافت می‌شود و از این‌رو دارای تنوع بسیار گسترده‌ای است (Attia et al., 2014). از آنجایی که فعالیت آلانین آمینوترانسفراز در بسیاری از بافت‌های مختلف رخ می‌دهد، ارزش تشخیصی خاص این آنزیم در پرندگان ضعیف است، زیرا فعالیت‌های بالا را می‌توان با تغییرات پاتولوژیک تقریباً در همه بافت‌ها افزایش داد. به‌عنوان مثال، فعالیت در گلوبول‌های قرمز ۱/۶ برابر بیشتر از پلاسما است و همولیز باعث افزایش فعالیت می‌شود (Lumej, 1988).

مطالعات بسیار کمی در مورد تأثیر استفاده از پودر حشرات به‌عنوان منبع پروتئین جایگزین بر ایمنی مرغ‌های تخم‌گذار وجود دارد. در مطالعه حاضر، عدم وجود مرگ‌ومیر و علائم بالینی مشکل (مانند اسهال) و همچنین عدم کاهش وزن در گروه‌های آزمایشی نشان داد که پودر لارو میلورم هیچ اثر منفی بر وضعیت سلامت مرغ تخم‌گذار نداشت. بوورا و همکاران (Bovera et al., 2015)، مشاهده کردند که استفاده از کنجاله لارو میلورم برای تغذیه جوجه‌های گوشتی نر از سن ۳۰ تا ۶۲ روز، نسبت آلبومین به گلوبولین در گروهی که با پودر لارو میلورم تغذیه کردند، کاهش یافت. در این رابطه،

References

1. Agunbiade, J. A., Adeyemi, O. A., Ashiru, O. M., Awojobi, H. A., Taiwo, A. A., Oke, D. B., & Adekunmisi, A. A. (2007). Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layers' diets. *The Journal of Poultry Science*, 44(3), 278-282. <https://doi.org/10.2141/jpsa.44.278>
2. Alves, A. V., Sanjinez-Argandoña, E. J., Linzmeier, A. M., Cardoso, C. A. L., & Macedo, M. L. R. (2016). Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour. *Public Library of Science*, 11(3), e0151275. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151275>
3. Amao, O. A., Oladunjoye, I. O., Togun, V. A., Olubajo, K., & Oyaniyi, O. (2010). Effect of westwood (*Cirina forda*) larva meal on the laying performance and egg characteristics of laying hen in a tropical environment. *International Journal of Poultry Science*, 9(5), 450-454. <https://doi.org/10.3923/ijps.2010.450.454>
4. AOAC International. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International (Vol. 17, No. 1-2). AOAC International.
5. Attia, Y. A., Abd Al-Hamid, A. E., Ibrahim, M. S., Al-Harhi, M. A., Bovera, F., & Elnaggar, A. S. (2014). Productive performance, biochemical and hematological traits of broiler chickens supplemented with propolis, bee pollen, and mannan oligosaccharides continuously or intermittently. *Livestock Science*, 164, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.005>
6. Bahmani, M., Kazemi, R., & Donskaya, P. J. F. P. (2001). A comparative study of some hematological features in

- young reared sturgeons (*Acipenser persicus* and *Huso huso*). *Fish physiology and Biochemistry*, 24, 135-140. <https://doi.org/10.1023/A:1011911019155>
7. Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S. & Schiavone, A. (2018). Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poultry science*, 97(2), 540-548. <https://doi.org/10.3382/ps/pex308>
8. Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., & Nizza, A. (2015). Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science*, 56(5), 569-575. <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815>
9. Çabuk, M., Alçiçek, A., Bozkurt, M., & İmre, N. (2003). Antimicrobial properties of the essential oils isolated from aromatic plants and using possibility as alternative feed additives. II. National Animal Nutrition Congress. 18-20 September, Konya, Turkey. pp. 184-187.
10. Collavo, A. L. B. E. R. T. O., Glew, R. H., Huang, Y. S., Chuang, L. T., Bosse, R. E. B. E. C. C. A., & Paoletti, M. G. (2005). House cricket small-scale farming. *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*, 27, 515-540.
11. Costa, S. M. (2017). Proteínas de larvas de *Tenebrio molitor* (L., 1758): *Extração, caracterização e aplicação num produto alimentar*. MSc. Thesis, Universidade de Lisboa (Portugal).
12. Dalle Zotte, A., Singh, Y., Michiels, J., & Cullere, M. (2019). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) as dietary source for laying quails: Live performance, and egg physico-chemical quality, sensory profile and storage stability. *Animals*, 9(3), 115. <https://doi.org/10.3390/ani9030115>
13. Elahi, U., Wang, J., Ma, Y. B., Wu, S. G., Wu, J., Qi, G. H., & Zhang, H. J. (2020). Evaluation of yellow mealworm meal as a protein feedstuff in the diet of broiler chicks. *Animals*, 10(2), 224. <https://doi.org/10.3390/ani10020224>
14. Fakhraei, J., Loutfollahian, H., Shivazad, M., Chamani, M., & Hoseini, S. A. (2010). Reevaluation of lysine requirement based on performance responses in broiler breeder hens. *African Journal of Agricultural Research*, 5(16), 2137-2142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.003>
15. Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology: Published in Affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 21(3), 269-285. <https://doi.org/10.1002/zoo.10031>
16. Finke, M. D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology: Published in Affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 26(2), 105-115. <https://doi.org/10.1002/zoo.20123>
17. Griminger, P., & Scanes, C. G. (1986). Protein Metabolism. In *Avian Physiology*. pp. 326-344. New York, NY: Springer New York.
18. Huis, A. V., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 171, 1-201.
19. Islam, M. M., & Yang, C. J. (2017). Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenged orally with *Salmonella* and *E. coli* infection in broiler chicks. *Poultry Science*, 96(1), 27-34. <https://doi.org/10.3382/ps/pew220>
20. Jiang, T., Zhao, X., Li, H., Zhang, L., Tang, B., Ding, Y., & Wu, Y. (2024). Effects of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae meal on the growth performance, serum biochemical parameters and caecal metabolome in broiler chicks. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 813-823. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2350230>
21. Jin, X. H., Heo, P. S., Hong, J. S., Kim, N. J., & Kim, Y. Y. (2016). Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(7), 979. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0535>
22. Liu, S., Sun, J., Yu, L., Zhang, C., Bi, J., Zhu, F., & Yang, Q. (2012). Extraction and characterization of chitin from the beetle *Holotrichia parallela* Motschulsky. *Molecules*, 17(4), 4604-4611. <https://doi.org/10.3390/molecules17044604>
23. Lukanov, H., Atanas Genchev, A., & Todor Petrov, T. (2023). The Egg Production Efficiency Index (EPEI) as an economic indicator for measuring poultry egg production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 29(4), 747-751.
24. Lumeij, J. T. (1988). Avian Clinical Pathology: Some Experimental Findings of Importance to the Practitioner. In *Proc. Association of Avian Veterinarians*. pp. 79-86.
25. Lumeij, J. T. (2008). Avian Clinical Biochemistry. In: JJ Kaneko, JW Harwey and ML Bruss (Eds). *Clinical*

- Biochemistry of Domestic Animals. Oxford (UK): Elsevier Academic Press; p. 839–872. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.00030-1>
26. Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
27. Marono, S., Loponte, R., Lombardi, P., Vassalotti, G., Pero, M. E., Russo, F., Gasco, L., Parisi, G., Piccolo, G., Nizza, S., Di Meo, C., Attia, Y.A., & Bovera, F. (2017). Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poultry Science*, 96(6), 1783-1790. <https://doi.org/10.3382/ps/pew461>
28. Matson, K. D., Ricklefs, R. E., & Klasing, K. C. (2005). A hemolysis–hemagglutination assay for characterizing constitutive innate humoral immunity in wild and domestic birds. *Developmental & Comparative Immunology*, 29(3), 275-286. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2004.07.006>
29. Mohammadi, S., Torki, M., & Maryam Darbemamieh, M. (2025). Effects of mealworm-based synbiotics on productive performance, egg quality, blood metabolites, and gut health in laying Japanese quails. *Food Science Nutrition*, Nov 26, 13(12), e71281. <https://doi.org/10.1002/fsn3.71281>
30. National Research Council, Life Studies, & Committee on Nutrient Requirements of Swine. (2012). Nutrient Requirements of Swine. T. R. Edition.
31. Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., & Pino, J. M. (2002). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 214-220. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.214>
32. Ribeiro, N. T. G. M. (2017). *Tenebrio molitor* for Food or Feed: Rearing Conditions and the Effects of Pesticides on its Performance. Masters Thesis, Polytechnic Institute of Coimbra, 1-51.
33. Schiavone, A., Cullere, M., De Marco, M., Meneguz, M., Biasato, I., Bergagna, S., & Dalle Zotte, A. (2017). Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 16(1), 93-100. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968>
34. Shariat Zadeh, Z., Kheiri, F., & Faghani, M. (2020). Productive performance, egg-related indices, blood profiles, and interferon- γ gene expression of laying Japanese quails fed on *Tenebrio molitor* larva meal as a replacement for fish meal. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 274-281. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1722970>
35. Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K. A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A., & Jedras, M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agricultural Sciences*, 4(6), 287-291. <https://doi.org/10.4236/as.2013.46041>
36. Stastnik, O., Novotny, J., Roztocilova, A., Kouril, P., Kumbar, V., Cernik, J., Kalhotka, L., Pavlata, L., & Lacina, L. (2021). Safety of mealworm meal in layer diets and their influence on gut morphology. *Animals*, 11(5), 1439. <https://doi.org/10.3390/ani11051439>
37. Tacon, A. G., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1-4), 146-158. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>
38. Ullah, R., Khan, S., Khan, N. A., Mobashar, M., Sultan, A., Ahmad, N., & Lohakare, J. (2017). Replacement of soybean meal with silkworm meal in the diets of white leghorn layers and effects on performance, apparent total tract digestibility, blood profile and egg quality. *International Journal of Veterinary Health Science Research*, 5(7), 200-207. <https://doi.org/10.19070/2332-2748-1700040>
39. Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58(1), 563-583. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
40. Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C. M. M., Ottevanger, E., Bosch, G., & Van Boekel, T. (2012). Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: A feasibility study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: Een haalbaarheidsstudie (No. 638). Wageningen UR Livestock Research.
41. Yang, Y. X., Guo, J., Yoon, S. Y., Jin, Z., Choi, J. Y., Piao, X. S., Kim, B. W., Ohh, S. J., Wang, M. H., & Chae, B. J. (2009). Early energy and protein reduction: Effects on growth, blood profiles and expression of genes related to protein and fat metabolism in broilers. *British Poultry Science*, 50(2), 218-227. <https://doi.org/10.1080/00071660902736706>
42. Zang, Y. T., Bing, S., Zhang, Y. Z., Sheng, X. W., & Shu, D. Q. (2018). Effects of dietary supplementation with earthworm powder on production performance, blood characteristics, and heavy metal residues of broiler pullets. *Journal of Applied Poultry Research*, 27(4), 609-615. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy024>