2025, 1(3): 47-56

JAER

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

The effects of supplementation of zinc sulfate and prebiotic on production performance, cecal microbial population, immune response and hematological parameters in laying Japanese quails

Nazanin Rahbar [1], Mohammad Taher Mirakzehi [1*], Hassan Saleh [1,2]

[1] *Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Saravan, Saravan, Iran*

[2] *Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran*

Key Words

Zinc sulfate
Prebiotic
Production performance
Microbial population
Immune response
Blood parameters
Japanese laying quail

Abstract

Introduction: Zinc is incorporated in various organic and mineral forms to improve its absorption and utilization in the diets of poultry. Prebiotics are also used as potential alternatives to antibiotics in poultry diets, reducing the pH of the intestine and thereby decreasing the population of pathogenic bacteria, improving gastrointestinal health, and enhancing nutrient utilization efficiency. The aim of this experiment is to investigate the effects of zinc and prebiotic inulin on production performance, cecal microbial population, and immune response in laying Japanese quails.

Materials & Methods: This experiment was conducted in a 2×2 factorial arrangements using 240 laying Japanese quail chicks at 48 days of age. The study included 4 treatments, each with 6 replicates and 10 birds per replicate. The factors were zinc in the form of zinc sulfate (0 and 100 mg/kg) and inulin (0 and 10 g/kg). The experiment lasted 7 weeks, during which the birds had *ad libitum* access to water and feed. Daily egg production (number and weight) was recorded, and weekly feed intake was calculated. At the end of the experiment, eggs were collected for quantitative and qualitative assessments. On the last day of the trial, one bird per replicate was randomly selected, blood samples were taken, and then the birds were slaughtered. The contents of the cecum were taken to assess the microbial population. To evaluate humoral immunity, the SRBC test was used. Therefore, two injections were administered on days 29 and 36 of the experimental period to determine the primary and secondary antibody responses.

Results: The results showed that supplementation of either zinc sulfate or inulin led to an increase in egg weight, egg production, egg mass, and improved feed conversion ratio. Supplementation of inulin resulted in increased egg weight and shell thickness. Additionally, it led to an increase in the population of beneficial bacteria such as Lactobacillus and Bifidobacterium, while reducing the population of harmful bacteria like Clostridium and Coliform. Zinc sulfate supplementation enhanced the antibody response against SRBC. Adding inulin to the diet also led to a reduction in cholesterol and an increase in serum HDL levels.

Conclusion: The results indicate that supplementation with Zinc sulfate and inulin, without imposing any negative effect, leads to improved production performance in laying quails through modulation of the gut microbiota population and enhancement of immune response.

Article info

* Corresponding Author's email: taher8588@gmail.com

Received: 31 May 2024
Reviewed: 5 July 2024
Revised: 7 September 2024
Accepted: 10 October 2024

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

مقاله علمی - پژوهشی

اثرات مکمل سولفات روی و پری‌بیوتیک بر عملکرد تولید، جمعیت میکروبی روده کور، پاسخ ایمنی و فراسنجه‌های خونی بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی

نازنین رهبر[۱]، محمدطاهر میرکزهی[۱*]، حسن صالح[۲،۱]

[۱] گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، ایران

[۲] گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

کلمات کلیدی

سولفات روی
پری‌بیوتیک
عملکرد تولید
جمعیت میکروبی
پاسخ ایمنی
فراسنجه‌های خونی
بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی

چکیده

مقدمه: امروزه عنصر روی به دو شکل آلی و معدنی جهت بهبود راندمان جذب و قابلیت دسترسی آن به جیره‌های طیور افزوده می‌شود. پری‌بیوتیک‌ها نیز به‌عنوان جایگزین بالقوه آنتی‌بیوتیک‌ها جهت کاهش pH روده، کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا، بهبود سلامت دستگاه گوارش و افزایش راندمان قابلیت دسترسی مواد مغذی به جیره‌های غذایی طیور افزوده می‌گردند. هدف از انجام این آزمایش بررسی اثرات مکمل‌سازی سولفات روی و پری‌بیوتیک اینولین بر عملکرد تولید، جمعیت میکروبی روده کور و پاسخ ایمنی در بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش با استفاده از ۲۴۰ قطعه جوجه بلدرچین تخم‌گذار در سن ۴۸ روزگی به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تعداد تیمارها ٤، با ٦ تکرار ۱۰ قطعه‌ای بود. فاکتورها عبارت بودند از: عنصر روی به شکل سولفات روی (صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) و اینولین (صفر و ۱۰ گرم/کیلوگرم). طول دوره آزمایش ۷ هفته بود و پرندگان در طول دوره آزمایش به آب و خوراک دسترسی آزاد داشتند. تولید روزانه تخم (تعداد و وزن) ثبت شد و مصرف خوراک به‌صورت هفتگی محاسبه شد. در ٤ روز پایانی دوره آزمایش، تخم بلدرچین‌ها جهت تعیین خصوصیات کمی و کیفی جمع آوری شدند. در روز پایانی دوره آزمایش یک پرنده به ازای هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب خونگیری و سپس کشتار شد. محتویات روده کور جهت تعیین جمعیت میکروبی جمع‌آوری شد. به‌منظور تعیین پاسخ ایمنی هومورال از تست SRBC استفاده شد. بدین منظور ۲ تزریق در روزهای ۲۹ و ۳٦ دوره آزمایش جهت تعیین پاسخ‌های اولیه و ثانویه آنتی‌بادی انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد که کاربرد مکمل سولفات روی یا اینولین در جیره بلدرچین تخم‌گذار منجر به افزایش وزن تخم، تولید تخم توده تخم و بهبود ضریب تبدیل گردید (P<۰/۰۵). مکمل‌سازی اینولین منجر به افزایش وزن تخم و ضخامت پوسته شد (P<۰/۰۵). اینولین جمعیت باکتری‌های مفید نظیر لاکتوباسیل‌ها و بیفیدو باکترهای روده کور را افزایش و جمعیت باکتری‌های مضر نظیر کلستریدیوم و کولیفرم در آن را کاهش داد (P<۰/۰۱). مکمل‌سازی سولفات روی منجر به افزایش پاسخ آنتی‌بادی علیه SRBC (P<۰/۰۵) و کاهش سطح کلسترول و افزایش سطح HDL در سرم پرندگان شد (P<۰/۰۱).

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که سولفات روی و اینولین و بدون اعمال هرگونه اثرات منفی از طریق تعدیل جمعیت میکروبی روده کور و بهبود پاسخ ایمنی منجر به بهبود عملکرد تولید و بهبود صفات کمی و کیفی تخم در بلدرچین‌های تخم‌گذار می‌شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
taher8588@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۱ خرداد ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۱۵ تیر ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۱۷ شهریور ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۹ مهر ۱۴۰۳

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

مقدمه

امروزه با توجه به نیاز مصرف کنندگان مبنی بر استفاده از محصولات ارگانیک عاری از آنتی‌بیوتیک و خطرات ناشی از ایجاد مقاومت آنتی‌بیوتیکی ضرورت استفاده از جایگزین‌های موثر آنتی‌بیوتیکی بیش از پیش احساس می‌شود. لذا اولین گام در این راستا تولید تخم‌هایی فاقد بقایای آنتی‌بیوتیکی جهت جوجه‌درآوری و در مراحل بعدی گنجاندن جایگزین‌های مناسب در جیره غذایی پرندگان حاصله جهت بهبود و تقویت عملکرد طبیعی دستگاه گوارش می‌باشد (۱). در این راستا پری‌بیوتیک‌ها به‌عنوان جایگزین‌های بالقوه آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره غذایی طیور استفاده می‌شوند به‌طوری‌که از طریق کاهش pH روده باعث کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا در روده، تولید اسید لاکتیک در روده کور، بهبود سلامت دستگاه گوارش و افزایش راندمان دسترسی مواد غذایی می‌شوند (۲). اینولین مخلوطی از اولیگومرها و پلیمرهای طبیعی از واحدهای فروکتوز است که از ریشه‌های کاسنی مشتق می‌گردد (۳). اینولین در قسمت‌های ابتدایی دستگاه گوارش حیوانات تک‌معده‌ای و به‌ویژه طیور مورد هضم قرار نگرفته و به‌صورت دست‌نخورده به انتهای روده کوچک و روده بزرگ می‌رسد. تحقیقات نشان داده است که محصولات فرعی حاصل از تخمیر اینولین منجر به رشد باکتری‌های مفید روده نظیر بیفیدوباکترها و لاکتوباسیلوس‌ها و هم‌چنین تحریک و تقویت ایمنی روده می‌گردند (۴). گزارش شده است که مکمل‌سازی اینولین به‌میزان ۱ گرم در کیلوگرم باعث بهبود تولید تخم در مرغ‌های تخم‌گذار فاز پایانی تولید و هم‌چنین افزودن آن در سطح ۱ تا ۲ درصد باعث کاهش میزان کلسترول تخم می‌گردد (۵). Shang و همکاران، گزارش کردند که مکمل‌سازی اینولین در سطوح ۱۰ تا ۲۰ گرم در جیره غذایی مرغ‌های تخم‌گذار منجر به بهبود عملکرد تولید و افزایش ضخامت پوسته تخم می‌گردد (۶). علاوه بر این تحقیقات نشان داده است که اینولین از طریق تحریک سیستم ایمنی باعث ارتقاء سلامت پرندگان از طریق تقویت ایمنی هومورال و افزایش ایمونوگلوبولین‌های G و M و هم‌چنین تقویت ایمنی سلولی از طریق لنفوسیت‌های T می‌گردد (۷، ۸). هم‌چنین کاهش کلسترول سرم و تخم از مزایای تغذیه‌ای مکمل‌سازی اینولین در جیره غذایی طیور تخم‌گذار می‌باشد که قبلاً به اثبات رسیده است (۶). امروزه مکمل‌ها و افزودنی‌های خوراکی به‌طور موثری در صنعت طیور به منظور افزایش عملکرد و بهبود کلی وضعیت سلامت پرندگان به جیره‌های غذایی افزوده می‌شوند. با پیشرفت نانوتکنولوژی عنصر روی به اشکال مختلف آلی و معدنی جهت بهبود راندمان جذب و قابلیت دسترسی آن به جیره‌های غذایی طیور و سایر حیوانات اهلی افزوده می‌شود (۹). به‌طورکلی روی ۳ نقش بیولوژیک مهم در بدن دام به عهده دارد: نقش کاتالایتیک به‌عنوان کوفاکتور بیش از ۳۰۰ آنزیم بدن، نقش ساختمانی و نقش تنظیمی. علاوه بر این روی نقش مهمی را در کنترل آسیب‌های ناشی از عوامل بیماری‌زا نظیر کلستریدیوم پرفرینژنز و کمک به حفظ یکپارچگی روده و نهایتاً تقویت سیستم ایمنی وحفظ سلامت کلی پرندگان بازی می‌کند. نقش‌های دیگری را نیز در فرآیندهای سنتز اسیدنوکلئیک، تکثیر سلول، سنتز پروتئین، متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین و فعالیت‌های آنزیمی در سلول زنده به‌عهده دارد (۱۰). بلدرچین‌های ژاپنی به کمبود روی بسیار حساس بوده به‌طوری‌که برای رشد طبیعی، پر درآوری و توسعه سیستم اسکلتی کاملاً ضروری است. نیازمندی‌های روی برای جوجه بلدرچین‌های در حال رشد و بالغ بین ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک برآورد شده است (۱۱). گزارش شده است که مکمل‌سازی سولفات روی در سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره غذایی بلدرچین‌های تخم‌گذار تحت شرایط استرس گرمایی منجر به بهبود تولید تخم، ضریب تبدیل خوراک و پارامترهای کیفی تخم می‌گردد (۱۲). Kucuk و همکاران گزارش کردند که افزودن روی به‌میزان ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به جیره غذایی مرغ‌های تخم‌گذار منجر به بهبود پارامترهای عملکردی، ضخامت پوسته و واحدهاو می‌گردد (۱۳). در رابطه با اثرات روی بر جمعیت میکروبی دستگاه گوارش گزارش شده است که مکمل سازی روی به شکل اکسیدآلومینوسیلیکات روی در سطح ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جوجه‌های گوشتی علاوه بر بهبود پارامترهای عملکردی باعث کاهش جمعیت باکتری‌های کلستریدیوم در هر دو روده کوچک و روده کور می‌گردد (۱۴). هدف از انجام این آزمایش بررسی اثرات اصلی و متقابل افزودن ماده معدنی سولفات روی و اینولین به‌عنوان یک پری‌بیوتیک به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر مولفه‌های عملکردی، جمعیت میکروبی روده کور، پاسخ ایمنی و هم‌چنین برخی متابولیت‌های خونی در بلدرچین‌های ژاپنی تخم‌گذار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرندگان و جیره‌های آزمایشی: این آزمایش در مزرعه پرورش بلدرچین مجتمع آموزش عالی سراوان انجام گرفت. در ابتدا به تعداد ۳۰۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار در سن ۴۰ روزگی از یک شرکت محلی تولید و پرورش بلدرچین‌های تخم‌گذار خریداری شد. از میان پرندگان خریداری شده به تعداد ۲۴۰ قطعه با متوسط وزن یکسان (۱۵۴±۰/۲۵۰) جهت اجرای آزمایش جدا شد. پرندگان مورد نظر ابتدا جهت سازگاری با محیط با یک جیره تجاری به‌مدت ۱ هفته تغذیه شدند. سپس در سن ۴۸ روزگی با جیره‌های آزمایشی مورد تغذیه قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

و فاکتورها عبارت بودند از: عنصر روی به شکل سولفات روی (سطوح صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و اینولین (سطوح صفر و ۱۰ گرم در کیلوگرم). هر تیمار دارای ۶ تکرار و هر تکرار دارای ۱۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار بود. سیستم پرورشی مورد استفاده سیستم قفس و پرندگان به‌صورت انفرادی، هر کدام در قفس‌هایی به ابعاد (۵۰×۳۰×۵۰ cm^3) دارای آب‌خوری و دان‌خوری مجزا قرار داشتند. طول دوره آزمایش ۷ هفته و کلیه پرندگان در طول مدت آزمایش به آب و خوراک دسترسی آزاد داشتند. برنامه نوری نیز مطابق با دستورالعمل پرورش بلدرچین‌های تخم‌گذار رعایت می‌شد. جیره مورد استفاده بر پایه دانه ذرت و کنجاله سویا تنظیم شد. کلیه جیره‌ها از سطوح انرژی متابولیسمی و پروتئین خام یکسان برخوردار بودند. مکمل ویتامینی معدنی مورد استفاده در جیره‌های حاوی مکمل فاقد روی بودند و مطابق با جداول احتیاجات NRC متعادل شدند (۱۱). اینولین مکمل شده در این آزمایش تولید شرکت فیبرله ترکیه و عنصر روی مورد استفاده نیز به شکل سولفات روی ($ZnSo_4$) دارای خلوص ۳۰ درصد و تولید شرکت گیوان شیمی بود. کلیه روش‌های مورد استفاده در این آزمایش به تایید کمیته اخلاق مجتمع آموزش عالی سراوان رسید.

عملکرد تولید و صفات کیفی تخم: در طول دوره آزمایش تخم‌های تولیدی به‌صورت روزانه جمع‌آوری، توزین و ثبت می‌گردیدند. مصرف خوراک نیز به‌صورت هفتگی در پایان هر هفته از اختلاف کل خوراک تخصیص داده شده و خوراک باقی‌مانده اندازه‌گیری می‌گردید. تولید تخم براساس مرغ روز محاسبه گردید. توده تخم نیز از حاصل ضرب وزن تخم در تولید تخم به دست آمد. جهت محاسبه ضریب تبدیل، خوراک مصرفی (گرم) بر توده تخم (گرم) تقسیم گردید. در انتهای دوره آزمایش تخم‌های تولیدی ۴ روز پایانی آزمایش جمع‌آوری و به‌منظور تعیین خصوصیات اجزاء تخم در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در یخچال قرار گرفت. بدین منظور ۳ عدد تخم به‌صورت تصادفی انتخاب توزین و به‌آرامی روی سطح شیشه‌ای صاف شکسته شد. زرده‌ها با دقت روی دستمال کاغذی قرار گرفته و توزین می‌گردید. پوسته‌ها به‌آرامی با آب مقطر شستشو و به‌مدت ۲۴ ساعت جهت خشک شدن در دمای اتاق قرار گرفته و سپس توزین شدند. از تفریق وزن زرده و پوسته از کل وزن تخم وزن سفیده محاسبه شد. ضخامت پوسته نیز با استفاده از میکرومتر دیجیتال در ۳ نقطه مختلف شامل نوک‌های باریک، پهن و هم‌چنین منطقه وسط اندازه‌گیری شد و میانگین این ۳ عدد به‌عنوان ضخامت پوسته در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری واحدهاو تخم‌ها پس از این‌که توزین شدند روی سطح شیشه‌ای صاف شکسته و نوک ارتفاع‌سنج در فاصله ۱ سانتی‌متری زرده قرار گرفت. پس از برخورد عدد مربوطه به عنوان ارتفاع آلبومن در نظر گرفته شد و واحد هاو محاسبه شد (۱۵).

جمعیت میکروبی روده کور: به‌منظور تعیین جمعیت میکروبی روده کور در انتهای آزمایش یک قطعه پرنده به‌ازای هر تکرار پس از اعمال گرسنگی به‌مدت ۸ ساعت کشتار سطح حفره شکمی توسط الکل ضدعفونی، با استفاده از اسکالپل استریل باز و روده‌های کور جدا گردید. مقدار ۱ گرم از محتویات روده کور برداشت، داخل فلاسک حاوی ازت قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از محتویات روده کور ۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژیک اضافه و سوسپانسیون تهیه و نهایتاً رقت‌هایی بر مبنای ۱۰ از نمونه‌ها به‌وجود آمد. جهت انجام فرآیند کشت، به‌مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از رقت مورد نظر برداشت و به سطوح محیط‌های کشت اضافه گردید. برای شمارش کل باکتری‌های غیرهوازی از محیط کشت نوترینت آگار (Nutrient agar)، کولی‌فرم‌ها از محیط کشت مک کانکی آگار (MacConkey agar)، کلستریدیوم‌ها از محیط کشت بلاد آگار (Blood agar)، بیفیدوباکترها از محیط کشت بیرنس آگار (Beerens'agar) و لاکتوباسیلوس‌ها از ام آر اس آگار (Man–Rogosa–Sharpe agar) استفاده گردید. دمای انکوباسیون نمونه ها ۳۹ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت و سپس پرگنه‌های میکروبی مورد شمارش قرار گرفت. نتایج به‌صورت لگاریتمی (log_{10}) به‌ازای هر گرم محتویات روده کور بیان گردید.

پاسخ ایمنی

ایمنی هومورال: به‌منظور بررسی پاسخ ایمنی هومورال از محلول ۵ درصد گلبول قرمز گوسفندی (SRBC: Sheep red blood cells) استفاده گردید. در روز ۲۹ دوره آزمایش یک پرنده از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب و مقدار ۰/۲ میلی‌لیتر از محلول فوق به درون عضله سینه تزریق شد. سپس بعد از یک هفته (روز ۳۶ دوره آزمایش) به منظور تعیین پاسخ اولیه آنتی آبادی علیه SRBC از ورید بال پرندگانی که قبلاً به آن‌ها SRBC تزریق شده بود خونگیری و تزریق مجدد محلول ۵ درصد گلبول قرمز به درون عضله سینه این پرندگان تکرار شد. جهت تعیین پاسخ ثانویه آنتی‌بادی علیه SRBC یک هفته پس از تزریق ثانویه (روز ۴۳ دوره آزمایش) مجددا از ورید بال این پرندگان خونگیری به‌عمل آمد. نمونه‌ها جهت جداسازی سرم در دور ۱۳۰۰ به‌مدت ۲۰ دقیقه مورد سانتریفیوژ قرار گرفته و نمونه‌های حاصل جهت آنالیز بعدی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

ایمنی سلولی: جهت بررسی فعالیت ایمنی سلولی از تست حساسیت شدید بازوفیل پوستی (CBH: Cutaneous basophil hypersensitivity) استفاده گردید. بدین منظور در روز ۴۴ دوره آزمایش ۲ قطعه پرنده به‌ازای هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب ابتدا ضخامت پرده بین انگشتان دوم و سوم هر دو پاهای راست و چپ با استفاده از کولیس دیجیتال به‌دقت اندازه‌گیری و ثبت گردید. سپس مقدار ۱۰۰ میکروگرم

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

فیتوهماگلوتینین در ۰/۱ میلی‌لیتر محلول سالین به‌صورت زیر جلدی به پرده بین انگشتان دوم و سوم پای چپ تزریق گردید. پای راست به‌عنوان کنترل در نظر گرفته شد و به پرده بین انگشتان دوم و سوم آن ۰/۱ میلی‌لیتر محلول سالین تزریق گردید. ضخامت پرده بعد از گذشت ۱۲ و ۲۴ ساعت پس از تزریق مجدداً اندازه‌گیری گردید. اختلاف بین ضخامت پرده قبل از تزریق و بعد از تزریق در ساعات مورد نظر به‌عنوان پاسخ به تست مورد نظر تلقی گردید. جهت تعیین تیتر آنتی‌بادی علیه SRBC از روش الایزا (Enzyme-linked immune sorbent assay) استفاده گردید. برای تعیین تیتر ایمونوگلوبولین G از مرکاپتواتانول ۰/۰۱ مولار استفاده گردید. ایمونوگلوبولین M نیز از تفریق تیتر ایمونوگلوبولین G از تیتر ایمونوگلوبولین کل محاسبه شد (۱۶).

جدول ۱: جیره پایه مورد استفاده و ترکیبات محاسبه شده آن (درصد)

اجزاء ماده خوراکی (درصد)	
ذرت	۵۵/۶۰
کنجاله سویا (٪ ۴۴)	۲۵/۲۰
گلوتن ذرت (٪ ۶۰)	۴/۳۰
روغن آفتابگردان	۵/۵۰
دی‌کلسیم فسفات	۱/۵۰
سنگ آهک	۷/۰۰
نمک	۰/۳۰
مکمل معدنی و ویتامینی[1] (فاقد روی)	۰/۳۰
ال-لیزین	۰/۱۰
دی- ال متیونین	۰/۱۵
کوکسیدواستات	۰/۰۵
انرژی و مواد مغذی محاسبه شده	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری /کیلوگرم)	۲۹۶۰
پروتئین خام (درصد)	۲۰/۳۵
فیبر خام (درصد)	۲/۸۶
عصاره اتری (درصد)	۲/۷۵
کلسیم (درصد)	۳/۰۷
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۳۸
لیزین (درصد)	۱/۰۶
متیونین (درصد)	۰/۴۹
متیونین + سیستئین (درصد)	۰/۸۱

[1] پرمیکس ویتامینی معدنی در هر کیلوگرم جیره حاوی: ویتامین A ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین D_3 ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E ۱۸ واحد بین‌المللی، ویتامین K ۲میلی‌گرم، ویتامین B_2 ۶/۶ میلی‌گرم، نیاسین ۳۰ میلی‌گرم، ویتامین B_5 ۱۰ میلی‌گرم،۳ میلی‌گرم ویتامین B_6، اسیدفولیک ۱ میلی‌گرم، ۱/۸میلی‌گرم ویتامین B_1، ۱۵ میکروگرم ویتامین B_{12}، بیوتین ۰/۱ میلی‌گرم، کولین کلراید ۵۰۰ میلی‌گرم و اتوکسی کوئین ۰/۱ میلی‌گرم. سلنیوم ۰/۲ میلی‌گرم، ید ۱ میلی‌گرم، مس ۱۰ میلی‌گرم، آهن ۵۰ میلی‌گرم و منگنز ۱۰۰ میلی‌گرم.

فراسنجه‌های خونی: در انتهای آزمایش قبل از کشتار پرندگان که پیش‌تر اشاره گردید از محل ورید بال خونگیری به‌عمل آمد. نمونه‌های سرم جداسازی و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. در زمان آنالیز نمونه‌ها یخ‌گشایی و فراسنجه‌های خونی شامل پروتئین کل، آلبومین، اسید اوریک، تری‌گلیسرید، کلسترول و HDL با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Random Access Analysr A15, Biosystem Corp, Spain) و کیت‌های تجاری بیوسیستم مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

تجزیه آماری: به‌منظور تجزیه آماری کلیه داده‌های این آزمایش از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ استفاده گردید (۱۷). مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ انجام شد. مدل آماری طرح در ذیل بیان گردیده است:

$$Yijk = \mu + Ai + Bj + (AB)ij + \varepsilon_{ijk}$$

در این رابطه؛ Y_{ijk}: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین جامعه، Ai: اثر روی، Bj: اثر اینولین، AB_{ij}: اثر متقابل بین سولفات روی و اینولین و ε_{ijk}: خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج

صفات عملکردی: اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی بلدرچین‌های تخم‌گذار در جدول ۱ نشان داده شده است. داده‌ها نشان می‌دهد که سولفات روی و اینولین دارای اثرات اصلی معنی‌داری بر وزن تخم، تولید تخم، توده تخم و ضریب تبدیل می‌باشند ($P<0/05$). به طوری که افزودن این مکمل‌ها به جیره غذایی منجر به افزایش معنی‌دار وزن تخم، تولید تخم، توده تخم و کاهش ضریب تبدیل خوراک شده است. هم‌چنین اثر متقابل معنی‌داری بین مکمل‌های سولفات روی و اینولین بر وزن تخم مشاهده گردید ($P<0/05$). این اثر متقابل نشان داد که افزودن اینولین در سطح ۱۰ گرم در کیلوگرم به جیره‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی و به طور برعکس افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی در جیره‌های حاوی ۱۰ گرم در کیلوگرم اینولین منجر به افزایش معنی‌دار وزن تخم می‌گردد (به‌ترتیب ۱۱/۵۰ در مقایسه با ۱۱/۱۹ و ۱۱/۵۰ در مقایسه با ۱۱/۱۸ گرم؛ $P<0/05$). هیچ‌گونه اثرات معنی‌داری از تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک مشاهده نگردید ($P>0/05$).

خصوصیات کمی و کیفی تخم: اثرات تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات کمی و کیفی تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج بیان‌گر این است که اینولین اثرات اصلی معنی‌داری بر وزن پوسته، ضخامت پوسته، درصد پوسته و واحد هاو دارد. به‌طوری که منجر به افزایش معنی‌دار این پارامترها شده است

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

(P<۰/۰۱). هیچ‌گونه اثرات اصلی معنی‌داری از اینولین بر وزن آلبومن، درصد آلبومن، وزن زرده و درصد زرده مشاهده نشد (P>۰/۰۵). افزودن سولفات روی نیز هیچ‌گونه اثرات معنی‌داری بر خصوصیات کمی و کیفی تخم بلدرچین نشان نداد (P>۰/۰۵). داده‌ها نشان می‌دهد که اثر متقابل معنی‌داری بین سولفات روی و اینولین بر پارامترهای مورد نظر وجود نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۲: اثرات مکمل‌های سولفات روی و اینولین بر برخی صفات عملکردی بلدرچین‌های تخم‌گذار

تیمار		صفات				
سولفات روی (میلی‌گرم/کیلوگرم)	اینولین (گرم/کیلوگرم)	مصرف خوراک (گرم/بلدرچین/روز)	وزن تخم (گرم)	تولید تخم (مرغ روز، درصد)	توده تخم (گرم)	ضریب تبدیل
۰	۰	۲۸/۹۴	۱۱/۰۷^{b}	۷۷/۵۸	۸/۵۹	۳/۳۷
۰	۱۰	۲۸/۷۵	۱۱/۱۸^{b}	۷۹/۰۸	۸/۸۵	۳/۲۵
۱۰۰	۰	۲۸/۹۱	۱۱/۱۹^{b}	۷۸/۸۳	۸/۸۲	۳/۲۸
۱۰۰	۱۰	۲۸/۸۵	۱۱/۵۰^{a}	۸۲/۵۰	۹/۴۸	۳/۰۴
SEM		۰/۰۷۶	۰/۰۳۷	۱/۰۴۱	۰/۱۱۶	۰/۰۴۴
اثرات اصلی						
سولفات روی	۰	۲۸/۸۴	۱۱/۱۳^{b}	۷۸/۳۳^{b}	۸/۷۲^{b}	۳/۳۱^{a}
	۱۰۰	۲۸/۸۸	۱۱/۳۴^{a}	۸۰/۶۶^{a}	۹/۱۵^{a}	۳/۱۶^{b}
اینولین	۰	۲۸/۹۲	۱۱/۱۳^{b}	۷۸/۲۰^{b}	۸/۷۰^{b}	۳/۳۲^{a}
	۱۰	۲۸/۸۰	۱۱/۳۴^{a}	۸۰/۷۹^{a}	۹/۱۶^{a}	۳/۱۴^{b}
				P-value		
اینولین		۰/۱۱۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۸
سولفات روی × اینولین		۰/۴۰۷	۰/۰۱۶	۰/۳۱۰	۰/۰۹۵	۰/۱۸۵

[a-b] حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

جمعیت میکروبی روده کور: اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی روده کور در جدول ۴ آورده شده است. داده های جدول نشان می‌دهد که اینولین اثرات اصلی معنی‌داری بر جمعیت باکتری‌های کلستریدیوم، لاکتوباسیلوس، بیفیدوباکتریوم و کلی فرم دارد (P<۰/۰۱). به‌طوری‌که باعث کاهش جمعیت باکتری‌های کلستریدیوم و کولیفرم و افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم شده است. اما جمعیت کل باکتری‌های غیرهوازی تحت تاثیر قرار نگرفته است (P>۰/۰۵). اما مکمل‌سازی سولفات روی تاثیر معنی‌داری بر جمعیت میکروبی روده کور در این آزمایش ندارد (P>۰/۰۵).

پاسخ ایمنی: پاسخ ایمنی هومورال علیه SRBC و هم‌چنین پاسخ ایمنی سلولی علیه تست CBH به‌ترتیب در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است. نتایج بیان‌گر این است که اثرات اصلی معنی‌داری از سولفات روی بر تیتر ایمونوگلوبولین‌های G و کل در پاسخ اولیه وجود دارد. به‌طوری‌که منجر به افزایش تیتر آن‌ها گردیده است (P<۰/۰۵). این افزایش تیتر ایمونوگلوبولین‌های G و کل با افزودن سولفات روی به جیره غذایی پرندگان با روند مشابهی در پاسخ ثانویه نیز مشاهده گردید (P<۰/۰۱). هیچ‌گونه اثرات معنی داری از اینولین بر تیتر آنتی‌بادی مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). نتایج تست CBH نشان داد که سولفات روی اثرات اصلی معنی‌داری بر افزایش حساسیت و ورم پرده بین انگشتان دوم و سوم پرندگان بعد از گذشت ۱۲ و ۲۴ ساعت دارد (P<۰/۰۱). هم چنین افزایش ضخامت پرده مذکور در اثر مکمل‌سازی اینولین نیز بعد از گذشت ۱۲ ساعت مشاهده گردید (P<۰/۰۵).

فراسنجه‌های خونی: نتایج تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی نشان می‌دهد که افزودن اینولین به جیره‌های غذایی پرندگان ضمن کاهش معنی دار کلسترول سرم خون، سطوح HDL سرم را افزایش داده است (P<۰/۰۱). اما تاثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های دیگر نداشت (P>۰/۰۵). هم‌چنین هیچ‌گونه اثرات معنی‌داری از سولفات روی بر فراسنجه‌های خونی مشاهده نگردید (P>۰/۰۵) (جدول ۷).

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

جدول ۳: اثرات مکمل‌های سولفات روی و اینولین بر خصوصیات کیفی تخم بلدرچین‌های تخم‌گذار

تیمار		صفات						
سولفات روی (میلی گرم/کیلوگرم)	اینولین (گرم/کیلوگرم)	وزن پوسته (گرم)	درصد پوسته (٪)	ضخامت پوسته (میکرومتر)	وزن زرده (گرم)	درصد زرده (٪)	وزن آلبومن (گرم)	درصد آلبومن (٪)	واحد هاو
۰	۰	۱/۱۰	۹/۹۷	۰/۳۳۱	۳/۸۴	۳۴/۷۴	۶/۱۲	۵۵/۲۷	۸۴/۰۵
۰	۱۰	۱/۱۹	۱۰/۶۶	۰/۳۵۱	۳/۹۰	۳۴/۹۰	۶/۰۹	۵۴/۴۳	۸۴/۳۱
۱۰۰	۰	۱/۱۱	۹/۹۶	۰/۳۳۳	۳/۸۵	۳۴/۴۸	۶/۲۱	۵۵/۵۵	۸۴/۰۹
۱۰۰	۱۰	۱/۲۰	۱۰/۴۵	۰/۳۵۲	۳/۸۳	۳۳/۲۹	۶/۴۶	۵۶/۲۵	۸۴/۴۰
SEM		۰/۰۰۹	۰/۰۸۸	۰/۰۰۵	۰/۱۲۰	۱/۰۵۵	۰/۱۱۷	۱/۰۵۱	۰/۰۸۷
اثرات اصلی									
سولفات روی	۰	۱/۱۴	۱۰/۳۲	۰/۳۴۱	۳/۸۷	۳۴/۸۲	۶/۱۰	۵۴/۸۵	۸۴/۱۸
	۱۰۰	۱/۱۵	۱۰/۲۰	۰/۳۴۳	۳/۸۴	۳۳/۸۸	۶/۳۴	۵۵/۹۰	۸۴/۲۴
اینولین	۰	۱/۱۱^{b}	۹/۹۷^{b}	۰/۳۳۲^{b}	۳/۸۵	۳۴/۶۱	۶/۱۶	۵۵/۴۱	۸۴/۰۷^{b}
	۱۰	۱/۱۹^{a}	۱۰/۵۵^{a}	۰/۳۵۱^{a}	۳/۸۶	۳۴/۰۹	۶/۲۷	۵۵/۳۴	۸۴/۳۵^{a}
					P-value				
سولفات روی		۰/۳۵۲	۰/۲۱۴	۰/۷۷۱	۰/۷۹۰	۰/۳۸۵	۰/۰۵۸	۰/۳۲۹	۰/۴۶۶
اینولین		<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۹۰۷	۰/۶۲۹	۰/۳۶۱	۰/۹۴۶	۰/۰۰۳
سولفات روی × اینولین		۰/۹۳۱	۰/۲۷۱	۰/۹۳۰	۰/۷۲۸	۰/۵۳۱	۰/۲۴۲	۰/۴۷۰	۰/۷۷۸

[a-b] حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

جدول ۴: اثرات مکمل‌های سولفات روی و اینولین بر جمعیت میکروبی روده کور بلدرچین‌های تخم‌گذار

تیمار		جمعیت میکروبی				
سولفات روی (میلی‌گرم/کیلوگرم)	اینولین (گرم/کیلوگرم)	کلستریدیوم[1]	لاکتوباسیلوس[2]	بیفیدوباکتریوم[3]	کولیفرم[4]	کل باکتری‌های غیرهوازی
۰	۰	۴/۹۴	۵/۸۰	۴/۲۵	۴/۹۴	۷/۸۸
۰	۱۰	۴/۸۱	۵/۹۱	۴/۳۴	۴/۸۷	۷/۸۹
۱۰۰	۰	۴/۹۱	۵/۸۲	۴/۲۴	۴/۹۳	۷/۸۷
۱۰۰	۱۰	۴/۸۰	۵/۹۰	۴/۳۳	۴/۸۵	۷/۸۴
SEM		۰/۰۳۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۰	۰/۰۴۸
اثرات اصلی						
سولفات روی	۰	۴/۸۷	۵/۸۵	۴/۲۹	۴/۹۱	۷/۸۸
	۱۰۰	۴/۸۶	۵/۸۶	۴/۲۸	۴/۸۹	۷/۸۶
اینولین	۰	۴/۹۲^{a}	۵/۸۱^{b}	۴/۲۴^{b}	۴/۹۴^{a}	۷/۸۷
	۱۰	۴/۸۱^{b}	۵/۹۰^{a}	۴/۳۳^{a}	۴/۸۶^{b}	۷/۸۶
				P-value		
سولفات روی		۰/۵۷۹	۰/۸۵۴	۰/۷۲۷	۰/۳۴۵	۰/۶۱۲
اینولین		۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۸۳۸
سولفات روی × اینولین		۰/۶۹۱	۰/۴۸۷	۰/۸۸۸	۰/۸۷۳	۰/۷۳۴

[a-b] حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

1. *Clostridium* spp. 2. *Lactobacillus* spp. 3. *Bifidobacterium* spp. 4. *Coliform* spp.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

جدول ۵: اثرات مکمل‌های سولفات روی و اینولین بر پاسخ آنتی‌بادی اولیه و ثانویه علیه تست ایمنی SRBC در بلدرچین‌های تخم‌گذار

تیمار		پاسخ اولیه آنتی‌بادی			پاسخ ثانویه آنتی‌بادی		
سولفات روی (میلی‌گرم/کیلوگرم)	اینولین (گرم/کیلوگرم)	ایمونوگلوبولین G	ایمونوگلوبولین M	ایمونوگلوبولین کل	ایمونوگلوبولین G	ایمونوگلوبولین M	ایمونوگلوبولین کل
۰	۰	۲/۵۰	۱/۵۰	۴/۰۰	۳/۳۳	۲/۳۳	۵/۶۶
۰	۱۰	۲/۸۳	۱/۵۰	۴/۳۳	۳/۳۳	۲/۵۰	۵/۸۳
۱۰۰	۰	۳/۳۳	۱/۸۳	۵/۱۶	۳/۸۳	۲/۸۳	۶/۶۶
۱۰۰	۱۰	۳/۱۶	۲/۰۰	۵/۱۶	۴/۱۶	۳/۰۰	۷/۱۶
SEM		۰/۲۶۶	۰/۲۵۵	۰/۴۳۷	۰/۱۹۰	۰/۲۸۳	۰/۳۶۸
اثرات اصلی							
سولفات روی	۰	۲/۶۶^{b}	۱/۵۰	۴/۱۶^{b}	۳/۳۳^{b}	۲/۴۱	۵/۷۵^{b}
	۱۰۰	۳/۲۵^{a}	۱/۹۱	۵/۱۶^{a}	۴/۰۰^{a}	۲/۹۱	۶/۹۱^{a}
اینولین	۰	۲/۹۱	۱/۶۶	۴/۵۸	۳/۵۸	۲/۵۸	۶/۱۶
	۱۰	۳/۰۰	۱/۷۵	۴/۷۵	۳/۷۵	۲/۷۵	۶/۵۰
P-value							
سولفات روی		۰/۰۴۰	۰/۱۱۸	۰/۰۳۳	۰/۰۰۲	۰/۰۹۳	۰/۰۰۴
اینولین		۰/۷۵۷	۰/۷۴۷	۰/۷۰۷	۰/۳۹۰	۰/۵۶۳	۰/۳۷۷
سولفات روی× اینولین		۰/۳۵۸	۰/۷۴۷	۰/۷۰۷	۰/۳۹۰	۱/۰۰۰	۰/۶۵۶

$^{a-b}$ حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

جدول ۶: اثرات مکمل‌های سولفات روی و اینولین بر افزایش ضخامت پرده بین انگشت دوم و سوم بلدرچین‌های تخم‌گذار

تیمار		افزایش ضخامت پرده بین انگشت دوم و سوم	
سولفات روی (میلی‌گرم/کیلوگرم)	اینولین (گرم/کیلوگرم)	افزایش ۱۲ ساعته	افزایش ۲۴ ساعته
۰	۰	۰/۲۷۳	۰/۱۹۶
۰	۱۰	۰/۳۴۸	۰/۲۲۱
۱۰۰	۰	۰/۳۶۵	۰/۲۷۶
۱۰۰	۱۰	۰/۳۸۳	۰/۲۸۵
SEM		۰/۰۱۷	۰/۰۱۷
اثرات اصلی			
سولفات روی	۰	۰/۳۱۰^{b}	۰/۲۰۹^{b}
	۱۰۰	۰/۳۷۴^{a}	۰/۲۸۰^{a}
اینولین	۰	۰/۳۱۹^{a}	۰/۲۳۶
	۱۰	۰/۳۶۵^{b}	۰/۲۵۳
P-value			
سولفات روی		۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵
اینولین		۰/۰۱۵	۰/۳۴۲
سولفات روی × اینولین		۰/۱۲۲	۰/۶۳۲

$^{a-b}$ حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

جدول ۷: اثرات مکمل‌های سولفات روی و اینولین بر فراسنجه‌های خونی بلدرچین‌های تخم‌گذار

تیمار		فراسنجه خونی					
روی (میلی‌گرم/کیلوگرم)	اینولین (گرم/کیلوگرم)	پروتئین کل	آلبومین	اسید اوریک	تری گلیسرید	کلسترول	HDL
۰	۰	۲/۳۶	۱/۲۵	۴/۴۴	۳۱۵/۱۶	۱۷۰/۵۰	۴۳/۱۶
۰	۱۰	۴/۳۷	۱/۲۴	۴/۴۲	۳۱۱/۸۳	۱۵۳/۶۶	۴۷/۰۰
۱۰۰	۰	۴/۳۹	۱/۲۷	۴/۴۴	۳۱۵/۳۳	۱۶۰/۵۰	۴۴/۵۰
۱۰۰	۱۰	۴/۳۸	۱/۲۶	۴/۴۲	۳۱۰/۳۳	۱۵۱/۵۰	۴۷/۸۳
SEM		۰/۰۲۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۳/۱۸	۴/۳۴	۱/۲۰
اثرات اصلی							
سولفات روی	۰	۴/۳۷	۱/۲۴	۴/۴۳	۳۱۳/۵۰	۱۶۲/۰۸	۴۵/۰۸
	۱۰۰	۴/۳۸	۱/۲۷	۴/۴۳	۳۱۲/۸۳	۱۵۶/۰۰	۴۶/۱۶
اینولین	۰	۴/۳۸	۱/۲۶	۴/۴۴	۳۱۵/۲۵	۱۶۵/۵۰[a]	۴۳/۸۳[b]
	۱۰	۴/۳۷	۱/۲۵	۴/۴۲	۳۱۱/۰۸	۱۵۲/۵۸[b]	۴۷/۴۱[a]
P-value							
سولفات روی		۰/۴۱۵	۰/۰۸۵	۰/۸۶۵	۰/۸۳۶	۰/۱۷۶	۰/۳۷۷
اینولین		۰/۹۳۴	۰/۵۸۱	۰/۲۰۱	۰/۲۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷
سولفات روی × اینولین		۰/۵۱۳	۰/۷۵۸	۰/۹۵۴	۰/۷۹۶	۰/۳۷۸	۰/۸۳۷

[a-b] حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

بحث

نتایج این آزمایش راجع به اثرات مثبت سولفات روی مکمل شده بر پارامترهای عملکردی در تطابق با نتایج Abbasi و همکاران است که گزارش کردند مکمل‌سازی اکسید روی در سطوح ۲۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره غذایی بلدرچین‌های تخم‌گذار منجر به بهبود پارامترهای عملکردی این پرندگان می‌گردد (۱۸). در تطابق با یافته‌های این آزمایش Sahin و Kucuk گزارش کردند که افزودن سولفات روی در سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره منجر به بهبود تولید تخم، پارامترهای کیفی تخم و ضریب تبدیل خوراک در بلدرچین‌های تخم‌گذار دچار چالش با استرس گرمایی می‌گردد (۱۲). روی به‌طور موثر قابلیت دسترسی مواد خوراکی را در دستگاه گوارش از طریق شرکت در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این روی نقش حفاظتی بر بافت پانکراس داشته و آن را از آسیب‌های احتمالی محافظت و باعث حفظ عملکرد نرمال آن جهت تولید آنزیم‌های گوارشی و بالاخره بهبود قابلیت هضم مواد غذایی می‌گردد که به نوبه خود پارامترهای عملکردی را بهبود می‌بخشد (۱۹). در تطابق با نتایج این آزمایش Abdelgader و همکاران گزارش کردند که افزودن اینولین به‌میزان ۱ گرم در کیلوگرم جیره پارامترهای عملکردی شامل تولید تخم، وزن تخم، توده تخم و ضریب تبدیل خوراک را در مرغ‌های تخم‌گذار بهبود می‌بخشد (۵). اینولین دارای اثرات محرک بر فرآیندهای متابولیک و استحصال مواد مغذی می‌باشد. به‌طوری که به‌عنوان یک پری‌بیوتیک موثر باعث رشد و توسعه جمعیت میکروبی کوتاه زنجیر (SCFAs: Short Chain Fatty Acids) می‌گردد. هم‌چنین آنزیم‌های درون‌زای باکتریایی در دستگاه گوارش پرنده و به‌دنبال آن محصولات نهایی حاصل از تخمیر را تحت تاثیر قرار داده و بدین‌وسیله موجب بهبود عملکرد تولید می‌گردد (۲۰). نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که استفاده توام از هر دو مکمل های سولفات روی و اینولین دارای اثرات همگرا بر افزایش وزن پرندگان مورد آزمایش می‌باشد. در خصوص اثرات مثبت اینولین مکمل شده بر خصوصیات پوسته تخم نتایج مشابهی در تطابق با نتایج این آزمایش توسط Abdelgader و همکاران مبنی بر افزایش وزن تخم و ضخامت پوسته آن و هم‌چنین توسط Shang و همکاران مبنی بر افزایش ضخامت پوسته تخم در مرغ‌های تخم‌گذار به‌ترتیب با افزودن ۱ و ۱۰ تا ۲۰ گرم در کیلوگرم جیره غذایی به‌دست آمده است (۲، ۵). در رابطه با اثرات مثبت اینولین بر افزایش واحد هاو نتایج این آزمایش با یافته‌های Park و همکاران در تطابق می‌باشد که گزارش کردند افزودن اولیگو ساکاریدهای اینولین در سطوح ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی مرغ‌های تخم‌گذار منجر به افزایش واحد هاو می‌گردد. پری‌بیوتیک‌هایی نظیر اینولین از طریق افزایش قابلیت دسترسی کلسیم در روده و هم‌چنین افزایش کلسیمی شدن استخوان منابع کافی جهت تشکیل پوسته و استحکام آن را فراهم می‌نمایند. اولیگوساکاریدهای

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

غیرقابل هضم اینولین توسط آنزیم‌های گوارشی در روده کوچک پرندگان هضم نمی‌شوند و توسط جمعیت میکروبی روده مورد تخمیر قرار گرفته تولید SCFAs نموده و متعاقباً PH روده کاهش می‌یابد. کاهش PH به نوبه خود منجر به حل شدن کلسیم و تبدیل آن به شکل یونی قابل جذب می‌گردد (۲۲). واحد هاو شاخصی از کیفیت سفیده به شمار می رود و هرچه مقدار آن بیش تر باشد بیانگر این است که تخم‌ها تازه‌تر و دارای آلبومن ضخیم‌تری هستند. گزارش شده است که افزودن پری‌بیوتیک‌هایی نظیر اینولین و مانان‌اولیگوساکاریدها از طریق افزایش قابلیت هضم پروتئین‌ها، چربی‌ها و خاکستر ضمن افزایش تولید تخم باعث افزایش کیفیت آلبومن نیز می‌گردند (۲۳). نتایج این آزمایش مبنی بر اثرات اینولین بر افزایش باکتری‌های مفید نظیر لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکترها و کاهش باکتری‌های مضر شامل کلستریدیوم‌ها و کولی‌فرم‌ها در روده کور پرندگان با نتایج Shang و همکاران، Park و Park، Abdelgader و همکاران و Xu و همکاران در تطابق می‌باشد (۲، ۵، ۲۱، ۲۴). باکتری‌های مفید موجود در روده و روده کور از قبیل لاکتوباسیل‌ها و بیفیدوباکترها از اینولین و اولیگوفروکتان‌ها به‌عنوان سوبسترای خود استفاده نموده و آن‌ها را به طور موثرتری نسبت به باکتری‌های دیگر تخمیر می‌نمایند. در نتیجه این فرآیندهای تخمیری منجر به تولید SCFAs می‌گردند و از طریق کاهش PH باعث بازدارندگی رشد و توسعه باکتری‌های بیماری‌زایی مثل کلستریدیوم‌ها و کولی‌فرم‌ها می‌گردند. در میان SCFAs تولید شده در فرآیند تخمیر اینولین اسیداستیک، اسید پروپیونیک و اسید بوتیریک در حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد آن‌ها را تشکیل می‌دهند به‌طوری که به‌عنوان منابع انرژی برای سلول‌های اپیتلیال روده عمل نموده، باعث رشد و بازسازی پرزهای روده، کاهش عمق کریپت و در نتیجه حداکثر راندمان جذبی مواد مغذی را فراهم می‌سازند. برآیند این فعل و انفعالات منجر به افزایش تولید تخم و پارامترهای کیفی تخم می‌گردد که به خوبی در این آزمایش مشهود است (۲۵). نتایج این آزمایش راجع به اثرات مثبت اینولین بر پاسخ ایمنی هومورال با نتایج Nabizadeh و هم‌چنین نتایج Park-SO و Park-BS مبنی بر افزایش تیتر آنتی‌بادی در جوجه‌های گوشتی در اثر مکمل‌سازی اینولین در تطابق می‌باشد (۷، ۲۱). ایمونوگلوبولین‌های G و M توسط سلول‌های B تولید شده و بیانگر ایمنی هومورال می‌باشند. اینولین نقش خود را در تحریک سلامت از طریق اثر تحریکی بر فرآیند فاگوسیتوز توسط سلول‌های فاگوسیتوز کننده و به‌دنبال آن تحریک سیستم ایمنی ایفا می‌نماید (۲۶). یافته‌های این آزمایش بیانگر نقش مثبت هر دو سولفات روی و اینولین بر پاسخ ایمنی سلولی از طریق افزایش ضخامت پرده بین انگشتان می‌باشد. گزارش شده است که اینولین اثرات مثبت خود بر ایمنی سلولی را از طریق افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس و به‌دنبال آن تغییر پروفیل سیتوکین‌ها و هم‌چنین فعال‌سازی ماکروفاژ نشان می‌دهد. هم چنین اینولین علاوه بر تاثیر از طریق باکتری‌ها ممکن است اثرات تحریکی مستقیم نیز بر سلول‌های اپیتلیال روده و خود سلول‌های سیستم ایمنی نیز داشته باشد (۲۷). در تطابق با یافته‌های این آزمایش Dibaiee-nia و همکاران نیز اثرات مثبت روی بر بهبود پاسخ ایمنی سلولی در اثر مکمل‌سازی اکسیدروی در سطح ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره جوجه‌های گوشتی را گزارش نموده‌اند (۲۸). گزارش شده است که کمبود روی منجر به تحلیل بافت‌های تیموس و طحال که نقش مهمی در پاسخ ایمنی سلولی دارند می‌گردد. از طرفی روی باعث فعال‌سازی هورمون تیمولین می‌گردد. تیمولین به نوبه خود باعث افزایش پاسخ ایمنی از طریق افزایش بلوغ لنفوسیت‌های T و هم چنین فعال سازی لنفوسیت‌های B از طریق لنفوسیت‌های T کمک‌کننده می‌گردد و نهایتاً باعث تقویت پاسخ ایمنی سلولی می‌گردد که در این آزمایش نیز مشهود است (۲۹، ۳۰، ۳۱). نتایج نشان داد که مکمل‌سازی اینولین دارای اثرات کاهشی بر سطوح کلسترول و افزایشی بر HDL سرم خون دارد. این یافته‌ها با نتایج Park و Park که گزارش کردند الیگوساکاریدهای کپسوله شده اینولین در سطوح ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی مرغ‌های تخم‌گذار باعث کاهش سطوح کلسترول و افزایش سطوح HDL سرم می‌گردد در تطابق می‌باشد (۲۱). گزارش شده است که SCFAs تولید شده به‌واسطه مکمل‌سازی اینولین از طریق اعمال اثرات بازدارندگی بر بیان ژن آنزیم‌های لیپیدساز منجر به کاهش سنتز اسیدهای چرب می‌گردد. هم‌چنین SCFAs تولید شده در اثر مکمل‌سازی اینولین باعث کاهش بیوسنتز کلسترول در کبد می‌شود. اسید پروپیونیک تولیدی نیز بر مسیر جذبی در روده بزرگ و تنظیم متابولیسم کربوهیدرات‌ها و لیپیدها تاثیر می‌گذارد. علاوه بر این مقداری از کلسترول خون توسط باکتری‌های لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتر در محصولات تخمیری برداشت می‌گردد. اینولین بازدارندگی بر سنتز کلسترول در کبد را از دو مسیر اعمال می‌کند: افزایش دفع اسیدهای صفراوی و بازدارندگی بر فعالیت آنزیم HMG-CoA ردوکتاز، آنزیمی که مرتبط با سنتز کلسترول می‌باشد (۲۱). به طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که مکمل‌سازی سولفات روی و اینولین به‌عنوان پری‌بیوتیک در جیره بلدرچین‌های تخم‌گذار بدون اعمال هرگونه اثرات منفی باعث بهبود صفات عملکرد تولید می‌گردد. مکمل‌سازی اینولین باعث افزایش کیفیت پوسته تخم و بهبود جمعیت باکتریایی روده کور گردید. اثرات مثبتی از هر دو اینولین و سولفات روی به‌ترتیب بر تقویت پاسخ ایمنی هومورال و سلولی مشاهده گردید. هم‌چنین نتایج بیانگر نقش موثر اینولین بر کاهش سطوح کلسترول خون بود.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]

منابع

1. **Costa, F.G.P., Nobre, I., Silva, L., Goulart, C., Figueiredo, D. and Rodrigues, V., 2008.** The use of prebiotic and organic minerals in rations for Japanese laying quail. International Journal of Poultry Science. 7(4): 339-343. doi: 10.3923/ijps.2008.339.343
2. **Shang, H., Zhao, J., Dong, X., Guo, Y., Zhang, H., Cheng, J. and Zhou, H., 2020.** Inulin improves the egg production performance and affects the cecum microbiota of laying hens. International journal of biological macromolecules. 155: 1599-1609. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.11.137
3. **Li, B., Schroyen, M., Leblois, J., Beckers, Y., Bindelle, J. and Everaert, N., 2019.** The use of inulin and wheat bran only during the starter period or during the entire rearing life of broilers: effects on growth performance, small intestinal maturation and cecal microbial colonization until slaughter age. Poultry Science. 98(9): 4058-4065. doi: 10.3382/ps/pez088
4. **Gupta, N., Jangid, A. K., Pooja, D. and Kulhari, H., 2019.** Inulin: A novel and stretchy polysaccharide tool for biomedical and nutritional applications. International journal of biological macromolecules. 132: 852-863. doi: 10.1016 /j.ijbiomac.2019.03.188
5. **Abdelqader, A., Al-Fataftah, A.R. and Daş, G., 2013.** Effects of dietary *Bacillus subtilis* & inulin supplementation on performance, eggshell quality, intestinal morphology and microflora composition of laying hens in the late phase of production. Animal feed science and technology. 179(1-4): 103-111. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.11.003
6. **Shang, H., Hu, T., Lu, Y. and Wu, H., 2010.** Effects of inulin on performance, egg quality, gut microflora and serum and yolk cholesterol in laying hens. British Poultry Science. 51(6): 791-796. doi: 10.1080/00071668.2010.531005
7. **Nabizadeh, A., 2012.** The effect of inulin inclusion in low phosphorus diets on some hematological, immunological parameters and broiler chickens performance. Research Journal of Animal Sciences. 6: 60-66.
8. **Bai, S., Wu, A., Ding, X., Lei, Y., Bai, J., Zhang, K. and Chio, J., 2013.** Effects of probiotic-supplemented diets on growth performance and intestinal immune characteristics of broiler chickens. Poultry Science. 92(3): 663-670. doi: 10.3382/ps.2012-02813
9. **Reda, F.M., El-Saadony, M.T., El-Rayes, T.K., Attia, A.I., El-Sayed, S.A., Ahmed, S.Y. and Alagawany, M., 2021.** Use of biological nano zinc as a feed additive in quail nutrition: biosynthesis, antimicrobial activity and its effect on growth, feed utilisation, blood metabolites and intestinal microbiota. Italian Journal of Animal Science. 20(1): 324-335. doi: 10.1080/1828051X.2021.1886001
10. **Venubabu Thati, A., Roy, S., Prasad, M., Shivannavar, C. and Gaddad, S., 2010.** Nanostructured zinc oxide enhances the activity of antibiotics against Staphylococcus aureus. J. Biosci. Technol. 1: 64-69.
11. **Council, NRC. 1994.** Nutrient requirements of poultry: 1994: National Academies Press.
12. **Sahin, K. and Kucuk, O., 2003.** Zinc supplementation alleviates heat stress in laying Japanese quail. The Journal ofnutrition. 133(9): 2808-2811. https://doi.org/10.1093/j n/ 133.9.2808
13. **Kucuk, O., Kahraman, A., Kurt, I., Yildiz, N. and Onmaz, A., 2008.** A combination of zinc and pyridoxine supplementation to the diet of laying hens improves performance and egg quality. Biological trace element research. 126: 165-175. doi: 10.1007/s12011-008-8190-z
14. **Hu, C., Qian, Z., Song, J., Luan, Z. and Zuo, A., 2013.** Effects of zinc oxide-montmorillonite hybrid on growth performance, intestinal structure, and function of broiler chicken. Poultry Science. 92(1): 143-150. doi: 10.3382/ ps.2012-02250
15. **Sari, M., Tilki, M. and Saatci, M., 2016.** Genetic parameters of egg quality traits in long-term pedigree recorded Japanese quail. Poultry science. 95(8): 1743-1749. doi: 10.3382/ps/pew118
16. **Boa-Amponsem, K., Price, S., Dunnington, E. and Siegel, P., 2001.** Effect of route of inoculation on humoral immune response of White Leghorn chickens selected for high or low antibody response to sheep red blood cells. Poultry science. 80(8): 1073-1078. doi: 10.1093/ps/80.8. 1073
17. **Institute, SAS. 2014.** SAS 9.4 Output delivery system: User's guide: SAS institute.
18. **Abbasi, M., Dastar, B., Afzali, N., Shargh, M.S. and Hashemi, S., 2022.** The effects of nano and micro particle size of zinc oxide on performance, fertility, hatchability, and egg quality characteristics in laying Japanese quail. Biological trace element research. 200(5): 2338-2348. doi: 10.1007/s12011-021-02848-2
19. **Sahin, K., Sahin, N., Kucuk, O., Hayirli, A. and Prasad, A., 2009.** Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. Poultry Science. 88(10): 2176-2183. doi: 10.3382/ps.2008-00560
20. **Ahmed, W. and Rashid, S., 2019.** Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review. Critical reviews in food science and nutrition. 59(1): 1-13. doi: 10.1080/10408398.2017.1355775
21. **Park, S.O. and Park, B.S., 2012.** Effect of feeding inulin oligosaccharides on cecum bacteria, egg quality and egg production in laying hens. African Journal of Biotechnology. 11(39): 9516-9521. doi: 10.5897/AJB12. 5250
22. **Świątkiewicz, S., Koreleski, J. and Arczewska, A., 2010.** Effect of organic acids and prebiotics on bone quality in laying hens fed diets with two levels of calcium and phosphorus. Acta Veterinaria Brno. 79(2): 185-193. doi:10.2754/avb201079020185
23. **Ghasemian, M. and Jahanian, R., 2016.** Dietary mannan-oligosaccharides supplementation could affect performance, immunocompetence, serum lipid metabolites, intestinal bacterial populations, and ileal nutrient digestibility in aged laying hens. Animal Feed Science and Technology. 213: 81-89. doi: 10.1016/j.anifeedsci. 2015.12.012
24. **Xu, Z., Hu, C., Xia, M., Zhan, X. and Wang, M., 2003.** Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. Poultry Science. 82(6): 1030-1036. doi: 10.1093/ps/82.6.1030
25. **Duan, M., Sun, X., Ma, N., Liu, Y., Luo, T., Song, S. and Ai, C., 2019.** Polysaccharides from Laminaria japonica alleviated metabolic syndrome in BALB/c mice by normalizing the gut microbiota. International journal of biological macromolecules. 121: 996-1004. doi: 10.10 16/j.ijbiomac.2018.10.087
26. **Abdel-Wahab, A., Elnesr, S.S. and Abdel-Kader, I., 2023.** Effect of dietary supplementation of Jerusalem Artichoke extract on performance, blood biochemistry, antioxidant parameters, and immune response of growing Japanese quail. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 107(3): 920-927. doi: 10.1111/jpn.13783
27. **Wu, X., Wen, Z. and Hua, J., 2019.** Effects of dietary inclusion of *Lactobacillus* and inulin on growth performance, gut microbiota, nutrient utilization, and immune parameters in broilers. Poultry Science. 98(10): 4656-4663. doi: 10.3382/ps/pez166
28. **Dibaiee-Nia, G., Akbari, M. and Karimi, S., 2017.** Effects of supplemental zinc in a wheat-based diet on performance, intestinal viscosity, immune system and lipid peroxidation of 21-day old broiler chickens. Poultry Science Journal. 5(1): 7-15. doi: 10.22069/psj.2017.1107 2.1189
29. **Soni, N., Mishra, S.K., Swain, R., Das, A., Chichilichi, B. and Sethy, K., 2013.** Bioavailability and immunity response in broiler breeders on organically complexed zinc supplementation. Food and Nutrition Sciences. 4(12): 1293. doi: 10.4236/fns.2013.412166
30. **Lotfi, Z., Borhani, S., Jamili, S. and Kadkhodaei, A., 2014.** Toxic effect of copper sulfate on gill and liver tissue of Oncorhynchus mykiss. Journal of Animal Environment. 5(4): 79-84. (In Persian)
31. **Movahed, P., Oskoueian, E., Faseleh Jahromi, M., Shokryazdan, P., Salari Pour, M. and Ahmadi, M.R., 2022.** Evaluation of replacing inorganic zinc with organic zinc on growth performance, immune system, antioxidant status, morphology of jejunum, and tissue zinc retention in broilers. Journal of Animal Environment. 14(2): 131-138. (In Persian) doi: 10.22034/AEJ.2021.256119.2403

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-19]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.47]