15(2) 157-168, Summer 2023
Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effects of using different sources and levels of zinc on carcass characteristics, tibia bone, serum antioxidant status, meat quality and immune system of broiler chickens

Rahmatolah Hashemi, Mohammad Hossein Palizdar *, Hamidreza Mohamadian Tabrizi, Mahboobeh Rostami Ankasi

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

Key Words
Antioxidant status
Broiler
Immune system
Meat quality
Organic zinc complex

Abstract

Introduction: An experiment was conducted to compare different sources and levels of zinc on carcass characteristics, tibia bone, serum antioxidant status, meat quality and immune system on broiler chickens.

Materials & Methods: For this purpose, 480 broilers were selected in a completely randomized design with a factorial arrangement (4 × 3) with five replications and 8 chicks were performed in each replicate. Zinc sources included sulfate, oxide and organic complex of zinc and methionine levels were zero, 60, 120 and 180 mg/kg feed. At the end of the experiment, the data were analyzed using the GLM procedure of SAS software and the Tukey test was used to compare the means with a 95% probability level for the main effects (zinc sources and its levels) and the interactions between them.

Results: The effect of different levels of zinc on weight percentage of spleen, pancreas and bursa fabricius was significant (P<0.05). The results showed that the effect of source and level of zinc on serum malondialdehyde was significant; So that the treatment containing organic sample of zinc had the lowest amount of serum malondialdehyde and also increasing the level of zinc application in the diet caused a significant decrease in serum malondialdehyde. Meat moisture in the treatment containing organic zinc sample had a significant increase compared to oxide treatment, also higher levels of zinc caused a significant increase in meat moisture (P<0.05). Water holding capacity and pH indices were not affected by different sources and levels of zinc. As with the results obtained for serum malondialdehyde, the amount of malondialdehyde in meat was affected by experimental treatments so that the use of organic zinc sample as well as the use of the highest level of zinc in the feed (180 mg/kg) significantly (P<0.05) reduced the concentration of malondialdehyde in meat after slaughter of birds. Different sources and levels of zinc in the feed had no effect on the trend of changes in the response of the immune titer against gumbo and bronchitis. At high levels of zinc in the diet, lymphocyte counts decreased and heterophils increased; Also, the ratio of heterophils to lymphocytes at the level of 180 mg/kg was significantly higher than the level of 120 mg/kg (P<0.05).

Conclusion: In addition, different sources and levels of zinc and their interactions on the overall SRBC titer were also insignificant. In general, it can be concluded that regardless of the type and source of zinc supply, the higher the level of zinc in the diet of broiler chickens can lead to better retention of zinc in the tibia, the better the quality and durability of the meat, and the increased immunity of the bird.

* Corresponding Author's email: paliz@iauc.ac.ir
Received: 21 April 2022; Reviewed: 22 May 2022; Revised: 24 July 2022; Accepted: 27 August 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.354019.2857

مقاله پژوهشی

اثرات استفاده از منابع و سطوح مختلف عنصر روی بر خصوصیات لاشه، استخوان درشت‌نی، وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم، کیفیت گوشت و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی

رحمت‌اله هاشمی، محمدحسین پالیزدار، حمیدرضا محمدیان‌تبریزی، محبوبه رستمی‌انکاس*

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

کلمات کلیدی

ترکیب آلی روی
جوجه گوشتی
سیستم ایمنی
کیفیت گوشت
وضعیت آنتی‌اکسیدانی

چکیده

مقدمه: آزمایشی به‌منظورمقایسه منابع و سطوح متفاوت عنصر روی برخصوصیات لاشه، استخوان درشت نی، وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم، کیفیت گوشت و سیستم ایمنی بر روی جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها: به این منظور، تعداد ٤٨٠ قطعه جوجه گوشتی درقالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (٤×٣) با پنج تکرار و ٨ جوجه انتخاب شدند. منابع روی شامل سولفات، اکسید وترکیب آلی روی-متیونین درسطوح (صفر، ٦٠، ١٢٠ و ١٨٠میلی‌گرم برکیلوگرم خوراک) بودند. در پایان آزمایش، داده‌ها با رویه GLM نرم‌افزار SAS و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی، با سطح احتمال ٩٥ درصد برای اثرات اصلی (منابع روی و سطوح آن) و اثرات متقابل بین آن‌ها استفاده شد.

نتایج: اثر سطوح مختلف روی بر درصد وزن طحال، پانکراس و بورس فابرسیوس معنی‌دار بود (P<٠/٠٥). هم‌چنین اثر منبع و سطح روی بر میزان مالون دی آلدهید سرم معنی‌داری بود؛ به‌طوری‌که تیمار حاوی نمونه آلی روی دارای کم‌ترین میزان بود و افزایش سطح عنصر روی سبب کاهش معنی‌دار این مولفه شد. رطوبت گوشت در تیمار حاوی نمونه آلی روی افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار اکسید داشت، هم‌چنین سطوح بیش‌تر روی موجب افزایش معنی‌دار رطوبت گوشت شد (P<٠/٠٥). شاخص‌های ظرفیت نگه‌داری‌آب و pH تحت‌تاثیر منابع و سطوح مختلف روی قرارنگرفتند. مقدار مالون دی‌آلدهید در گوشت تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، به گونه‌ای که استفاده از نمونه آلی روی و هم‌چنین استفاده از بیش‌ترین سطح روی در خوراک (١٨٠ میلی‌گرم) به‌طور معنی‌داری (P<٠/٠٥) موجب کاهش غلظت مالون دی آلدهید گوشت پس از کشتار در پرنده‌ها شد. منابع و سطوح مختلف روی در خوراک تاثیری بر روند تغییرات در پاسخ تیتر ایمنی ایجاد شده علیه گامبرو و برونشیت نداشتند. در سطوح زیاد مصرف روی در خوراک میزان لنفوسیت کاهش و هتروفیل افزایش یافت؛ هم‌چنین نسبت هتروفیل به لنفوسیت در سطح ١٨٠ میلی‌گرم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سطح ١٢٠ میلی‌گرم بود (P<٠/٠٥). افزون بر این منابع و سطوح مختلف روی و اثرات متقابل آن‌ها بر تیتر کلی SRBC نیز غیرمعنی‌دار بود.

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان گفت مستقل از نوع و منبع تامین روی، هرچه سطح روی در جیره جوجه‌های گوشتی افزایش یابد سبب بهبود ابقاء روی در استخوان درشت نی، بهبود کیفیت و ماندگاری گوشت و افزایش ایمنی در پرنده خواهد شد.

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

تاریخ دریافت: ۱ اردیبهشت ۱۴۰۱؛ تاریخ داوری: ۱ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۲ مرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۵ شهریور ۱۴۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.354019.2857

مقدمه

عنصر روی یک عنصرضروری اما کم‌نیاز برای پرندگان بوده و در فعالیت بیش از ۳۰۰ آنزیم بدن و فعالیت‌های متابولیکی، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و حذف رادیکال‌های آزاد در بدن مشارکت دارد. این عنصر نقش مؤثری در سیستم ایمنی، کیفیت لاشه، پردرآوری، عملکرد آنزیم‌های کاتالاز، کربونیک آنهیدراز، آلکالین فسفاتاز و بهبود عملکرد روده کوچک در طیور ایفاء می‌نماید (۱). به‌دلیل این‌که بیش‌تر موادخوراکی جیره‌های طیور دارای کمبود عنصر روی می‌باشند و هم‌چنین روی موجود در منابع گیاهی، تاحد زیادی توسط ترکیب فیتاتی به دام افتاده است، بنابراین استفاده از روی به شکل مکمل معدنی به جیره غذایی طیور ضروری می‌باشد. این امر علاوه بر جلوگیری از عواقب سوء کمبود روی، می‌تواند نیازهای پرنده جهت رشد و عملکرد ایده‌آل را فراهم کند (۲). روی عنصری حیاتی برای عملکرد بهتر سیستم ایمنی در حیوانات است و کمبود آن باعث کاهش عملکرد سیستم ایمنی سلولی شده و برای رشد و فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف اهمیت دارد (۳). روی به‌عنوان کوفاکتور برای بسیاری از آنزیم‌ها از جمله آنزیم‌های مهم کبدی شامل آلانین‌آمینوترانسفراز، گاما گلوتامیل ترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز می‌باشد. این عنصر از طریق مشارکت در فعالیت آنزیم‌های مربوطه در سنتز و شکستن کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک دخالت دارد (۴). یکی از اصلی‌ترین وظایف روی، شرکت در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی بدن است وکمبود آن موجب افزایش آسیب غشای سلولی به‌دلیل حضور رادیکال‌های آزاد می‌شود (۵). مکانیسم اثر آنتی‌اکسیدانی روی به درستی مشخص نشده است؛ ولی پیشنهاد شده است که روی موجب افزایش سنتز متالوتیونین می‌شود. متالوتیونین پروتئینی غنی از سیستین است که موجب ذخیره شدن رادیکال‌های آزاد می‌شود (۶). کمبود روی درحیوانات با کاهش مصرف خوراک موجب کاهش رشد، کاهش چرخش سطوح مختلف هورمون رشد و فاکتور شبه انسولینی و کاهش تولید کبدی فاکتور شبه انسولینی یک، گیرنده هورمون رشد و پروتئین متصل شونده به هورمون رشد می‌شود (۳). مطالعات قبلی نشان می‌دهد که روی آلی در مقایسه با نمک‌های معدنی به‌دلیل لیگاندی که عنصر روی را از واکنش با فیتات‌ها محافظت می‌کند، فراهمی زیستی بیش‌تری دارد (۷). علاوه بر این، به‌منظور یافتن جایگزین‌های کم هزینه، محققان بر روی منابع نانوروی در صنعت خوراک دام نیز تمرکز کرده‌اند (۸). آزمایش‌های قبلی نشان داده‌اند که روی در شکل نانو در دوزهای کم‌تر (۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) عملکرد رشد بیش‌تری در مقایسه با منبع معمولی (۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارد (۹). اطلاعات مربوط به اثرات منابع نانو روی و سطح بهینه مکمل‌های غذایی برای برآورده کردن نیازهای روی در جوجه‌های گوشتی محدود است (۸، ۱۰). ترکیب مواد معدنی آلی به‌عنوان مثال مواد معدنی که با آمینواسیدها ترکیب می‌شوند با اسیدفیتیک برهم‌کنش نمی‌کنند، زیرا فاقد کاتیون‌های دو ظرفیتی آزاد مورد نیاز برای کیلاسیون در روده هستند (۱۱) و بنابراین، به روش‌های متنوعی برای تسهیل جذب، متابولیزه می‌شوند. بسیاری از نویسندگان اشاره کردند که شکل آلی روی برای طیور دسترسی زیستی بیش‌تری از شکل غیرآلی آن دارد که باعث بهبود ایمنی نیز می‌شود (۱۲). از سوی دیگر، با ادامه اصلاحات ژنتیکی سویه‌های جوجه‌های گوشتی تجاری، سطح توصیه شده NRC برای روی یعنی ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره، دیگر رشد، سلامت و تولیدمثل کافی برای سویه‌های جوجه‌های گوشتی جدید را فراهم نمی‌کند. از طرفی افزایش استفاده از مکمل روی در جیره ممکن است بر تعادل سایر عناصر کمیاب تأثیر بگذارد و ثبات سایر مواد مغذی را در صورت قرار گرفتن در معرض طولانی مدت کاهش دهد که می‌تواند باعث رسوب و تجمع روی در داخل بافت‌های بدن حیوان شود (۱۱). مواد معدنی کمیاب ممکن است با منابع آلی جایگزین شوند تا مصرف بیش از حد مصرف مکمل و دفع آن‌ها کاهش یابد. مکمل روی آلی در جیره جوجه‌های گوشتی به‌دلیل هزینه نسبتاً زیاد آن تاکنون محدود شده است. روی عملاً به تمام جیره‌های تنظیم شده جوجه‌های گوشتی برای حمایت از رشد اضافه می‌شود؛ اما از آن‌جایی‌که منبع معدنی روی دارای فراهمی زیستی کمی است، به‌ویژه هنگامی که با جیره غذایی برپایه غلات ترکیب شود، افزایش سطح روی در جیره غذایی طیور نسبت به توصیه انجمن تحقیقات ملی آمریکا ضروری به‌نظر می‌رسد. با این حال، این امر می‌تواند منجر به دفع بیش‌تر روی و آلودگی محیط زیست نیز شود. اشاره شد که روی در سیستم‌های آنزیمی نیز نقش ایفا می‌کند، سوپراکسید دیسموتاز، یکی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی حاوی روی، نقش مهمی در حفظ سلامت پوست جوجه‌ها و افزایش ماندگاری گوشت آن‌ها دارد (۲۴). در جوجه‌ها، عنصر روی برای کیفیت پوست، سنتز کلاژن، رشد اسکلتی و پاسخ‌های ایمنی مورد نیاز است (۳، ۵)، هم‌چنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد زیرا در تولید گلوتاتیون پراکسیداز نقش دارد (۶). دو منبع رایج غیرآلی عنصر روی، اکسید و سولفات روی می‌باشند که در اکثر جیره‌های معمول طیور گنجانده می‌شوند؛ ولی به‌هر حال مطالعات اخیر نشان داده که منابع آلی روی برای جوجه‌ها قابلیت دسترسی بیش‌تری از منابع غیر آلی داشته باشند (۱۴). نتایج محققین نشان داده است که روی آلی (روی-متیونین) نسبت به سایر منابع در بهبود شاخص‌های تولیدمثلی در گله خروس‌ها نیز موثرتر است (۱۳). از این نقطه‌نظر، راهکارغذایی فرض شده در این تحقیق استفاده از سایر منابع روی مکمل که

فراهمی زیستی بیش‌تری داشته باشند مثل کیلات روی- متیونین در جیره‌های جوجه‌های گوشتی به‌عنوان منبع روی آلی و به‌دست آوردن بهینه‌ترین سطح استفاده از این مکمل‌ها می‌باشد. هدف ازاین تحقیق بررسی اثرات استفاده‌از منابع و سطوح مختلف روی در خوراک بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و سیستم ایمنی، وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و سرم، ریخت‌شناسی روده، قابلیت هضم مواد مغذی و خصوصیات استخوان جوجه‌های گوشتی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (۴×۳) که عوامل به‌صورت ۳ منبع تامین مس (سولفات، اکسید و ترکیب آلی روی به‌همراه متیونین) و چهار سطح عنصر روی (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم برکیلوگرم) بود و دریک واحد تحقیقاتی پرورش جوجه گوشتی واقع در شهرستان قائم‌شهرانجام شد. آزمایش با ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی (مخلوط نر و ماده) سویه راس ۳۰۸ در پنج تکرار و تعداد ۸ قطعه جوجه در هر واحد آزمایشی انجام شد. قبل از شروع آزمایش میزان روی در منابع مختلف آزمایش و درصد عنصر روی محاسبه و در فرمول جیره‌نویسی منظور شد و مکمل‌ها به جیره بر پایه ذرت و سویا افزوده شدند. اکسید روی ۷۵ درصد و سولفات روی ۳۰ درصد از شرکت سپیداکسید زنجان، و ترکیب آلی روی- متیونین نیز از شرکت آلتک تهیه شدند. جیره‌های غذایی بر اساس احتیاجات سویه راس و براساس جداول آن در سه مرحلهٔ آغازین، رشد و پایانی توسط نرم‌افزار WUFFDA تهیه شدند (جدول ۱). در پایان دوره پرورش یک پرنده از هر تکرار که از نظر میانگین وزنی نزدیک به میانگین تکرار مورد نظر بود انتخاب و پس از کشتار، پرکنی و تخلیه امعاءاحشاء داخلی، وزن لاشه شکم خالی، بازده لاشه، ران، سینه، چربی حفره بطنی، اندام‌های داخلی مانند قلب، کبد، کلیه، پانکراس و روده کوچک با ترازوی دقیق اندازه‌گیری و وزن نسبی آن‌ها محاسبه گردید. در پایان دوره برای ارزیابی وضعیت آنتی‌اکسیدانی پرنده‌ها، یک پرنده از هر تکرار انتخاب و پس از خونگیری و جداسازی سرم، فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در سرم با کیت‌های مخصوص و به‌روش فتومتریک طبق دستورالعمل شرکت سازنده کیت، اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین غلظت مالون‌دی آلدهید سرم نیز اندازه‌گیری شد. شاخص‌های کیفیت گوشت شامل رطوبت (۱۵)، pH (۱۶)، ظرفیت نگه‌داری آب و غلظت مالون‌دی آلدهید (MDA) به‌ترتیب پس از یک، چهار و هفت روز نگه‌داری در یخچال ۴- درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند (۱۷). جهت ارزیابی فراسنجه‌های خونی و سیستم ایمنی، یک پرنده از هر تکرار کشتار شد، برای بررسی وضعیت سیستم ایمنی، در روز ۴۲ یک نمونه خون روی لام ریخته و پس از تهیه گسترش و رنگ‌آمیزی گیمسا، هتروفیل و لنفوسیت‌های موجود در لام در زیر میکروسکوپ شمرده شدند (۱۸). اساس روش اندازه‌گیری مالون دی آلدئید (MDA) سرمی و گوشت، بر پایه واکنش با تیوباربیتویک اسید (TBA)، اندازه‌گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد بود (۱۹). در روز ۳۵ یک پرنده از هر تکرار انتخاب، خونگیری انجام و پس از جداسازی سرم، تیترآنتی‌بادی علیه واکسن‌های برونشیت و گامبورو اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین در روز ۳۵ یک پرنده از هرتکرار انتخاب و پس از تزریق نیم میلی‌لیترگلبول قرمز گوسفندی شسته شده (SRBC) به ناحیه سینه پرندگان مورد تزریق با رنگ علامت گذاری شده و در روز ۴۲ از همان پرنده‌های مشخص شده خونگیری انجام و عیار پادتن تولید شده علیه SRBC اندازه‌گیری شد (۲۰).

جدول ۱: اقلام خوراکی وترکیب شیمیایی جیره پایه تغذیه شده به جوجه‌های 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 (۸۶درصد)	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۱۲
ترئونین (۹۹ درصد)	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
دی‌کلسیم 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
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 بین‌المللی، ویتامین D3 ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E ۷۵ واحد بین‌المللی، ویتامین K ۳ میلی‌گرم، تیامین ۳ میلی‌گرم، ریبوفلاوین ۳ میلی‌گرم، پیریدوکسین ۴ میلی‌گرم، نیاسین ۶۰ میلی‌گرم، پانتوتنیک‌اسید ۱۵ میلی‌گرم، بیوتین ۰/۱۵ میلی‌گرم، سیانوکوبالامین ۰/۰۱۶ میلی‌گرم، فولیک اسید ۲ میلی‌گرم، کولین ۷۰۰ میلی‌گرم، مس ۱۶، ید ۱/۲۵، آهن ۴۰، منگنز ۱۲۰، سلنیوم ۰/۳ و آنتی‌اکسیدان ۱۰ میلی‌گرم و میزان روی مکمل صفر بود.

برای ارزیابی شاخص‌های استخوانی، یک پرنده از هر تکرار بر اساس میانگین وزنی آن تکرار، انتخاب و پس از کشتار، استخوان درشت نی پای چپ جدا شده و پس از برداشتن بافت‌های متصل به آن‌برای چربی زدایی بیشتر وتمیز کردن استخوان از بافت‌های زاید از روش اتوکلاو کردن با فشار ۶/۸۲ کیلوگرم به‌مدت ۸ الی ۱۲ دقیقه استفاده گردید (۲۱). بعداز خنک‌شدن، استخوان را از تمامی بافت‌های همراه پاک کرده و میزان ماده خشک آن با قرار دادن استخوان در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت به‌دست آمد و پس از توزین، نمونه‌ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ ساعت جهت محاسبه خاکستر در کوره قرار داده شدند (۲۲). هم‌چنین مقدار عنصر روی موجود در خاکستر نیز پس از قراردادن خاکستر در اسید هیدروکلریک ۳۷ درصد در دمای ۱۲۰درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت و پس‌از خنک‌سازی و فیلتراسیون، ازکاغذصافی‌واتمن شماره ۴۲ بدون خاکستر و رساندن به حجم مورد نظر توسط آب مقطر دو بار تقطیر شده و با دستگاه‌جذب اتمی‌اندازه‌گیری‌شد (۲۳). داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۳×۴ و با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه آماری شدند. میانگین تیمارهای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون توکی و با سطح احتمال ۹۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج آنالیز آماری شامل اثرات اصلی ناشی ازسه منبع اصلی‌روی (اکسید، سولفات و منبع آلی) و ۴سطح (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) و اثرات متقابل بین آن‌ها بود.

نتایج

نتایج مربوط به اثرات استفاده از سطوح و منابع مختلف عنصر روی بر خصوصیات لاشه و وزن نسبی برخی اندام‌های داخلی در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. منابع و سطوح مختلف روی، اثر معنی‌داری برخصوصیات مختلف لاشه نداشتند (جدول۲). هم‌چنین منابع مختلف‌روی در خوراک‌تاثیری بر درصد وزن‌نسبی‌کبد، طحال، پانکراس و بورس در جوجه‌های گوشتی نداشت (جدول۳). در حالی که اثر سطوح مختلف این عنصر بر درصد وزن طحال، پانکراس و بورس‌فابرسیوس معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). استفاده از بیش‌ترین سطح مصرف مکمل روی در خوراک (۱۸۰ میلی‌گرم) موجب افزایش معنی‌دار درصدوزن طحال‌شد. هم‌چنین افزودن‌سطح ۱۲۰ میلی‌گرم از مکمل روی در جیره به‌طور معنی‌داری درصد وزن پانکراس و بورس فابرسیوس را نسبت به سطح صفر افزایش داد (P<۰/۰۵). اثرات متقابل منبع و سطح مصرف روی نیز بر خصوصیات لاشه و اندام‌های داخلی غیرمعنی‌دار بود. نتایج نشان داد که اثر منبع و سطح عنصر روی بر میزان مالون دی آلدهید سرم معنی‌داری بود (جدول ۴)؛ به‌طوری‌که تیمار حاوی نمونه آلی روی دارای کم‌ترین میزان مالون دی آلدهید در سرم بود و هم‌چنین افزایش سطح به کاربردن‌روی در جیره سبب‌کاهش‌معنی‌دار میزان مالون دی آلدهید سرم شد. اثر منبع و سطح عنصر روی بر میزان کاتالاز سرم غیر معنی‌دار بود (جدول ۴)؛ هم‌چنین اثر متقابل منبع و سطح بر میزان مالون دی آلدهید و کاتالاز نیز غیرمعنی‌دار بود. نتایج مربوط به اثرات تیمارها برکیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی (جدول ۴) نشان داد که رطوبت گوشت در تیمار حاوی نمونه آلی روی افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار اکسید داشت هم‌چنین سطوح بیش‌تر روی موجب افزایش معنی‌دار رطوبت گوشت شد (P<۰/۰۵). شاخص‌های ظرفیت نگه‌داری آب و pH تحت تاثیر منابع و سطوح مختلف روی قرار نگرفتند. همانند نتایج به‌دست آمده برای مالون دی آلدهید سرم، مقدار مالون دی آلدهید در گوشت تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت به گونه‌ای که استفاده از نمونه آلی روی و هم‌چنین استفاده از بیش‌ترین سطح روی در خوراک (۱۸۰ میلی‌گرم) به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) موجب کاهش غلظت مالون دی آلدهید گوشت پس از کشتار در پرنده‌ها شد (جدول ۴). اثرات متقابل منبع و سطح بر میزان رطوبت، pH، ظرفیت نگه‌داری‌آب و غلظت مالون دی آلدهید گوشت نیز غیرمعنی‌دار بود (P>۰/۰۵). اثر تیمارهای آزمایشی بر سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی (جدول ۵) نشان داد که منابع و سطوح مختلف روی در خوراک تاثیری بر روند تغییرات در پاسخ تیتر ایمنی ایجاد شده علیه گامبرو و برونشیت نداشتند. هم‌چنین اثر متقابل سطح و منبع نیز بر پاسخ تیتر ایمنی ایجاد شده علیه گامبرو و برونشیت نیز معنی‌دار نشد. منابع مختلف روی در خوراک اثرات معنی‌داری بر تعداد لنفوسیت و هتروفیل و نسبت این دو به‌هم نداشتند (P>۰/۰۵). در سطوح زیاد مصرف روی در خوراک میزان لنفوسیت‌کاهش و هتروفیل افزایش‌یافت؛ هم‌چنین نسبت هتروفیل‌به لنفوسیت‌در سطح ۱۸۰ میلی‌گرم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بود (P<۰/۰۵). افزون بر این منابع و سطوح مختلف روی و اثرات متقابل آن‌ها بر تیتر کلی SRBC نیز غیرمعنی‌دار بود. منابع و سطوح مختلف روی و هم‌چنین اثرات متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر درصد خاکستر و کلسیم استخوان نداشتند (جدول ۶). منابع مختلف روی اثر معنی‌داری بر میزان روی در استخوان‌نداشت ولی‌سطوح مختلف‌روی در جیره‌اثرات معنی‌داری بر میزان روی ذخیره شده در استخوان درشت نی داشت به گونه‌ای که با افزایش سطح عنصر روی در جیره به‌همان ترتیب مقدار روی در استخوان افزایش یافت (P<۰/۰۵).

جدول ۲: اثرات منابع و سطوح مختلف عنصر روی بر خصوصیات لاشه، سینه، ران، بال و پشت (درصد)

منبع	لاشه	سینه	ران	بال و پشت
اکسید	۶۳/۴۵	۳۶/۴۰	۳۰/۶۴	۳۱/۶۵
سولفات	۶۲/۶۰	۳۵/۵۶	۳۰/۶۰	۳۲/۱۵
نمونه آلی	۶۳/۳۵	۳۶/۱۰	۳۰/۹۰	۳۱/۸۵
P-Value	۰/۶۴۲	۰/۴۹۷	۰/۷۰۶	۰/۶۵۴
SEM	۰/۳۷۶	۰/۳۴۸	۰/۱۳۰	۰/۱۹۷
سطح				
صفر	۶۳/۴۰	۳۶/۲۰	۳۰/۶۰	۳۲/۲۰
۶۰	۶۴/۰۷	۳۶/۱۳	۳۰/۲۶	۳۲/۰۵
۱۲۰	۶۱/۹۳	۳۶/۲۶	۳۱/۱۳	۳۲/۳۳
۱۸۰	۶۳/۱۳	۳۵/۶۰	۳۰/۸۰	۳۲/۰۰
P-Value	۰/۳۰۸	۰/۷۹۱	۰/۳۳۵	۰/۵۴۱
SEM	۰/۷۷۴	۰/۳۱۳	۰/۹۶۶	۰/۳۳۳
منبع × سطح				
P-Value	۰/۸۹۹	۰/۵۶۱	۰/۴۸۶	۰/۷۹۲
SEM	۰/۵۴۸	۰/۴۱۲	۰/۷۴۱	۰/۵۴۲

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

جدول ۳: اثرات منابع و سطوح مختلف روی بر وزن نسبی برخی اندام‌های داخلی (٪)

منبع	کبد	طحال	پانکراس	بورس فابرسیوس
اکسید	۲/۵۴	۰/۰۹۹	۰/۲۲۱	۰/۰۵۷
سولفات	۲/۶۵	۰/۱۰۷	۰/۲۵۱	۰/۰۶۷
نمونه آلی	۲/۴۰	۰/۱۰۶	۰/۲۲۷	۰/۰۸۹
P-Value	۰/۱۴۶	۰/۵۵۷	۰/۱۲۰	۰/۰۹۵
SEM	۰/۱۶۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶
سطح				
صفر	۲/۳۷	۰/۰۹۱^{b}	۰/۱۹۸^{b}	۰/۰۵۶^{b}
۶۰	۲/۵۵	۰/۱۰۷^{ab}	۰/۲۲۱^{bc}	۰/۰۵۱^{b}
۱۲۰	۲/۶۴	۰/۰۹۵^{b}	۰/۲۶۳^{a}	۰/۱۰۲^{a}
۱۸۰	۲/۵۷	۰/۱۲۳^{a}	۰/۲۴۸^{ab}	۰/۰۷۶^{ab}
P-Value	۰/۳۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۷
SEM	۰/۰۹۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲۰	۰/۰۱۱
منبع × سطح				
P-Value	۰/۱۵۸	۰/۷۳۱	۰/۲۲۴	۰/۱۰۱
SEM	۰/۳۹۹	۰/۰۲۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۷

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، میانگین‌ها در یک ستون با بالانویس لاتین غیرمشترک دارای تفاوت معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۴: اثر تیمارهای آزمایشی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی

منبع	مالون دی آلدهید (سرم)	کاتالاز (سرم)	رطوبت (گوشت)	pH (گوشت)	ظرفیت نگه‌داری آب (گوشت)	مالون دی آلدهید (گوشت)
اکسید	۶/۵۷^{a}	۱۲/۲۶	۷۴/۵۱^{a}	۶/۲۲	۵۸/۹۹	۰/۳۶^{a}
سولفات	۶/۳۸^{ab}	۱۲/۱۹	۷۰/۰۷^{b}	۶/۱۳	۵۸/۳۷	۰/۳۴^{ab}
نمونه آلی	۶/۳۲^{b}	۱۲/۲۰	۷۴/۳۸^{a}	۶/۱۴	۵۸/۶۱	۰/۳۰^{b}
P-Value	۰/۰۳	۰/۴۷	۰/۰۱	۰/۸۴	۰/۲۸	۰/۰۰۱
SEM	۰/۱۲	۰/۱۰	۲/۵۱	۰/۰۷	۰/۳۰	۰/۰۲۱
سطح						
صفر	۶/۷۴^{a}	۱۲/۲۶	۷۴/۴۴^{a}	۶/۱۸	۵۹/۰۳^{a}	۰/۴۳^{a}
۶۰	۶/۴۹^{ab}	۱۲/۲۲	۷۴/۳۶^{a}	۶/۱۷	۵۸/۹۱^{ab}	۰/۳۴^{b}
۱۲۰	۶/۵۲^{ab}	۱۲/۱۷	۷۰/۰۹^{b}	۶/۱۵	۵۸/۴۹^{b}	۰/۳۳^{b}
۱۸۰	۶/۲۴^{b}	۱۲/۲۵	۷۴/۵۱^{a}	۶/۱۵	۵۸/۵۷^{b}	۰/۳۲^{b}
P-Value	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
SEM	۰/۳۸	۰/۶۲	۳/۱۲	۰/۰۲۶	۰/۵۴	۰/۰۹
منبع × سطح						
P-Value	۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۹۶
SEM	۰/۳۲	۰/۴۳	۲/۲۸	۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۰۴

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، میانگین‌ها در یک ستون با بالانویس لاتین غیرمشترک دارای تفاوت معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۵: اثر تیمارهای آزمایشی بر وضعیت سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی

منبع	گامبرو	برونشیت	لنفوسیت	هتروفیل	هتروفیل/لنفوسیت	تیتر کل SRBC
اکسید	۱۹۳۹/۳	۸۷۴/۹	۳۷/۶۵	۲۲/۲۰	۰/۶۰	۳/۲۹
سولفات	۱۷۶۰/۶	۹۹۸/۷	۳۸/۴۵	۲۱/۶۰	۰/۵۷	۳/۳۳
نمونه آلی	۲۰۴۲/۴	۱۱۶۰/۳	۳۸/۷۰۰	۲۱/۳۰	۰/۵۶	۳/۳۶
P-Value	۰/۴۰	۰/۷۴۵	۰/۵۹	۰/۶۸	۰/۶۱	۰/۵۱
SEM	۱۰۹/۱۶	۱۱۶/۸	۰/۴۴	۰/۳۷	۰/۰۱	۰/۰۸۰
سطح						
صفر	۱۸۶۴/۲	۴۶۰/۸	۳۶/۶^{b}	۲۳/۴^{a}	۰/۶۴^{a}	۳/۷۹
۶۰	۱۷۳۹	۱۱۴۳/۱	۳۷/۴^{b}	۲۲/۶^{a}	۰/۶۱^{a}	۳/۲۵
۱۲۰	۱۷۵۸/۸	۹۸۹/۲	۴۰/۸۶^{a}	۱۸/۸^{b}	۰/۴۷^{b}	۳/۹۸
۱۸۰	۲۲۹۴/۳	۱۴۵۲/۱	۳۸/۲۰^{b}	۲۱/۹^{a}	۰/۵۸^{a}	۴/۱۲
P-Value	۰/۰۹	۰/۱۴۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۸
SEM	۳۰۳/۵۸	۳۵۸/۸۹	۱/۶۱	۱/۷۲	۰/۰۶	۰/۳۱
منبع × سطح						
P-Value	۰/۵۸	۰/۴۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۷۸
SEM	۱۲۸/۰۳	۱۴۱/۱۲	۰/۷۰	۰/۹۱	۰/۰۳	۰/۲۱

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، میانگین‌ها در یک ستون با بالانویس لاتین(b،a) غیرمشترک دارای تفاوت معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵) . SRBC: گلبول‌های قرمز گوسفند

جدول ۶: اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان خاکستر ، کلسیم و روی در استخوان درشت نی جوجه‌های گوشتی

منبع	درصد خاکستر	روی (میکروگرم/گرم)	کلسیم (میکروگرم/گرم)
اکسید	۵۴/۰۳	۳۴۳/۸	۳۴/۳۵
سولفات	۵۳/۹۳	۳۳۲/۰	۳۵/۳۳
نمونه آلی	۵۳/۹۱	۳۴۰/۳	۳۴/۲۱
P-Value	۰/۶۴	۰/۷۱	۰/۸۹
SEM	۰/۱۶	۴/۶	۱/۰۹
سطح			
صفر	۵۴/۰۵	۱۶۱/۸^{d}	۳۳/۳۶
۶۰	۵۴/۰۳	۲۸۶/۸^{c}	۳۴/۴۵
۱۲۰	۵۳/۹۲	۳۴۶/۶^{b}	۳۴/۰۲
۱۸۰	۵۳/۹۰	۳۸۲/۶^{a}	۳۳/۹۹
P-Value	۰/۵۵	۰/۰۰۱	۰/۳۴
SEM	۰/۱۹	۸۳/۹۶	۱/۷۳
منبع × سطح			
P-Value	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۲۶
SEM	۰/۷۴	۲۹/۵	۱/۳

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، میانگین‌ها در یک ستون با بالانویس لاتین غیرمشترک دارای تفاوت معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

بحث

در کل دوره آزمایشی، هیچ‌کدام از اثرات اصلی و برهمکنش اثرات منابع و سطوح عنصر روی بر شاخص‌های خصوصیات لاشه معنی‌دار نشدکه با یافته‌های قبلی گزارش‌شده توسط محققین دیگر (۲۵) مطابقت دارد. اطلاعات در مورد اثر روی بر ویژگی‌های لاشه، مانند درصد لاشه پرکنده، عملکرد لاشه و ترکیب لاشه جوجه‌های گوشتی، کمیاب است (۲۴). Rossi و همکاران، اظهار داشتند که عملکردلاشه و قطعات (ساق، ران و سینه) تحت تأثیر افزودن سطوح افزایشی روی آلی جیره‌در جوجه‌های گوشتی قرارنگرفت (۲۶). به‌طور مشابه، Hess و همکاران نشان دادند که هنگامی که پرندگان با روی (۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) از منبع روی- متیونین، روی- لیزین یا مخلوط تجاری‌متیونین روی و لایزین تغذیه شده بودند، از نظر لاشه کامل، چربی‌شکم یا برش از بخش‌های‌مختلف‌بدن، تفاوت‌معنی‌داری در آن‌ها مشاهده نشد (۲۷). از این نتایج می‌توان فرض کرد که ویژگی‌های لاشه جوجه‌های گوشتی به نوع نژاد، سویه، سطح تغذیه، تراکم‌گله(۲۸)وشرایط‌محیطی(۲۷) وابسته‌است. Sahin و همکاران، در آزمایشی بلدرچین‌ها را با منابع (سولفات و پیکولینات روی) و سطوح‌مختلف (صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم‌درکیلوگرم‌روی) در دماهای غیریکسان پرورش دادند و اثرات این تیمارسازی را بر عملکرد رشد، خصوصیات‌لاشه و میزان‌مالون‌دی‌آلدئید و ویتامین‌ها (آ، ایی و سی) بررسی کردند و نشان دادند که مکمل روی باعث بهبود وزن لاشه و

وضعیت آنتی‌اکسیدانی پرندگان شد و اثرات پیکولینات روی نسبتاً بیش‌تر از سولفات روی در بلدرچین‌های تحت تنش گرمایی بود (۲). در حال حاضر ۲ منبع روی به‌صورت خوراکی وجود دارد که معمولاً توسط صنعت خوراک دام استفاده می‌شود؛ یکی اکسیدروی (که ۷۲ درصد روی دارد) و دومی سولفات روی (۳۶ درصد روی دارد) و بیش‌ترین روی مکمل تغذیه‌شده منبع اکسید است (۸۰ تا ۹۰ درصد) که نسبت به منبع سولفات زیست فراهمی کم‌تری برای طیور دارد (۲). گزارش شده است که روی آلی نسبت به روی معدنی در بهبود ویژگی‌های لاشه گوساله‌های اخته برتری دارد (۲۹، ۳۰)، اما تحقیقات دیگر این موضوع را تأیید نکردند (۳۱، ۳۲). تفاوت در نتایج ممکن است به منابع و سطوح روی در جیره غذایی نسبت داده شود. نتایج قبلی نشان داد که جذب و استفاده از روی آلی در جوجه‌های گوشتی ارتباط نزدیکی با قدرت کیلاسیون که به‌صورت ضریب تشکیل (Qf) تعریف‌شده است دارد، که این شاخص اندازه‌گیری کمی از کیلاسیون یا استحکام پیچیده بین‌فلز و لیگاند از منابع روی آلی است (۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶). در مطالعه حاضر اثر منابع و سطوح مختلف روی بر وزن اندام‌های مختلف داخلی بدن نیز نشان داد که تنها اثر سطح روی بر افزایش وزن نسبی طحال موثر بود و تیمار ۱۸۰ میلی‌گرم بیش‌ترین وزن طحال را نسبت به دیگر تیمارها ایجاد کرد. اطلاعات کمی در مورد اثرات منابع ریز مغذی جیره و سطوح مکمل، برلاشه جوجه‌های گوشتی و به‌خصوص وزن نسبی اندام‌های داخلی، کیفیت گوشت و ماندگاری در دسترس است. مطالعات محدودی در مورد اثر روی بر صفات لاشه طیور انجام‌شده که تنها صفات پوستی و بخشی از صفات لاشه را اندازه‌گیری کردند (۲۴). در مطالعه‌ای با سطوح و منابع مختلف روی (سولفات، اکسید، روی- متیونین و نانواکسید روی) و استفاده از روغن گیاهی در طی فصل تابستان در جوجه‌های گوشتی نشان داده شد که پرندگانی که با جیره‌های نانواکسید روی تغذیه می‌شدند به‌طور قابل توجهی کم‌ترین درصد لاشه، سینه و پوست ران را ثبت کردند (۲۴). در همان مطالعه، از نظر سطح روی، تفاوت معنی‌داری بین دو سطح در همه پارامترهای مورد مطالعه وجود نداشت (۲۴). مکمل خوراک معدنی مناسب برای بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی مورد نیاز است و می‌تواند عملکرد و سلامت جوجه‌ها را برای رشد و پرورار بهبود بخشد. زیرا روی به‌عنوان یک ریز عنصر ضروری شناخته شده است که بر عملکرد سیستم ایمنی، بیان ژن، تکثیر سلولی، رشد و باروری تأثیر می‌گذارد (۲۳). در مطالعه حاضر نشان داده شد که اثر منابع و سطوح مختلف عنصر روی بر میزان مالون دی آلدئید سرم معنی‌دار بود و نمونه آلی روی سبب کاهش سطح مالون دی آلدئید نسبت به منبع اکسید شد؛ اما با منبع سولفاته تفاوت معنی‌داری نداشت، هم‌چنین افزایش سطح روی در جیره نیز سبب کاهش این متغیر شد. هم‌چنین در توافق با یافته‌ها برای میزان مالون‌دی آلدئید سرم میزان این متغیر در گوشت نیز تحت تاثیر منابع و سطوح روی در جیره قرارگرفت. کاهش معنی‌دار میزان مالون‌دی‌آلدئید در گوشت در منبع آلی روی و با افزایش سطح به‌کارگیری (تا ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) نشان می‌دهد که این متغیر به‌میزان و منبع روی (منبع با زیست فراهمی بیش‌تر) پاسخ خواهد داد. اکسیداسیون لیپید یکی از دلایل اصلی کاهش کیفیت گوشت است و باعث ترشیدگی و ایجاد بوها و طعم‌های نامطلوب می‌شود (۳۷). مالون دی آلدئید (MDA) یک محصول تجزیه شده محلول از لیپیدها است و به‌طور گسترده برای انعکاس میزان اکسیداسیون چربی گوشت استفاده می‌شود (۳۳). به احتمال زیاد روی جیره غذایی ممکن است دفاع اکسیداتیو را تقویت کرده و محتوای MDA ماهیچه‌ها را کاهش دهد، که به کیفیت بیش‌تر و ماندگاری طولانی‌تر گوشت کمک می‌کند (۲۳). به‌دلیل این‌که اکسیداسیون چربی‌های گوشت باعث تغییر طعم و مزه و در نهایت کیفیت گوشت از نظر مصرف‌کننده خواهد شد بسیاری از صنایع مرتبط با گوشت طیور از آنتی‌اکسیدان‌های صنعتی استفاده می‌کنند که می‌توانند سرطان‌زا بوده و مشکلاتی را برای مصرف‌کنندگان ایجاد کنند؛ به‌هرحال استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های جایگزین طبیعی مانند سلنیوم، روی و ویتامین E جهت پایداری اکسیداتیو گوشت نیز می‌توانند در این صنعت به‌کار گرفته شوند (۳۸). Movahed و همکاران، نشان دادند که جایگزینی روی آلی با سولفات روی بر میزان مالون دی آلدئید کبد تاثیر داشت و میزان آن را کاهش و باعث ذخیره بافتی بیش‌تر شد (۳۹) که مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد. روی به‌عنوان بخش ضروری بسیاری از آنزیم‌ها شناخته شده که به‌طور مستقیم در مسیرهای متابولیک شرکت می‌کند و یکی از اجزای اصلی دفاع سلولی در برابر استرس اکسیداتیو به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از سوپراکسید دیسموتاز سیتوزولی روی-مس (Cu/Zn SO) می‌باشد (۲۳). اخیراً منابع آلی روی به‌دلیل فراهمی زیستی بالقوه بیش‌تر در مقایسه با اشکال معدنی که به‌طور سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در تغذیه دام معرفی شده‌اند. با این‌حال، نتایج مطالعه در مورد فراهمی زیستی کیلات‌های آلی مانند کیلات آلی متیونین- روی بحث‌برانگیز است. چندین مطالعه نشان می‌دهد که منابع روی آلی برای حیوانات بیش‌تر در دسترس است (۴۰، ۴۱)؛ هم‌چنین به‌افزایش فعالیت آنزیم Cu/Zn SOD در کبد مرغ (۴۲) و بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی کمک می‌کند (۴۳). در مقابل، نتایج دیگر نشان می‌دهد که کلات‌های آلی قابل مقایسه با سولفات روی استاندارد هستند (۴۴). استفاده از منابع آلی عناصرکمیاب (مانند کلات اسیدهای آمینه و پروتئینات‌ها) در تغذیه حیوانات ممکن است از ایجاد کمپلکس‌های غیرقابل هضم مواد معدنی با برخی از ترکیبات غذایی و تضادهای

متقابل مواد معدنی در روده جلوگیری کند که می‌تواند سرعت جذب آن‌ها را کاهش دهد (۴۵). در تحقیق حاضر رطوبت گوشت تحت تاثیر منابع و سطوح مختلف روی قرار گرفت و منبع سولفاته و سطح ۱۲۰ میلی‌گرم نیز کم‌ترین میزان رطوبت را نشان دادند؛ هم‌چنین با افزایش سطح روی در جیره میزان ظرفیت نگه‌داری آب در گوشت کاهش یافت؛ اما میزان pH و کاتالاز گوشت تغییر معنی‌داری نداشت. ظرفیت نگه‌داری آب و رطوبت اتلافی گوشت بعد از کشتار به کوتاه شدن میوفیبریل‌ها، کاهش pH، دناتوره شدن میوزین و تشکیل آکتومیوزین بستگی دارد (۳۸). هرچند در مطالعه حاضر pH گوشت تحت تاثیر قرار نگرفت اما ظرفیت نگه‌داری آب کاهش یافت. هم‌چنین بررسی اثر منابع و سطوح مختلف روی بر سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی در این تحقیق نشان داد که تنها سطح ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سبب افزایش میزان لنفوسیت‌ها و نسبت هتروفیل به لنفوسیت شد. مشابه با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، Rasooli و همکاران، نشان دادند که مکمل‌های آلی عنصر روی بر پاسخ ایمنی موثر بوده و بر ساخت لنفوسیت‌ها موثر هستند (۴۶). در آزمایش حاضر منابع مختلف تامین کننده روی بر تیتر آنتی‌بادی علیه گامبرو، برونشیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت تاثیر معنی‌داری نداشتند، اما افزایش سطح روی در جیره بر میزان لنفوسیت، هتروفیل و نسبت این دو به‌هم تاثیر معنی‌داری داشت؛ به‌طوری‌که سطح ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی در جیره بیش‌ترین میزان لنفوسیت و کم‌ترین میزان هتروفیل را در بین تیمارها داشت. بسیاری از محققان فرض کرده‌اند که کاهش پاسخ ایمنی یک پاسخ ثانویه است که با کاهش مصرف مواد مغذی مرتبط است. پیشنهاد شده است که از دست دادن اشتها، رشد ضعیف و ضایعات پوستی قبل از افزایش حساسیت به عفونت در بره‌های دارای کمبود روی رخ داده‌است (۲۴). تأثیر یک ماده مغذی یا ماده معدنی مانند روی بر پاسخ ایمنی شامل یک تعامل پیچیده بین حداقل سه مکانیسم اصلی است: ایمنی با واسطه آنتی‌بادی، ایمنی با واسطه سلول، و فاگوسیتوز (۲۴). علاوه بر این نشان داده شده است که جوجه‌های تغذیه شده با نانوذرات روی نسبت به دیگر تیمارها افزایشی را در میزان تیتر ایمونوگلوبولین Y، شمار کل لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها در سرم نشان دادند (۱). Bartlett و Smith (۴۷) و Hudson و همکاران (۴۸) گزارش دادند که پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی را می‌توان با سطح ترکیب روی- اسیدآمینه در جیره و هم‌چنین شرایط محیطی تحت تأثیر قرار داد. مرغ‌هایی که از جیره‌هایی حاوی ترکیب روی- اسید آمینه تغذیه می‌کردند وزن تیموس آن‌ها افزایش یافته بود و قابلیت زنده‌مانی جوجه‌ها را بهبود بخشید (۴۹). Guo و همکاران گزارش دادند که تولید آنتی‌بادی‌های آلبومین سرم ضدگاوی در یک حالت پاسخ به دوز هم‌زمان با افزایش مکمل روی (صفر تا ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) افزایش یافت (۵۰). Khajarern و همکاران (۵۱) گزارش دادند که سطح زیاد مکمل روی (۷۵ در مقابل ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) باعث افزایش تیتر آنتی‌بادی برای بیماری نیوکاسل، بیماری بورس عفونی و برونشیت عفونی می‌شود. به‌همین ترتیب، تیتر آنتی‌بادی برای واکسن بیماری نیوکاسل زمانی بیش‌تر بود که روی مکمل توسط ترکیب روی-اسیدآمینه در جیره مرغ‌های مادر گوشتی تامین شد (۴۸). مشابه با یافته‌های تحقیق حاضر، برخی از محققان گزارش کردند که غلظت روی در جیره غذایی بر تیتر آنتی‌بادی جوجه‌های گوشتی در پاسخ به تزریق گلبول‌های قرمز گوسفند تأثیری نمی‌گذارد (۵۲). در توافق با این داده‌ها، Pimental و همکاران (۵۳) نشان دادند که غلظت روی جیره (۸ تا ۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) یا منبع (روی- متیونین یا اکسیدروی) بر تیتر آنتی‌بادی گاماگلوبولین انسانی یا افزایش حساسیت نوع تاخیری به فیتوهماگلوتینین در جوجه‌های گوشتی تأثیری ندارد. نتایج متناقض اثر افزودن روی نشان می‌دهد که پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی می‌تواند تحت تأثیر سطح روی در جیره و شرایط محیطی باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر منابع و سطوح مختلف روی و هم‌چنین اثرات متقابل آن‌ها بر درصد خاکستر و کلسیم استخوان معنی‌دار نبود. منابع مختلف روی اثر معنی‌داری بر میزان روی در استخوان نداشت ولی سطوح مختلف روی در جیره همان‌طور که انتظار می‌رفت اثرات معنی‌داری بر میزان روی ذخیره شده در استخوان درشت نی داشت؛ به گونه‌ای که با افزایش سطح عنصر روی در جیره به‌همان ترتیب مقدار روی در استخوان افزایش یافت. در مطالعه Kumar و همکاران (۱۰) با افزایش سطح روی در جیره غذایی، غلظت روی به‌طور خطی در پلاسما افزایش یافت. در مقابل، Bartlett و Smith گزارش کردند که غلظت روی در پلاسما زمانی‌که سطوح مختلف روی به جیره اضافه می‌شد مشابه بود (۴۷). محققان نشان دادند غلظت روی درشت نی با افزایش سطح روی افزایش خواهد یافت که نتایج آن‌ها در توافق با یافته‌های تحقیق حاضر بود که با افزایش سطح روی در جیره مستقل از نوع و منبع تامین روی، میزان روی ذخیره شده در استخوان درشت نی افزایش یافت (۱۰). مشابه با تحقیق حاضر، در مطالعه Kumar و همکاران، منبع روی در یک سطح مشابه بر درصد خاکستر درشت نی تأثیری نداشت (۱۰). به‌طور مشابه، Mwangi و همکاران گزارش دادند که جوجه‌های تامین شده با خوراک حاوی اکسیدروی و بایوپلکس (منبع آلی) هیچ اثر معنی‌داری بر محتوای روی در خاکستر درشت نی نشان ندادند (۵۶). با این حال Mohammadi و همکاران بیان کردند که غلظت روی در درشت نی هنگامی‌که جوجه‌ها با جیره‌های مکمل نانو روی تغذیه شدند در مقایسه با سولفات روی معمولی به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (۵۵). علاوه بر این، این مطالعه نشان داد که

سطوح کم‌تر روی جیره غذایی باعث کاهش میزان خاکستر درشت نی شد. در مقابل Sahraei و همکاران گزارش کردند که محتوای روی در خاکستر درشت نی از جوجه‌های تغذیه شده با مکمل‌های ۱۰۰، ۱۵۰ یا ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تامین شده به‌صورت روی آلی یا روی معدنی در جیره بر پایه ذرت- سویا متفاوت نیست (۴۱). علت متفاوت بودن نتایج محتوای روی در خاکستر درشت نی در تحقیقات قبلی ممکن است با برخی عوامل دیگر مانند سن یا وضعیت سلامت جوجه‌ها، استرس محیطی و کیفیت مکمل روی در جیره مرتبط باشد. فراهمی زیستی روی ممکن است به‌دلیل اهمیت آن در سنتز کلاژن بر رشد اولیه استخوان تأثیر بگذارد، که تا حد زیادی بر کنترل کریستالیزاسیون هیدروکسی آپاتیت و توسعه رونویسی ژن با ایفای نقش در استخوان‌سازی و تهاجم سلولی ماتریکس غضروف از طریق استئوبلاست‌ها تأثیرگذار باشد (۵۷). در توافق با یافته‌های تحقیق حاضر، Star و همکاران گزارش دادند که غلظت روی در خاکستر درشت نی زمانی که جوجه‌ها با روی مکمل بیش‌تری تغذیه شدند افزایش یافت (۵۸). به‌طور مشابه، Vieira و همکاران نیز جوجه‌های گوشتی را با خوراک حاوی سطوح مختلف روی تغذیه کردند و مشاهده کردند که جوجه‌هایی که با جیره صفر قسمت در میلیون (ppm) مکمل روی تغذیه شده بودند، غلظت روی کم‌تری در خاکستر درشت نی داشتند (۵۹). نتایج مطالعه حاضر در تایید مطالعات قبلی نشان می‌دهد که سطح روی در جیره غذایی بیش‌تر از خود منبع روی بر میزان روی درشت نی تأثیر می‌گذارد (۱۰). بیش‌تر مواد معدنی آلی به‌صورت کلات در جیره طیور برای استفاده بهتر تامین می‌شوند. گزارش شده است که روی کلات شده سطوح مواد معدنی درشت نی جوجه‌های گوشتی را ۳۵ درصد بیش‌تر از سولفات معدنی افزایش می‌دهد (۶۰). مطالعه دیگری هم‌چنین نشان داد که مواد معدنی کم مصرف کلات شده، حداقل ۳۰ درصد بیش‌تر از نمک‌های معدنی غیرآلی در هنگام تغذیه به جوجه‌های گوشتی فراهمی زیستی دارند (۳، ۶۱). تصور می‌شود که مواد معدنی آلی که به پپتیدهای کوچک کلات می‌شوند، از طریق افزایش انتقال انتخابی پپتیدها در سطح روده، فراهمی زیستی بسیار بیش‌تری دارند (۶۲)، هرچند در مطالعه حاضر تفاوتی بین منابع تامین کننده روی مشاهده نشد. فراهمی زیستی روی به‌عنوان حداکثر استفاده از روی برای عملکردهای بیولوژیکی در متابولیسم، براساس مقدار روی مصرف شده تعریف می‌شود (۶۳). هر چند در مطالعه حاضر تفاوتی بین منابع تامین کننده روی در تغییر روی استخوان درشت‌نی مشاهده نشد؛ اما گزارش شده است که ترکیب متیونین روی (۱۳۰ درصد) بیش‌تر از سولفات روی برای جوجه‌های گوشتی در دسترس است. دو آزمایش دیگر در جوجه‌های گوشتی نیز بهبود فراهمی زیستی روی را با پروتئین به‌عنوان لیگاند گزارش کرده‌اند (۶۴) و برخی مقالات نیز اثر مفید مکمل‌های روی بر موش‌های دیابتی را گزارش کرده‌اند (۶۵). به‌صورت نتیجه کلی از تحقیق حاضر می‌توان گفت متأسفانه تحقیقات محدودی در رابطه با تأثیر روی در مورد خصوصیات لاشه، بهبود پوست و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی انجام شده‌است. علاوه بر این، روی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان و نقش آن در سنتز کلاژن، ممکن است نقش مهمی در تولید پوست سالم داشته باشد. پوست سالم ماندگاری گوشت جوجه‌های گوشتی را افزایش می‌دهد و در عین‌حال تقاضای مصرف‌کننده را برآورده می‌کند. بنابراین، برای بهبود کیفیت لاشه، پوست و گوشت جوجه‌های گوشتی و دستیابی به تولید بهینه با استفاده از روی مکمل در جیره و حفاظت از محیط زیست و هم‌چنین در نظر گرفتن هزینه‌های تولید، باید مطالعات بیش‌تری در این خصوص انجام گیرد. در مجموع مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش سطح مکمل روی تا ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم میزان مالون دی آلدئید سرم و گوشت و هم‌چنین نسبت هتروفیل به لنفوسیت کاهش و میزان ذخیره روی در استخوان درشت نی افزایش یافت. منابع مختلف تامین‌کننده روی نیز بر کاهش میزان مالون دی آلدئید سرم و گوشت موثر بوده به‌طوری‌که ترکیب متیونین روی بیش‌ترین تاثیر را در کاهش این متغیر داشت؛ اما بین منابع مختلف تامین‌کننده روی در این تحقیق بر صفات دیگر مانند خصوصیات لاشه، وزن اندام‌های داخلی، کیفیت گوشت و... تفاوتی مشاهده نشد.

تشکر و قدردانی

محققین بر خود لازم می‌دانند از شرکت شرکت تولیدی و تحقیقاتی سپید اکسید زنجان و هم‌چنین زحمات دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس تشکر و قدردانی کنند.

منابع

1. **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. **Sahin, K., Smith, M., Onderci, M., Sahin, N., Gursu, M. and Kucuk, O., 2005.** Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. Poultry Science. 84(6): 882-887. DOI:10.1093/ps/84.6.882

3. **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 carcase quality. British Poultry Science. 52(5): 606-612. DOI: 10.1080/00071668.2011.616485

4. **Jahanian Najafabadi, R., Nassiri Moghaddam, H. and Haghparast, A., 2008.** The influence of dietary zinc methionine substitution for zinc sulfate on broiler chick performance. Journal of Biological Science. 8. DOI: 10.3923/jbs.2008.321.327

5. **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:10.1016/J.ANIFEEDSCI. 2016.08.016

6. **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

7. **Swain, P.S., Rao, S.B., Rajendran, D., Dominic, G. and Selvaraju, S., 2016.** Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. Animal Nutrition. 2(3): 134-141. DOI: 10.1016/j.aninu. 2016.06.003

8. **Lee, S.Y., Nam, S., Choi, Y., Kim, M., Koo, J.S. and Chae, B.J., 2017.** Fabrication and characterizations of hot-melt extruded nanocomposites based on zinc sulfate monohydrate and soluplus. Applied Sciences. 7(9): 902. DOI: 10.3390/app7090902

9. **Zhao, C.Y., Tan, S.X., Xiao, X.Y., Qiu, X.S., Pan, J.Q. and Tang, Z.X., 2014.** Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. Biological trace element research. 160(3): 361-367. DOI:10.1007/s12011-014-0052-2

10. **Kumar, A., Hosseindoust, A., Kim, M., Kim, K., Choi, Y. and Lee, S., 2020.** Nano-sized zinc in broiler chickens: effects on growth performance, zinc concentration in organs, and intestinal morphology. The journal of poultry science. 0190115. DOI: 10.2141/jpsa. 0190115

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. **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

13. **Jafari, M., Irani, M. and Rezaeipour, V., 2021.** Effect of different dietary zinc sources on the semen quality, testicular histology and sex hormone concentration in broiler breeder roosters. Italian Journal of Animal Science. 20(1): 489-496. DOI:10.1080/1828051X.2021. 1893131

14. **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

15. **Barlocco, N., Vadell, A., Ballesteros, F., Galietta, G. and Cozzolino, D., 2006.** Predicting intramuscular fat, moisture and Warner-Bratzler shear force in pork muscle using near infrared reflectance spectroscopy. Animal science. 82(1): 111-116. DOI: 10.1079/ASC20055

16. **Zhang, Z., Jia, G., Zuo, J., Zhang, Y., Lei, J. and Ren, L., 2012.** Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. Poultry science. 91(11): 2931-2937. DOI: 10.3382/ps.2012-02255

17. **Castellini, C., Mugnai, C. and Dal Bosco, A., 2002.** Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. Meat science. 60(3): 219-225. DOI: 10.1016/s0309-1740(01)00124-3

18. **Gross, W. and Siegel, H., 1983.** Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. Avian diseases. 972-979.

19. **Jung, S., Nam, K.C. and Jo, C., 2016.** Detection of malondialdehyde in processed meat products without interference from the ingredients. Food Chemistry. 209: 90-94. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.04.035

20. **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

21. **Hall, L., Shirley, R., Bakalli, R., Aggrey, S., Pesti, G. and Edwards Jr, H., 2003.** Power of two methods for the estimation of bone ash of broilers. Poultry Science. 82(3): 414-418. DOI: 10.1093/ps/82.3.414

22. **Horwitz, W., Chichilo, P. and Reynolds, H., 1970.** Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. DOI: 10. 1002/jps.2600650148

23. **Ivanišinová, O., Grešáková, Ľ., Ryzner, M., Oceľová, 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

24. **Selim, N., Amira, M., Khosht, A.R. and Abd El-Hakim, A., 2014.** Effect of sources and inclusion levels of zinc in broiler diets containing different vegetable oils during summer season conditions on meat quality. International journal of poultry science. 13(11): 619. DOI: 10.3923/ijps.2014.619.626

25. **Yogesh, K., Deo, C., Shrivastava, H., Mandal, A., Wadhwa, A. and Singh, I., 2013.** Growth performance, carcass yield, and immune competence of broiler chickens as influenced by dietary supplemental zinc sources and levels. Agricultural Research. 2(3): 270-274. DOI: 10.1007/s40003-013-0067-5

26. **Rossi, P., Rutz, F., Anciuti, M., Rech, J, and Zauk, N., 2007.** Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers. Journal of Applied Poultry Research. 16(2): 219-225. DOI: 10.1093/japr/16.2.219

27. **Hess, J., Bilgili, S., Parson, A. and Downs, K., 2001.** Influence of complexed zinc products on live performance and carcass grade of broilers. Journal of Applied Animal Research. 19(1): 49-60. DOI: 10.1080/ 09712119.2001.9706709

28. **Bilgili, S. and Hess, J., 1995.** Placement density influences broiler carcass grade and meat yields. Journal of Applied Poultry Research. 4(4): 3.9-84. DOI:10.1093/ JAPR/4.4.384.

29. **Greene, L., Lunt, D., Byers, F., Chirase, N., Richmond, C. and Knutson, R., 1988.** Performance and carcass quality of steers supplemented with zinc oxide or

42. **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

43. **Feng, J., Ma, W., Niu, H., Wu, X. and Wang, Y., 2010.** Effects of zinc glycine chelate on growth, hematological, and immunological characteristics in broilers. Biological trace element research. 133(2): 203-211. DOI: 10.1007/s12011-009-8431-9

44. **Cao, J., Henry, P., Guo, R., Holwerda, R., Toth, J. and Littell, R., 2000.** Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. Journal of animal science. 78(8): 2039-2054. DOI: 10.2527/2000.7882039x

45. **Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A. and Jozefiak, D., 2014.** The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. World's Poultry Science Journal. 70(3): 475-486. DOI: 10.1017/S0043933914000531

46. **Rasooli, V., Salari, S. and Tatar, A., 2018.** Effect of organic zinc supplement on performance, immunity responses, cecal microbial population and digestibility of nutrients in broiler chickens reared at high stocking density .Iranian Journal of animal Science. 49(3): 393-404. DOI: 20.1001.1.20084773.1397.49.3.6.5

47. **Bartlett, J. and Smith, M., 2003.** Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. Poultry science. 82(10): 1580-1588. DOI: 10.1093/ps/82.10.1580

48. **Hudson, B., Dozier III, W., Fairchild, B., Wilson, J., Sander, J. and Ward, T., 2004.** Live performance and immune responses of straight-run broilers: influences of zinc source in broiler breeder hen and progeny diets and ambient temperature during the broiler production period. Journal of applied poultry research. 13(2): 291-301. DOI: 10.1093/japr/13.2.291

49. **Virden, W., Yeatman, J., Barber, S., Willeford, K., Ward, T. and Fakler, T., 2004.** Immune system and cardiac functions of progeny chicks from dams fed diets differing in zinc and manganese level and source. Poultry Science. 83(3): 344-351. DOI: 10.1093/ps/83.3.344

50. **Guo, Y., Yang, R., Yuan, J., Ward, T. and Fakler, T., 2002.** Effect of Availa Zn and ZnSO4 on laying hen performance and egg quality. Poult Sci. 81(Suppl 1): 40. DOI: 10.29252/rap.9.20.27

51. **Khajarern, J., Ratanasethakul, C., Kharajarern, S., Ward, T., Fakler, T. and Johnson, A., 2002.** Effect of zinc and manganese amino acid complexes (Availa Z/M) on broiler breeder production and immunity. Poult Sci. 81(Suppl 1): 40.

52. **Mohanna, C. and Nys, Y., 1999.** Effect of dietary zinc content and sources on the growth, body zinc deposition and retention, zinc excretion and immune response in chickens. British Poultry Science. 40(1): 108-114. DOI: 10.1080/00071669987926

53. **Pimentel, J., Cook, M. and Greger, J., 1991.** Immune response of chicks fed various levels of zinc. Poultry science. 70(4): 947-954. DOI: 10.3382/ps.0700947

54. **Yuan, J., Xu, Z., Huang, C., Zhou, S. and Guo, Y., 2011.** Effect of dietary Mintrex-Zn/Mn on performance, gene expression of Zn transfer proteins, activities of Zn/Mn related enzymes and fecal mineral excretion in broiler chickens. Animal Feed Science and Technology. 168(1-2): 72-79. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.03.011

zinc methionine. Journal of animal science. 66(7): 1818-1823. DOI: 10.2527/jas1988.6671818x

30. **Malcolm-Callis, K., Duff, G., Gunter, S., Kegley, E. and Vermeire, D., 2000.** Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. Journal of Animal Science. 78(11):2801-2808. DOI: 10.2527/2000.78112801x

31. **Spears, J. and Kegley, E., 2002.** Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. Journal of Animal science. 80(10): 2747-2752. DOI: 10.2527/2002.80102747x

32. **Liu, Z., Lu, L., Li, S., Zhang, L., Xi, L. and Zhang, K., 2011.** Effects of supplemental zinc source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers. Poultry science. 90(8): 1782-1790. DOI: 10.3382/ps.2010-01215

33. **Liu, Z., Lu, L., Wang, R., Lei, H., Li, S. and Zhang, L., 2015.** Effects of supplemental zinc source and level on antioxidant ability and fat metabolism-related enzymes of broilers. Poultry Science. 94(11): 2686-2694. DOI: 10.3382/ps/pev251

34. **Huang, Y., Lu, L., Li, S., Luo, X. and Liu, B., 2009.** Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. Journal of Animal Science. 87(6): 2038-2046. DOI: 10.2527/jas.2008-1212

35. **Huang, Y., Lu, L., Xie, J., Li, S., Li, X. and Liu, S., 2013.** Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed diets with low or high phytate content. Animal feed science and technology. 179(1-4): 144-148. DOI: 10.2527/jas.2008-1212

36. **Yu, Y., Lu, L., Wang, R., Xi, L., Luo, X. and Liu, B., 2010.** Effects of zinc source and phytate on zinc absorption by in situ ligated intestinal loops of broilers. Poultry Science. 89(10): 2157-2165. DOI: 10.3382/ps.2009-00486

37. **Gray, J., Gomaa, E. and Buckley, D., 1996.** Oxidative quality and shelf life of meats. Meat science. 43: 111-123. DOI: 10.1016/0309-1740(96)00059-9

38. **Senobar, H., Shams, S.M., Dastar, B. and Zerehdaran, S., 2012.** Effect of different levels of organic selenium and vitamin E on performance and meat quality in Japanese quail. 4(1): 8-16. DOI: 10.22067/IJASR.V4I1.13907

39. **Movahed, P., Oskoueian, E., Faseleh Jahromi, M., Shokr Yazdan, P., Salari Pour, M. andAhmadi, M.R., 2022.** Evaluation of replacing organic zinc with inorganic zinc on growth performance, immune system, antioxidant status, morphology of jejunum, and tissue zinc retention in broilers. Journal of Animal Environment. (In Persian) DOI: 10.22034/AEJ.2021.256119.2403

40. **Yenice, E., Mızrak, C., Gültekin, M., Atik, Z. and Tunca, M., 2015.** Effects of organic and inorganic forms of manganese, zinc, copper, and chromium on bioavailability of these minerals and calcium in late-phase laying hens. Biological trace element research. 167(2): 300-307. DOI: 10.1007/s12011-015-0313-8

41. **Sahraei, M., Janmmohamdi, H., Taghizadeh, A. and Cheraghi, S., 2012.** Effect of different zinc sources on tibia bone morphology and ash content of broiler chickens. Advances in Biological Research. 6(3): 128-132. DOI: 10.5829/idosi.abr.2012.6.3.65146

55. **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

56. **Mwangi, S., Timmons, J., Ao, T., Paul, M., Macalintal, L. and Pescatore, A., 2017.** Effect of zinc imprinting and replacing inorganic zinc with organic zinc on early performance of broiler chicks. Poultry Science. 96(4): 861-868. DOI: 10.3382/ps/pew312

57. **Dibner, J., Richards, J., Kitchell, M. and Quiroz, M., 2007.** Metabolic challenges and early bone development. Journal of Applied Poultry Research. 16(1): 126-137. DOI: 10.1093/japr/16.1.126

58. **Star, L., Van der Klis, J., Rapp, C. and Ward, T., 2012.** Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. Poultry Science. 91(12): 3115-3120. DOI: 10.3382/ps.2012-02314

59. **Vieira, M., Ribeiro, A., Kessler, A., Moraes, M., Kunrath, M. and Ledur, V., 2013.** Different sources of dietary zinc for broilers submitted to immunological, nutritional, and environmental challenge. Journal of Applied Poultry Research. 22(4): 855-861.

60. **Bruerton, K.I., 2005.** Novel approaches to improving poultry meat production: do organic minerals have a role? Re-defining mineral nutrition. 179-186.

61. **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

62. **Schlegel, P., Nys, Y. and Jondreville, C., 2010.** Zinc availability and digestive zinc solubility in piglets and broilers fed diets varying in their phytate contents, phytase activity and supplemented zinc source. Animal. 4(2): 200-209. DOI: 10.1017/S1751731109990978

63. **Windisch, W., 2001.** Homeostatic reactions of quantitative Zn metabolism on deficiency and subsequent repletion with Zn in 65Zn-labeled adult rats. Trace Elements and Electrolytes. 18(3):122-128.

64. **Schlegel, P., Sauvant, D. and Jondreville, C., 2013.** Bioavailability of zinc sources and their interaction with phytates in broilers and piglets. Animal. 7(1): 47-59. DOI: 10.1017/S1751731112001000

65. **Hasanvand, V. and Yousefvand, N., 2017.** Diabetes, Zinc, Garlic flowers, Streptozotocin, Rats. Journal of Animal Environment. 9(3):79-84. (In Persian) DOI: 20. 1001.1.27171388.1396.9.3.11.1