



Original Research Paper

Effect of different levels of zinc-methionine compared to zinc oxide on growth performance, microbial population and intestinal morphology of broiler chickens

Rahmatollah Hashemi, Mohammad Hossein Palizdar *, Hamid Reza Mohamadian Tabrizi, Mahboubeh Rostami Ankasi

Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran

Key Words

Zn-Methionine
Broiler
Growth performance
Zn oxide
Immune system

Abstract

Introduction: The aim of this study was to compare the effects of using different levels of zinc oxide and organic source (zinc-methionine) in feed on growth performance, morphology, and intestinal microbial population of broiler chickens.

Materials & methods: This experiment was conducted on 320 one day old broilers in order to compare different sources and levels of zinc in a completely randomized design through a factorial arrangement (2×4) with five replications and 8 chickens in each replication. Zinc sources included zinc oxide and zinc-methionine combination at various levels (0, 60, 120 and 180 mg/kg).

Results: Diets contained no Zn supplement increased feed intake during starter and grower period ($p < 0.05$). There was a linear relationship between the level of zinc intake and the reduction of feed intake during starter and grower period ($p < 0.05$). In the final period as well as the total period of the experiment, the highest level of zinc supplement in ration (180 mg/kg) increased the body weight gain ($p < 0.05$). In all experimental periods, diets contained no Zn supplement increased the food conversion ratio ($p < 0.05$). In the entire experimental period, the highest level of zinc consumption in the feed initiated a significant improvement in the feed conversion ratio (FCR) compared to other experimental treatments ($p < 0.05$). The interaction effect between source and level of zinc on FCR in starter was significant ($p < 0.05$); in order to both zinc-methionine and zinc oxide treatment at the level of 120 mg/kg had the lowest FCR. The use of organic zinc supplement in feed significantly increased the enumeration of lactic acid bacteria ($p < 0.05$). The interaction between zinc source and level on lactic acid bacteria was significant ($p < 0.05$); so that the main population of these bacteria was observed in the treatments containing zinc methionine at 60, 120 and 180 mg/kg levels. The effect of zinc source added to the ration on the length and width of the villi and also on the depth of the crypt was significant ($p < 0.05$); length and width of the intestinal villi in birds fed zinc-methionine were increased ($p < 0.05$). The supplemental zinc level increased the length of the intestinal villi ($p < 0.05$) and the level of 180 mg/kg had the greatest effect on the length of the villi. The highest level of zinc consumption in feed significantly increased the length of villous compared to other levels.

Conclusion: According to the desired results in this study on growth performance, increased length and width of intestinal villi and improvement in population of intestinal lactic acid bacteria, it is recommended that the amount of 180 mg/kg of zinc-methionine to be used in the diet of broiler chickens.

* Corresponding Author's email: paliz@iauc.ac.ir

Received: 7 April 2023; Reviewed: 9 May 2023; Revised: 10 July 2023; Accepted: 12 August 2023

(DOI):10.70102/AEJ.2025.16.4.8

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف روی-متیونین در مقایسه با اکسید روی بر عملکرد رشد، جمعیت میکروبی و ریخت سنجی روده جوجه های گوشتی

رحمت اله هاشمی، محمدحسین پالیزدار*، حمیدرضا محمدیان تبریزی، محبوبه رستمی انکاس

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

روی-متیونین
جوجه گوشتی
عملکرد رشد
اکسید روی
سیستم ایمنی

مقدمه: هدف از این تحقیق بررسی مقایسه ای استفاده از سطوح مختلف اکسید و منبع آلی روی (روی-متیونین) در خوراک بر عملکرد رشد، ریخت شناسی و جمعیت میکروبی روده جوجه های گوشتی است.

مواد و روش ها: آزمایش بر روی ۳۲۰ قطعه جوجه گوشتی به منظور مقایسه منابع و سطوح متفاوت عنصر روی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (۲×۴) با پنج تکرار و ۸ جوجه در هر تکرار انجام شد. منابع روی شامل اکسید روی و ترکیب روی-متیونین در سطوح (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی گرم بر کیلو گرم) بودند.

نتایج: عدم استفاده از مکمل روی در جیره موجب افزایش مصرف خوراک در دوره آغازین و رشد شد ($p < 0/05$). در دوره آغازین و رشد، یک رابطه خطی بین سطح مصرف روی و کاهش مصرف خوراک وجود داشت ($p < 0/05$). در دوره پایانی و هم چنین کل دوره آزمایش، بیش ترین سطح مصرفی روی در خوراک (۱۸۰ میلی گرم) وزن بدن جوجه ها را افزایش داد ($p < 0/05$). در تمامی دوره های آزمایشی عدم استفاده از مکمل روی در جیره غذایی موجب افزایش ضریب تبدیل غذایی شد ($p < 0/05$). در کل دوره آزمایش نیز استفاده از بیش ترین سطح مصرف روی در خوراک موجب بهبود ضریب تبدیل غذایی نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی شد ($p < 0/05$). اثر متقابل بین منبع و سطح روی بر ضریب تبدیل غذایی جوجه ها در دوره آغازین معنی دار بود ($p < 0/05$)؛ به طوری که هم تیمار روی-متیونین و هم اکسید روی در سطح ۱۲۰ میلی گرم کم ترین ضریب تبدیل غذایی را داشتند. استفاده از نمونه آلی روی در خوراک موجب افزایش جمعیت باکتری های اسید لاکتیکی شد ($p < 0/05$). اثر متقابل بین منبع و سطح روی بر باکتری های اسید لاکتیکی معنی دار بود ($p < 0/05$)؛ به طوری که بیش ترین جمعیت این باکتری ها در تیمارهای حاوی روی متیونین در سطوح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی گرم بر کیلو گرم مشاهده شد. اثر منبع روی مورد استفاده در جیره بر طول و عرض پرز و هم چنین بر عمق کریپت معنی دار بود ($p < 0/05$)؛ طول و عرض پرزها در روده جوجه هایی که با جیره حاوی روی-متیونین تغذیه شدند بیش تر بود ($p < 0/05$). سطح مصرفی سبب افزایش طول پرز روده جوجه ها شد و سطح ۱۸۰ میلی گرم در کیلو گرم بیش ترین اثر را بر افزایش طول پرز داشت ($p < 0/05$).

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نتایج مطلوب به دست آمده در این مطالعه بر عملکرد رشد، افزایش طول و عرض پرز و جمعیت باکتری های اسید لاکتیکی روده، توصیه می شود از مقدار ۱۸۰ میلی گرم در کیلو گرم روی-متیونین در جیره جوجه های گوشتی به عنوان مکمل روی استفاده شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: paliz@iauc.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۸ فروردین ۱۴۰۲؛ تاریخ داوری: ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۲؛ تاریخ اصلاح: ۹ تیر ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۲۱ مرداد ۱۴۰۲
(DOI):10.70102/AEJ.2025.16.4.8

مقدمه

عنصر روی یک ماده معدنی کمیاب ضروری برای توسعه و حفظ عملکرد رشد (۱)، تکثیر سلولی، تولیدمثل، ترشح هورمون (۲، ۳)، کیفیت پوست (۴)، سنتز کلاژن، رشد اسکلتی و پاسخ‌های ایمنی است (۵، ۶). هم‌چنین روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد زیرا در تولید گلوپروتئین پراکسیداز نقش دارد (۷، ۸). افزون بر این از طریق افزایش تکثیر سلولی، افزایش سنتز پروتئین، تولید سلول‌های کرپیت روده، یکپارچگی انتروسیست‌ها و هم‌چنین بر ساختارهای سلول‌های روده تأثیر می‌گذارد (۴). سطح مجاز روی در جیره طیور طبق توصیه انجمن تحقیقات ملی آمریکا (NRC) ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (۹). با این حال، جوجه‌های گوشتی نیاز به تامین منظم روی از منابع خارجی دارند، زیرا روی در بدن ذخیره نمی‌شود. در پرورش طیور، برای رفع نیاز پرندگان، گاهی غلظت روی معدنی اضافه شده به جیره ۲۰ تا ۳۰ برابر بیش‌تر از نیاز طبیعی است و این عمل سبب افزایش دفع روی در مدفوع شده و در نهایت منجر به آلودگی فلزات سنگین در محیط می‌شود (۱۰). مقدار روی تامین شده از جیره‌های معمولی بدون مکمل بین ۱۳ تا ۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر است (۱۱). بنابراین یکی از چالش‌ها در مورد استفاده از مکمل‌های مواد معدنی، مستقل از منبع تامین‌کننده روی، سطح افزودن این مکمل‌ها با توجه به میزان زیست‌فراهمی آن‌ها است. نتایج برخی از مطالعات نشان داد که مکمل‌سازی حاشیه‌ای روی (۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در جیره‌های عملی برای برآوردن نیاز روی جوجه‌های گوشتی کافی است (۱۲). اکثر این تخمین‌ها کم‌تر از سطوح مکمل عناصر کمیاب (۱۰۰ تا ۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) هستند که توسط راهنمای حرفه‌ای جوجه‌های گوشتی (۱۳) توصیه شده است. اهمیت سطح افزودن این مکمل‌ها زمانی مشخص می‌شود که حضور مواد معدنی بیش از حد در جیره غذایی می‌تواند باعث تضاد بر زیست‌فراهمی سایر مواد معدنی (۱۴) و از طرفی بر تعادل سایر عناصر کمیاب تأثیر بگذارد و ثبات سایر مواد مغذی را در صورت قرار گرفتن در معرض طولانی مدت کاهش داده که می‌تواند باعث رسوب و تجمع روی در داخل بافت‌های بدن حیوان شود (۱۵). به‌طور سنتی، مکمل روی در خوراک طیور بیش‌تر از منابع معدنی، به شکل سولفات و اکسید تامین می‌شود (۱)، با این حال اکنون اشکال زیستی بیش‌تر و بهتری وجود دارد که در خوراک‌های تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (مانند ترکیب آلی متیونین-روی) که معمولاً به پروتئین‌ها یا اسیدهای آمینه کوچک کلات می‌شوند و شبیه به اشکال معدنی موجود در مواد خوراکی طبیعی پرنده هستند (۱۶، ۱۷). دانشمندان، گزارش دادند که تامین ۲۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره از منابع آلی

برای بهینه‌سازی عملکرد رشد، حفظ مواد معدنی و پاسخ ایمنی در جوجه‌های گوشتی کافی است (۷). علاوه بر این تحقیقات نشان داده است که منابع روی معدنی قابلیت دسترسی زیستی کم‌تری نسبت به منابع آلی روی بر خوردار هستند و استفاده از مکمل روی آلی باعث بهبود مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی و افزایش وزن روزانه در جوجه‌های گوشتی می‌شود (۱۸). تغییر عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های مکمل روی در سطحی کم‌تر یا بیش‌تر از غلظت توصیه شده توسط NRC در مطالعات مختلف متفاوت است (۱۹). این امر نشان می‌دهد سطح افزودن این مکمل‌ها اهمیت بسیار زیادی دارد و به‌طور عملی باید منابعی جایگزین شوند که زیست‌فراهمی زیاد داشته و در سطوح کم کاربرد در جیره علاوه بر تامین نیاز پرنده باعث اجتناب از مصرف بیش از حد مکمل و دفع مواد معدنی در محیط زیست شوند. در گذشته استفاده از مکمل روی آلی در جیره جوجه‌های گوشتی به دلیل هزینه نسبتاً زیاد آن محدود بود. هم‌چنین مکمل روی عملاً به تمام جیره‌های تنظیم شده جوجه‌های گوشتی برای حمایت از رشد اضافه می‌شد. بنابراین به دلیل آن که منبع معدنی روی در جیره‌های بر پایه غلات دارای زیست‌فراهمی کمی است، افزایش سطح روی در جیره غذایی نسبت به توصیه NRC ضروری به‌نظر می‌رسد اما این افزایش سطح می‌تواند منجر به دفع بیش‌تر روی و آلودگی محیطی نیز شود (۲۰، ۲۱). از این نقطه‌نظر، راه‌کار تغذیه‌ای فرض شده در تحقیق حاضر استفاده از روی مکملی (کیلات روی-متیونین) است که زیست‌فراهمی بیش‌تری (۱۷) نسبت به منابع معدنی (اکسید روی) داشته باشد و با به‌دست آوردن بهینه‌ترین سطح استفاده از این مکمل از دفع بیش‌تر از حد این عنصر در محیط زیست نیز جلوگیری شود. هدف از این تحقیق بررسی مقایسه‌ای استفاده از سطوح مختلف اکسید و منبع آلی روی (روی و متیونین) در خوراک بر عملکرد رشد، ریخت‌شناسی و جمعیت میکروبی روده جوجه‌های گوشتی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ با ۲ منبع تامین‌کننده روی مکمل (اکسید روی و ترکیب آلی روی - متیونین) و ۴ سطح مکمل روی (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. آزمایش در یک واحد تحقیقاتی پرورش جوجه گوشتی واقع در شهرستان قائم‌شهر انجام شد. آزمایش حاضر با ۳۲۰ قطعه جوجه گوشتی (مخلوط نر و ماده) سویه راس ۳۰۸ در ۵ تکرار و تعداد ۸ قطعه جوجه در هر واحد آزمایشی انجام شد. قبل از شروع آزمایش میزان روی در مکمل‌های آزمایشی (اکسیدروی و روی - متیونین) اندازه‌گیری شد و روی مکمل به جیره (پایه ذرت و سویا) شاهی

پس از تصحیح برای تلفات شاخص کارایی تولید در کل دوره محاسبه شد (۲۲، ۲۳). در دوره پایانی آزمایش یک پرنده از هر پن که به میانگین واحد آزمایشی نزدیک باشد انتخاب و پس از کشتار، جمعیت میکروبی شامل جمعیت کل باکتری‌های هوازی، باکتری‌های اسید لاکتیکی و اشرشیاکلای اندازه گیری شدند. برای ارزیابی جمعیت میکروبی یک گرم از محتویات سکوم جدا شده و در محلول کلرید سدیم ۰/۹ درصد، ۹ سری رقت سازی ایجاد شد. از محیط کشت انوزین متیلن بلو آگار برای شمارش تعداد کل باکتری‌های اشرشیا کلای و کلی فرم، از محیط کشت ام آر اس آگار برای شمارش باکتری‌های اسید لاکتیکی و از محیط کشت پلیت کانت آگار برای شمارش جمعیت کل باکتری‌ها استفاده شد. تعداد کلنی‌ها بر اساس Log 10 گزارش شدند (۲۴). برای بررسی مورفولوژی روده یک نمونه از ژژنوم پرنده کشتار شده (یک پرنده از هر تکرار) جدا و پس از غوطه‌ورسازی در فرمالین ۱۰ درصد، ثابت شدند. پس از فرایندهای آگیری، قالب گیری با پارافین، برش دهی و رنگ آمیزی مورفولوژی روده شامل (طول پرز، عرض پرز، عمق کریپت و عمق لایه مخاطی) به وسیله میکروسکوپ نوری، با لنز ۱۰ و به کمک نرم افزار Motic Image Plus 2، اندازه گیری شدند (۲۵). از داده‌های به دست آمده نسبت طول به عرض پرز، نسبت طول پرز به عمق کریپت و مساحت پرز (۲۶) محاسبه شدند. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ برای مدل زیر تجزیه شدند. میانگین تیمارهای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی داری ۵ درصد مقایسه شدند. برای تعیین روند تمام متغیرها مقایسات چند جمله‌ای متعامد توسط رویه REG و GLM انجام گرفت: $Y_{ijk} = \mu + S_i + L_j + (S \times L)_{ij} + e_{ijk}$ در این مدل Y_{ijk} متغیر مورد اندازه گیری یا مقدار هر مشاهده، μ میانگین جامعه آماری، S_i اثر منبع روی مورد استفاده، L_j اثر سطح روی، $(S \times L)_{ij}$ اثر متقابل بین سطح و منبع روی در جیره و e_{ijk} اثر خطای آزمایشی است.

نتایج

نتایج مربوط به اثرات استفاده از سطوح و منابع مختلف عنصر روی بر مقدار خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ نشان داده شده است. در دوره آغازین و رشد جوجه‌ها از جیره فاقد روی به مقدار بیش تری مصرف کردند ($p < 0/05$). هم چنین استفاده از بیش ترین سطح روی در خوراک (۱۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم) در دوره پایانی موجب افزایش خوراک مصرفی شد ($p < 0/05$). اثر متقابل بین منبع و سطح روی بر مقدار خوراک مصرفی جوجه‌ها در دوره‌های مختلف پرورش معنی دار نبود. در دوره آغازین و رشد، رابطه‌ای خطی بین سطح مصرف روی و کاهش مصرف خوراک وجود داشت ($p < 0/05$). در کل دوره آزمایش، افزایش وزن بدن تحت تاثیر منابع روی قرار نگرفت (جدول ۳).

افزوده شد که مکمل مواد معدنی آن فاقد عنصر روی بود و فقط روی تامینی از مواد خوراکی جیره بین ۳۰ تا ۳۵ میلی گرم در کیلو گرم روی را تامین می کرد. اکسید روی و ترکیب آلی روی- متیونین از شرکت آلتک تهیه شدند. جیره های غذایی براساس احتیاجات سویه راس و براساس جداول آن در سه مرحله آغازین، رشد و پایانی توسط نرم افزار WUFFDA تهیه شدند (جدول ۱).

جدول ۱: اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه تغذیه شده به جوجه های گوشتی برای سه مرحله آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)، و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)

اقلام خوراک	آغازین	رشد	پایانی
ذرت	۵۴/۲۱	۶۰/۴۹	۶۵/۹۵
کنجاله سویا	۳۹/۶۰	۳۳/۵۰	۲۸/۵
روغن گیاهی	۱/۸۰	۲/۰۰	۱/۹۰
دی ال متیونین (۹۹ درصد)	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۱۹
لایزین هیدروکلراید (۸۶ درصد)	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۱۲
ترئونین (۹۹ درصد)	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
دی کلسیم فسفات	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۱۷
کربنات کلسیم	۰/۲۲	۰/۸۰	۰/۷۰
نمک	۰/۹۰	۰/۲۰	۰/۲۰
جوش شیرین	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۰
مکمل ویتامینی*	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مواد معدنی*	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
انرژی متابولیسمی (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۸۵۰	۲۹۴۰	۳۰۰۰
پروتئین خام (درصد)	۲۱	۱۹	۱۷/۷
لایزین (درصد)	۱/۲۳	۱/۰۴	۰/۹۲
متیونین+سیستئین (درصد)	۰/۸۸	۰/۷۸	۰/۷۰
ترئونین (درصد)	۰/۷۷	۰/۶۷	۰/۶۰
روی (میلی گرم در کیلو گرم)	۳۵	۳۲	۳۰
کلسیم (درصد)	۱/۰۲	۰/۸۹	۰/۸۵
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۴۰

* پیش مخلوط ویتامین- مواد معدنی ارائه شده به ازای هر کیلوگرم جیره شامل ویتامین A ۱۱۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D3 ۵۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E ۷۵ واحد بین المللی، ویتامین K ۳ میلی گرم، تیامین ۳ میلی گرم، ریبوفلاوین ۳ میلی گرم، پیریدوکسین ۴ میلی گرم، نیاسین ۶۰ میلی گرم، پانتوتنیک اسید ۱۵ میلی گرم، بیوتین ۰/۱۵ میلی گرم، سیانوکوبالامین ۰/۱۶ میلی گرم، فولیک اسید ۲ میلی گرم، کولین ۷۰۰ میلی گرم، مس ۱۶، ید ۱/۲۵، آهن ۴۰، منگنز ۱۲۰، سلنیوم ۰/۳ و آنتی اکسیدان ۱۰ میلی گرم و میزان روی در مکمل فوق صفر بود.

صفات عملکردی شامل مقدار خوراک مصرفی، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل برای هر واحد آزمایشی، به صورت دوره ای در سه دوره آغازین (۱-۱۰)، رشد (۱۱-۲۴)، و پایانی (۲۵-۴۲) و هم چنین کل دوره (۱-۴۲) اندازه گیری و برای ضریب تبدیل محاسبه شدند که

جدول ۲: اثر منابع و سطوح مختلف روی بر خوراک مصرفی (گرم) جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش

منبع روی	آغازین (صفر تا ۱۰ روزگی)	رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)	پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)	کل دوره (صفر تا ۴۲ روزگی)
اکسید	۲۰۵/۹۲	۹۰۱/۱۵	۳۱۰۷/۴۵	۴۲۱۴/۸۰
روی - متیونین	۲۰۶/۴۱	۹۱۴/۲۵	۳۱۵۲/۷۵	۴۲۷۳/۶۱
معنی‌داری	۰/۹۷	۰/۷۱	۰/۴۰۱	۰/۳۸۰
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۴۵	۸/۶۷	۳۵/۵۸	۴۳/۹۰
سطوح روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)				
صفر	۲۳۱/۰۰ ^a	۹۸۶/۰۰ ^a	۳۰۸۳/۶۰ ^b	۴۳۰۱/۰۰ ^a
۶۰	۲۰۱/۸۰ ^b	۸۸۵/۲۷ ^b	۳۱۰۸/۰۷ ^{ab}	۴۱۹۵/۵۰ ^{ab}
۱۲۰	۱۹۴/۸۶ ^b	۸۵۰/۸۷ ^b	۲۹۹۳/۵۰ ^b	۴۰۳۹/۴۰ ^b
۱۸۰	۱۹۷/۶۷ ^b	۸۸۹/۳۳ ^b	۳۲۴۹/۲۰ ^a	۴۳۳۶/۸۰ ^a
معنی‌داری	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶
خطای استاندارد میانگین‌ها	۱۴/۴۲	۵۰/۲۵	۹۱/۷	۱۱۵/۵
منبع × سطح (میلی‌گرم در کیلوگرم)				
اکسید × صفر	۲۳۱/۵۰	۹۸۶/۲۳	۳۰۸۳/۰۰	۴۳۰۱/۰۰
اکسید × ۶۰	۲۱۰/۸۰	۹۲۴/۲۰	۳۱۴۳/۰۰	۴۲۷۸/۰۰
اکسید × ۱۲۰	۱۹۱/۶۸	۸۴۱/۰۱	۲۹۸۹/۰۱	۴۰۲۱/۱۱
اکسید × ۱۸۰	۱۹۱/۵۰	۸۵۳/۶۸	۳۲۱۴/۰۸	۴۲۵۹/۰۲
روی - متیونین × صفر	۲۲۸/۴۱	۹۷۱/۴۱	۳۰۲۱/۱۱	۴۲۹۸/۰۱
روی - متیونین × ۶۰	۱۹۴/۰۵	۸۶۹/۳۵	۳۱۲۳/۰۳	۴۱۸۷/۵۳
روی - متیونین × ۱۲۰	۱۹۰/۶۲	۸۵۹/۳۳	۳۰۵۴/۰۰	۴۱۰۴/۰۰
روی - متیونین × ۱۸۰	۲۰۹/۸۶	۸۴۳/۲۶	۳۳۳۳/۰۰	۴۵۰۳/۰۰
معنی‌داری	۰/۵۵	۰/۱۱۱	۰/۲۵۸	۰/۱۱۴
خطای استاندارد میانگین‌ها	۳/۲۸	۲۷/۴۱	۳۹/۴۲	۶۱/۳
مقایسات متعامد				
خطی	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۱۳۵
درجه دوم	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۰۸	۰/۱۰۱

a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($p < 0.05$).

در دوره آغازین و رشد کاهش وزن بدن با افزایش سطح مصرف روی مشاهده شد و بیش‌ترین مقدار افزایش وزن بدن در سطح صفر مصرف مکمل روی بود ($p < 0.05$). برخلاف دوره آغازین و رشد، در دوره پایانی و هم‌چنین کل دوره آزمایش افزایش سطح مصرفی مکمل روی در خوراک (تا ۱۸۰ میلی‌گرم) وزن بدن را افزایش داد ($p < 0.05$). اثر سطح روی بر وزن بدن جوجه‌ها از روابط خطی و یا درجه دوم تبعیت نمی‌کرد (جدول ۳). اثر منابع مختلف روی بر ضریب تبدیل خوراک در تمامی دوره‌های آزمایشی معنی‌دار نبود ولی اثر سطوح مختلف روی معنی‌دار شد ($p < 0.05$)؛ در تمامی دوره‌های آزمایشی عدم استفاده از مکمل روی در جیره موجب افزایش ضریب تبدیل خوراک شد ($p < 0.05$). در کل دوره آزمایش استفاده از بیش‌ترین

سطح مصرف روی (۱۸۰ میلی‌گرم) موجب بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی شد ($p < 0.05$). اثر متقابل بین منبع و سطح روی بر ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در دوره آغازین معنی‌دار بود ($p < 0.05$)؛ تیمار روی - متیونین و اکسید روی هر دو در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کم‌ترین میزان ضریب تبدیل غذایی را نشان دادند. اثر سطح روی بر ضریب تبدیل غذایی از روابط خطی و یا درجه دوم تبعیت نمی‌کرد (جدول ۴). منابع مختلف روی در خوراک اثری بر جمعیت باکتری‌های کل (هوازی) نداشتند (جدول ۵)، اما استفاده از نمونه آلی - روی در خوراک موجب افزایش معنی‌دار جمعیت باکتری‌های اسیدلاکتیک شد ($p < 0.05$).

جدول ۳: اثر منابع وسطوح مختلف روی بر وزن بدن (گرم) جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش

منبع روی	آغازین (صفر تا ۱۰ روزگی)	رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)	پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)	کل دوره (صفر تا ۴۲ روزگی)
اکسید	۱۷۳/۴۰	۵۴۴/۵۰	۱۵۳۹/۶۱	۲۲۵۸/۰۰
روی - متیونین	۱۷۵/۸۰	۵۶۵/۷۰	۱۵۷۹/۸۰	۲۲۲۱/۰۰
معنی‌داری	۰/۵۲۶	۰/۱۶۴	۰/۲۵۸	۰/۱۳۵
خطای استاندارد میانگین‌ها	۲/۲۱	۹/۳۸	۳۳/۵	۴۰/۱
سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم)				
صفر	۱۸۴/۸۰ ^b	۵۹۸/۰۰ ^a	۱۴۷۶/۶۰ ^b	۲۲۵۱/۰۰ ^b
۶۰	۱۷۵/۸۰ ^c	۵۴۴/۸۰ ^b	۱۵۲۷/۶۰ ^b	۲۲۴۹/۰۰ ^b
۱۲۰	۱۷۵/۰۴ ^c	۵۳۷/۷۰ ^b	۱۴۴۹/۳۰ ^b	۲۱۶۳/۰۰ ^b
۱۸۰	۱۸۶/۴۱ ^a	۵۲۹/۲۳ ^b	۱۷۱۱/۶۱ ^a	۲۴۰۹/۰۰ ^a
معنی‌داری	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶
خطای استاندارد میانگین‌ها	۵/۸۸	۲۶/۸۷	۱۰۳/۷	۸۸/۸
منبع × سطح (میلی گرم در کیلوگرم)				
اکسید × صفر	۱۸۵/۰۳	۵۲۸/۴۸	۱۴۶۷/۰۸	۲۲۵۱/۴۸
اکسید × ۶۰	۱۸۳/۹۲	۵۴۹/۶۲	۱۵۵۳/۰۰	۲۲۸۰/۶۲
اکسید × ۱۲۰	۱۷۴/۶۶	۵۲۰/۸۸	۱۴۶۱/۰۱	۲۲۱۷/۸۸
اکسید × ۱۸۰	۱۷۱/۱۴	۵۲۲/۹۱	۱۵۰۳/۰۹	۲۲۷۵/۶۳
روی - متیونین × صفر	۱۸۳/۹۳	۵۲۰/۷۱	۱۵۳۲/۰۰	۲۲۴۹/۰۰
روی - متیونین × ۶۰	۱۷۴/۴۸	۵۳۹/۳۶	۱۴۷۰/۱۲	۲۲۴۶/۳۶
روی - متیونین × ۱۲۰	۱۷۴/۶۶	۵۴۸/۸۰	۱۵۴۹/۲۳	۲۲۱۵/۸۰
روی - متیونین × ۱۸۰	۱۸۰/۰۲	۵۴۶/۸۱	۱۵۵۸/۴۵	۲۲۷۶/۳۶
معنی‌داری	۰/۵۰۷	۰/۲۶۸	۰/۵۳۵	۰/۳۱۰
خطای استاندارد میانگین‌ها	۳/۴۳	۱۲/۷۳	۴۸/۵۱	۴۹/۲
مقایسات متعامد				
خطی	۰/۲۱	۰/۴۸	۰/۶۶	۰/۱۶
درجه دوم	۰/۱۱۱	۰/۳۷	۰/۲۳	۰/۱۱

a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($p < 0.05$).

هم‌چنین اثر متقابل منبع روی × سطح روی تنها بر باکتری‌های اسید لاکتیکی معنی‌دار بود ($p < 0.05$). جوجه‌هایی که با جیره‌های حاوی سطوح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی گرم در کیلوگرم روی از منبع روی - متیونین تغذیه شدند بیش‌ترین میزان باکتری‌های لاکتیکی اسیدی را در روده نسبت به دیگر تیمارها داشتند ($p < 0.05$). اثر سطح روی از روابط خطی و یا درجه دوم برای شمار باکتری‌های روده تبعیت نمی‌کرد. نتایج مربوط به ریخت‌سنجی روده در جدول ۶ نشان داده شده است. استفاده از روی - متیونین موجب افزایش معنی‌دار طول و عرض پرز و در نتیجه مساحت پرزها شد ($p < 0.05$). هم‌چنین استفاده از اکسید روی به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عمق کریپت شد ($p < 0.05$). اثر سطح روی مصرفی بر طول پرز روده جوجه‌ها نیز

معنی‌دار ($p < 0.05$) اما بر عرض و عمق کریپت غیرمعنی‌دار بود. بیش‌ترین سطح مصرفی روی در خوراک موجب افزایش طول پرز نسبت به سایر سطوح شد؛ این در حالی بود که سطوح مختلف روی تأثیری بر عرض پرز و عمق کریپت نداشتند. هم‌چنین اثر متقابل بین منبع و سطح نیز بر طول و عرض پرز و هم‌چنین بر عمق کریپت غیرمعنی‌دار بود. در دوره آغازین و رشد کاهش وزن بدن با افزایش سطح مصرف روی مشاهده شد و بیش‌ترین مقدار افزایش وزن بدن در سطح صفر مصرف مکمل روی بود ($p < 0.05$). برخلاف دوره آغازین و رشد، در دوره پایانی و هم‌چنین کل دوره آزمایش افزایش سطح مصرفی مکمل روی در خوراک (تا ۱۸۰ میلی گرم) وزن بدن را افزایش داد ($p < 0.05$). اثر سطح روی بر وزن بدن

جوجه‌ها از روابط خطی و یا درجه دوم تبعیت نمی‌کرد (جدول ۳). اثر منابع مختلف روی بر ضریب تبدیل خوراک در تمامی دوره‌های آزمایشی معنی‌دار نبود ولی اثر سطوح مختلف روی معنی‌دار شد ($p < 0.05$)؛ در تمامی دوره‌های آزمایشی عدم استفاده از مکمل روی در جیره موجب افزایش ضریب تبدیل خوراک شد ($p < 0.05$). در کل دوره آزمایش استفاده از بیش‌ترین سطح مصرف روی (۱۸۰ میلی‌گرم) موجب بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی نسبت به سایر

تیمارهای آزمایشی شد ($p < 0.05$). اثر متقابل بین منبع و سطح روی بر ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در دوره آغازین معنی‌دار بود ($p < 0.05$)؛ تیمار روی- متیونین و اکسید روی هر دو در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کم‌ترین میزان ضریب تبدیل غذایی را نشان دادند. اثر سطح روی بر ضریب تبدیل غذایی از روابط خطی و یا درجه دوم تبعیت نمی‌کرد (جدول ۴).

جدول ۴: اثرات منابع وسطوح مختلف روی بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش

منبع روی	آغازین (صفر تا ۱۰ روزگی)	رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)	پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)	کل دوره (صفر تا ۴۲ روزگی)
اکسید	۱/۱۸	۱/۶۴	۲/۰۲	۱/۸۶
روی- متیونین	۱/۱۶	۱/۶۱	۲/۰۱	۱/۸۴
معنی‌داری	۰/۳۴۲	۰/۵۶۳	۰/۶۶۲	۰/۵۲۶
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۰۰۳	۰/۰۴۲	۰/۰۲۲	۰/۰۳۸
سطوح روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)				
صفر	۱/۲۴ ^a	۱/۷۴ ^a	۲/۱۰ ^a	۱/۹۶ ^a
۶۰	۱/۱۴ ^{bc}	۱/۶۰ ^b	۲/۰۴ ^a	۱/۸۶ ^a
۱۲۰	۱/۱۱ ^c	۱/۵۹ ^b	۲/۰۶ ^a	۱/۸۶ ^a
۱۸۰	۱/۱۷ ^b	۱/۶۷ ^a	۱/۹۱ ^b	۱/۸۰ ^b
معنی‌داری	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۴
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۰۴۴	۰/۰۵۰	۰/۰۶۴	۰/۰۵۴
منبع × سطح (میلی‌گرم در کیلوگرم)				
اکسید × صفر	۱/۲۰ ^a	۱/۶۴	۲/۱۰	۱/۸۶
اکسید × ۶۰	۱/۱۵ ^b	۱/۶۷	۲/۰۳	۱/۸۷
اکسید × ۱۲۰	۱/۱۳ ^{bc}	۱/۶۵	۲/۰۹	۱/۸۹
اکسید × ۱۸۰	۱/۱۷ ^{ab}	۱/۶۷	۲/۰۹	۱/۸۱
روی- متیونین × صفر	۱/۲۱ ^a	۱/۶۵	۲/۰۹	۱/۸۸
روی- متیونین × ۶۰	۱/۱۴ ^b	۱/۶۱	۲/۰۵	۱/۸۶
روی- متیونین × ۱۲۰	۱/۱۳ ^{bc}	۱/۵۹	۲/۰۷	۱/۸۵
روی- متیونین × ۱۸۰	۱/۱۸ ^{ab}	۱/۶۸	۲/۰۱	۱/۸۲
معنی‌داری	۰/۰۲۱۱	۰/۰۵۱۶	۰/۴۰۵	۰/۵۷۷
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۰۱۷	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۰۴۱
مقایسات متعامد				
خطی	۰/۵۵۰	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۹۴
درجه دوم	۰/۳۴	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۲

a-b تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($p < 0.05$).

منابع مختلف روی در خوراک اثری بر جمعیت باکتری‌های کل (هوازی) نداشتند (جدول ۵)، اما استفاده از نمونه آلی-روی در خوراک موجب افزایش معنی‌دار جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک

شد ($p < 0.05$). هم‌چنین اثر متقابل منبع روی × سطح روی تنها بر باکتری‌های اسید لاکتیکی معنی‌دار بود ($p < 0.05$). جوجه‌هایی که با جیره‌های حاوی سطوح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی

عمق کریپت شد ($p < 0.05$). اثر سطح روی مصرفی بر طول پرز روده جوجه ها نیز معنی دار ($p < 0.05$) اما بر عرض و عمق کریپت غیر معنی دار بود. بیش ترین سطح مصرفی روی در خوراک موجب افزایش طول پرز نسبت به سایر سطوح شد؛ این در حالی بود که سطوح مختلف روی تاثیری بر عرض پرز و عمق کریپت نداشتند. هم چنین اثر متقابل بین منبع و سطح نیز بر طول و عرض پرز و هم چنین بر عمق کریپت غیر معنی دار بود.

از منبع روی-متیونین تغذیه شدند بیش ترین میزان باکتری های لاکتیکی اسیدی را در روده نسبت به دیگر تیمارها داشتند ($p < 0.05$). اثر سطح روی از روابط خطی و یا درجه دوم برای شمار باکتری های روده تبعیت نمی کرد. نتایج مربوط به ریخت سنجی روده در جدول ۶ نشان داده شده است. استفاده از روی- متیونین موجب افزایش معنی دار طول و عرض پرز و در نتیجه مساحت پرزها شد ($p < 0.05$). هم چنین استفاده از اکسید روی به طور معنی داری موجب افزایش

جدول ۵: اثرات منابع و سطوح مختلف روی بر جمعیت میکروبی (واحد تشکیل دهنده کلنی در گرم) روده کوچک جوجه های گوشتی

منبع روی	کل باکتری های هوازی	کلی فرم	باکتری های اسید لاکتیکی
اکسید	۰/۹۱۳	۰/۹۰۱	۰/۸۹۵ ^b
روی- متیونین	۰/۹۱۴	۰/۸۹۲	۰/۹۰۶ ^a
معنی داری	۰/۹۸۱	۰/۳۰۸	۰/۰۰۱
خطای استاندارد میانگین ها	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۴
سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم)			
صفر	۰/۹۱۵ ^a	۰/۸۹۹	۰/۸۹۰
۶۰	۰/۹۱۳ ^{ab}	۰/۸۹۳	۰/۸۹۸
۱۲۰	۰/۹۱۸ ^a	۰/۸۹۴	۰/۸۹۹
۱۸۰	۰/۹۰۸ ^b	۰/۸۸۴	۰/۸۹۴
معنی داری	۰/۰۱۸	۰/۱۱۴	۰/۱۱۱
خطای استاندارد میانگین ها	۰/۰۴۳	۰/۰۰۷	۰/۰۶۳
منبع × سطح (میلی گرم در کیلوگرم)			
اکسید × صفر	۰/۹۱۶	۰/۹۰۱	۰/۸۹۸ ^d
اکسید × ۶۰	۰/۹۱۴	۰/۸۹۹	۰/۹۰۳ ^c
اکسید × ۱۲۰	۰/۹۱۶	۰/۹۰۴	۰/۹۰۷ ^b
اکسید × ۱۸۰	۰/۹۱۲	۰/۹۰۱	۰/۸۹۹ ^d
روی- متیونین × صفر	۰/۹۱۵	۰/۹۰۲	۰/۸۹۹ ^d
روی- متیونین × ۶۰	۰/۹۱۲	۰/۸۹۷	۰/۹۱۴ ^a
روی- متیونین × ۱۲۰	۰/۹۱۷	۰/۹۰۶	۰/۹۱۷ ^a
روی- متیونین × ۱۸۰	۰/۹۱۲	۰/۸۹۷	۰/۹۱۳ ^a
معنی داری	۰/۶۷۷	۰/۲۶	۰/۰۰۳
خطای استاندارد میانگین ها	۰/۰۳۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۵
مقایسات متعامد			
خطی	۰/۶۵۳	۰/۵۱۰	۰/۴۵۳
درجه دوم	۰/۲۳۵	۰/۲۲۲	۰/۱۵۵

a-b تفاوت میانگین ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی دار است ($p < 0.05$).

جدول ۶: اثرات منابع و سطوح مختلف روی بر پارامترهای ریخت‌سنجی روده (میکرومتر) جوجه‌های آزمایشی

منبع روی	طول پرز	عرض پرز	عمق کریپت
اکسید	۱۳۳ ^a	۱۸۰ ^b	۱۹۳ ^a
روی-متیونین	۱۳۵۰ ^a	۱۸۵ ^a	۱۸۵ ^b
معنی‌داری	۰/۰۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰
خطای استاندارد میانگین‌ها	۶/۲۱	۸/۹۷	۱۱/۷۴
سطوح روی (میلی گرم در کیلوگرم)			
صفر	۱۳۴۶ ^b	۱۸۵	۱۸۲
۶۰	۱۳۲۹ ^c	۱۸۳	۱۸۰
۱۲۰	۱۳۴۷ ^b	۱۸۲	۱۸۷
۱۸۰	۱۳۵۹ ^a	۱۷۹	۱۸۵
معنی‌داری	۰/۰۳۰	۰/۱۲۱	۰/۰۰۸
خطای استاندارد میانگین‌ها	۲۳/۰۴	۷/۶۱	۲/۴۷
منبع × سطح (میلی گرم در کیلوگرم)			
اکسید × صفر	۱۳۴۶	۱۸۵	۱۸۲
اکسید × ۶۰	۱۳۴۳	۱۸۳	۱۹۰
اکسید × ۱۲۰	۱۳۴۳	۱۹۰	۱۹۰
اکسید × ۱۸۰	۱۳۴۹	۱۸۲	۱۸۹
روی-متیونین × صفر	۱۳۴۵	۱۸۴	۱۸۴
روی-متیونین × ۶۰	۱۳۴۹	۱۸۵	۱۸۶
روی-متیونین × ۱۲۰	۱۳۴۳	۱۹۰	۱۸۴
روی-متیونین × ۱۸۰	۱۳۵۶	۱۸۹	۱۹۰
معنی‌داری	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۳۷
خطای استاندارد میانگین‌ها	۱۲/۲۷	۶/۵۴	۵/۷۶
مقایسات متعامد			
خطی	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۵۰
درجه دوم	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۱۶

a-b: تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است ($p < 0.05$).

بحث

با توجه به نتایج به دست آمده در مورد عملکرد جوجه‌های آزمایشی دریافت‌کننده سطوح و منابع مختلف مکمل روی نشان داده شد که مستقل از منبع، بیش‌ترین سطح (۱۸۰ میلی گرم در کیلوگرم) استفاده از روی در جیره منجر به بهبود عملکرد پرند شد. این در حالی است که هنوز مشخص نیست که حد مجاز استفاده از مکمل‌های روی دقیقاً باید در چه سطحی باشد تا بهترین عملکرد پرند با کم‌ترین مخاطرات زیست محیطی اتفاق بیفتد. پیش‌تر، مکمل‌سازی روی در سطوح بیش از ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم توصیه شده بود (۲۷)، اما مساله مهم بازدهی و کارآمدی کم‌تر منابع

معدنی در مقایسه با منابع آلی و یا منابع نانو بود که مساله منبع و سطح تامین مکمل روی را تا حدودی پیچیده می‌کرد. در صورت افزودن سطوح بیش‌تر از نیاز پرند از مکمل روی به جیره احتمال بسیار زیاد محیط زیست در آینده با چالش‌های جدی روبرو خواهد شد (۲۸). اشاره شده که منابع آلی روی مانند متیونین-روی و یا پروتئینات-روی نسبت به منابع معدنی روی دارای زیست‌فراهمی بیش‌تری می‌باشند و می‌توانند در سطوح کم‌تری جایگزین منابع معدنی روی گردند و روی مورد نیاز پرند را با کم‌ترین آسیب به محیط زیست فراهم سازند (۲۷، ۲۹)؛ هرچند بر خلاف پژوهش‌های قبلی، در مطالعه حاضر تفاوتی بین منبع اکسید و آلی روی بر عملکرد پرند مشاهده نشد و بهترین عملکرد نیز در بیش‌ترین سطح مصرف

این دو مکمل مشاهده شد. در مطالعه‌ای که با بررسی ۴۳۶ پژوهش مستقل انجام شد مشخص گردید مکمل سازی خوراک با منابع و سطوح مختلف روی و هم چنین در سوبه‌های مختلف جوجه‌های گوشتی منجر به افزایش میزان خوراک مصرفی در مقایسه با گروه‌های تغذیه شده با جیره فاقد مکمل روی می‌شود که بیانگر تاثیر کمبود روی بر اشتها و حیوان و میزان خوراک مصرفی است (۳۰). در مطالعه حاضر اما در دوره آغازین و رشد با افزودن سطوح افزایشی روی به جیره، خوراک مصرفی کاهش اما در دوره پایانی و کل دوره در توافق با مطالعه قبلی افزایش در مصرف خوراک اتفاق افتاد (۱۹، ۳۰). در آزمایشی دیگر، محققین بهبود افزایش ۱ درصدی را در میزان خوراک مصرفی با استفاده از سطوح ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم اکسید روی را نسبت به گروه شاهد گزارش نمودند. از آنجایی که روی بیش تر در سیستم‌های آنزیمی عمل می‌کند، توافق شد که کمبود برخی از فعالیت آنزیم‌ها در از دست دادن اشتها و طعم نقش دارد (۱۱). ممکن است آنزیم‌های کلیدی مورد نیاز برای متابولیسم کربوهیدرات‌ها وجود نداشته باشد؛ زیرا بیان RNA پیام‌رسان وابسته به روی مورد نیاز برای تولید این آنزیم‌ها کاهش می‌یابد و پرنده ترجیح می‌دهد با مصرف کم تر خوراک، کربوهیدرات کم تری به بدن برساند (۳۲). محققین نشان دادند که مصرف خوراک با افزایش سطح روی در جیره تا ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم به صورت درجه دوم افزایش یافت و زمانی که روی به عنوان سولفات روی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم در جیره برای جوجه‌های گوشتی عرضه شد، به صورت خطی افزایش یافت و بعد از این سطح، افزایش بیش تری رخ نداد (۳۳). در مطالعه حاضر مقایسات چند جمله‌ای متعامد مصرف خوراک نشان داد که رابطه بین سطح مصرف روی و کاهش مصرف خوراک در دوره آغازین یک رابطه خطی بوده و در توافق با یافته‌های دیگر محققین (۳۳) نیست که رابطه خطی افزایشی را گزارش کرده بودند (۳۴). افزایش دو درصدی در خوراک مصرفی در تیماری که ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم روی دریافت می کرد (۳۵) نسبت به تحقیق حاضر که افزایش مصرف خوراک در تیمار ۱۸۰ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده شد قابل مقایسه است. محققین از سطوح صفر تا ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم روی در خوراک استفاده نمودند و گزارش کردند اگرچه استفاده از سطوح مختلف روی تاثیر معنی داری بر میزان خوراک مصرفی در روزهای یک تا ۲۱ دوره پرورش نداشت، ولیکن کم ترین میزان مربوط به گروه شاهد و بیش ترین میزان مربوط به گروه دریافت کننده ۶۰ میلی گرم در کیلوگرم بود (۳۶). بنابراین روی به صورت غیرمستقیم می‌تواند به مصرف خوراک کمک کند (۳۷). استفاده از سطوح مختلف روی در دوره پایانی و هم چنین کل دوره آزمایش نشان داد که بیش ترین سطح مصرفی روی (۱۸۰ میلی گرم در کیلو

گرم) به طور معنی داری وزن بدن را افزایش داد. محققین افزایش رشد جوجه‌های گوشتی را در زمان استفاده از منابع مختلف روی گزارش نمودند، اما در تحقیق حاضر منابع مختلف اثر معنی داری بر افزایش وزن پرنده‌ها نداشتند (۱، ۱۸). در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از سطوح مختلف اکسید روی، افزایش وزن بدن در سنین ۱ تا ۷ روزگی، ۸ تا ۲۱ روزگی و ۱ تا ۳۵ روزگی را گزارش نمودند (۳۸) که مطابق با نتایج کنونی برای دوره آغازین نمی‌باشد ولی در دوره پایانی و کل دوره در توافق با یافته‌های قبلی است. بهبود رشد ناشی از نقش عنصر روی در فعالیت سیستم‌های مختلف آنزیمی بدن است که با تاثیر بر سوخت و ساز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی می‌تواند به هضم و جذب خوراک کمک نماید. عنصر روی با توسعه سیستم اسکلتی و سیستم ایمنی، نقش مهمی را در رشد پرنده ایفا می‌نماید. از سوی دیگر روی با شرکت در ساختار و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و هم چنین کاهش تولید و یا حذف رادیکال‌های آزاد در سلول‌های بدن می‌تواند نقش مهمی در سلامت و افزایش وزن پرنده داشته باشد؛ چراکه مشخص شده است استرس اکسیداتیو سبب اکسید شدن چربی‌های بدن شده که به تولید رادیکال‌های پراکسید می‌انجامد. این رادیکال‌های آزاد در سلول بر پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک نظیر دزوکسی ریبونوکلوئیک اسید تاثیر گذاشته و منجر به آسیب به غشاء سلول‌های بدن، ترکیبات درون سلولی، کاهش ساخت DNA و RNA، تغییر ساختار پروتئین‌ها، هورمون‌ها و آنزیم‌ها گشته و در نهایت سبب کاهش چشمگیر رشد حیوان می‌گردد (۲۷، ۳۹). تاثیر مثبت روی بر ضریب تبدیل غذایی ممکن است به دلیل بهبود پر درآوری و پوشش پر باشد؛ زیرا عنصر روی، از عناصر کلیدی در تولید ترکیبات پروتئینی پراز قبیل کراتین و کلاژن که پروتئین اصلی ماتریکس خارج سلولی و بافت‌های پیوندی است بوده و در نتیجه بهبود میزان تولید این ترکیبات پروتئینی پس از مکمل سازی خوراک با روی و یا در سطوح بالای روی جیره‌ای، سبب بهبود پر درآوری و کاهش اختلالات پوست، پا و پر می‌گردد. با توجه به این که پوشش پر، در میزان انرژی نگه داری حیوان تاثیرگذار است، بنابراین با پوشش بهتر بدن و کاهش نیاز نگه داری حیوان، انرژی بیش تری صرف تولید و افزایش وزن می‌شود (۹). یکی دیگر از ساز و کارها ممکن است مرتبط با بهبود توسعه و استحکام روده باشد. این عنصر با افزایش بیان ژن‌های درگیر در استحکام و یکپارچگی روده می‌تواند مشکلات نشت روده را به شدت کاهش داده، هم چنین سبب ازدیاد سلول‌های موجود در لایه لامینا پروپریا و هم چنین گسترش عروق خونی در پرزهای روده می‌شود، در نتیجه هم میزان تخریب و جراحات روده کاهش می‌یابد که در نتیجه نیاز غذایی برای بازسازی آن را کاهش می‌دهد و هم هضم و جذب غذا به صورت غیرمستقیم بهبود

روی، رادیکال‌های آزاد سبب تخریب بیش‌تر پرزهای روده، کوتاه‌شدن پرزها و کاهش سطح جذبی و در نهایت توسعه کم‌تر دستگاه گوارش می‌شود (۱۶، ۴۶، ۴۸). تحقیقات عنوان می‌کند عنصر روی با فعال سازی آنزیم‌های DNA پلیمرز و پایداری ساختار تیمیدین کیناز سبب افزایش ازدیاد سلولی و تسریع در تولید سلول‌های جذبی روده شده که به افزایش طول پرز منتهی می‌شود (۴۹). هم‌چنین عنصر روی با افزایش بیان پروتئین شوک حرارتی ۷۲ سبب افزایش تولید پروتئین‌های اتصالات سخت بین سلول‌های جذبی و استحکام و یکپارچگی بیش‌تر روده شده، به‌طوری که یک افزایش ۵۰ تا ۲۵ درصدی در ارتفاع پرزهای روده به‌دلیل یکپارچگی سدهای روده‌ای از طریق مکمل‌سازی خوراکی روی مشاهده شده است (۵۰). به‌علاوه محققین عنوان کردند بخشی از تاثیر مثبت روی در توسعه روده باریک ناشی از کاهش ترشح گلوکوکورتیکوئیدها بوده که به بهبود قابلیت هضم کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه و پروتئین منجر می‌شود (۵۱). هم‌چنین بیان ژن حامل گلوکز را نیز افزایش داده که به دریافت بهتر مواد مغذی برای سلول‌های اپیتلیال روده منجر شده، بنابراین رشد و توسعه بیش‌تر سلول‌های اپیتلیال را فراهم می‌کند (۵۲). به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که جوجه‌های گوشتی به مقادیری بیش‌تر از ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از مکمل‌های تامین‌کننده روی (مستقل از منبع) برای حفظ عملکرد بهینه خود نیاز دارند و هم‌چنین افزودن مقدار ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی-متیونین به جیره جوجه‌های گوشتی سبب بهبود عملکرد رشد، افزایش طول و عرض پرزهای روده و هم‌چنین بهبود جمعیت باکتری‌های اسیدلاکتیکی روده شد. بنابراین با توجه به نتایج مطلوب به‌دست‌آمده در این مطالعه بر عملکرد رشد، افزایش طول و عرض پرز و جمعیت باکتری‌های اسیدلاکتیکی روده، توصیه می‌شود از مقدار ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی-متیونین در جیره جوجه‌های گوشتی به‌عنوان مکمل روی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

محققین بر خود لازم می‌دانند از آزمایشگاه تخصصی بنیان دانش آقای دکتر رضایی و هم‌چنین زحمات دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس تشکر و قدردانی کنند.

منابع

- Hussan, F., Krishna, D., Preetam, V.C., Reddy, P. and Gurram, S., 2022. Dietary supplementation of nano zinc oxide on performance, carcass, serum and meat quality parameters of commercial broilers. *Biological Trace Element Research*. 200(1): 348-353. doi: 10.1007/s12011-021-02635-z

می‌یابد؛ بنابراین تاثیر مثبت بر ضریب تبدیل غذایی دارد (۴۰). در مطالعه حاضر منبع روی متیونین بیش‌ترین تاثیر را در بهبود جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلی در روده داشت که در توافق با یافته‌های قبلی بود (۴۱، ۴۲). در توافق با یافته‌های پیشین (۴۳) نشان داده شد که عنصر روی به‌دلیل خاصیت ضد میکروبی می‌تواند موجب تغییر در جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلی می‌تواند منجر به ممانعت از رشد و تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا شود (۴۱). هم‌چنین در توافق با گزارش قبلی (۴۴) نشان داده شد که عنصر روی اثرات مثبتی را بر تعداد باکتری‌های اسید لاکتیکی دارد. افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس می‌تواند موجب توقف رشد و کاهش تعداد باکتری‌های باسیلی بیماری‌زا شود (۴۱). در پژوهش انجام شده قبلی، نشان داده شد استفاده از عنصر روی با قابلیت جذب زیاد منجر به افزایش طول پرزهای روده، کاهش ضخامت بافت عضلانی روده، بهبود افزایش وزن، و بهبود جمعیت میکروبی روده گردید؛ به‌طوری که موجب کاهش تعداد کلستریدیوم، کمپیلوباکترها و افزایش لاکتوباسیل‌ها شد (۱۶). وقتی به هر دلیلی نفوذپذیری روده مختل شود، سموم تولیدشده میکروبی و پاتوژن‌ها می‌توانند از سلول‌های اپیتلیوم رد شده و وارد خون شوند و با آسیب سلول و التهاب روده، موجب کاهش عملکرد و افزایش نرخ تلفات شوند (۱۶). در مطالعه حاضر نشان داده شد که طول و عرض پرز به‌همراه عمق کریپت‌های روده تحت تاثیر منبع روی قرار گرفت؛ هم‌چنین سطح تجویز روی در جیره تنها طول پرز را افزایش داد و بر عرض و عمق پرزها تاثیر معنی‌داری نداشت. در مطالعه‌ای نشان داده شد که جوجه‌هایی که با ۱۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌عنوان سولفات روی یا روی-متیونین تغذیه شده بودند، ارتفاع پرزهای بیش‌تری در ژژنوم نسبت به جوجه‌هایی داشتند که با جیره شاهد تغذیه شدند (۴۵). در مقایسه با تحقیق حاضر؛ گزارش شد که مکمل روی گلايسين کلات شده با غلظت ۹۰ (میلی‌گرم در کیلوگرم) در جیره جوجه‌های گوشتی باعث افزایش ارتفاع پرز و کاهش عمق کریپت ژژنوم شد (۴۶). در توافق با مطالعه حاضر مکمل‌سازی روی در خوراک منجر به تغییرات معنی‌دار در اندازه پرزهای روده گردید (۴۷). مطالعات نشان می‌دهد کمبود روی سبب کاهش انتروسیست‌های روده، تخریب سلول‌های اپی‌تلیال، کاهش یکپارچگی موکوس و تحریک مرگ سلولی می‌گردد (۳). در ادامه تخریب سلول‌های اپی‌تلیال روده برخی از آنتی‌ژن‌ها و اندوتوکسین‌ها از لومن روده وارد سیستم عروقی دستگاه گوارش شده که التهاب در این اندام را افزایش می‌دهد که سبب ترشح و آزاد شدن تعدادی از سیتوکین‌های مختلف شده که التهاب را در این بافت بیش‌تر کرده و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌نماید. با توجه به فعالیت کم‌تر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در زمان کمبود

- of methionine-coated zinc nanoparticles as a dietary supplement leads to improved performance and bone strength in broiler chicken production. *Animals*. 10(9): 1482. doi: 10.3390/ani10091482
17. **Salim, H., Lee, H., Jo, C., Lee, S. and Lee, B., 2011.** Supplementation of graded levels of organic zinc in the diets of female broilers: effects on performance and carcass quality. *British Poultry Science*. 52(5): 606-612. doi: 10.1080/00071668.2011.616485
 18. **Kakhki, R.A.M., Bakhshalinejad, R. and Shafiee, M., 2016.** Effect of dietary zinc and α -tocopheryl acetate on broiler performance, immune responses, antioxidant enzyme activities, minerals and vitamin concentration in blood and tissues of broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 221: 12-26. doi: 10.1080/00071668.2018.1521510
 19. **Saleh, A.A., Ragab, M.M., Ahmed, E.A., Abudabos, A.M. and Ebeid, T.A., 2018.** Effect of dietary zinc-methionine supplementation on growth performance, nutrient utilization, antioxidative properties and immune response in broiler chickens under high ambient temperature. *Journal of applied animal research*. 46(1): 820-827. doi: 10.1080/09712119.2017.1407768
 20. **Pacheco, W., Patiño, D., Vargas, J., Gulizia, J., Macklin, K. and Biggs, T., 2021.** Effect of partial replacement of inorganic zinc and manganese with zinc methionine and manganese methionine on live performance and breast myopathies of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 30(4): 100204. doi: 10.1016/j.japr.2021.100204
 21. **De Grande, A., Leleu, S., Delezie, E., Rapp, C., De Smet, S. and Goossens, E., 2020.** Dietary zinc source impacts intestinal morphology and oxidative stress in young broilers. *Poultry science*. 99(1): 441-453. doi: 10.3382/ps/pez525
 22. **Palizdar, M.H., Pourelmi, M., Mohammadian-Tabrizi, H. and Sepehr, Z., 2016.** The impact of Acidifier in the diet of broiler chickens grown in high stocking densities on growth performance, immune system and blood metabolites. *Animal Production*. 18(1): 95-106. doi: 10.22059/jap.2016.57147
 23. **Palizdar, M., Daylami, M. and Pourelmi, M., 2017.** Effects of high stocking density on growth performance, blood metabolites and immune response of broilers (ROSS 308). *Journal of Livestock Science*. 8: 196-200.
 24. **Sohail, M.U., Ijaz, A., Younus, M., Shabbir, M.Z., Kamran, Z. and Ahmad, S., 2013.** Effect of supplementation of mannan oligosaccharide and probiotic on growth performance, relative weights of viscera, and population of selected intestinal bacteria in cyclic heat-stressed broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 22(3): 485-491. doi: 10.3382/japr.2012-00682
 25. **Cao, G., Zeng, X., Chen, A., Zhou, L., Zhang, L. and Xiao, Y., 2013.** Effects of a probiotic, *Enterococcus faecium*, on growth performance, intestinal morphology, immune response, and cecal microflora in broiler chickens challenged with *Escherichia coli* K88. *Poultry science*. 92(11): 2949-2955. doi: 10.3382/ps.2013-03366
 26. **Sakamoto, K., Hirose, H., Onizuka, A., Hayashi, M., Futamura, N. and Kawamura, Y., 2000.** Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. *Journal of Surgical Research*. 94(2): 99-106. doi: 10.1006/jsre.2000.5937
 27. **Hafez, A., Nassef, E., Fahmy, M., Elsabagh, M., Bakr, A. and Hegazi, E., 2020.** Impact of dietary nano-zinc oxide on immune response and antioxidant defense of broiler chickens. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(16): 19108-19114. doi: 10.1007/s11356-019-04344-6
 2. **Council NRC. 1994.** Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, Washington, DC: The National Academies Press. 176 p. doi: 10.17226/2114
 3. **Yusof, H.M., Mohamad, R., Zaidan, U.H. and Samsudin, A.A., 2023.** Influence of dietary biosynthesized zinc oxide nanoparticles on broiler zinc uptake, bone quality, and antioxidative status. *Animals*. 13(1): 115. doi: 10.3390/ani13010115
 4. **Abedini, M., Shariatmadari, F., Karimi Torshizi, M. and Ahmadi, H., 2018.** Effects of zinc oxide nanoparticles on the egg quality, immune response, zinc retention, and blood parameters of laying hens in the late phase of production. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 102(3): 736-345. doi: 10.1111/jpn.12871
 5. **Attia, Y.A., Addeo, N.F., Abd Al-Hamid, A.A.H.E. and Bovera, F., 2019.** Effects of phytase supplementation to diets with or without zinc addition on growth performance and zinc utilization of white pekin ducks. *Animals*. 9(5): 280. doi: 10.3390/ani9050280
 6. **Zaghari, M., Mehrvarz, H., Hajati, H. and Moravej, H., 2022.** Evaluation of an Innovative Zn Source on Feed Efficiency, Growth Performance, Skin and Bone Quality of Broilers Suffering Heat Stress. *Animals*. 12(23): 3272. doi: 10.3390/ani12233272
 7. **Salim, H., Jo, C. and Lee, B., 2008.** Zinc in broiler feeding and nutrition. *Avian Biology Research*. 1(1): 5-18. doi: 10.3184/175815508X334578
 8. **Ao, T., Pierce, J., Pescatore, A., Cantor, A., Dawson, K. and Ford, M., 2011.** Effects of feeding different concentration and forms of zinc on the performance and tissue mineral status of broiler chicks. *British Poultry Science*. 52(4): 466-471. doi: 10.1080/00071668.2011.588198
 9. **Ross, A., 2019.** 308 Broiler: Nutrition Specifications Aviagen.
 10. **Jahanian, R. and Rasouli, E., 2015.** Effects of dietary substitution of zinc-methionine for inorganic zinc sources on growth performance, tissue zinc accumulation and some blood parameters in broiler chicks. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 99(1): 50-58. doi: 10.1111/jpn.12213
 11. **Ibrahim, D., Ali, H.A. and El-Mandrawy, S.A., 2017.** Effects of different zinc sources on performance, bio distribution of minerals and expression of genes related to metabolism of broiler chickens. *Zagazig Veterinary Journal*. 45(3): 292-304. doi: 10.21608/zvjz.2017.7954
 12. **Mohammadi, V., Ghazanfari, S., Mohammadi Sangcheshmeh, A. and Nazaran, M., 2015.** Comparative effects of zinc-nano complexes, zinc sulphate and zinc-methionine on performance in broiler chickens. *British poultry science*. 56(4): 486-493. doi: 10.1080/00071668.2015.1064093
 13. **Ogbuewu, I.P. and Mbajorgu, C.A., 2023.** Potentials of dietary zinc supplementation in improving growth performance, health status, and meat quality of broiler chickens. *Biological Trace Element Research*. 201(3): 1418-1431. doi: 10.1007/s12011-022-03223-5
 14. **Mohamed, L.A., Elsayed, A.A., Abol-El, S.S., Askar, A.A. and Alagawany, M., 2022.** Productive performance, lipid profile, immunity, and antioxidant parameters of quail breeders fed low protein diets supplemented with different zinc sources. *Animal Biotechnology*. 1-8. doi: 10.1080/10495398.2022.2047992
 15. **Franklin, S.B., Young, M.B. and Ciacchiariello, M., 2022.** The Impact of Different Sources of Zinc, Manganese, and Copper on Broiler Performance and Excreta Output. *Animals*. 12(9): 1067. doi: 10.3390/ani12091067
 16. **Alkhtib, A., Scholey, D., Carter, N., Cave, G.W., Hanafy, B.I. and Kempster, S.R., 2020.** Bioavailability

- status, and cecal microbiota in broiler chickens challenged with *Salmonella* Kentucky. *World's Veterinary Journal*. 12(1): 105-122. doi: 10.54203/SCIL.2022.WVJ 14
42. **Nguyen, H., Morgan, N., Roberts, J., Wu, S.B., Swick, R. and Toghyani, M., 2021.** Zinc hydroxychloride supplementation improves tibia bone development and intestinal health of broiler chickens. *Poultry Science*. 100(8): 101254. doi: 10.1016/j.psj.2021.101254
43. **Yazdankhah, S., Rudi, K. and Bernhoft, A., 2014.** Zinc and copper in animal feed—development of resistance and co-resistance to antimicrobial agents in bacteria of animal origin. *Microbial ecology in health and disease*. 25(1): 25862. doi: 10.3402/mehd.v25.25862
44. **Shao, Y., Lei, Z., Yuan, J., Yang, Y., Guo, Y. and Zhang, B., 2014.** Effect of zinc on growth performance, gut morphometry, and cecal microbial community in broilers challenged with *Salmonella enterica* serovar typhimurium. *Journal of Microbiology*. 52(12): 1002-1011. doi: 10.1007/s12275-014-4347-y
45. **Kumar, A., Hosseindoust, A., Kim, M., Kim, K., Choi, Y. and Lee, S., 2021.** Nano-sized zinc in broiler chickens: effects on growth performance, zinc concentration in organs, and intestinal morphology. *The journal of poultry science*. 58(1): 21-9. doi: 10.2141/jpsa.0190115
46. **Ma, W., Niu, H., Feng, J., Wang, Y. and Feng, J., 2011.** Effects of zinc glycine chelate on oxidative stress, contents of trace elements, and intestinal morphology in broilers. *Biological Trace Element Research*. 142(3): 546-556. doi: 10.1007/s12011-010-8824-9
47. **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. doi: 10.22034/AEJ.2021.256119.2403 (In Persian)
48. **Sun, J., Zhang, C. and Zhang, B., 2020.** Research Note: Effects of organic zinc on broiler intestinal permeability and integrity in *Clostridium perfringens* challenged condition. *Poultry science*. 99(12): 6653-6656. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.032
49. **Semrad, C.E., 1999.** Zinc and intestinal function. *Current gastroenterology reports*. 1(5): 398-403. doi: 10.1007/s11894-999-0021-7
50. **Odashima, M., Otaka, M., Jin, M., Wada, I., Horikawa, Y. and Matsushashi, T., 2006.** Zinc l-carnosine protects colonic mucosal injury through induction of heat shock protein 72 and suppression of NF- κ B activation. *Life sciences*. 79(24): 2245-2250. doi: 10.1016/j.lfs.2006.07.032
51. **Zhu, X., Shang, X., Lin, G., Li, H., Feng, X. and Zhang, H., 2022.** Effects of zinc glycinate on growth performance, serum biochemical indexes, and intestinal morphology of yellow feather broilers. *Biological Trace Element Research*. 200(9): 4089-4097. doi: 10.1007/s12011-021-02990-x
52. **Pearce, S., Sanz Fernandez, M.V., Torrison, J., Wilson, M., Baumgard, L. and Gabler, N., 2015.** Dietary organic zinc attenuates heat stress-induced changes in pig intestinal integrity and metabolism. *Journal of Animal Science*. 93(10): 4702-4713. doi: 10.2527/jas.2015-9018
28. **Leeson, S. and Caston, L., 2008.** Using minimal supplements of trace minerals as a method of reducing trace mineral content of poultry manure. *Animal Feed Science and Technology*. 142(3-4): 339-347. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.08.004
29. **Abd El-Hack, M., Alagawany, M., Arif, M., Chaudhry, M., Emam, M. and Patra, A., 2017.** Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal*. 73(4): 904-915. doi: 10.1017/S0043933917000769
30. **Ogbuwu, I., Modisaojang-Mojanaga, M., Mokolopi, B. and Mbajiorgu, C., 2023.** A meta-analysis of responses of broiler chickens to dietary zinc supplementation: feed intake, feed conversion ratio and average daily gain. *Biological Trace Element Research*. 201(5): 2491-2502. doi: 10.1007/s12011-022-03320-5
31. **Fathi, M., Haydari, M. and Tanha, T., 2016.** Effects of zinc oxide nanoparticles on antioxidant status, serum enzymes activities, biochemical parameters and performance in broiler chickens. *Journal of Livestock Science and Technologies*. 4(2): 7-13. doi: 10.22103/JLS T.2016.1509
32. **Kennedy, K.J., Rains, T.M. and Shay, N.F., 1998.** Zinc deficiency changes preferred macronutrient intake in subpopulations of Sprague-Dawley outbred rats and reduces hepatic pyruvate kinase gene expression. *The Journal of nutrition*. 128(1): 43-49. doi: 10.1093/jn/128.1.43
33. **Ao, T., Pierce, J., Power, R., Dawson, K., Pescatore, A. and Cantor, A., 2006.** Evaluation of Bioplex Zn as an organic zinc source for chicks. *International Journal of Poultry Science*. 5(9): 808-811. doi: 10.3923/ijps.2006.808.811
34. **Zarghi, H., Golian, A., Hassanabadi, A. and Khaligh, F., 2022.** Effect of Supplemental Zinc on Performance, Nutrient Digestibility, Jejunum Architecture, and Immune Response in Broiler chickens Fed Wheat-Soy Diets. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 94. doi: 10.1590/0001-3765202220200266
35. **Lei, X.J., Liu, Z.Z., Wang, Q.L., Wang, D.D., Wang, M.Y. and Yao, J.H., 2021.** Evaluation of potentiated zinc oxide as a source of zinc in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 281: 115097. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115097
36. **Prasad, A.S. and Bao, B., 2019.** Molecular mechanisms of zinc as a pro-antioxidant mediator: clinical therapeutic implications. *Antioxidants*. 8(6): 164. doi: 10.3390/antiox8060164
37. **Ivanišinová, O., Grešáková, L., Ryzner, M., Ocel'ová, V. and Čobanová, K., 2016.** Effects of feed supplementation with various zinc sources on mineral concentration and selected antioxidant indices in tissues and plasma of broiler chickens. *Acta Veterinaria Brno*. 85(3): 285-291. doi: 10.2754/avb201685030285
38. **Zhang, T., Liu, J., Zhang, J., Zhang, N., Yang, X. and Qu, H., 2018.** Effects of dietary zinc levels on the growth performance, organ zinc content, and zinc retention in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 20: 127-132. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0604
39. **Al-Daraji, H.J. and Amen, M., 2011.** Effect of dietary zinc on certain blood traits of broiler breeder chickens. *Int J Poult Sci*. 10(10): 807-813. doi: 10.3923/ijps.2011.807.813
40. **Wang, X., Valenzano, M.C., Mercado, J.M., Zurbach, E.P. and Mullin, J.M., 2013.** Zinc supplementation modifies tight junctions and alters barrier function of CACO-2 human intestinal epithelial layers. *Digestive Diseases and Sciences*. 58: 77-87. doi: 10.1007/s10620-012-2328-8
41. **El-Shenawy, A., Salim, A.A. and Gouda, M.Y., 2022.** Effects of nano zinc on growth performance, health