14(2) 131-138, Summer 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Evaluation of replacing inorganic zinc with organic zinc on growth performance, immune system, antioxidant status, morphology of jejunum, and tissue zinc retention in broilers

Peyman Movahed [1], Ehsan Oskoueian [2*], Mohammad Faseleh Jahromi [2], Parisa Shokryazdan [2], Mahdi Salaripour [2,3], Mohammad Reza Ahmadi [2,4]

[1]Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] Research and Development Group, Tosse Mokamel Zist Fanavar Ariana Company, Mashhad, Iran
[3] Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
[4] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Key Words

Bioavailability
Villi
Immunoglobulins
Superoxide dismutase
Malondialdehyde

Abstract

Introduction: This study was contacted to evaluate the effects of replacement of inorganic zinc with organic zinc on the growth performance, immune system, antioxidant status, morphology of jejunum, and tissue zinc retention in broilers.

Materials & Methods: The number of 150 Ross 308 broilers were used in a completely randomized design with Duncan's test at the statistical signification level of 0.05, in 3 treatments and 5 replicates and 10 birds in each replicate. The treatments wear: 1) basal diet based on corn and soybean without zinc 2) basal diet + 22 mg/kg organic zinc + 88 mg/kg zinc sulfate 3) basal diet + 33 mg/kg organic zinc + 77 mg/kg zinc sulfate. At day 42 of the experiment, one bird from each replicate was sacrificed and used for analysis.

Results: The results showed that replacement of inorganic zinc with organic zinc had no significant effect on the growth, feed intake, and feed conversion ratio of broilers. Also, it did not have any significant effect on the amounts of immunoglobulins (IgG, IgM and IgA). However, the antioxidant evaluation showed that the usage of organic zinc can respectively increase and decrease the amounts of superoxide dismutase and Malondialdehyde in the liver. Besides, morphological evaluation of intestine indicated that the organic zinc improved the villi height and width.

Conclusion: In general, it seems that the usage of organic minerals, such as zinc, in the diet of boilers improves their immune system and antioxidant status.

* Corresponding Author's email: e.oskoueian@gmail.com
Received: 19 February 2021; Reviewed: 23 March 2021; Revised: 26 May 2021; Accepted: 28 June 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.256119.2403

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات روی معدنی و آلی بر شاخص‌های عملکردی، ابقاء بافتی، سامانه ایمنی، ریخت‌شناسی ژژنوم و وضعیت پاداکسندگی در جوجه‌های گوشتی

پیمان موحد[۱]، احسان اسکوئیان[۲]، محمد فاصله‌جهرمی[۲]، پریسا شکریزدان[۲]، مهدی سالاری‌پور[۳،۲]، محمدرضا احمدی[٤،۲]*

[۱] گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۲] گروه تحقیق و توسعه، شرکت دانش بنیان توسعه مکمل زیست فناور آریانا، مشهد، ایران

[۳] گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[٤] گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

کلمات کلیدی

روی آلی
ایمنوگلوبولین‌ها
سوپر اکسید دیسموتاز
مالون دی آلدهید
جوجه گوشتی

چکیده

مقدمه: این پژوهش به‌منظور مقایسه اثر جایگزینی روی‌آلی با روی معدنی بر شاخص‌های عملکردی، میزان ابقاء بافتی، سامانه ایمنی، ریخت شناسی روده و وضعیت پاداکسندگی جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها: ۱۵۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سطح آماری ($p<۰/۰۵$) در ۳ تیمار و ۵ تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه براساس ذرت و سویا+۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از سولفات روی، ۲) جیره پایه+۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از روی آلی (روی باند شده با اسیدهای آمینه، تولید شرکت آریانا)+۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از سولفات روی، ۳) جیره پایه+۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از روی آلی تولید شرکت آریانا+۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از سولفات روی بودند.

نتایج: استفاده از روی آلی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های عملکردی در جوجه‌های گوشتی نداشته است ($p>۰/۰۵$) اما سبب کاهش معنی‌داری در میزان مالون دی آلدئید کبد نسبت به تیمار شاهد شد ($p<۰/۰۵$). سنجش میزان ایمنوگلوبولین‌های خون تاثیر معنی‌داری را نشان نداد اما ارتفاع ویلی و عرض ویلی در تیمار سه نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). ارزیابی آنتی‌اکسیدانی نشان داد که استفاده از روی آلی نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش معنی‌داری در میزان بیان ژن‌های سوپراکسید دیسموتاز شده است ($p<۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان گفت استفاده از روی‌آلی در خوراک طیور می‌تواند باعث بهبود عملکرد، ذخیره بافتی روی، سامانه ایمنی و پاداکسندگی شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: e.oskoueian@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱ اسفند ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۳ فروردین ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۵ خرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۷ تیر ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.256119.2403

مقدمه

روی یک عنصر کم نیاز ضروری برای حیات جانداران است و در واکنش‌های زیستی زیادی ایفای نقش می‌کند (۱، ۲، ۳). روی نه تنها بر سنتز، پایداری و کاتالیزوری پروتئین‌ها تأثیر می‌گذارد (۴)، بلکه بر متابولیسم اسیدنوکلئیک و پاسخ‌های ایمنی نیز تأثیر می‌گذارد، علاوه بر این نقش مهمی در ترمیم و بازیابی یکپارچگی بافت‌های آسیب دیده دارد (۵، ۶). عنصر روی دارای اثرات پاد اکسندگی نیز می‌باشد (۷، ۸). عنصر روی در رشد طبیعی، سلامت و باروری، رشد استخوان‌ها و پرها نقش داشته و اشتها و مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی را تنظیم می‌کند (۹، ۱۰). پایداری عنصر روی در سلول‌ها به‌کمک جذب و دفع روی از طرق تخصصی و با جذب ترکیبات روی به‌وسیله پروتئین‌های حامل مانند متالوتیونین تنظیم می‌شود. حتی تغییرات جزئی در هموستاز عنصر روی می‌تواند منجر به عواقب بالینی و ایجاد مشکلاتی در بافت‌هایی مانند پوست، مخاط دستگاه گوارش و سامانه ایمنی بدن شود. به‌دلیل عدم وجود سامانه ذخیره‌سازی تخصصی روی، دریافت روزانه روی از طریق رژیم غذایی برای اطمینان از ثبات عملکردهای بی‌شمار مربوط به روی ضروری است (۱). سوپراکسید دیسموتاز مس/روی یک فاکتور پاد اکسندگی است، که نقش مهمی در محافظت از سلول‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد دارد (۱۱). منبع روی در خوراک بر میزان جذب روی تأثیر می‌گذارد. به‌طور عمده روی به شکل‌های معدنی ساده و منابع روی آلی (روی به یک لیگاند آلی، مانند اسیدآمینه، پپتید یا پروتئین متصل می‌شود) از زیست‌فراهمی بالاتری نسبت به منابع روی غیرآلی برخوردار هستند (۱۲، ۱۳). تاکنون تحقیقات زیادی برای ارزیابی اثرات منابع مختلف روی با استفاده از محصولات وارداتی در کشور انجام‌شده است، اما این تحقیق برای اولین‌بار با هدف ارزیابی محصول روی آلی تولید شرکت دانش بنیان توسعه مکمل زیست فناور آریانا انجام گرفت و اثرات آن بر شاخص‌های عملکردی، ابقاء بافتی، سامانه ایمنی، وضعیت پاد اکسندگی و ریخت‌شناسی ژژنوم در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان خراسان رضوی در فارم تحقیقاتی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه شرق و شمال‌شرق کشور با استفاده از ۱۵۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ با ۳ تیمار آزمایشی و ۵ تکرار در هر تیمار و ۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه براساس ذرت و سویا+۱۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از منبع سولفات روی (نیاز روی مرغ گوشتی سویه راس ۳۰۸). ۲) جیره پایه+۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از روی آلی (روی باند شده با اسیدهای آمینه تولید شرکت دانش‌بنیان آریانا) (۲۰٪ نیاز روی جوجه گوشتی)+۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از منبع سولفات روی (۸۰٪ نیاز روی جوجه گوشتی). ۳) جیره پایه+۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از روی آلی (روی باند شده با اسیدهای آمینه تولید شرکت دانش بنیان آریانا)(۳۰٪ نیاز روی جوجه گوشتی) +۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین‌شده از سولفات‌روی (۷۰٪ نیاز روی‌جوجه‌گوشتی). جیره‌مورداستفاده متناسب براساس دستورالعمل پرورش جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ استخراج و با استفاده از نرم افزار جیره نویسی WUFFDA تنظیم شد. جیره مورد استفاده به سه دوره آغازین (۱۴-۱روزگی)، رشد (۲۸-۱۵روزگی) و پایانی (۴۲-۲۹ روزگی) تقسیم شد (جدول ۱). در ابتدای دوره جوجه‌ها به‌صورت گروهی توزین‌شده و با میانگین‌وزن مشابه به‌داخل‌واحدهای آزمایشی توزیع شدند. در طول دوره پرورش پرندگان به‌طور آزادانه به آب و خوراک دسترسی داشتند. وزن و تاریخ تلفات ثبت و در محاسبات لحاظ گردید. جوجه‌ها در طول دوره پرورش در پایان هر هفته وزن‌کشی شدند و میزان خوراک مصرفی، خوراک باقی‌مانده و میانگین وزن جوجه‌های هر تکرار ثبت‌شد. در پایان دوره میانگین مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و وزن نهایی جوجه‌ها مورد محاسبه قرار گرفت. میزان MDA به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری اکسیداسیون در گوشت سینه و کبد تعیین شد. برای اندازه‌گیری مالون دی آلدئید ۲۵۰ میکرولیتر بافت هموژنایز شده به‌وسیله کلرید پتاسیم، ۲۰۰ میکرولیتر از آن با ۳ میکرولیتر اسیدفسفریک ۱٪ مخلوط شد و بعد از ورتکس، محلول تیو باربیتوریک اسید به لوله آزمایش اضافه شد و به‌مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه حرارت داده شد. بعد از خنک شدن ۲ میکرولیتر بوتانول اضافه شده و مخلوط به‌مدت یک دقیقه ورتکس گردید. پس از آن با دور ۵۰۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و پس از جدا کردن فاز بوتانول، جذب نوری آن در ۵۳۲ نانومتر قرائت گردید و غلظت مالون‌دی‌آلدئید نمونه‌ها تعیین شد(۱۴). برای جداسازی سرم نمونه‌های خون به‌مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، با ۳۵۰۰دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد، سپس از سرم به‌دست آمده برای تجزیه و تحلیل و سنجش IgA، IgY و IgM به‌روش الایزا استفاده شد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری ایمونوگلوبولین‌ها بدون تزریق آنتی‌ژن انجام گرفت (۱۵). جهت بررسی شاخص‌های بافت شناسی روده کوچک جوجه‌ها از هر تیمار تعداد پنج قطعه در ۴۲ روزگی کشتار شده، سپس از قسمت ژوژنوم روده نمونه‌های به طول ۱/۵ سانتی‌متر برداشته شد. نمونه‌ها

پس از شستشو با محلول بافر فسفات سالین، برای حفظ بافت از تخریب، فروپاشی و فساد به‌مدت ۴۸ ساعت در داخل بافر فرمالین خنثی ۱۰٪ تثبیت شد. محلول فرمالین برای اطمینان از تثبیت کامل در ۳ مرحله تعویض شد. در مرحله بعد نمونه‌ها توسط دستگاه پروسینگ (Shandon Duplex Processor) در رقت‌های مختلف الکل آبگیری شد، سپس به‌وسیله زایلین شفاف‌سازی و پس از فیکس کردن در پارافین در قالب‌های ۲×۲×۳ سانتی‌متر قالب‌گیری شد. در نهایت قالب‌ها پس از برش با ضخامت ۵ میکرومتر به‌وسیله میکروسکوپ نوری متصل به عدسی چشمی مدرج مورد فاکتورهای عمق کریپت، عرض و ارتفاع پرز روده مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت (۱۶). نهایتاً مقادیر یادداشت شده براساس کالیبراسیون، با استفاده‌از اسلاید میلی‌متری، به میلی‌متر تبدیل شد. در هر نمونه تعداد ۱۵ پرز برای اندازه‌گیری ابعاد پرز استفاده گردید و متوسط آن‌ها برای تجزیه آماری استفاده شد.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی جیره برای دوره‌های آغازین، رشد و پایانی بر اساس دستورالعمل راس ۳۰۸

ردیف	ترکیب شیمیایی جیره	جیره آغازین (۱۴-۱ روزگی)	جیره رشد (۲۸-۱۵ روزگی)	جیره پایانی (۴۲-۲۹ روزگی)
۱	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم)	۳۰۰۰	۳۱۵۰	۳۲۰۰
۲	پروتین خام (٪)	۲۳	۲۲	۲۰/۵
۳	لیزین (٪)	۱/۴۵	۱/۴۰	۱/۲۶
۴	متیونین (٪)	۰/۷۲	۰/۱۰	۰/۵۳
۵	آرژنین (٪)	۱/۴۹	۱/۴۳	۱/۳۱
۶	متیونین+سیستئین (٪)	۱/۰۹	۱/۹۶	۰/۸۷
۷	کلسیم (٪)	۱	۰/۹۲	۰/۹۰
۸	فسفر (٪)	۰/۵	۰/۴۶	۰/۴۴
۹	سدیم (٪)	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
	ماده خوراکی			
۱	ذرت	۴۹/۰۴	۴۹/۶۶	۵۳/۷۶
۲	کنجاله سویا	۴۱/۷۶	۳۹/۴۷	۳۵/۴۴
۳	روغن	۴/۴۸	۲/۰	۶/۵۸
۴	دی کلسیم فسفات	۱/۹۸	۱/۷۹	۱/۷۵
۵	پودر صدف	۱/۲۱	۱/۱۳	۱/۱۳
۶	نمک	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
۷	دی ال متیونین	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۲۳
۸	دی ال لیزین	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۲
۹	پیش مخلوط ویتامینی [۱]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
۱۰	پیش مخلوط مواد معدنی [۲]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵

۱- هر کیلوگرم مکمل ویتامینه دارای ترکیبات زیر بود: ۱۰۰۰۰ واحد بین‌الملل ویتامین A، ۲۰۰۰ واحد بین‌الملل ویتامین D_3، ۵ واحد بین‌الملل ویتامین E، ۲ میلی‌گرم B_1، ۶/۶ گرم B_2، ۳ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۰/۰۱۵ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۲ میلی‌گرم ویتامین K، ۴۰ میلی‌گرم ویتامین بیوتین، ۲۵۰ میلی‌گرم کولین کلراید و ۱ میلی‌گرم اسید فولیک. ۲- هر کیلوگرم مکمل معدنی دارای ترکیبات زیر بود: ۱۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۵۰ میلی‌گرم آهن، ۱۰ میلی‌گرم مس، ۱ میلی‌گرم ید و ۸۵ میلی‌گرم سلنیوم.

برای آنالیز بیان ژن بلافاصله بعد از کشتار از کبد نمونه‌برداری و در نیتروژن مایع فریز شد. سپس، میزان بیان ژن‌های سوپراکسید دیسموتاز مطابق دستورالعمل و به‌روش Real-time PCR مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۷). کیفیت و یکپارچگی RNA خالص شده از طریق الکتروفورز ژل آگارز بررسی و مقدار آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

جدول ۲: توالی مورد استفاده در Real-time PCR برای سنجش بیان ژن سوپراکسید دیسموتاز

نام	توالی (۵ ⟵ ۳)	شماره دسترسی بانک ژن
SOD	F: CCGGCTTGTCTGATGGAGAT R: TGCATCTTTTGGTCCACCGT	NM-205064
GAPDH	F: CCTAGGATACACAGAGGACCAGGTT F: GGTGGAGGAATGGCTGTCA	NM-204305

نتایج

مولفه‌های رشد: نتایج مقایسه میانگین مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در جدول ۳ آمده است. در پایان دوره، بررسی نتایج عملکردی وزن جوجه‌ها، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در هیچ‌کدام از گروه‌ها ($p>0/05$) تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت (جدول ۳).

جدول ۳: بررسی اثرات جایگزینی روی آلی بر عملکرد رشد و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی

	وزن پرنده (گرم)	وزن خوراک مصرفی (گرم)	بازده ضریب تبدیل
تیمار اول	۲۳۹۰/۰	۴۶۵۴/۰	۱/۹۴
تیمار دوم	۲۴۳۸/۰	۴۶۸۰/۰	۱/۹۱
تیمار سوم	۲۵۸۱/۵	۴۸۶۰/۰	۱/۸۸
SEM	۲۳/۱۷	۰/۲۴	۰/۰۱۱
P value	۰/۱۷۰	۰/۵۷۷	۰/۱۲۶

ابقاء بافتی: ارزیابی میزان مالون دی آلدئید (MDA) در کبد جوجه‌هایی که ۳۰٪ نیاز روی آن‌ها به‌وسیله روی آلی تأمین شده بود کاهش معنی‌داری ($p<0/05$) در میزان مالون دی الدئید کبد نسبت به گروه شاهد (تیمار اول) و تیمار دوم (۲۰٪ نیاز تامین شده توسط روی آلی) نشان دادند. ارزیابی میزان مالون دی آلدئید در بافت ماهیچه تفاوت معنی‌داری ($p<0/074$) را بین گروه‌ها نسبت به گروه شاهد نشان داد (جدول ۴).

جدول ۴: بررسی اثرات جایگزینی روی آلی بر مالون دی آلدئید در جوجه‌های گوشتی

	مالون دی آلدئید	
	عضله	کبد
تیمار اول	۱۰۰/۰	$۱۰۰/۰^{a}$
تیمار دوم	۸۰/۶۶	$۷۷/۱۳^{b}$
تیمار سوم	۷۱/۱۹	$۶۶/۷۸^{c}$
SEM	۳/۵۱	۱/۱۱
P value	۰/۰۷۴	۰/۰۲۲

^{abcd}حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.

سامانه ایمنی: ارزیابی میزان ایمنوگلوبولین‌های خون (IgA، IgM و IgY) تفاوت معنی‌داری ($p>0/05$) را بین تیمارهای مصرف کننده روی آلی نسبت به گروه شاهد نشان نداد (جدول ۵).

جدول ۵: بررسی اثرات جایگزینی روی آلی بر ایمنوگلوبولین‌ها در جوجه‌های گوشتی

	ایمنوگلوبولین‌ها (mg/dl)		
	IgA	IgM	IgY
تیمار اول	۱۲۹/۵	۶۷/۲	۱۶۸/۵
تیمار دوم	۱۳۷/۵	۷۴/۶	۱۷۴/۷
تیمار سوم	۱۴۴/۲	۷۹/۵	۱۸۱/۲
SEM	۱/۲۸	۱/۳۲	۱/۴۸
P Value	۰/۱۰۵	۰/۵۴۹	۰/۴۰۷

مورفولوژی: بررسی نتایج ریخت‌شناسی روده نشان داد که گروه‌های مصرف کننده روی آلی ارتفاع پرز را نسبت به گروه شاهد افزایش داد ($p<0/05$). با این‌حال هیچ تفاوت معنی‌داری ($p>0/05$) در ارتفاع پرز بین گروه‌های مصرف کننده روی آلی وجود نداشت. بررسی عرض پرزها نیز نشان داد که با افزایش مقادیر روی آلی در جیره عرض پرزها نیز افزایش می‌یابد ($p<0/05$)، با این‌حال ارزیابی اثرات استفاده از روی آلی بر عمق کریپت‌ها در جوجه‌های گوشتی هیچ تاثیر معنی‌داری را در هیچ‌کدام از گروه‌ها نشان نداد (جدول ۶).

جدول ۶: بررسی اثرات جایگزینی روی آلی بر ریخت‌شناسی روده در جوجه‌های گوشتی

	ارتفاع ویلی (µm)	عرض ویلی (µm)	عمق کریپت (µm)	ارتفاع پرز/عمق کریپت
تیمار اول	$۴۶۰/۰^{b}$	$۱۹۵/۰^{c}$	۱۳۰/۰	۵/۴۵
تیمار دوم	$۵۳۰/۰^{a}$	$۳۰۰/۰^{b}$	۱۰۰/۰	۶/۴۳
تیمار سوم	$۶۵۰/۰^{a}$	$۴۲۰/۰^{a}$	۹۰/۰	۹/۳۶
SEM	۱۲/۱۱	۵/۴۷	۵/۱۶	۰/۰۰۰۱
P value	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱	۰/۰۸۱	۰/۵۶

^{abcd}حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.

وضعیت پاداکسندگی: تأمین ۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی (۳۰٪ نیاز روی جوجه‌های گوشتی) از روی آلی (گروه ۳) باعث بهبود در میزان ذخیره بافتی سوپراکسید دیسموتاز نسبت به گروه شاهد ($p<0/05$) و گروه تغذیه شده با ۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی از منبع روی آلی (تیمار ۲) شد ($p<0/05$). هم‌چنین جوجه‌های گوشتی تیمار دوم (۲۰٪ نیاز تأمین شده توسط روی آلی) افزایش معنی‌داری ($p<0/05$) در میزان سوپراکسیداز دیسموتاز کبد نسبت به گروه شاهد از خود نشان دادند (جدول ۷).

جدول ۷: بررسی اثرات جایگزینی روی آلی بر بیان ژن سوپراکسید دیسموتاز در جوجه‌های گوشتی

	سوپراکسیداز دیسموتاز (کبد)
تیمار اول	۱/۰^{b}
تیمار دوم	۱/۴۶^{ab}
تیمار سوم	۱/۹۷^{a}
SEM	۰/۰۹
P value	۰/۰۲۷

^{abcd}حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد است.

بحث

مولفه‌های رشد: در تأیید نتایج به‌دست آمده در مورد عملکرد رشد Salim و همکاران، اعلام کردند که استفاده‌از روی آلی در خوراک خروس‌ها و مرغ‌های گوشتی بر عملکرد رشد آن‌ها تأثیر نمی‌گذارد، اما خروس‌ها عملکرد رشد بهتری (p<۰/۰۵) نسبت به مرغ‌ها نشان دادند(۱۸).در مخالفت با نتایج به‌دست آمده Feng و همکاران، اعلام کردند که تأمین روی از منابع روی آلی و سولفات روی در سطوح مختلف می‌توانند باعث بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی شوند، هم‌چنین جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی تأمین شده از روی آلی(روی باندشده با اسیدآمینه)، بیش‌ترین میانگین مصرف خوراک در روز را نشان دادند و بیش‌ترین میانگین افزایش وزن روزانه مربوط به دو گروهی بود که در جیره آن‌ها ۱۲۰ و ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی از روی آلی (روی باند شده با اسیدآمینه) تأمین شده‌بود (۱۹). هم‌چنین نتایج مطالعات De Grande و همکاران در جوجه‌های گوشتی که در خوراک آن‌ها از روی آلی و سولفات روی استفاده شده بود، نشان داد که استفاده از روی آلی نسبت‌به روی معدنی کاهش‌معنی‌داری را در ضریب تبدیل جوجه‌ها در دوره آغازین ایجاد می‌کند (۲۰، ۲۱). به‌نظر می‌رسد که روی با شرکت در ساختار آنزیم‌های کلیدی دخیل در سوخت و ساز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای‌نوکلئیک نظیر آلکالین فسفاتاز، کربوکسی پپتیداز و برخی آنزیم‌های دیگر در بهبود فعالیت‌های سوخت و سازی نقش داشته و می‌تواند بر عملکرد طیور تأثیر بگذارد (۲۲). هم‌چنین مطالعه دیگری نشان داده استفاده از مکمل روی در طیور می‌تواند باعث افزایش فعالیت مالات دهیدروژناز و به‌دنبال آن افزایش‌سوخت و ساز چربی‌ها شود (۲۳). روی در ساختمان بسیاری از پروتئین‌های دخیل در همانندسازی DNA و رونویسی نقش داشته و برای فعالیت تعدادی از متالوپروتئین‌ها ضروری است (۲۴).

ابقاء بافتی: هم‌چنین‌نتایج مطالعات Hafez و همکاران بر روی وضعیت پاداکسندگی جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با نانوذره روی (ZnONPs) نشان داد که استفاده از روی در خوراک باعث کاهش غلظت مالون دی آلدئید در مقایسه با گروه شاهد شد (۸). نتایج یک آزمایش دیگر که تأثیر سطوح مختلف روی آلی و معدنی در طیور گوشتی را مورد بررسی قرار داد نشان داد که افزودن ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تا ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از روی-گلایسینه منجر به کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید درکبد در ۲۱ و ۴۲ روزگی می‌شود (۲۵) که با نتایج به‌دست آمده در آزمایشات فوق مطابقت داشت. هم‌چنین یک تحقیق در مورد اثرات استفاده از روی آلی و روی سولفات در جوجه‌های‌گوشتی نشان‌داد که استفاده‌از روی آلی باعث کاهش سطح مالون دی آلدئید پلاسما آن‌ها می‌شود (۲۰). مطالعات Salim و همکاران نشان داد که استفاده از مکمل روی آلی به‌میزان ۲۵ ppm درخوراک مرغ‌ها و خروس‌های‌گوشتی‌محتوای‌روی گوشت ران (p<۰/۰۵) را در هر دو جنس افزایش می‌دهد (۱۸). مطالعه دیگری بر روی جوجه گوشتی نشان داده است که نوع آلی روی (روی-متیونین) از زیست فراهمی بالاتری نسبت به روی اکسید برخوردار است. استفاده از مکمل روی باعث افزایش محتوای روی در کبد و عضلات سینه و ران جوجه‌ها می‌شود (۲۳). بررسی‌ها اثبات کرده‌اند که عناصر معدنی آلی از چندین مسیر مختلف مانند انتقال فعال،انتشار تسهیل‌شده و ساده امکان‌جذب و شرکت در فرآیندهای متابولیکی را دارند درحالی‌که مواد معدنی ساده تنها به‌وسیله انتشار ساده‌جذب‌می‌شوند که این امر می‌تواند توجیه کننده افزایش ذخیره بافتی تیمارهای دریافت کننده روی آلی باشند (۲۶).

سامانه ایمنی: در موافقت با نتایج این تحقیق، Pimentel و همکاران، گزارش کردند که استفاده از مکمل روی اثرات مفیدی بر جوجه‌های‌گوشتی‌ندارد(۲۷). هم‌چنین تحقیقات دیگر اثرات مفیدی بر ایمنی جوجه‌های گوشتی به هنگام استفاده از مکمل‌های روی گزارش‌نکردند (۲۷، ۲۸).درمخالفت با نتایج‌فوق، Hafez و همکاران، اعلام کردند که جوجه‌های گوشتی که با رژیم‌های غذایی حاوی ZnONPsتغذیه شدند، در مقایسه با گروه کنترل، افزایش معنی‌داری (p<۰/۰۵) در IgY سرم خون، و تعداد کل لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها از خود نشان دادند (۸). هم‌چنین در مطالعه‌ای که طی آن Feng و همکاران به بررسی سطوح مختلف زینک گلایسین و زینک سولفات بر روی پارامترهای‌خون پرداختند مشخص شد که‌افزودن‌روی گلایسین اضافی به‌جیره‌ها‌موجب‌افزایش‌معنی‌دار‌میزان‌ایمونوگلوبولین‌ها (IgA، IgM و IgY)، کلسیم و هم‌چنین کل محتوای پروتئین سرم خون می‌شود. هم‌چنین شاخص ایمنی به‌طور ویژه در تیماری که جیره

آن‌ها حاوی ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل معدنی آلی Zn-Gly بود افزایش یافت (۱۹). یک تحقیق به بررسی اثرات انواع آلی و غیر آلی مکمل روی بر روی سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی پرداخت که نتایج آن نشان داد گروه‌های دریافت‌کننده جیره حاوی روی سولفات+ فیتاز (ZnSO4+F)، جیره حاوی روی گلایسین (Zn–Gly) و جیره حاوی روی گلایسین+فیتاز (Zn–Gly+F) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی‌داری را در بیان نسبی IL-2 در سن ۴۲ روزگی از خود نشان می‌دهند. هم‌چنین گروه‌هایی که خوراک حاوی مکمل روی آلی (Zn-Gly و Zn-Gly+F) دریافت کردند افزایش معنی‌داری در بیان IgY، IgA، IL-4، TGF-β و IL-10 نسبت به گروه شاهد در سن ۴۲ روزگی از خود نشان دادند (۲۹).

مورفولوژی: هم‌سو با این نتایج، Ma و همکاران، در بررسی تأثیر سطوح مختلف روی آلی و معدنی بر ریخت‌شناسی روده جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی اعلام کردند که استفاده از ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل روی-گلایسین (Zn-Gly) می‌تواند در دومین مرحله رشد باعث افزایش ارتفاع پرز و کاهش عمق کریپت در ژژنوم شود. هم‌چنین این بررسی‌ها کاهش ضخامت دیواره روده در سن ۴۲ روزگی را نشان داد ($p<۰/۰۵$). علاوه بر این افزودن ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل روی-گلایسین به خوراک، افزایش معنی‌دار ارتفاع پرز و کاهش عمق کریپت در ژژنوم ($p<۰/۰۵$) جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی را نیز نشان داد (۲۵). نتایج یک مطالعه بر روی اثرات استفاده از روی آلی و روی سولفات بر ارتفاع پرز روده جوجه‌های گوشتی نشان داد استفاده از روی آلی در خوراک آن‌ها سبب افزایش طول پرز ژوژنوم و افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در روزهای ۱۰ و ۲۸ می‌شود. و هم‌چنین روی آلی یک اثر محافظتی بر سلول‌های اپیتلیال پرز در دوره آغازین دارد (۲۰). نتایج مطالعه دیگری نشان داده است که استفاده از روی در جیره اردک‌ها به شکل معنی‌داری باعث بهبود مورفولوژی روده در ژوژنوم آن‌ها می‌شود (۳۰).

وضعیت پاداکسندگی: در مطالعات Bun و همکاران، بر روی اثرات تأمین روی از منبع روی آلی در جوجه‌های گوشتی سالم و چالش یافته با ایمریا تنلا (*Eimeria tenella*) نشان داد که تأمین روی از منبع روی آلی در جیره جوجه‌های گوشتی باعث افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز مس و روی و گلوتاتیون پراکسیداز ($p<۰/۰۰۱$) در هر دو گروه سالم و به چالش کشیده شده می‌شود، هم‌چنین پراکسیداسیون لیپیدها ($p=۰/۰۸$) با تأمین ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خوراک از منبع روی آلی کاهش نشان داد (۳۱) که با نتایج به‌دست آمده مطابقت دارد. هم‌چنین نتایج مطالعات Hafez و همکاران بر روی وضعیت پاداکسندگی جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با نانوذره روی (ZnONPs: zinc oxide nanoparticles) نشان داد که استفاده از روی در خوراک باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها نظیر سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در مقایسه با گروه شاهد شد (۸). مشخص شد که استفاده از مکمل روی در جوجه‌ها باعث افزایش بیان آنتی‌اکسیدان سوپر اکسید دیسموتاز نیز می‌شود (۲۳). نتایج یک آزمایش دیگر که تأثیر سطوح مختلف روی آلی و معدنی در طیور گوشتی را مورد بررسی قرار داد نشان داد که افزودن ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تا ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از روی-گلایسینه منجر به بهبود فعالیت سوپراکسید دیسموتاز مس و روی و گلوتاتیون پراکسیداز در کبد در ۲۱ و ۴۲ روزگی می‌شود (۲۵) که با نتایج به‌دست آمده در آزمایشات فوق مطابقت داشت. هم‌چنین یک تحقیق در مورد اثرات استفاده از روی آلی و روی سولفات در جوجه‌های گوشتی نشان داد که استفاده از روی آلی باعث افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و بهبود وضعیت پاداکسندگی آن‌ها می‌شود (۲۰). نتایج تحقیقاتی مشخص نموده است که استفاده از مکمل روی در جوجه‌ها باعث افزایش بیان آنتی‌اکسیدان سوپر اکسید دیسموتاز نیز می‌شود (۲۳). آنزیم NADPH به‌عنوان اهدا کننده الکترون، تولید یون‌های منفی O_2 از اکسیژن که در تولید رادیکال‌های آزاد نقش دارند را کاتالیز می‌کند. مشخص شده است که روی یک مهارکننده NADPH اکسیداز است که منجر به کاهش تولید رادیکال‌های آزاد (ROS) می‌شود. روی هم‌چنین کوفاکتور آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) است و علاوه بر این باعث بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز نیز می‌شود (۳۲).

در مطالعه اخیر تأثیر مثبت مصرف روی آلی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی مشاهده شد. این تحقیق نشان داد که تأمین کردن بخش از نیاز روی جوجه‌های گوشتی به‌وسیله مکمل روی (تیمار سوم) تأثیری بر رشد، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی ندارد. سنجش مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپید که محصول مواجه غشاء سلول با رادیکال‌های آزاد است می‌تواند شاخص مناسبی جهت سنجش مقادیر آسیب به غشاء سلول باشد. هم‌چنین سنجش شاخص مالون دی آلدئید، نشان داد مکمل روی می‌تواند به شکل کاملاً موثری موجب کاهش سطح پراکسیداسیون لیپید شود. این تحقیق نشان داد که روی آلی نسبت به گروه شاهد باعث کاهش در مقادیر مالون‌دی آلدئید کبد می‌شود. بررسی‌های مورفولوژی روده نشان دادند که استفاده از مکمل روی (تیمار سوم) به‌عنوان بخشی از نیاز عنصر روی جوجه‌های گوشتی موجب بهبود ارتفاع و عرض ویلی در ژژنوم می‌شود. استفاده از مکمل روی در خوراک جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری در میزان ایمنوگلوبولین‌های IgA، IgM و IgY خون نشان نداد. هم‌چنین

مشخص شد که افزودن روی آلی به خوراک جوجه‌ها باعث افزایش معنی‌داری در میزان آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در کبد آن‌ها می‌شود. به‌طورکلی، روی یکی از موادریزمغذی ضروری در تغذیه طیور می‌باشد و سبب ابقاء بافتی و بهبود ریخت‌شناسی روده می‌شود که در آزمایش حاضر نیز این آثار مشاهده گردید. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد استفاده از مواد معدنی آلی نظیر روی آلی در خوراک طیور گوشتی می‌تواند باعث بهبود برخی از شاخص‌های ایمنی و آنتی‌اکسیدانی در آن‌ها شود. اطلاعات نشان می‌دهد که روی آلی بهتر از روی معدنی در برآورد احتیاجات واقعی پرنده عمل می‌کند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از شرکت دانش بنیان توسعه مکمل زیست فناور آریانا برای همکاری در اجرای تحقیق حاضر قدردانی می‌گردد.

منابع

1. **Bonaventura, P., Benedetti, G., Albarède, F. and Miossec, P., 2015.** Zinc and its role in immunity and inflammation. Autoimmunity reviews. 14: 277-285.
2. **Faa, G., Nurchi, V.M., Ravarino, A., Fanni, D., Nemolato, S., Gerosa, C., Van Eyken, P. and Geboes, K., 2008.** Zinc in gastrointestinal and liver disease. Coordination Chemistry Reviews. 252: 1257-1269.
3. **Ranaldi, G., Ferruzza, S., Canali, R., Leoni, G., Zalewski, P.D., Sambuy, Y., Perozzi, G. and Murgia, C., 2013.** Intracellular zinc is required for intestinal cell survival signals triggered by the inflammatory cytokine TNFα. The Journal of nutritional biochemistry. 24: 967-976.
4. **Stefanidou, M., Maravelias, C., Dona, A. and Spiliopoulou, C., 2006.** Zinc: a multipurpose trace element. Archives of toxicology. 80: 1.
5. **Batal, A., Parr, T. and Baker, D., 2001.** Zinc bioavailability in tetrabasic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed a soy concentrate diet. Poultry Science. 80: 87-90.
6. **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: 50-58.
7. **Gammoh, N.Z. and Rink, L., 2017.** Zinc in infection and inflammation. Nutrients. 9: 624.
8. **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: 19108-19114.
9. **Kwiecień, M., Winiarska-Mieczan, A., Milczarek, A. and Klebaniuk, R., 2017.** Biological response of broiler chickens to decreasing dietary inclusion levels of zinc glycine chelate. Biological trace element research. 175: 204-213.
10. **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: 1002-1011.
11. **Oteiza, P.I., 2012.** Zinc and the modulation of redox homeostasis. Free Radical Biology and Medicine. 53: 1748-1759.
12. **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: 3115-3120.
13. **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: 475-486.
14. **Oskoueian, E., Abdullah, N., Idrus, Z., Ebrahimi, M., Goh, Y.M., Shakeri, M. and Oskoueian, A., 2014.** Palm kernel cake extract exerts hepatoprotective activity in heat-induced oxidative stress in chicken hepatocytes. BMC Complementary and Alternative Medicine. 14: 1-10.
15. **Bergmeyer, H., Horder, M. and Rej, R., 1986.** International Federation Of Clinical Chemistry (Ifcc). J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 24: 481-495.
16. **De Los Santos, F.S., Farnell, M., Tellez, G., Balog, J., Anthony, N., Torres-Rodriguez, A., Higgins, S., Hargis, B. and Donoghue, A., 2005.** Effect of prebiotic on gut development and ascites incidence of broilers reared in a hypoxic environment. Poultry science. 84: 1092-1100.
17. **Bai, K., Huang, Q., Zhang, J., He, J., Zhang, L. and Wang, T., 2017.** Supplemental effects of probiotic Bacillus subtilis fmbJ on growth performance, antioxidant capacity, and meat quality of broiler chickens. Poultry Science. 96: 74-82.
18. **Salim, H., Lee, H., Jo, C., Lee, S. and Lee, B.D., 2012.** Effect of sex and dietary organic zinc on growth performance, carcass traits, tissue mineral content, and blood parameters of broiler chickens. Biological Trace Element Research. 147: 120-129.
19. **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: 203-211.
20. **De Grande, A., Leleu, S., Delezie, E., Rapp, C., De Smet, S., Goossens, E., Haesebrouck, F., Van Immerseel, F. and Ducatelle, R., 2020.** Dietary zinc source impacts intestinal morphology and oxidative stress in young broilers. Poultry Science. 99: 441-453.
21. **Mwangi, S., Timmons, J., Ao, T., Paul, M., Macalintal, L., Pescatore, A., Cantor, A., Ford, M. and Dawson, K., 2017.** Effect of zinc imprinting and replacing inorganic zinc with organic zinc on early performance of broiler chicks. Poultry Science. 96: 861-868.
22. **Rink, L. and Kirchner, H., 2000.** Zinc-altered immune function and cytokine production. The Journal of nutrition. 130: 1407S-1411S.
23. **Liu, Z., Lu, L., Wang, R., Lei, H., Li, S., Zhang, L. and Luo, X., 2015.** Effects of supplemental zinc source and level on antioxidant ability and fat metabolism-related enzymes of broilers. Poultry science. 94: 2686-2694.
24. **Tapiero, H. and Tew, K.D., 2003.** Trace elements in human physiology and pathology: zinc and metallothioneins. Biomedicine & Pharmacotherapy. 57: 399-411.
25. **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: 546-556.

26. **Sahraei, M. and Janmohammadi, H., 2016.** Estimation of the Relative Bioavailability of Different Zinc Sources in Broiler Chickens Fed by Semi-Puirfeid Diets. Research On Animal Production (Scientific and Research). 7: 59-49.

27. **Pimentel, J.L., Cook. M.E. and Greger, J.L., 1991.** Immune Response of Chicks Fed Various Levels of Zinc. Poultry Science. 70(4): 947-954.

28. **Stahl, J.L., Cook, M.E. Sunde, M.L. and Greger, J.L., 1989.** Enhanced humoral immunity in progeny chicks from hens fed practical diets supplemented with zinc. Appl. Agri. Res. 4: 86-89.

29. **Marek, A., Grądzki, Z., Kwiecień, M., Żylińska, B. and Kaczmarek, B., 2017.** Effect of feed supplementation with zinc glycine chelate and zinc sulfate on cytokine and immunoglobulin gene expression profiles in chicken intestinal tissue. Poultry science. 96: 4224-4235.

30. **Wu, X., Zhu, Y., Zhang, K., Ding, X., Bai, S., Wang, J., Peng, H. and Zeng, Q., 2019.** Growth performance, zinc tissue content, and intestinal health in meat ducks fed different specific surface area of micronized zinc oxide. Poultry science. 98: 3894-3901.

31. **Bun, S., Guo, Y., Guo, F., Ji, F. and Cao, H., 2011.** Influence of organic zinc supplementation on the antioxidant status and immune responses of broilers challenged with Eimeria tenella. Poultry Science. 90: 1220-1226.

32. **Prasad, A.S., 2014.** Zinc: an antioxidant and anti-inflammatory agent: role of zinc in degenerative disorders of aging. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 28: 364-371.