



The effect of dietary copper and L-Arginine supplementation on production performance, egg quality parameters, and serum biochemical metabolites of laying hens at 22 to 30 weeks of age

Hasan Rouhanipour¹ | Omid Ashayerizadeh² | Seyed Davood Sharifi³ | Behrouz Dastar⁴

1. Corresponding Author, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hassan.rouhanipour_s99@gau.ac.ir
2. Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: o.ashayeri@gau.ac.ir
3. Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: sdsharifi@ut.ac.ir
4. Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: dastar@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 26 February 2025
Received in revised form
17 May 2025
Accepted 19 May 2025
Published online 27 June 2025

Keywords:

Blood serum metabolites
Copper
L-arginine
Laying hen
Production performance

ABSTRACT

Objective: Young laying hens produce eggs with inferior eggshell quality, which is commonly reported as a problem in laying hens farms as it limits the productive life of hens and decreases table egg quality, which has a great negative impact on the poultry industry. In recent years, poultry research has often focused attention on the potent effects of dietary arginine (Arg) on poultry performance. Also, the use of amino acid supplements with an essential trace element (Copper sulfate; CuSO₄) in the diets of laying hens has become essential as a result of their lack of access to fresh feed, storage in cages, and processing of feed.

Methods: The effects of dietary copper and L-Arginine supplementation on production performance, egg quality parameters, and serum biochemical metabolites during 22 to 30 weeks of age with a total of 288 Hy-Line W-80 white laying hens were used in 2×3 factorial arrangements with two levels of supplemental Cu (8 and 16 mg/kg in the layer diet denoted as Cu8, Cu16) and three levels of LA [include the recommended level according to Hy-line (RHL), as well as 20% higher (LA20) and 40% higher (LA40) than the recommended level] in the diet, 6 replicates with 8 birds per cage, for 8 weeks. The eggs produced were collected daily and after weighing, the percentage of laying, feed intake, conversion factor, average egg weight and egg shape index were calculated weekly. On the last two days of each week, the eggs produced by each experimental unit were collected and tested for qualitative traits such as shell thickness, haugh unit, and etc. Feed intake of experimental units was calculated from the fraction of feed consumed at the end of the period from the feed allocated at the beginning of the period, based on hen days. At the end of 30 weeks, two birds with close to average weight were selected from each replicate and 5 ml of blood was collected from them with a syringe through the wing vein and transported to the laboratory using regular (non-heparin) blood tubes to measure serum biochemical parameters (LDL, HDL, glucose, triglycerides, cholesterol) and estradiol hormone.

Results: Egg production of birds in response to Cu16+LA20 and Cu16+RHL diets increased, compared to birds fed with Cu8+RHL ($P<0.05$). Feed conversion ratio of birds in response to Cu16+RHL diet decreased, compared to birds fed with Cu8+LA40 ($P<0.05$). The egg Shape index in birds fed Cu16+LA20 increased, compared to Cu8+RHL, Cu8+LA20, and Cu16+RHL diets ($P<0.05$). Cholesterol was decreased in the groups supplemented with Cu16+LA40, compared to those fed with Cu16+RHL and Cu8+LA20 treatments ($P<0.05$). The serum superoxide dismutase level in birds fed Cu16+LA40 increased compared to birds fed Cu8+LA20 ($P<0.05$).

Conclusion: Adding 16 mg/kg copper with 20% and 40% higher of L-arginine than the recommended level can improve production, egg quality and serum biochemical parameters of laying hens at 22 to 30 weeks of age.

Cite this article: Rouhanipour, H., Ashayerizadeh, O., Sharifi, S. D., & Dastar, B. (2025). The effect of dietary copper and L-Arginine supplementation on production performance, egg quality parameters, and serum biochemical metabolites of laying hens at 22 to 30 weeks of age. *Journal of Animal Production*, 27 (2), 173-188.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.391217.623837>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.391217.623837>

Publisher: University of Tehran Press.



اثر مکمل مس و ال-آرژنین در جیره بر عملکرد تولیدی، پارامترهای کیفی تخم مرغ و متابولیت‌های بیوشیمیایی سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۲۲ تا ۳۰ هفتگی

حسن روحانی‌پور^۱ | امید عشایری‌زاده^۲ | سید داود شریفی^۳ | بهروز دستار^۴

۱. نویسنده مسئول، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hassan.rouhanipour_s99@gau.ac.ir
۲. گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: o.ashayeri@gau.ac.ir
۳. گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: sdscharifi@ut.ac.ir
۴. گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: dastar@gau.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶

هدف: مرغ‌های تخم‌گذار جوان تخم‌مرغ‌هایی با کیفیت پوسته پایین‌تر تولید می‌کنند که معمولاً در مزارع تولیدی به‌عنوان مشکل گزارش می‌شود، زیرا عمر تولیدی مرغ‌ها را محدود و کیفیت تخم‌مرغ را کاهش می‌دهد و تأثیر منفی زیادی بر صنعت طیور دارد. در سال‌های اخیر، پژوهش‌های طیور اغلب بر اثرات قوی آرژنین جیره بر عملکرد طیور متمرکز شده است. همچنین استفاده از مکمل‌های اسیدآمینه‌ای با یک عنصر کمیاب ضروری (سولفات‌مس) در جیره مرغ‌های تخم‌گذار به دلیل عدم دسترسی آن‌ها به خوراک تازه، نگهداری در قفس و فراوری خوراک ضروری شده است.

روش پژوهش: اثر مکمل مس و ال-آرژنین در جیره بر عملکرد تولیدی، پارامترهای کیفی تخم‌مرغ و متابولیت‌های بیوشیمیایی سرم خون در سنین ۲۲ تا ۳۰ هفتگی با استفاده از تعداد ۲۸۸ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه های‌لین W-80 در قالب طرح کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۳ شامل دو سطح عنصر مس (شامل هشت و ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک) و سه سطح اسیدآمینه ال-آرژنین (شامل سطح توصیه‌شده توسط راهنمای سویه، ۲۰ درصد و ۴۰ درصد بالاتر از سطح توصیه‌شده)، شش تکرار حاوی هشت قطعه پرند به مدت هشت هفته درون قفس پرورش داده شدند. تخم‌مرغ‌های تولیدشده روزانه جمع‌آوری و پس از توزین، درصد تخم‌گذاری، مصرف خوراک، ضریب تبدیل، میانگین وزن تخم‌مرغ و شاخص شکل تخم‌مرغ به‌طور هفتگی محاسبه شد. در دو روز انتهایی هر هفته، تخم‌مرغ‌های تولیدی هر واحد آزمایشی جمع‌آوری شدند و از نظر صفاتی کیفی نظیر واحد هاو، ضخامت پوسته و غیره مورد آزمایش قرار گرفتند. مصرف خوراک واحدهای آزمایشی از کسر خوراک مصرف‌شده در انتهای دوره از خوراک اختصاص داده‌شده در شروع دوره، بر مبنای روز جوجه محاسبه شد. در پایان ۳۰ هفتگی، از هر تکرار دو پرند با وزن نزدیک به میانگین انتخاب و از آن‌ها به مقدار پنج میلی‌لیتر خون با سرنگ از طرق ورید بال اخذ گردید و توسط لوله خون‌های معمولی (غیرهیپارینه) جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی سرم (LDL، HDL، گلوکز، تری‌گلیسیرید، کلسترول) و هورمون استرادیول به آزمایشگاه منتقل شدند.

یافته‌ها: تولید تخم‌مرغ پرندگانی که جیره حاوی ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح توصیه‌شده و ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح توصیه‌شده ال-آرژنین افزایش یافت ($P<0.05$). ضریب تبدیل خوراک پرندگانی که جیره حاوی ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس همراه با سطح توصیه‌شده ال-آرژنین دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین کاهش یافت ($P<0.05$). شاخص شکل تخم‌مرغ پرندگانی که جیره حاوی ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطوح توصیه‌شده و ۲۰ درصد ال-آرژنین و جیره حاوی ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح توصیه‌شده ال-آرژنین افزایش یافت ($P<0.05$). میزان کلسترول سرم خون پرندگان تغذیه‌شده با جیره سطح ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به جیره حاوی ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین کاهش یافت ($P<0.05$). سطح آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در سرم خون پرندگان تغذیه‌شده با جیره سطح ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به تیمار حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات‌مس با ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین افزایش یافت ($P<0.05$).

نتیجه‌گیری: افزودن ۱۶ میلی‌گرم مس بر کیلوگرم به‌همراه سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین می‌تواند باعث بهبود پارامترهای عملکردی، شاخص‌های کیفی و پارامترهای بیوشیمیایی سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار در این محدوده سنی شود.

کلیدواژه‌ها:

ال-آرژنین

عملکرد تولیدی

متابولیت‌های سرم خون

مرغ تخم‌گذار

مس

استناد: روحانی‌پور، حسن؛ عشایری‌زاده، امید؛ شریفی، سید داود و دستار، بهروز (۱۴۰۴). اثر مکمل مس و ال-آرژنین در جیره بر عملکرد تولیدی، پارامترهای کیفی تخم‌مرغ و متابولیت‌های بیوشیمیایی سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۲۲ تا ۳۰ هفتگی. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۷ (۲)، ۱۷۳-۱۸۸.
DOI: <https://doi.org/10.22059/jap.2025.391217.623837>



۱. مقدمه

با پیشرفت علم و فعالیت‌های اصلاح نژادی در راستای تولید بیش‌تر، احتیاجات تغذیه‌ای طیور افزایش یافته است. به گونه‌ای که تأمین احتیاجات غذایی مستلزم استفاده از منابع غذایی متنوع و با کیفیت در جیره آن‌هاست (Bahry et al., 2023). در تغذیه مرغ‌های تخم‌گذار از مهم‌ترین مواردی که باید مدنظر قرار گیرد، تغذیه مناسب و مطابق با احتیاجات آن‌ها جهت دستیابی به تولید بهینه و ضریب تبدیل خوراک مناسب می‌باشد (Bernard et al., 2024). از طرفی، عوامل تغذیه‌ای می‌تواند کیفیت تخم مرغ را تحت تأثیر قرار دهند و بر میزان فروش تخم مرغ در بازارهای داخلی و خارجی مؤثر باشند (Alagawany et al., 2018). به‌تازگی پیشنهاد شده است که می‌توان از بعضی مواد مغذی به‌عنوان ابزاری برای بهبود پاسخ‌های عملکردی در طیور استفاده کرد. مواد معدنی و اسیدهای آمینه دو جزء اصلی در جیره مرغ‌های تخم‌گذار هستند که نیاز به توجه ویژه دارند (Santos et al., 2024).

مواد معدنی کم‌مصرف، کم‌تر از ۰/۱ درصد وزن یک موجود زنده را تشکیل می‌دهد، اما به‌طور مستقیم بر سلامت دستگاه گوارش، متابولیسم و عملکرد رشد طیور تأثیر می‌گذارند (Godswill et al., 2020). مواد معدنی کمیاب مانند عنصر مس از لحاظ متابولیسمی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی بدن مانند سوپراکسید دیسموتاز، سیتوکروم اکسیداز و لیزیل اکسیداز یا سرولوپلاسمین نقش دارد و به‌عنوان کوفاکتور برای سنتز خون، ساختار هورمون‌ها، عملکرد تولید مثلی طبیعی، سنتز ویتامین‌ها، یکپارچگی و حفظ سیستم ایمنی موردنیاز هستند (Abdulrazzaq et al., 2019). افزودن منابع مس از لحاظ فیزیولوژیکی می‌تواند مورفولوژی مخاط روده را بهبود ببخشد و ممکن است در بهبود قابلیت دسترسی به مواد مغذی از طریق افزایش تعداد، مساحت کل و اندازه سلول‌های جامی و ضخامت مخاط روده مؤثر باشد و بر عملکرد طیور تأثیرگذار باشند (Zhu et al., 2017). Dao et al. (2018) گزارش کردند که افزودن ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات مس در جیره جوجه‌های گوشتی باعث بهبود رشد، راندمان تبدیل خوراک و عملکرد لاشه شد. Pekel & Alp (2011) گزارش کردند که افزودن ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات مس باعث افزایش تولید و بهبود پوسته تخم مرغ شد، اما وزن تخم مرغ و مصرف خوراک را کاهش داد.

آرژنین به‌عنوان یک اسید آمینه ضروری نقش بسیار مهمی در فعالیت‌های متابولیکی بدن ایفا می‌کند (Szlas et al., 2022). پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از سطوح بالاتر آرژنین نسبت به لیزین در جیره‌های طیور باعث افزایش درصد تولید تخم مرغ می‌شود (Yuan et al., 2016). آرژنین توانایی تولید نیتریک اکسید را دارد و قادر به پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد از خون، بهبود عملکرد سیگنال‌های سلول‌های عضلانی، رهاسازی هورمون رشد، حمایت از کلسترول خوب و تنظیم متابولیسم چربی در بدن است (Szlas et al., 2022). آرژنین، نقش مهمی در متابولیسم و بیوسنتز بسیاری از ملکول‌های بدن از جمله پروتئین، کراتین، اورنیتین و غیره ایفا می‌کند. بین گونه‌های مختلف حیوانات، پرندگان بیش‌ترین نیاز به آرژنین را دارند. این امر به‌دلیل این است که یک‌سو پرندگان قادر به سنتز آندوژنوسی آرژنین نبوده و از سوی دیگر به‌دلیل سرعت رشد بالا، نیاز برای آرژنین جهت ذخیره پروتئین نیز بالا است و با توجه به عدم تولید آندوژنوسی این اسید آمینه و افزایش نیاز در سنین بالاتر و همچنین نقش‌های مؤثری که این آمینواسید در فعالیت‌های متابولیکی در بدن دارد، با کاهش درصد اسید آمینه جیره، میزان تولید تخم مرغ و وزن تخم مرغ کاهش می‌یابد و از طرفی چون ال-آرژنین در بدن طیور ساخته نمی‌شود، طیور بیش‌ترین نیاز را به این اسید آمینه دارند (Fathima et al., 2024). Yuan et al. (2016) گزارش دادند که افزایش سطح از ۰/۶۴ به ۱/۲۷ درصد ال-آرژنین در خوراک مرغ‌های تخم‌گذار تأثیر قابل‌توجهی در کاهش مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه و میزان تخم‌گذاری دارد.

در سال‌های اخیر مس به‌عنوان یک افزودنی مناسب در خوراک برای بهبود وضعیت متابولیکی سرم خون و ال-آرژنین

برای افزایش تولید تخم مرغ مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به فعالیت های متابولیکی مختلفی که ال-آرژنین و مس در مرغ های تخم گذار دارند به نظر می رسد که استفاده از این ترکیبات به صورت توأم در جیره موجب تغییرات قابل توجهی در بهبود صفات عملکردی و کیفی تخم مرغ و بهبود وضعیت متابولیکی سرم خون مرغ های تخم گذار می شود. لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر مکمل مس و ال-آرژنین در جیره بر عملکرد تولیدی، پارامترهای کیفی تخم مرغ و متابولیت های بیوشیمیایی سرم خون مرغ های تخم گذار در سن ۲۲ تا ۳۰ هفتگی بود.

۲. روش پژوهش

این پژوهش در شرکت کشت و صنعت پرطلا در شهرستان علی آباد کتول استان گلستان در اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۲ انجام شد. تعداد ۲۸۸ قطعه مرغ تخم گذار سویه های لاین W-80 از سن ۲۲ الی ۳۰ هفتگی در قالب طرح کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۳ شامل دو سطح عنصر مس (شامل هشت و ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم خوراک) و سه سطح اسید آمینه ال-آرژنین (شامل سطح توصیه شده توسط راهنمای سویه، ۲۰ درصد و ۴۰ درصد بالاتر از سطح توصیه شده) درون قفس پرورش داده شدند. برای هر تیمار شش تکرار حاوی هشت قطعه پرند در نظر گرفته شد. اسید آمینه ال-آرژنین با خصوصیات ۹۸/۵ درصد خلوص، پروتئین خام ۲۰۱ درصد و انرژی قابل متابولیسم ۳۲۲۰ کیلوکالری بر کیلوگرم و قابلیت هضم ۱۰۰ درصد از شرکت سی جی (کره جنوبی) با همکاری شرکت مرغ نوجان (ایران، تهران) تأمین شد. عنصر مس از طریق منبع سولفات مس با درصد خلوص ۲۵ درصد و زیست فراهمی ۸۸/۵ درصد از شرکت مرک (آلمان) با همکاری شرکت های خوراک پرداز هزاره نوین و زیست فناوری آریانا (مشهد) تأمین شد. یک جیره پایه، براساس راهنمای مدیریت سویه تجاری مورد آزمایش تنظیم شد. برای تهیه جیره های آزمایشی حاوی سطوح مختلف آرژنین شامل ۰/۸۵، ۱/۰۲ و ۱/۱۹ درصد (به ترتیب سطح توصیه شده، ۲۰ و ۴۰ درصد بیش تر از سطح توصیه شده) به ترتیب در صفر، ۰/۱۷۲ و ۰/۳۴۵ درصد جایگزین قسمت ماسه (فیلر) شد. برای تهیه جیره های آزمایشی با محتویات مس مختلف (هشت و ۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم)، سولفات مس کریستالی به مقدار ۳۶/۱۶ گرم بر کیلوگرم و ۷۲/۳۲ گرم بر کیلوگرم به جیره پایه اضافه شد (جدول ۱). هم چنین مقدار مس و اسید آمینه ال-آرژنین در اقلام جیره و خوراکی نهایی سنجیده شد. تجزیه و تحلیل مشخصات اسیدهای آمینه توسط بازتاب منتشر مادون قرمز نزدیک (Near infrared spectroscopy: NIR) و مواد معدنی توسط طیف سنجی جذب اتمی (Atomic absorption spectroscopy: AAS) انجام شد (Saini & Wratten, 1987; Paul et al., 2014).

برنامه نوری براساس دستورالعمل پرورش مرغ تخم گذار سویه های لاین W-80 به صورت ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی تنظیم شد. شدت نور در سطح چشم پرندگان با استفاده از نورسنج مجهز به گیرنده نوری (مدل DT-1301، چین) و ۳۰ لوکس (سه فوت کندل) تنظیم گردید. درجه حرارت سالن در محدوده ۲۲-۲۴ درجه سانتی گراد با دمای آب حدود ۲۰-۲۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد تا پایان دوره آزمایش ثابت نگه داشته شدند. سن ۵۰ درصد تولید تخم مرغ (۲۲ هفتگی) برای تمام تیمارها در طول دوره آزمایش برای تعیین زمان بلوغ یک مرغ تخم گذار ثبت شد. تخم مرغ های تولید شده روزانه جمع آوری و پس از توزین، درصد تخم گذاری، مصرف خوراک، ضریب تبدیل، میانگین وزن تخم مرغ و شاخص شکل تخم مرغ به طور هفتگی محاسبه شد. صفات کیفی تخم مرغ در هر دو هفته یکبار (دو روز پایانی) اندازه گیری شد. در دو روز انتهایی هر هفته، تخم مرغ های تولیدی هر واحد آزمایشی جمع آوری شدند و از نظر صفاتی نظیر ضخامت پوسته، وزن پوسته، ارتفاع سفیده، واحد هاو و غیره مورد آزمایش قرار گرفتند.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره های آزمایشی

مقدار (درصد)	اقلام خوراکی
۵۷/۲۳	ذرت (۷/۲۰ درصد پروتئین)
۱۱/۸۶	کنجاله سویا (۴۴/۵۴ درصد پروتئین)
۱/۷۱	سبوس گندم (۱۶/۳۷ درصد پروتئین)
۱۱/۰۰	گلوتن ذرت (۴۰/۰۰ درصد پروتئین)
۱/۲۰	کنجاله کلزا (۳۷/۰۹ درصد پروتئین)
۴/۰۰	روغن کانولا
۲/۰۲	دی کلسیم فسفات
۹/۱۳	سنگ آهک
۰/۵۰	پرمیکس ویتامینی و معدنی ^۱
۰/۱۴	دی-آل متیونین
۰/۳۸	آل-لیزین
۰/۰۴	آل-آرژنین
۰/۲۴	نمک
۰/۲۰	جوش شیرین
۰/۳۵	ماسه (فیلر)
۱۰۰	جمع
ترکیبات مواد مغذی محاسبه شده	
۳۹۵۰	انرژی قابل متابولیسم ^۲ (کیلوکالری بر کیلوگرم)
۱۷/۶۰	پروتئین خام (درصد)
۴/۰۰	کلسیم (درصد)
۰/۴۵	فسفر قابل استفاده (درصد)
۰/۱۸	سدیم (درصد)
۰/۱۸	کلر (درصد)
۰/۸۵	آرژنین (درصد)
۰/۸۲	لیزین (درصد)
۰/۴۵	متیونین (درصد)
۰/۷۵	متیونین + سیستین (درصد)
۰/۵۷	ترئونین (درصد)
۰/۷۴	والین (درصد)
۰/۸۶	فنیل آلانین (درصد)
۰/۴۰	هیستیدین (درصد)
۰/۱۴	تریپتوفان (درصد)
۱/۹۶	لوسین (درصد)
۰/۶۲	ایزولوسین (درصد)
مواد مغذی اندازه گیری شده	
۱۶/۶۵	پروتئین خام (درصد)
۵/۹۶	چربی خام (درصد)
۰/۸۳	آل-آرژنین (درصد)
۲/۵۰	مس (میلی گرم/کیلوگرم ماده خشک)

۱. برای تهیه جیره های آزمایشی حاوی سطوح مختلف آرژنین [توصیه شده (۰/۸۵ درصد جیره)، ۲۰ و ۴۰ درصد بیش تر از توصیه شده (به ترتیب ۱/۰۲ و ۱/۱۹ درصد جیره)]، آل-آرژنین (با خلوص ۹۸/۵ درصد) به ترتیب در صفر، ۰/۱۷۲ و ۰/۳۴۵ درصد جایگزین قسمت ماسه (فیلر) شد. برای تهیه جیره های آزمایشی با محتویات مس مختلف (۸ و ۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم)، سولفات مس کریستالی (خلوص ۲۵ درصد، فراهمی زیستی ۸۸/۵ درصد، مرک، ایالات متحده آمریکا) به مقدار ۳۶/۱۶ گرم بر کیلوگرم و ۷۲/۳۲ گرم بر کیلوگرم به جیره پایه اضافه شد.

۲. میزان ویتامین ها در هر هزار کیلوگرم جیره شامل ۸۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۳۳۰۰ واحد بین المللی ویتامین D3، ۲۰ گرم ویتامین E، ۲/۵ گرم ویتامین K3، ۲/۵ گرم ویتامین B1، ۵/۵ گرم ویتامین B2، ۳۰ گرم ویتامین B3، ۸ گرم ویتامین B5، ۴ گرم ویتامین B6، ۷۵ میلی گرم ویتامین B7، ۰/۹ گرم ویتامین B9، ۲۳ میلی گرم ویتامین B12، میزان مواد معدنی در هر هزار کیلوگرم جیره شامل ۹۰ گرم منگنز، ۴۰ گرم آهن، ۸۰ گرم روی، صفر گرم مس، ۱/۲ گرم ید، ۰/۲۲ گرم سلنیوم.

برای تعیین درصد پوسته، پس از شکستن تخم مرغ و تخلیه محتویات سفیده و زرده، پوسته آن ها به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا کاملاً خشک شوند. سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم وزن پوسته اندازه گیری شد و میانگین وزن پوسته های خشک شده بر حسب گرم با تقسیم بر وزن تخم مرغ عنوان درصد پوسته هر واحد آزمایشی منظور شد. برای تعیین ضخامت پوسته از دستگاه ضخامت سنج عقبه ای (مدل Ultrasonic FH

Thickmess Gauge Echometer-1062، ژاپن) استفاده شد که از هر چهار طرف تخم مرغ یعنی دو پهنا و دو قطر آن تکه‌ای با دقت جدا گردید و ضخامت هر چهار نقطه را با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع سفیده، از دستگاه ارتفاع‌سنج (مدل Egg Multi Tester-5200، ژاپن) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری قطر تخم مرغ از کولیس ورنیه (گستره صفر تا ۱۵۰ میلی‌متر، مدل P150، ژاپن) استفاده شد. مقاومت پوسته تخم مرغ (برحسب کیلوگرم نیرو) با استفاده از دستگاه مقاومت‌سنج دیجیتالی (مدل EG-001، ژاپن) با دقت ۰/۰۲ ± درصد اندازه‌گیری شد (Akbari et al., 2016). مصرف خوراک در هر واحد آزمایشی به صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد. مصرف خوراک واحدهای آزمایشی از کسر خوراک مصرف‌شده در انتهای دوره از خوراک اختصاص داده‌شده در شروع دوره، بر مبنای روز جوجه محاسبه شد. در پایان ۳۰ هفته‌گی، از هر تکرار دو پرند با وزن نزدیک به میانگین انتخاب و از آن‌ها به مقدار پنج میلی‌لیتر خون با سرنگ از طرق ورید بال اخذ گردید و به لوله خون‌های معمولی (غیرپارینه) منتقل شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۵۰۰ دور در واحد گراناش (xg) سانتریفیوژ شدند و در ادامه سرم به داخل ویال‌های پلاستیکی دو میلی‌متری ریخته شد و جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی سرم (High-Low-density lipoprotein: LDL، density lipoprotein: HDL، گلوکز، تری‌گلیسیرید، کلسترول)، هورمون استرادیول و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (Superoxide dismutase: SOD) به آزمایشگاه دامپزشکی در استان گلستان ارسال شد. غلظت کلسترول، گلوکز، تری‌گلیسیرید پلاسما با استفاده از دستگاه اتو آنالایزر مدل (مدل BS120، چین) و کیت‌های شرکت پارس‌آزمون و غلظت استرادیول با الیزابدر (مدل Stat Fax 210، چین) و با کیت‌های شرکت دیپلاس (Diaplas، کانادا) و آنزیم آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز توسط کیت‌های تهیه‌شده از شرکت راندکس (Randox، انگلیس) و با روش پیشنهادی انجمن شیمی آلمان (DGKC) اندازه‌گیری شد.

به منظور انجام تحلیل‌های آماری در ابتدا، نرمال بودن داده‌های حاصل با آزمون Shapiro-Wilk و Proc univariate بررسی شد و داده‌ها پس از تبدیلات لازم و مرتب‌سازی با نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۲۴) و با استفاده از نرم‌افزار آماری (SAS، نسخه ۹/۴)، برای رابطه (۱) تجزیه و میانگین‌ها به کمک آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه، Y_{ijk} مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام؛ μ میانگین مشاهدات؛ A_i اثر سطح مصرف مس؛ B_j اثر سطح مصرف اسید آمینه ال-آرژنین؛ AB_{ij} اثر متقابل بین دو فاکتور مس و اسید آمینه ال-آرژنین و e_{ijk} خطای آزمایشی است.

۳. یافته‌های پژوهش

تأثیر سطوح مختلف مس و ال-آرژنین بر صفات عملکردی تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار در جدول (۲) گزارش شده است. درصد تخم‌گذاری پرندگانی که جیره حاوی ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه‌شده و ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه‌شده ال-آرژنین افزایش یافت (۰/۰۵ < P). میانگین وزن تخم مرغ پرندگانی که با جیره حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه‌شده ال-آرژنین تغذیه شدند نسبت به جیره حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین افزایش یافت (۰/۰۵ < P). ضریب تبدیل خوراک پرندگانی که جیره حاوی ۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین تغذیه شدند نسبت به جیره‌های حاوی هشت میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین کاهش یافت (۰/۰۵ < P). ضریب تبدیل خوراک پرندگانی که جیره حاوی ۱۶

میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس همراه با سطح توصیه شده ال-آرژنین دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین کاهش یافت ($P < 0.05$). توده تخم‌مرغ و مصرف خوراک پرندگانی که با جیره حاوی سطح ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس تغذیه شدند نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس افزایش یافت ($P < 0.05$). همچنین مصرف خوراک پرندگانی که با جیره حاوی سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین تغذیه شدند نسبت به جیره حاوی سطح توصیه شده ال-آرژنین افزایش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۲. اثر مکمل مس و ال-آرژنین در جیره بر عملکرد تولیدی در مرغ‌های تخم‌گذار (۲۲ تا ۳۰ هفتگی)

تیمار ^۱	درصد تخم‌گذاری ^۲ (درصد)	میانگین وزن تخم‌مرغ (گرم)	توده تخم‌مرغ ^۳ (گرم/روز)	مصرف خوراک ^۴ (گرم/روز)	ضریب تبدیل خوراک ^۵
مس (میلی گرم/کیلوگرم)					
۸	۸۳/۲۸ ^b	۵۲/۲۹	۴۳/۴۸ ^b	۱۰۱/۶۶ ^b	۲/۳۶ ^a
۱۶	۸۷/۶۷ ^a	۵۱/۸۹	۴۵/۵۰ ^a	۱۰۲/۹۴ ^a	۲/۲۸ ^b
SEM	۰/۷۷۶	۰/۴۶۵	۰/۵۰۱	۰/۲۹۸	۰/۰۳۲
ال-آرژنین (درصد)					
توصیه شده	۸۴/۹۸	۵۳/۸۳ ^a	۴۵/۶۱	۱۰۱/۳۱ ^b	۲/۲۴ ^b
۲۰ درصد بالاتر	۸۵/۹۳	۵۱/۳۳ ^{ab}	۴۴/۱۲	۱۰۱/۹۵ ^{ab}	۲/۳۳ ^{ab}
۴۰ درصد بالاتر	۸۵/۵۱	۵۱/۱۳ ^b	۴۳/۷۴	۱۰۳/۶۵ ^a	۲/۳۸ ^a
SEM	۰/۹۴۳	۰/۵۷۶	۰/۶۱۰	۰/۳۶۵	۰/۰۳۲
اثر متقابل مس × ال-آرژنین					
۸ × توصیه شده	۸۱/۱۱ ^b	۵۵/۸۵ ^a	۴۵/۱۹	۱۰۰/۹۲	۲/۲۶ ^{ab}
۸ × ۲۰ درصد بالاتر	۸۳/۷۳ ^{ab}	۵۰/۹۱ ^b	۴۲/۶۲	۱۰۱/۵۱	۲/۴۱ ^{ab}
۸ × ۴۰ درصد بالاتر	۸۴/۹۹ ^{ab}	۵۰/۱۰ ^b	۴۳/۲۶	۱۰۲/۵۵	۲/۴۳ ^a
۱۶ × توصیه شده	۸۸/۸۵ ^a	۵۱/۷۹ ^{ab}	۴۶/۰۳	۱۰۱/۷۰	۲/۲۲ ^b
۱۶ × ۲۰ درصد بالاتر	۸۸/۱۳ ^a	۵۱/۷۴ ^{ab}	۴۵/۶۱	۱۰۲/۳۸	۲/۲۵ ^{ab}
۱۶ × ۴۰ درصد بالاتر	۸۶/۰۳ ^{ab}	۵۲/۱۴ ^{ab}	۴۴/۸۶	۱۰۴/۷۵	۲/۳۵ ^{ab}
SEM	۱/۳۳۴	۰/۸۰۴	۰/۸۷۵	۰/۵۰۸	۰/۰۴۲
منبع تغییر (P-value)					
مس	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۵۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲
ال-آرژنین	۰/۷۷۸	۰/۰۰۱	۰/۰۸۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸
مس × ال-آرژنین	۰/۰۴۲	۰/۰۰۰۶	۰/۴۵۴	۰/۲۹۸	۰/۴۹۷

a-b: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۱. مرغ‌های تخم‌گذار سه سطح اسیدآمینه ال-آرژنین (شامل سطح توصیه شده توسط راهنمای سویه، ۲۰ درصد و ۴۰ درصد بالاتر از سطح توصیه شده) و دو سطح عنصر مس (شامل هشت و ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم خوراک) را از منبع سولفات مس دریافت کردند.

۲. تولید تخم‌مرغ = (تولید تخم‌گذاری) / (تعداد مرغ × روز).

۳. توده تخم‌مرغ = (تولید تخم‌مرغ × میانگین وزن تخم‌مرغ) / ۱۰۰.

۴. مصرف خوراک روزانه = مقدار خوراک داده شده در هفته (گرم) - مقدار خوراک باقیمانده در پایان هفته (گرم) / تعداد روز مرغ.

۵. ضریب تبدیل خوراک = (مصرف خوراک روزانه / توده وزن تخم‌مرغ)

اثر تیمارهای آزمایشی در دوره تولید مرغ‌های تخم‌گذار بر روی صفات کیفی تخم‌مرغ در جدول (۳) نشان داده شده است. شاخص شکل تخم‌مرغ پرندگانی که جیره حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطوح توصیه شده و ۲۰ درصد ال-آرژنین و جیره حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه شده ال-آرژنین افزایش یافت ($P < 0.05$). تغذیه پرندگان همراه جیره‌های که حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه شده شاخص زرده را افزایش داد ($P < 0.05$). ارتفاع سفیده تخم‌مرغ

پرنده‌گانی که جیره‌های حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد و ۴۰ بالاتر ال-آرژنین دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین افزایش یافت ($P < 0.05$). واحد هاو تخم مرغ پرنده‌گانی که جیره‌های حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین را دریافت کردند نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه شده ال-آرژنین افزایش یافت ($P < 0.05$). تغذیه پرنده‌گان همراه جیره‌های که حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به جیره حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه شده ال-آرژنین وزن پوسته تخم مرغ را افزایش داد ($P < 0.05$). مقاومت پوسته تخم مرغ پرنده‌گانی که جیره‌های حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین و جیره حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین تغذیه شدند نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه شده ال-آرژنین افزایش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۳. اثر مکمل مس و ال-آرژنین در جیره بر صفات کیفی تخم مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار (۲۲ تا ۳۰ هفته‌گی)

شاخص	شاخص	ارتفاع	واحد	وزن	میانگین	درصد	مقاومت پوسته	وزن مخصوص
تخم مرغ ^۲	شکل	سفیده	هاو	پوسته	ضخامت پوسته	پوسته	تخم مرغ	بر
(میلی متر)	(میلی متر)	(میلی متر)		(گرم)	(میلی متر)	(درصد)	(کیلوگرم نیرو)	سانتی متر مکعب ^۶
مس (میلی گرم/کیلوگرم)								
۷۷/۳۲	۴۲/۹۵ ^b	۸/۹۴ ^b	۹۳/۸۸ ^b	۶/۳۳	۰/۴۴	۱۰/۴۸	۵/۰۴ ^b	۶/۱۰
۷۸/۵۲	۴۵/۶۱ ^a	۹/۴۸ ^a	۹۶/۴۰ ^a	۶/۲۶	۰/۴۵	۱۰/۴۶	۵/۱۷ ^a	۶/۰۹
۰/۵۹۷	۰/۴۹۴	۰/۱۴۲	۰/۷۰۴	۰/۰۶۵	۰/۰۰۵	۰/۱۰۴	۰/۱۳۱	۰/۰۴۴
SEM								
ال-آرژنین (درصد)								
۷۷/۴۵	۴۳/۲۵ ^b	۹/۱۳	۹۵/۰۴	۶/۲۵	۰/۴۵	۱۰/۴۳	۵/۰۶	۶/۰۷
۷۸/۵۴	۴۵/۳۳ ^a	۹/۳۴	۹۵/۲۵	۶/۴۰	۰/۴۴	۱۰/۵۰	۵/۱۱	۶/۱۵
۷۷/۷۶	۴۴/۲۴ ^{ab}	۹/۱۶	۹۵/۱۱	۶/۲۵	۰/۴۵	۱۰/۴۹	۵/۱۶	۶/۰۶
۰/۷۳۷	۰/۶۰۶	۰/۱۷۸	۰/۸۶۵	۰/۰۷۷	۰/۰۰۶	۰/۱۳۲	۰/۱۵۱	۰/۰۵۶
SEM								
اثر متقابل مس × ال-آرژنین								
۴/۴۱ ^{ab}	۴۲/۵۶ ^b	۹/۲۹ ^{ab}	۹۵/۳۳ ^{ab}	۶/۴۸ ^{ab}	۰/۴۴	۱۰/۵۳	۴/۹۳ ^b	۶/۱۴
۴/۳۴ ^b	۴۲/۷۳ ^{ab}	۸/۷۳ ^b	۹۲/۶۸ ^b	۶/۲۹ ^{ab}	۰/۴۳	۱۰/۳۷	۴/۹۴ ^{ab}	۶/۱۵
۴/۳۳ ^{ab}	۴۳/۵۵ ^{ab}	۸/۸۱ ^{ab}	۹۳/۶۳ ^{ab}	۶/۲۴ ^{ab}	۰/۴۵	۱۰/۵۴	۵/۲۶ ^a	۵/۹۹
۴/۳۱ ^b	۴۳/۹۴ ^{ab}	۸/۹۸ ^{ab}	۹۴/۷۵ ^{ab}	۶/۰۳ ^b	۰/۴۵	۱۰/۳۴	۵/۱۹ ^{ab}	۵/۹۹
۴/۴۶ ^a	۴۷/۹۴ ^a	۹/۹۶ ^a	۹۷/۸۳ ^a	۶/۵۱ ^a	۰/۴۶	۱۰/۶۲	۵/۲۷ ^a	۶/۱۵
۴/۴۱ ^{ab}	۴۴/۹۴ ^{ab}	۹/۵۱ ^a	۹۶/۶۱ ^{ab}	۶/۲۶ ^{ab}	۰/۴۴	۱۰/۴۴	۵/۰۷ ^{ab}	۶/۱۳
۰/۰۳۲	۰/۸۵۸	۰/۲۴۶	۱/۲۲۱	۰/۱۰۵	۰/۰۰۹	۰/۱۸۷	۰/۲۲۵	۰/۰۷۰
SEM								
(P-value)								
۰/۳۲۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۳۹۸	۰/۲۷۶	۰/۹۰۱	۰/۰۴۷	۰/۹۲۱
۰/۵۳۰	۰/۰۵۱	۰/۶۳۲	۰/۹۸۷	۰/۲۳۲	۰/۸۴۳	۰/۹۳۲	۰/۸۹۰	۰/۴۰۹
۰/۰۰۵	۰/۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۰۷۶	۰/۰۰۴	۰/۱۲۲	۰/۴۴۳	۰/۰۴۴	۰/۱۲۱
منبع تغییر								
مس								
ال-آرژنین								
مس × ال-آرژنین								

a-b: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

۱. مرغ‌های تخم‌گذار سه سطح اسید آمینه ال-آرژنین (شامل سطح توصیه شده توسط راهنمای سویه، ۲۰ درصد و ۴۰ درصد بالاتر از سطح توصیه شده) و دو سطح عنصر مس (شامل هشت و ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم خوراک) که از منبع سولفات مس دریافت کردند.

۲. شاخص شکل تخم مرغ = [عرض تخم مرغ (میلی متر) / ارتفاع تخم مرغ (میلی متر)] × ۱۰۰

۳. شاخص زرده = ارتفاع زرده (میلی متر) / قطر زرده (میلی متر) × ۱۰۰

۴. واحد هاو یا فرمول $shu = 100 \log (H + 7.57 - 1.7 \times EW^{0.37})$ که در آن H ارتفاع آلبومین (میلی متر) و EW وزن تخم مرغ (گرم) محاسبه شد.

۵. درصد پوسته تخم مرغ = وزن پوسته (گرم) / وزن تخم مرغ (گرم) × ۱۰۰

۶. وزن مخصوص تخم مرغ = وزن تخم مرغ (گرم) / حجم تخم مرغ (سانتی متر مکعب) (۳/۱۴۱۵ تقسیم بر ۶ × عرض تخم مرغ)

تأثیر سطوح مختلف سولفات مس و ال-آرژنین بر متابولیت های سرم خون مرغ های تخم گذار در جدول (۴) گزارش شده است. میزان LDL و نسبت LDL/HDL تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. میزان کلسیم سرم خون در دوره تولید پرندگان تغذیه شده با جیره سطح ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به تیمار حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین افزایش یافت ($P < 0.05$). تغذیه پرندگان همراه جیره های که حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به جیره حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه شده و جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین میزان گلوکز سرم خون را افزایش داد ($P < 0.05$).

جدول ۴. اثر مکمل مس و ال-آرژنین در جیره بر متابولیت های سرم خون در مرغ های تخم گذار (۳۰ هفته گی)

تیمار ^۱	کلسیم (میلی گرم/دسی لیتر)	گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر)	تری گلیسرید (میلی گرم/دسی لیتر)	کلسترول (میلی گرم/دسی لیتر)	HDL ^۲ (میلی گرم/دسی لیتر)	LDL ^۳ (میلی گرم/دسی لیتر)	LDL/HDL (میلی گرم/دسی لیتر)	استرادیول (پیکوگرم/میلی لیتر) (پیکوگرم/میلی لیتر)	سوپراکسید دیسوتاز (پیکوگرم/میلی لیتر)
مس (میلی گرم/کیلوگرم)									
۸	۱۹/۳۷	۲۲۷/۴۳ ^b	۸۲۹/۰۰ ^a	۸۳/۵۸ ^a	۸/۳۳ ^b	۴۰/۵۲	۴/۸۶	۵۴۳/۹۶ ^a	۴۶/۶۷ ^b
۱۶	۲۱/۲۸	۳۰۳/۵۸ ^a	۵۲۶/۰۵ ^b	۶۷/۷۵ ^b	۹/۶۷ ^a	۳۱/۱۷	۳/۲۲	۴۴۰/۷۰ ^b	۵۲/۹۳ ^a
SEM	۰/۸۲۱	۱۹/۰۶۵	۴۹/۹۸۷	۵/۱۴۳	۰/۴۳۲	۳/۳۰۱	۰/۶۵۴	۵۸/۵۱۰	۱/۳۲۱
ال-آرژنین (درصد)									
توصیه شده	۲۰/۶۰	۲۴۷/۶۲	۶۶۲/۰۰	۷۲/۵۰	۹/۵۰	۳۳/۹۷	۳/۵۷	۴۹۹/۷۵	۵۰/۱۲
۲۰ درصد بالاتر	۲۱/۹۲	۲۹۹/۸۷	۷۳۹/۳۳	۸۰/۵۰	۸/۶۲	۳۸/۹۵	۴/۵۲	۴۳۹/۵۰	۴۷/۵۰
۴۰ درصد بالاتر	۱۸/۴۶	۲۴۹/۰۰	۶۳۱/۲۵	۷۴/۰۰	۸/۸۷	۳۴/۶۱	۳/۹۰	۵۳۷/۷۴	۵۳/۲۵
SEM	۱/۰۰۹	۲۳/۳۴۰	۶۱/۲۱۳	۶/۳۰۲	۰/۵۳۲	۴/۰۴۳	۰/۷۹۸	۷۱/۶۶۵	۱/۶۱۲
اثر متقابل مس × ال-آرژنین									
۸ × توصیه شده	۲۰/۹۳ ^{ab}	۲۴۳/۰۰ ^{bc}	۷۹۸/۰۰	۷۳/۲۵ ^{ab}	۹/۷۰	۳۴/۰۵	۳/۴۹	۴۷۳/۸۷ ^b	۴۹/۷۵ ^{ab}
۸ × ۲۰ درصد بالاتر	۲۰/۲۴ ^{ab}	۲۳۹/۰۰ ^{bc}	۹۷۹/۰۰	۹۱/۵۰ ^a	۷/۵۰	۴۵/۸۰	۶/۱۱	۳۷۰/۳۳ ^c	۴۳/۷۵ ^b
۸ × ۴۰ درصد بالاتر	۱۶/۹۳ ^b	۲۰۰/۲۵ ^c	۷۱۰/۰۰	۸۶/۰۰ ^{ab}	۷/۷۵	۴۱/۷۲	۵/۲۸	۶۴۹/۳۷ ^c	۴۶/۵۰ ^{ab}
۱۶ × توصیه شده	۲۰/۲۷ ^{ab}	۲۵۲/۲۵ ^b	۵۲۶/۰۰	۷۱/۷۵ ^b	۹/۲۵	۳۳/۹۰	۳/۶۶	۵۲۵/۶۲ ^{ab}	۵۰/۵۰ ^{ab}
۱۶ × ۲۰ درصد بالاتر	۲۳/۶۰ ^a	۳۶۰/۷۵ ^a	۴۹۹/۶۷	۶۹/۵۰ ^{bc}	۹/۸۵	۳۲/۱۰	۳/۲۹	۶۵۹/۰۷ ^c	۵۱/۲۵ ^{ab}
۱۶ × ۴۰ درصد بالاتر	۱۹/۹۸ ^{ab}	۲۹۷/۷۵ ^{ab}	۵۵۲/۵۰	۶۲/۰۰ ^c	۱۰/۰۰	۲۷/۵۰	۲/۷۵	۴۲۶/۱۰ ^{bc}	۶۰/۰۰ ^a
SEM	۱/۴۲۱	۳۳/۰۱۰	۸۶/۵۶۵	۸/۹۱۴	۰/۷۴۶	۵/۷۱۴	۱/۱۲۱	۱۰۱/۳۴۶	۲/۲۸۷
منبع تغییر									
مس	۰/۱۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	۰/۰۴۳	۰/۰۴۱	۰/۰۶۰	۰/۰۵۰	۰/۰۲۳	۰/۰۰۱
ال-آرژنین	۰/۰۷۲	۰/۲۲۴	۰/۴۵۳	۰/۴۶۱	۰/۴۹۵	۰/۶۴۵	۰/۷۶۷	۰/۶۲۷	۰/۰۶۵
مس × ال-آرژنین	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲	۰/۱۹۷	۰/۰۲۹	۰/۱۳۲	۰/۳۹۶	۰/۳۳۳	۰/۰۳۹	۰/۰۳۴

a-b-c: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه، معنی دار است ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین ها.

۱. مرغ های تخم گذار سه سطح اسید آمینه ال-آرژنین (شامل سطح توصیه شده توسط راهنمای سویه، ۲۰ درصد و ۴۰ درصد بالاتر از سطح توصیه شده) و دو سطح عنصر مس (شامل هشت و ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم خوراک) که از منبع سولفات مس دریافت کردند.
۲. HDL = لیپوپروتئین های با چگالی بالا
۳. LDL = لیپوپروتئین های با چگالی پایین

میزان کلسترول سرم خون پرندگان تغذیه شده با جیره سطح ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به جیره حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح توصیه شده ال-آرژنین و جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین کاهش یافت ($P < 0.05$). تغذیه پرندگان همراه جیره های که حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین و جیره سطح ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطوح توصیه شده و ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین سطح هورمون استرادیول را افزایش داد ($P < 0.05$). سطح آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در خون پرندگان تغذیه شده با جیره سطح ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با سطح ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین نسبت به تیمار حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس با ۲۰ درصد بالاتر ال-آرژنین افزایش یافت ($P < 0.05$). میزان تری گلیسیرید سرم خون پرندگانی که با جیره حاوی ۱۶ میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس تغذیه شدند نسبت به جیره حاوی هشت میلی گرم در کیلوگرم سولفات مس کاهش و میزان HDL افزایش یافت ($P < 0.05$).

۴. بحث

در مطالعه حاضر، افزایش مشاهده شده در تعداد کل تخم مرغ ها در میان پرندگانی که با جیره ال-آرژنین تغذیه می شوند را می توان به نقش منحصربه فرد هضم و جذب آرژنین در ترویج استفاده از پروتئین جیره و تبدیل آن به پروتئین تخم مرغ نسبت داد (Youssef *et al.*, 2015). ژن تمایز رشد-۹ (GDF-9) یکی از ابرخانواده های تبدیل کننده فاکتور رشد-b است و نقش انحصاری در تولید ایفا می کند. GDF-9 در کنترل رشد فولیکولی تخمدان و تخمک گذاری مرغ اثر دارند و سلول های گرانولوزای سوماتیک و توانایی رشد تخمک را تغییر می دهد و نقش های فیزیولوژیکی فولیکولی را کنترل می کند و ممکن است دفع سلول های گرانولوزا را نیز کنترل کند (Lou *et al.*, 2018). به نظر می رسد که ال-آرژنین و سولفات مس با بیان ژن GDF-9 می توانند فولیکول های تخمدان مرغ را بهبود بخشند و صفات تخمک گذاری را بهبود بخشند و تولید تخمک را افزایش دهند و بر میزان تولید تخم مرغ تأثیر بگذارند (Alotaibi *et al.*, 2022). شاید یکی دیگر از دلایل افزایش تولید تخم مرغ با استفاده از آرژنین و سولفات مس، تأثیر غلظت پلاسمایی آن ها در خون بر تولید هورمون لوتئینه کننده (LH) در مرغ های تخم گذار در حین تولید باشد.

اسید آمینه ال-آرژنین احتمالاً با افزایش غلظت استرادیول پلاسمای (با آزادسازی همزمان LH) در طول دوره قبل از تخم گذاری در مرغ ها اتفاق می افتد و سولفات مس با افزایش سطح پروژسترون پلاسمای به طور مستقیم بر رشد تخمدان ها و فولیکول ها تأثیر می گذارند و باعث افزایش در تولید تخم مرغ می شود (Basiouni, 2009). اسید آمینه آرژنین جزئی از هورمون وازوتوسین است که نقش مهمی را در انقباض های اولیه رحم در مرغ های تخم گذار دارد بنابراین در میزان تخم گذاری می تواند مؤثر باشد (Takahashi *et al.*, 1994). ایپژوهش قبلی نشان داد که ژن های با بیان افتراقی (DEGs) با نرخ بالای تولید تخم مرغ در محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-تخمدان مرغ از طریق رونوشت مرتبط هستند و DEG هایی را شناسایی کرد که مسیر هدف پستانداران مسیر را پامایسین (mTOR)، مسیر سیگنالینگ سایتوکائینی بدل جانوس کیناز (فعال کننده رونویسی)، متابولیسم تریپتوفان و مسیرهای سیگنالینگ بازدارنده فسفوانیزوتید-۳-کیناز را در محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-تخمدان در مرغ های تخم گذار تنظیم می کنند (Hao *et al.*, 2021) و بر بیان پروتئین کیناز اس-۶ ریبوزومی سبب افزایش آزادسازی فولیکول ها از تخمدان خواهد شد و سبب افزایش تولید تخم مرغ می شود. بنابراین این افزایش در تولید تخم مرغ می تواند به دلیل تأثیر ال-آرژنین در تنظیم مسیر سیگنالینگ mTOR باشد (Mishra *et al.*, 2020).

طبق گفته Sun et al. (2022)، سطح بهینه آرژنین در کل جیره ۰/۸۵ درصد برای رسید به سطح حداکثری تولید تخم‌مرغ و ۰/۸۶ درصد برای راندمان مناسب خوراک مصرفی کافی خواهد بود. با این حال، Dao et al. (2021) گزارش کرد که سطح ۰/۸۹ درصد آرژنین بر عملکرد تخم‌گذاری در مرغ‌های لاین قهوه‌ای هنگامی که با جیره حاوی ۱۳ درصد پروتئین خام در مقایسه با جیره حاوی ۱۷ درصد پروتئین خام تغذیه می‌شود، تأثیر معنی‌داری ندارد. یک توضیح احتمالی برای پاسخ‌های مختلف به مصرف خوراک در میان منابع مختلف مس ممکن است فراهمی زیستی متفاوت آن‌ها و اثرات متفاوت آن‌ها بر دستگاه گوارش باشد (Pang & Applegate, 2007). برای طیور، آرژنین یک اسید آمینه ضروری به دلیل فقدان کرباموایل فسفات سنتتاز است و فعالیت محدودی از آرژیناز کبدی و اورنیتین ترانس کربامویلاز دارد (Fathima et al., 2024). جیره‌های با سطح بالایی از آرژنین به‌طور مثبت بیان هورمون آزادکننده گنادوتروپین، اکسید نیتریک و فاکتور رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1) را در مرغ‌های تخم‌گذار تحریک می‌کنند و در نهایت عملکرد تولید را بهبود می‌بخشند (Uyanga et al., 2022).

ال-آرژنین و مس با تأثیر بر ژن‌های یدوتیرونین دی‌ودیناز-۱، یدوتیرونین دی‌ودیناز-۲، تیوردوکسین ردوکتاز-۱ و سلنوپروتئین-۱ در کبد و با تحریک غده تیروئید بر مصرف خوراک تأثیر می‌گذارد (Carvalho & Dupuy, 2017; Mariotti et al., 2012). از طرف دیگر، ال-آرژنین با تقویت ترکیب میکروبی دستگاه گوارش، محیط را برای میکروارگانیسم‌های مفید مناسب‌تر کرده و اثراتی مشابه آنتی‌بیوتیک‌ها دارد و افزودن سطح ال-آرژنین توانسته است که مورفولوژی مخاط روده را بهبود بخشد و در بهبود قابلیت دسترسی به مواد مغذی نقش داشته باشد (Aguzey et al., 2020). از سوی دیگر، به‌نظر می‌رسد که سولفات مس به‌عنوان یک آنتی‌بیوتیک و پرواکسیدان خاص عمل می‌کند و با افزایش تعداد، مساحت و اندازه سلول‌های جام و ضخامت مخاط روده، جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهد (Di Giancamillo et al., 2018).

کیفیت داخلی تخم‌مرغ همچنان مورد توجه صنعت طیور در سراسر جهان است (روحانی‌پور و همکاران، ۱۴۰۰). در آزمایش حاضر، سولفات مس (۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ال-آرژنین (۲۰ و ۴۰ درصد بیش‌تر از حد توصیه‌شده)، احتمالاً با بهبود تغییرات مورفولوژیکی در اپیتلیوم مجرای و غده‌ای مگنوم و ترشح β -اوموسین نسبت آلبومین ضخیم به آلبومین نازک را بهبود بخشیده و سبب بهبود واحد هاو شده است (Zhang et al., 2022). Kirunda & López (2021) دریافتند که استحکام پوسته تخم‌مرغ به‌طور قابل‌توجهی با شکل تخم‌مرغ، شاخص زرده و واحد هاو همبستگی دارد. به‌نظر می‌رسد افزایش سطح سولفات مس در مرغ‌ها از طریق بهبود ارتفاع لایه پالیز (این لایه در سنتز کریستال‌های کلسیم در طول تشکیل پوسته نقش دارد) در بافت ایستموس بر استحکام پوسته تخم‌مرغ تأثیر می‌گذارد و از این طریق ساختار پوسته تخم‌مرغ را بهبود می‌بخشد (Qiu et al., 2020). در مطالعه‌ای گزارش شده است که افزودن سطح ۱/۵۶ درصد اسید آمینه ال-آرژنین به جیره مرغ‌های تخم‌گذار تأثیر معنی‌داری بر وزن تخم‌مرغ نداشت که ممکن است با عدم افزایش وزن سفیده تخم‌مرغ مرتبط باشد (Najib & Basiouni, 2004).

Sun et al. (2022)، ال-آرژنین را در سطح ۰/۵-۱/۰۰ درصد در جیره مرغ‌های تخم‌گذار اضافه کردند و گزارش کردند که درصد تولید، درصد سفیده و زرده با سطح ۱/۰۰ درصد افزایش یافت. همچنین Dao و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که افزایش سطح ال-آرژنین از ۱/۳۵ درصد به ۱/۴۶ درصد باعث افزایش وزن تخم‌مرغ و واحد هاو شد، اما میزان ضخامت پوسته تخم‌مرغ را کاهش داد. Elsherif et al. (2020) گزارش کردند که افزودن سطح ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس به جیره مرغ‌های تخم‌گذار هائیکس قهوه‌ای سبب افزایش وزن و توده تخم‌مرغ، واحد هاو و ضخامت پوسته تخم‌مرغ خواهد شد. Mabe et al. (2003) پیشنهاد کرد که عنصر مس می‌تواند با تأثیر بر تشکیل کریستال

کلسیت و اصلاح ساختار لووگرافی کریستالی پوسته تخم مرغ بر خواص پوسته تخم مرغ تأثیر بگذارد. لیزیل اکسیداز یک کوپرانزیم است که شامل انتقال لیزین به دزموزین و ایزودزموزین است. بنابراین، مقادیر کافی مس منجر به تشکیل طبیعی پوسته و شاخص شکل تخم مرغ می شود (Dong et al., 2022).

Zhang et al. (2015) گزارش کردند که برخی از ژن های پرندگان می توانند فرایند کانی سازی یا پیش سازهای پوسته تخم مرغ را فراهم و تنظیم کنند و فاکتورهای فیزیکی کیفیت تخم مرغ مانند ویژگی آلومین تخم مرغ و ضخامت پوسته، شکل تخم مرغ توسط بیان به ترتیب ژن اووسیلین-۱۱۶ به طور مشترک با ژن اووسیلین-۳۲ در ایستموس و رحم تعیین می شود. طبق گزارش های منتشر شده، مس و ال-آرژنین با بیان منظم ژن اووسیلین-۱۱۶، ژن اووسیلین-۳۲ و ژن پلی مورفیکس تک نوکلئوتیدی سبب ترشح β -اوموسین و انتقال کلسیم به غدد پوسته ساز رحم و تحریک آنزیم کریبیک آنهیدراز جهت شکل گیری پوسته تخم مرغ خواهند شد و احتمالاً از این طریق باعث کاهش تولید تخم های شکسته، بهبود ضخامت پوسته و شاخص شکل در تخم مرغ می شوند (Green et al., 2022; Hincke et al., 2012).

به نظر می رسد وضعیت متابولیکی سرم خون مرغ تخم گذار بر میزان تولید تخم مرغ تأثیر می گذارد. ال-آرژنین و سولفات مس یک مخزن اسید آمینه ای-معدنی برای تکمیل کلسیم جیره برای تشکیل پوسته تخم مرغ فراهم می کند و این امر همزمان با افزایش کلسیم و استرادیول خون اتفاق می افتد و در نتیجه عملکرد تولیدی و کیفی تخم مرغ پرندگان بهبود می یابد (روحانی پور و همکاران، ۱۴۰۳). استرادیول سطح کلسیتریول، شکل فعال ویتامین D و گیرنده های موجود در مخاط روده را افزایش می دهد تا جذب منابع غذایی کلسیم را بهبود بخشد تا استخوان مدولاری تشکیل شود تا از تأمین کافی کلسیم در طول دوره تخم گذاری اطمینان حاصل شود (Hanlon et al., 2022). تنظیم متابولیسم کلسیم می تواند تشکیل تخم مرغ و تخمک گذاری زرده را توسط هورمون های تولید مثل در مرحله کلسیفیکاسیون فعال تحریک کند (Li et al., 2021). SOD یکی از مهم ترین آنزیم های وابسته به مس است و تغییر ریشه ای سوپراکسید به پراکسید هیدروژن را کاتالیز می کند و از سلول ها و بافت های در معرض گونه های فعال اکسیژن در برابر لیپوپراکسیداسیون محافظت می کند (Zhou et al., 2019). هر دو کاتالاز و گلووتاتیون پراکسیداز (GSH-Px) می توانند از ساختار و عملکرد غشای سلولی محافظت کنند.

مس در سطح بالایی در جیره غذایی مرغ های تخم گذار به عنوان یک کوفاکتور عمل می کند و به طور قابل توجهی فعالیت SOD، کاتالاز و GSH-Px را افزایش می دهد (Duan et al., 2010). SOD آنزیم وابسته به مس هستند که اثر ضد التهابی در پرندگان دارند و از آسیب اکسیداتیو به بافت ها و عفونت و التهاب جلوگیری می کنند (Zhou et al., 2019). در مطالعه حاضر، روند افزایشی در فعالیت SOD در مرغ های تخم گذار مشاهده شد که به دنبال استفاده از ال-آرژنین و سولفات مس، خوراک آن ها با بالاترین مقادیر تکمیل شد، که به نظر می رسد افزایش SOD در طیور روند فاگوسیتوز و فاگوسیتوز را افزایش می دهد و از ارگاناسم ها در برابر عفونت و بیماری محافظت می کند (Ognik, 2016). از طرف دیگر، سلامت استخوان مرغ های تخم گذار برای موفقیت باروری بسیار مهم است. با توجه به مقدار کلسیم مورد نیاز برای تشکیل پوسته تخم مرغ، مرغ های تخم گذار پرتولید مستعد عدم تعادل کلسیم هستند که می تواند منجر به پوکی استخوان در نزدیکی پایان چرخه تخم گذاری شود (Webster, 2004).

احتمالاً شروع این اختلال هم به عملکرد تخم گذاری و هم به غلظت استروژن پلاسما بستگی دارد (Eusemann et al., 2022). افزایش استروژن پلاسما در شروع چرخه تخم گذاری، رشد اسکلتی را از رشد طولی به شکل گیری مدولاری تغییر می دهد، که منجر به ذخیره کلسیم برای حمایت از تشکیل پوسته تخم مرغ می شود (Fleming et al., 2006). هورمون استروژن سطوح کلسیتریول، شکل فعال ویتامین D و گیرنده های موجود در مخاط روده را افزایش می دهد تا جذب منابع

غذایی کلسیم جهت تشکیل استخوان مدولاری را برای کمک به تأمین منبع کافی کلسیم در طول دوره تخم گذاری را افزایش یابد (Hanlon et al., 2022). یکی دیگر از جنبه های مهم ال-آرژنین تحریک تولید هورمون های خاص است، به ویژه هورمون رشد و انسولین که به گلوکز کمک می کند تا وارد سلول شده و برای رشد و تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرند (Zhao et al., 2009).

۵. نتیجه گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، به طور کلی استفاده از سطح ۱۶ میلی گرم مس بر کیلوگرم به همراه سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد بالاتر ال-آرژنین می تواند باعث بهبود پارامترهای عملکردی، شاخص های کیفی و پارامترهای بیوشیمیایی سرم خون مرغ های تخم گذار در این محدوده سنی شود. انجام مطالعات بیش تر در این زمینه توصیه می شود.

۶. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

۷. مشارکت نویسندگان

جمع آوری داده ها: حسن روحانی پور، امید عشایری زاده؛ تهیه گزارش پژوهش: حسن روحانی پور، سید داود شریفی؛ تحلیل داده ها: حسن روحانی پور، سید داود شریفی، بهروز دستار.
حسن روحانی پور: تهیه و آماده سازی نمونه ها، انجام آزمایش و گردآوری داده ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش نویس مقاله؛
امید عشایری زاده: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی سازی مقاله؛

سید داود شریفی: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله؛
بهروز دستار: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

۸. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گران انجام شد. حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گران، دانشکده علوم دامی در قالب پژوهانه پایان نامه دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانه برای سایر نویسندگان انجام شده است.

۱۰. تشکر و قدردانی

از آقایان حمید سلیمانی و دکتر سروش خادمیان (زنجیره پگاه جهان نما گلستان)، دکتر رضا مبصری (زنجیره ماهان سبز

گلستان)، دکتر امیر عطار (شرکت خوراک‌پرداز هزاره‌نوبین مشهد)، دکتر امیر حمزه دریایی (دامپزشک شرکت مرغ پر طلای گلستان)، رضا شهمرادی رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل و بهزاد شریفی عضو هیئت مدیره شرکت شهرک‌های صنعتی استان گلستان به‌خاطر کمک‌های ارزشمند آن‌ها در تهیه مواد تشکیل‌دهنده خوراک، سولفات مس و ال-آرژنین برای اجرای این طرح، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱۱. منابع

روحانی‌پور، حسن؛ شریفی، داود و ایراجیان، غلام‌حسین (۱۴۰۰). تأثیر استفاده از ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ در جیره بر ریخت‌شناسی بافت کبد، روده و اویداکت مرغ‌های تخم‌گذار. *پژوهش‌های تولیدات دامی*، ۱۲(۳۱)، ۳۱-۴۲.

<https://doi.org/10.52547/rap.12.31.31>

References

- Abdulrazzaq, A. H., Alrawi, S. T. J., & Alkubaisi, A. B. (2019). The effect of different concentrations of copper sulfate on the some physiological and immunological parameters of local male rabbits. *Drug Invention Today*, 12(11), 26-54. [\[Google Scholar\]](#)
- Aguzey, H. A., Gao, Z., Haohao, W., Guilan, C., Zhengmin, W., Junhong, C., & Li, N. Z. (2020). The role of arginine in disease prevention, gut microbiota modulation, growth performance and the immune system of broiler chicken—a review. *Annals of Animal Science*, 20(2), 325-341. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0081>
- Akbari, M. K. R., Golian, A., & Zarghi, H. (2016). Effect of digestible methionine+cystine concentration on performance, egg quality and blood metabolites in laying hens. *British Poultry Science*, 57(3), 403-414. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1173199>
- Alagawany, M., Farag, M. R., Dhama, K., & Patra, A. (2018). Nutritional significance and health benefits of designer eggs. *World's Poultry Science Journal*, 74, 317-330. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000041>
- Alotaibi, M. M., Alhimaidei, A. R., Al-Ghadi, M. Q., Ammari, A. A., & Al-Malahi, N. M. (2022). Evaluation of the maturity and gene expression of sheep oocytes and embryos cultured in media supplemented with marjoram (*Origanum vulgare*) extract. *Genes*, 13(10), 1844. <https://doi.org/10.3390/genes13101844>
- Bahry, M. A., Hanlon, C., Ziezold, C. J., Schaus, S., & Bédécarrats, G. Y. (2023). Impact of growth trajectory on sexual maturation in layer chickens. *Frontiers in Physiology*, 14, 1174238. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1174238>
- Basiouni, G. F. (2009). The effect of feeding an extra amounts of arginine to local Saudi hens on luteinizing hormone secretion. *Journal of Biological Sciences*, 9(6), 617-620. [\[Google Scholar\]](#)
- Bernard, M., Lecoœur, A., Coville, J. L., Bruneau, N., Jardet, D., Lagarrigue, S., & Zerjal, T. (2024). Relationship between feed efficiency and gut microbiota in laying chickens under contrasting feeding conditions. *Scientific Reports*, 14(1), 8210. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58374-3>
- Carvalho, D. P., & Dupuy, C. (2017). Thyroid hormone biosynthesis and release. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 458, 6-15. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2017.01.038>
- Dao, H. T., Sharma, N. K., Bradbury, E. J., & Swick, R. A. (2021). Response of laying hens to l-arginine, l-citrulline and guanidinoacetic acid supplementation in reduced protein diet. *Animal Nutrition*, 7(2), 460-471. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.09.004>
- Deo, C., Mandal, A. B., & Tyagi, P. K. (2018). Response of supplementary sources and levels of copper in diet on the performance of broiler chickens. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 18(1), 89-96. [\[Google Scholar\]](#)
- Di Giancamillo, A., Rossi, R., Martino, P. A., Aidos, L., Maghin, F., Domeneghini, C., & Corino, C. (2018). Copper sulphate forms in piglet diets: Microbiota, intestinal morphology and enteric nervous system glial cells. *Animal Science Journal*, 89(3), 616-624. <https://doi.org/10.1111/asj.12948>
- Dong, Y., Zhang, K., Han, M., Miao, Z., Liu, C., & Li, J. (2022). Low level of dietary organic trace minerals improved egg quality and modulated the status of eggshell gland and intestinal microflora of laying hens during the late production stage. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 920418. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.920418>

- Duan, L., Cheng, Y., & Jin, Y. (2010). Effect of copper intake and copper-zinc ratio on rat lipid peroxidation in copper deficiency. *Journal of Hygiene Research*, 39(1), 25-28. [\[Google Scholar\]](#)
- Elsherif, H., Fouad, A., Nassar, S., Wahba, F., Elsabagh, M., & El-Iraqi, K. (2019). Effect of dietary copper sulphate on laying hen performance, egg quality, and oxidative stress in hot climate conditions. *European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde*, 83, 275. <https://doi.org/10.1399/eps.2019.275>
- Eusemann, B. K., Baulain, U., Schrader, L., Thöne-Reineke, C., Patt, A., & Petow, S. (2018). Radiographic examination of keel bone damage in living laying hens of different strains kept in two housing systems. *PloS one*, 13(5), 0194974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194974>
- Fathima, S., Al Hakeem, W. G., Shanmugasundaram, R., Periyannan, V., Varadhan, R., & Selvaraj, R. K. (2024). Effect of 125% and 135% arginine on the growth performance, intestinal health, and immune responses of broilers during necrotic enteritis challenge. *Poultry Science*, 103(7), 103826. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103826>
- Fleming, R. H., McCormack, H. A., McTeir, L., & Whitehead, C. C. (2006). Relationships between genetic, environmental and nutritional factors influencing osteoporosis in laying hens. *British Poultry Science*, 47(6), 742-755. <https://doi.org/10.1080/00071660601077949>
- Green, L., Coronado-Zamora, M., Radío, S., Rech, G. E., Salces-Ortiz, J., & González, J. (2022). The genomic basis of copper tolerance in *Drosophila* is shaped by a complex interplay of regulatory and environmental factors. *BMC Biology*, 20(1), 275. <https://doi.org/10.1186/s12915-022-01479-w>
- Godswill, A. G., Somtochukwu, I. V., Ikechukwu, A. O., & Kate, E. C. (2020). Health benefits of micronutrients (vitamins and minerals) and their associated deficiency diseases: A systematic review. *International Journal of Food Sciences*, 3(1), 1-32. <http://dx.doi.org/10.47604/ijf.1024>
- Hao, E. Y., Wang, D. H., Chen, Y. F., Zhou, R. Y., Chen, H., & Huang, R. L. (2021). The relationship between the mTOR signaling pathway and ovarian aging in peak-phase and late-phase laying hens. *Poultry Science*, 100(1), 334-347. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.005>
- Hanlon, C., Takeshima, K., Kiarie, E. G., & Bédécarrats, G. Y. (2022). Bone and eggshell quality throughout an extended laying cycle in three strains of layers spanning 50 years of selection. *Poultry Science*, 101(3), 101672. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101672>
- Hincke, M. T., Nys, Y., Gautron, J., Mann, K., Rodriguez-Navarro, A. B., & McKee, M. D. (2012). The eggshell: structure, composition and mineralization. *Frontiers in Bioscience*, 17(1), 1266-1280. <https://doi.org/10.2741/3985>
- Kirunda, D. F. K., & McKee, S. R. (2000). Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poultry Science*, 79(8), 1189-1193. <https://doi.org/10.1093/ps/79.8.1189>
- Lou, Q., Li, T., Wu, P., Qiu, C., Zhang, G., & Wang, J. (2019). Polymorphism identification in GDF9 gene and its association analysis with reproduction traits in Jinghai Yellow chicken. *Animal Biotechnology*, 30(4), 332-341. <https://doi.org/10.1080/10495398.2018.1516222>
- Mabe, I., Rapp, C., Bain, M. M., & Nys, Y. (2003). Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science*, 82(12), 1903-1913. <https://doi.org/10.1093/ps/82.12.1903>
- Mariotti, M., Ridge, P. G., Zhang, Y., Lobanov, A. V., Pringle, T. H., Guigo, R., & Gladyshev, V. N. (2012). Composition and evolution of the vertebrate and mammalian selenoproteomes. *PloS one*, 7(3), 33066. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033066>
- Mishra, S. K., Chen, B., Zhu, Q., Xu, Z., Ning, C., Yin, H., & Li, D. (2020). Transcriptome analysis reveals differentially expressed genes associated with high rates of egg production in chicken hypothalamic-pituitary-ovarian axis. *Scientific Reports*, 10(1), 5976. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62886-z>
- Najib, H., & Basiouni, G. (2004). Determination of the nutritional requirements of Baladi chickens: 1. Effect of Arginine inclusion, in excess of the leghorn requirement, on performance of the Saudi baladi chickens. *Journal of King Faisal University Basic and Applied Sciences*, 5, 131-144. [\[Google Scholar\]](#)
- Ognik, K., & Krauze, M. (2016). The potential for using enzymatic assays to assess the health of turkeys. *World's poultry science journal*, 72(3), 535-550. <https://doi.org/10.1017/S0043933916000246>
- Paul, B. N., Chanda, S., Das, S., Singh, P., Pandey, B. K., & Giri, S. S. (2014). Mineral assay in atomic absorption spectroscopy. *The Beats of Natural Sciences*, 4(1), 1-17. [\[Google Scholar\]](#)
- Pekel, A. Y., & Alp, M. (2011). Effects of different dietary copper sources on laying hen performance and egg yolk cholesterol. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(4), 506-513. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00313>

- Qiu, J. L., Zhou, Q., Zhu, J. M., Lu, X. T., Liu, B., Yu, D. Y., & Xu, J. M. (2020). Organic trace minerals improve eggshell quality by improving the eggshell ultrastructure of laying hens during the late laying period. *Poultry Science*, 99(3), 1483-1490. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.006>
- Rouhanipour, H., Sharifi, D., & Irajian, G. H. (2021). The effect of L-carnitine and omega-3 fatty acids in the diet on morphology of liver, intestine and oviduct of laying hens. *Research on Animal Production*, 12(31), 31-42. <http://dx.doi.org/10.52547/rap.12.31.31>. (In Persian)
- Santos, M. J., Ludke, M. C., Silva, L. M., Rabello, C. B., Barros, M. R., Costa, F. S., & Wanderley, J. S. (2024). Complexed amino acid minerals vs. bis-glycinate chelated minerals: Impact on the performance of old laying hens. *Animal Nutrition*, 16, 395-408. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.11.006>
- Saini, H. S., & Wratten, N. (1987). Quantitative determination of total glucosinolates in rapeseed and meal digests. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 70(1), 141-145. <https://doi.org/10.1093/jaoac/70.1.141>
- Sun, M., Ma, N., Liu, H., Liu, Y., Zhou, Y., Zhao, J., & Lin, H. (2022). The optimal dietary arginine level of laying hens fed with low-protein diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 63. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00719-x>
- Szlas, A., Kurek, J. M., & Krejpcio, Z. (2022). The potential of L-arginine in prevention and treatment of disturbed carbohydrate and lipid metabolism-a review. *Nutrients*, 14(5), 961. <https://doi.org/10.3390/nu14050961>
- Takahashi, T., Kawashima, M., Kamiyoshi, M., & Tanaka, K. (1994). Arginine vasotocin receptor binding in the hen uterus (shell gland) before and after oviposition. *European Journal of Endocrinology*, 130(4), 366-372. <https://doi.org/10.1530/eje.0.1300366>
- Uyanga, V. A., Xin, Q., Sun, M., Zhao, J., Wang, X., Jiao, H., & Lin, H. (2022). Research Note: Effects of dietary L-arginine on the production performance and gene expression of reproductive hormones in laying hens fed low crude protein diets. *Poultry Science*, 101(5), 101816. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101816>
- Webster, A. B. (2004). Welfare implications of avian osteoporosis. *Poultry Science*, 83(2), 184-192. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.184>
- Yuan, C., Bu, X. C., Yan, H. X., Lu, J. J., & Zou, X. T. (2016). Dietary L-arginine levels affect the liver protein turnover and alter the expression of genes related to protein synthesis and proteolysis of laying hens. *Poultry Science*, 95(2), 261-267. <https://doi.org/10.3382/ps/pev314>
- Youssef, S. F., Shaban, S. A. M., & Inas, I. I. (2015). Effect of l-arginine supplementation on productive, reproductive performance, immune response and gene expression in two local chicken strains: 1-egg production, reproduction performance and immune response. *Egyptian Poultry Science Journal*, 35, 573-590. [\[Google Scholar\]](#)
- Zhang, Q., Zhu, F., Liu, L., Zheng, C. W., Wang, D. H., Hou, Z. C., & Ning, Z. H. (2015). Integrating transcriptome and genome re-sequencing data to identify key genes and mutations affecting chicken eggshell qualities. *PLoS One*, 10(5), 0125890. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125890>
- Zhang, T., Bai, S., Ding, X., Zeng, Q., Zhang, K., Lv, L., & Wang, J. (2022). Dietary theabrownin supplementation improves production performance and egg quality by promoting intestinal health and antioxidant capacity in laying hens. *Animals*, 12(20), 2856. <https://doi.org/10.3390/ani12202856>
- Zhou, X., Zhao, L., Luo, J., Tang, H., Xu, M., Wang, Y., & Jing, B. (2019). The toxic effects and mechanisms of nano-cu on the spleen of rats. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6), 1469. <https://doi.org/10.3390/ijms20061469>
- Zhu, C., Lv, H., Chen, Z., Wang, L., Wu, X., Chen, Z., & Jiang, Z. (2017). Dietary zinc oxide modulates antioxidant capacity, small intestine development, and jejunal gene expression in weaned piglets. *Biological Trace Element Research*, 175, 331-338. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-016-0767-3>