

اثر منابع مختلف روی، بر عملکرد و آنزیم‌های کبد جوجه‌های گوشتی

مسعود عظیمی^۱، مرتضی مه‌ری^{۲*} و فاطمه شیرمحمد^۲

۱ و ۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۶)

چکیده

برای مقایسه آثار منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی روی بر عملکرد رشد و آنزیم‌های کبد جوجه گوشتی، آزمایشی با استفاده از ۳۶۰ قطعه جوجه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از ۱) شاهد منفی؛ بدون مکمل روی، ۲) شاهد مثبت دارای ۸۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم جیره، ۳) جیره دارای ۸۰ میلی‌گرم هیدروکسی کلراید روی در کیلوگرم جیره، ۴) جیره دارای ۶۰ میلی‌گرم سولفات روی + ۲۰ میلی‌گرم روی-متیونین در کیلوگرم جیره، ۵) جیره دارای ۴۰ میلی‌گرم سولفات روی + ۴۰ میلی‌گرم اکسید روی در کیلوگرم جیره، ۶) جیره دارای ۳۰ میلی‌گرم سولفات روی + ۳۰ میلی‌گرم اکسید روی + ۲۰ میلی‌گرم روی-متیونین در کیلوگرم جیره. در پایان آزمایش، وزن نسبی بورس فابریسیوس و تیموس در مقایسه با گروه شاهد منفی کاهش یافت ($P < 0.05$). منبع هیدروکسی کلراید روی مصرف خوراک را نسبت به گروه شاهد مثبت و افزایش وزن روزانه را در مقایسه با تیمارهای ۱، ۲ و ۴ بهبود بخشید ($P < 0.05$). فعالیت آلکالین فسفاتاز پلاسما در تیمارهای ۵ و ۶ نسبت به تیمارهای ۳ و ۴ افزایش معنی‌داری نشان داد، ولی تفاوت معنی‌داری در سطح لاکتات‌دهیدروژناز، آسپارات‌آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز پلاسما در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. یافته‌ها نشان می‌دهد منبع هیدروکسی کلراید روی آثار قابل مقایسه‌ای با منابع غیرآلی و ترکیب منابع آلی و غیرآلی روی در جوجه گوشتی دارد.

واژه‌های کلیدی: آلکالین فسفاتاز، روی-متیونین، سولفات روی، هیدروکسی کلراید روی.

Effects of different sources of Zn on performance and liver enzymes of broiler chicks

Masoud Azimi¹, Morteza Mehri^{2*}, Fatemeh Shirmohammad²

1, 2. Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Animal Science, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran

(Received: Dec. 9, 2019 - Accepted: Apr. 25, 2020)

ABSTRACT

A 360 Ross 308 broilers were used in a completely randomized design with 6 treatments and 4 replicates with the objective of comparing the effects of different sources of zinc on growth performance and some liver enzymes. The experimental treatments were: 1) negative control (non-supplemented), 2) positive control with 80mg/kg zinc sulfate, 3) hydroxychloride Zn (80mg/kg), 4) zinc sulfate (60mg/kg) + Zn-Met (20mg/kg), 5) zinc sulfate (40mg/kg) + zinc oxide (40mg/kg) and 6) zinc sulfate (30mg/kg) + zinc oxide (30mg/kg) + Zn-Met (20mg/kg). After 42 days, relative weight of bursa of Fabricius (except for treatment 4) and thymus (except for treatment 3) were decreased significantly compared with the negative control group ($P < 0.05$). The hydroxychloride Zn source improved feed intake, compared to positive control group and daily weight gain compared to treatments 1, 2 and 4 ($P < 0.05$). The inclusion of zinc oxide in treatments 5 and 6 increased alkaline phosphatase activity in plasma compared to treatments 3 and 4 ($P < 0.05$). But, there were no differences in plasma AST, ALT, and LDH levels among the zinc different sources. These findings show that hydroxychloride Zn have comparable effects with zinc of inorganic and combination of organic with inorganic sources in broiler chickens.

Keywords: Alkaline Phosphatase, Hydroxychloride Zn, Zinc Sulfate, Zn-Met.

* Corresponding author E-mail: mortezamehri@gmail.com

مقدمه

روی، یکی از عناصر ریزمغذی مهم در تغذیه طیور است و نقش مهمی در فعالیت‌های متابولیسمی نظیر ساخت پروتئین، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و رشد، بازی می‌کند. متالوآنزیم‌های روی در هر شش طبقه آنزیمی (لیازها، اکسیدورداکتازها، ترانسفرازها، هیدرولازها، ایزومرازها و لیگازها) شناسایی شده‌اند (Park *et al.*, 2004). بنابراین، وجود روی برای رشد و نمو استخوان‌ها، پر درآوری، تحریک اشتها و عملکرد آنزیم‌ها، ضروری است (Mabe *et al.*, 2003). همچنین، روی بر واکنش‌های سیستم ایمنی، بیان ژن، تکثیر سلولی و باروری اثر می‌گذارد (McDowell, 2003). ولی با این‌حال، میزان روی در جیره‌های تجاری اغلب تمام نیاز پرنده را رفع نمی‌کند (Yan *et al.*, 2006). زیرا بسیاری از اقلام خوراکی موجود در جیره دچار کمبود حاشیه‌ای روی هستند (Huang *et al.*, 2014). از طرفی، به دلیل باندشدن روی توسط فیتات، قابلیت دسترسی این عنصر پایین است (Fordyce *et al.*, 1987). بنابراین، معمولاً روی به شکل مکمل به جیره طیور افزوده می‌شود (Huang *et al.*, 2014). مکمل‌های معدنی از منابع متفاوتی تأمین می‌شوند. از سال ۱۹۵۰ تاکنون منابع مختلفی از عناصر ریزمغذی معرفی شده است. در مکمل‌های معدنی اولیه، عنصر فلزی با پیوندی غیرکربنی به نمک اکسید و یا سولفات متصل می‌شد؛ خلوص پایین و وجود مواد ضدتغذیه‌ای در این ترکیبات، از جمله مشکلات این نوع از مکمل‌ها بوده و هست (Batal *et al.*, 2001). به علاوه، کیلات‌شدن کاتیون‌های دو ظرفیتی توسط اسیدفایتیک، یکی دیگر از محدودیت‌های این گونه منابع غیرآلی است (Viera, 2008). با این‌حال، روی آلی، نسبت به منابع غیرآلی، از جمله سولفات و اکسید روی، از قابلیت دسترسی بالاتری برخوردار بوده (Ammerman *et al.*, 1995) و در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در برخی از منابع آلی، عنصر فلزی با پیوند کربنی، توسط اسید آمینه کیلات‌شده و همانند بیوکمپلکس‌ها، نسبت به منابع غیرآلی درجه خلوص و جذب بالاتری دارند. یکی از دلایل قابلیت دسترسی بهتر منابع آلی، پایداری آنها در بخش پیشین دستگاه گوارش است که سبب رسیدن آنها

به روده کوچک و در نتیجه جذب بهتر می‌شود. بنابراین، روشن است که میزان جذب هر ماده معدنی به نوع منبع آن بستگی دارد (Ashmead, 1993). Mwangi *et al.* (2017) گزارش کردند جایگزینی روی آلی به جای منبع غیرآلی آن، سبب افزایش عملکرد جوجه‌های گوشتی شد. Abd El-Hack (2018) نتیجه گرفت که جایگزینی ۲۵ درصد منابع آلی مس-روی-منگنز به جای منبع غیر آلی (سولفات) این عناصر، کیفیت پوسته تخم‌مرغ را بهبود بخشید.

منابع آلی گرچه به نسبت منابع غیر آلی میزان جذب بالاتری دارند (Abd El-Hack *et al.*, 2018)، اما گران‌تر نیز هستند و شاید ترکیب آنها با منابع غیرآلی (سولفات و اکسید) در صورت حفظ اثرات مثبت آنها، از نظر اقتصادی بتواند راهکار مناسبی باشد. با این‌حال، اخیراً منبع جدید هیدروکسی روی، تولید و به بازار عرضه شده که بنا به ادعای شرکت تولیدکننده، علاوه بر خلوص و جذب بالاتر، قیمت مناسب‌تری داشته و به علت عدم اکسیداسیون، پایداری بوده و نیز اثر مخرب بر ترکیبات حساس جیره از جمله ویتامین‌ها ندارد. در ساختمان فرم هیدروکسی روی، عنصر فلزی با پیوند کووالانسی به یک گروه OH متصل است. به‌کارگیری منابع هیدروکسی منگنز، روی و مس به میزان ۷۰ درصد منبع سولفات این عناصر (Sohrabi *et al.*, 2020) یا ۵۰ میلی‌گرم هیدروکسی منگنز به جای ۷۰ میلی‌گرم سولفات منگنز یا کمپلکس آلی منگنز-متیونین (Ghale Sefidi *et al.*, 2019) و نیز ۵۰ میلی‌گرم هیدروکسی روی به جای سولفات روی یا کمپلکس روی-متیونین در جیره مرغ تخمگذار (Afshar *et al.*, 2020) نتایج مطلوبی به همراه داشته است. ولی هنوز آزمایش‌های کافی برای راستی آزمایشی ادعای شرکت تولیدکننده مبنی بر برتری این منبع نسبت به منابع رایج در جیره جوجه گوشتی انجام نگرفته است. بنابراین، این آزمایش با هدف مقایسه اثرات منابع سولفات روی، هیدروکسی کلراید روی و ترکیب دو منبع متداول غیرآلی روی (سولفات و اکسید) با منبع کیلاته آلی روی-متیونین بر عملکرد و آنزیم‌های کبد جوجه‌های گوشتی انجام گرفت.

بال) انجام و نمونه‌های سرم خون برای اندازه‌گیری آنزیم‌های لاکتات دهیدروژناز (LDH)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، آسپارات-ترانس‌آمیناز (AST) و آلانین ترانس‌آمیناز (ALT) به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه‌ها با دستگاه اتوانالایزر (BT3500- بیوتک نیکا، ایتالیا) و با کیت‌های آزمایشی مربوطه (شرکت پارس آزمون) مورد سنجش قرار گرفت.

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره پایه

Table 1. Ingredient composition and calculated nutrient content of the diets

Ingredients	0-10 days	11-24 days	25-42 days
Corn	585.3	587.2	672.3
Soybean meal (44%)	371.5	361.2	275.1
Soybean oil	0.8	14.4	14.2
CaCO ₃	11.5	10.8	9.9
DCP	16.5	14.3	12.7
Common salt	2.4	3.1	3.1
Vitamin and Mineral premix*	5	5	5
Sodium Bicarbonate	1	0	0
DL-Methionine	2.3	2.5	2.5
L-Lysine	1.7	0.1	2.5
L-Threonine	0.8	0.2	1.5
Choline Chloride	1	1	1
nutrient content			
AME (kcal/kg)	2900	2980	3075
Crude protein (%)	21.2	20.4	18
Calcium (%)	0.9	0.86	0.78
Available P (%)	0.45	0.43	0.39
Sodium (%)	0.16	0.16	0.16
Met (%)	0.54	0.52	0.47
Met+ Cys (%)	0.98	0.91	0.84
Lysine (%)	1.29	1.15	1.09

* Vitamin and mineral premix provided per kg of diet: vitamin A (retinol), 8800 IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 2100 IU; vitamin E (dl- α -tocopheryl acetate), 20 IU; vitamin K3 (menadione), 2.2 mg; vitamin B6 (pyridoxine), 10 mg; vitamin B12 (cyanocobalamin), 0.06 mg; vitamin B3 (niacin), 35 mg; vitamin B5 (pantothenic acid), 8 mg; vitamin B9 (folic acid), 0.8 mg; Choline chloride: 550 mg; Mn (manganese sulfate), 75 mg; Se (sodium selenite) 0.3 mg; Iodine (calcium iodate) 0.9 mg; Cu (copper sulfate) 8 mg and Fe (iron sulfate) 50 mg; Zn, 80 mg (Zn in experimental treatments were supplied in different forms as hydroxychloride, amino acid complex, sulfate or oxide).

نتایج به‌دست‌آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و با استفاده از مدل آماری زیر و رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. وزن اولیه جوجه‌ها به عنوان عامل کواریت در نظر گرفته شد. بررسی نرمال‌بودن داده‌ها و همگنی واریانس، به‌ترتیب با آزمون شاپیرو-ویلک و لوین صورت گرفت. تبدیل arc-sine روی داده‌های درصدی انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Fisher's protected LSD در سطح معنی‌دار ۵ درصد استفاده شد:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(x_{ij} - \bar{x}) + \varepsilon_{ij}$$

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ به مدت ۴۲ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، ۴ تکرار و ۱۵ قطعه جوجه در هر تکرار استفاده شد. برای مقایسه منابع مختلف روی، تیمارهای آزمایشی به این شکل طراحی شدند: (۱) شاهد منفی؛ بدون مکمل روی، (۲) شاهد مثبت دارای ۸۰ میلی‌گرم سولفات روی در کیلوگرم جیره، (۳) ۸۰ میلی‌گرم هیدروکسی کلراید روی در کیلوگرم جیره، (۴) ۶۰ میلی‌گرم سولفات روی + ۲۰ میلی‌گرم روی آلی (روی-متیونین) در کیلوگرم جیره، (۵) ۴۰ میلی‌گرم سولفات روی + ۴۰ میلی‌گرم اکسید روی در کیلوگرم جیره، (۶) ۳۰ میلی‌گرم سولفات روی + ۳۰ میلی‌گرم اکسید روی + ۲۰ میلی‌گرم روی آلی در کیلوگرم جیره. هیدروکسی کلراید روی، محصول شرکت Micronutrients آمریکا با نام تجاری Intellibond[®] Z (حاوی ۵۵ درصد روی) و فرمول $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$ بود. غلظت روی در هر یک از منابع آلی، غیرآلی و هیدروکسی مورد استفاده در آزمایش، بوسیله روش طیف سنجی جذب اتمی (AOAC, 1995) آنالیز شد. در سالن پرورش، تعداد ۲۴ واحد آزمایشی به ابعاد ۱/۵×۱/۴ متر تعبیه شد. برای جلوگیری از ایجاد خطا، از به‌کارگیری وسایل گالوانیزه در کل آزمایش خودداری شد. همچنین پیش از انجام آزمایش، آب مصرفی از نظر میزان روی (۰/۰۴۸ ppm) مورد آزمایش قرار گرفت. ترکیب جیره پایه (شاهد منفی) و تجزیه تقریبی آن در جدول ۱ آمده است.

افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک روزانه، و ضریب تبدیل خوراک برای هر دوره (آغازین، رشد و پایانی) با در نظر گرفتن مرگ‌ومیر برای هر واحد آزمایشی، محاسبه شد. در پایان دوره ۴۲ روزه، از هر تکرار، دو قطعه (مرغ و خروس) به‌صورت تصادفی، انتخاب و پس از سه ساعت گرسنگی، وزن‌کشی و کشتار شده و وزن نسبی لاشه و اجزاء لاشه (سینه، ران، قلب، جگر، سنگدان، طحال، چربی شکمی، بورس فابریسیوس و تیموس) به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد. همچنین در هر تکرار، از یک قطعه خروس و یک قطعه مرغ خون‌گیری (از سیاهرگ زیر

روزانه بیشتری داشت ($P < 0.05$). گرچه این تفاوت با تیمار ۲ و ۶ معنی‌دار نبود. کمبود روی سبب کاهش اشتها و کاهش بهره‌وری خوراک و در نتیجه کاهش رشد می‌شود (Ensminger *et al.*, 1990). روی ممکن است در بیان ژن هورمون کنترل‌کننده اشتها (کوله‌سیستوکینین) نقش داشته باشد و کمبود آن در جیره سبب کاهش اشتها شود (Nakajima *et al.*, 2016). گرچه غلظت‌های بالای روی در جیره نیز ممکن است اثر منفی بر اشتها داشته باشد (NRC, 1994). روی از طریق اثر بر تولید و ترشح هورمون‌های رشد و آنزیم‌های مرتبط، با تنظیم تکثیر سلولی در رشد بدن اثرگذار است (Rossi, 2007). کمبود روی در حیوانات علاوه بر کاهش مصرف خوراک، سبب کاهش رشد، کاهش آزادسازی هورمون رشد و کاهش تولید فاکتور رشد شبه انسولینی نوع ۱ از کبد می‌شود. همچنین، تولید پروتئین باندشونده با هورمون رشد و گیرنده‌های آن در کبد کاهش می‌یابد (MacDonald, 2000). لذا گاهی کاهش رشد و سایر علائم بالینی ناشی از کمبود روی به دلیل کاهش شدید اشتها است (Dewar *et al.*, 1983). در آزمایشی افزایش مقادیر ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم مکمل روی به جیره سبب افزایش معنی‌دار رشد روزانه و مصرف خوراک نسبت به گروه شاهد شد (Liu *et al.*, 2011) و در آزمایشی دیگر جیره‌های با سطوح روی کمتر، موجب کاهش اشتها، کاهش مصرف خوراک و افزایش وزن در جوجه‌های گوشتی شدند (Rossi *et al.*, 2007).

که در آن مقدار هر مشاهده؛ $y_{ij} = \mu + \text{اثر میانگین جامعه} + \tau_i = \beta(x_{ij} - \bar{x})$ عامل کواریت و ε_{ij} مقدار باقیمانده است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد رشد در جدول ۲ آمده است. در دوره آغازین، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی مشاهده نشد، ولی در این دوره، بیشترین مصرف خوراک روزانه در جوجه‌هایی بود که جیره‌های دارای هیدروکسی‌کلراید روی (تیمار ۳) و یا ترکیبی از دو منبع آلی و غیرآلی روی (تیمار ۶) دریافت کردند. گرچه این تفاوت تنها با تیمارهای ۱ و ۵ معنی‌دار بود. عدم افزایش مصرف خوراک یا رشد، در اثر افزودن مکمل روی، احتمالاً نشان‌دهنده کافی بودن مقدار این عنصر در جیره شاهد منفی، برای رشد (به ویژه در مراحل ابتدایی) باشد (Jahani *et al.*, 2008). دلیل دیگر نیز وجود روی باقیمانده از کیسه زرده (با جذب آسان‌تر از لوله گوارش) است که بخشی از نیاز دوره آغازین را رفع می‌کند (Cao *et al.*, 2002). در هر حال روی در ساخت DNA و RNA، رشد و ترمیم بافت، آهکی شدن استخوان و انعقاد خون نقش دارد (Salim *et al.*, 2008). بیشترین میزان افزایش وزن در دوره رشد متعلق به تیمار ۳ بود، اگرچه این تیمار در دوره پایانی کمترین میزان افزایش وزن را نسبت به سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). همچنین، تیمار ۳ طی دوره رشد، نسبت به دیگر تیمارها، مصرف خوراک

جدول ۲. اثر منابع مختلف روی بر عملکرد و آنزیم‌های کبدی جوجه گوشتی

Table 2. Effects of different Zn sources on performance and liver enzymes level in broilers

Treatment	Weight Gain (g/day)				Feed Intake (g/day)			
	Starter (0-10 days)	Grower (11-25 days)	Finisher (26-42 days)	Total (0-42 days)	Starter (0-10 days)	Grower (11-25 days)	Finisher (26-42 days)	Total (0-42 days)
Negative Control (non-supplemented)	24.83±0.46	53.27 ^{bc} ±1.56	68.13 ^{bc} ±1.39	51.26 ^{cd} ±0.32	19.29 ^{bc} ±0.70	95.28 ^{ab} ±1.93	119.13 ^{bc} ±3.53	83.46 ^{bc} ±2.08
Positive Control (Zn Sulfate, 80mg/kg)	25.27±0.27	54.27 ^b ±2.50	68.00 ^{cd} ±1.16	51.52 ^{cd} ±0.67	19.89 ^{ab} ±0.63	98.74 ^{ab} ±1.15	115.10 ^{cd} ±1.87	82.77 ^{cd} ±1.55
Zn hydroxychloride (80 mg/kg)	25.77±0.35	61.74 ^b ±1.85	64.72 ^{cd} ±1.38	52.68 ^{cd} ±0.41	20.28 ^{ab} ±0.61	101.33 ^{ab} ±3.58	122.08 ^{ab} ±2.42	86.69 ^{ab} ±2.19
Zn Sulfate, 60mg/kg+Zn-Met, 20 mg/kg	25.50±0.86	53.63 ^b ±1.15	69.13 ^{abc} ±0.81	51.75 ^{cd} ±0.50	19.73 ^{abc} ±0.40	96.24 ^b ±3.39	119.15 ^{bc} ±4.04	83.34 ^{bc} ±2.02
Zn Sulfate, 40mg/kg+Zn Oxide, 40 mg/kg	24.23±0.13	53.99 ^b ±0.66	70.00 ^{cd} ±1.26	52.11 ^{cd} ±0.59	18.84 ^{cd} ±0.48	95.80 ^b ±3.05	125.04 ^b ±2.91	85.98 ^{ab} ±3.48
Zn Sulfate, 30mg/kg+Zn Oxide, 30 mg/kg+ Zn-Met, 20 mg/kg	25.29±0.94	52.96 ^b ±2.09	69.86 ^{bc} ±0.87	52.39 ^{ab} ±0.38	20.45 ^{ab} ±0.83	98.25 ^{ab} ±1.83	124.94 ^a ±4.54	87.92 ^a ±2.55
P Value	0.127	<.0001	<.0001	0.006	0.017	0.039	0.004	0.033
Treatment	Feed Conversion (g feed/g gain)				The Liver Enzymes (U/l)			
	Starter (0-10 days)	Grower (11-25 days)	Finisher (26-42 days)	Total (0-42 days)	AST	ALT	ALP	LDH
Negative Control (non-supplemented)	0.78±0.021	1.79 ^a ±0.088	1.75 ^{bc} ±0.056	1.63±0.041	254.8±43.2	4.00±1.00	6021 ^{ab} ±1018	2207±683
Positive Control (Zn Sulfate, 80mg/kg)	0.79±0.029	1.82±0.096	1.69 ^a ±0.038	1.61±0.026	219.4±34.2	4.88±1.46	7117 ^{ab} ±1132	1862±674
Zn hydroxychloride (80 mg/kg)	0.79±0.021	1.64 ^a ±0.022	1.89 ^a ±0.050	1.65±0.033	234.1±19.4	3.63±1.69	5035 ^a ±972	2087±716
Zn Sulfate, 60mg/kg+Zn-Met, 20 mg/kg	0.78±0.033	1.80 ^b ±0.055	1.73 ^{bc} ±0.070	1.61±0.037	231.4±37.0	5.13±1.36	4208 ^a ±823	2399±730
Zn Sulfate, 40mg/kg+Zn Oxide, 40 mg/kg	0.78±0.024	1.78 ^b ±0.054	1.79 ^b ±0.064	1.65±0.052	218.0±14.2	4.25±2.19	9576 ^b ±1738	1998±588
Zn Sulfate, 30mg/kg+Zn Oxide, 30 mg/kg+ Zn-Met, 20 mg/kg	0.81±0.005	1.86 ^b ±0.042	1.79 ^b ±0.058	1.68±0.038	218.4±15.4	4.71±1.11	9371 ^a ±2013	2190±613
P Value	0.422	0.004	0.003	0.149	0.114	0.387	0.001	0.959

a-d: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

شده است که افزودن منابع آلی روی (روی-لیزین و روی-متیونین) به جیره، ممکن است با بالا بردن افزایش مصرف خوراک، سبب عدم بهبود ضریب تبدیل غذایی شود (Jahanian *et al.*, 2008). با این حال، در پژوهش دیگری مشخص شد استفاده از جیره دارای مکمل روی در جوجه گوشتی، بهبود معنی داری در ضریب تبدیل غذایی ایجاد کرده است (Hegazy & Adachi, 2000).

میزان افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌ها در تیمارهای ۴، ۵ و ۶، که در جیره آنها ترکیبی از منابع آلی و غیر آلی به کار گرفته شده بود، تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند، اگرچه با توجه به قابلیت دسترسی بیشتر منابع آلی روی (Wedekind *et al.*, 1992) انتظار می‌رفت تیمارهای دارای منبع آلی روی، عملکرد بهتری نشان دهند. با افزایش قابلیت دسترسی، امکان کاهش مصرف املاح، به منظور کاهش دفع آنها توسط پرنده وجود دارد (Cheng *et al.*, 1998). مواد معدنی در دستگاه گوارش ممکن است با برخی ترکیبات دیگر جیره تشکیل کمپلکس‌هایی با قابلیت جذب پایین دهد، لذا استفاده از منابع آلی عناصر کم‌نیاز (پروتئین‌ها و کیلات‌ها) در جیره می‌تواند از تولید این کمپلکس‌ها پیشگیری نماید (Swiatkiewicz *et al.*, 2014).

در مطالعه حاضر استفاده از منبع آلی در تیمار ۶، مصرف خوراک را در دوره آغازین نسبت به تیمار ۵ که در آن از منبع آلی استفاده نشده بود، بهبود بخشید. در گزارشی، استفاده از جیره‌های دارای روی-متیونین سبب افزایش در وزن و مصرف خوراک شد (Wedekind *et al.*, 1992). در پژوهشی دیگر، بیشترین افزایش وزن در جوجه‌های تغذیه شده با منبع روی-متیونین، در مقایسه با منابع روی-لیزین، سولفات روی و اکسید روی، مشاهده و عنوان شد قابلیت دسترسی بالاتر کمپلکس‌های روی-متیونین و یا روی-لیزین نسبت به منبع سولفات روی یا اکسید روی نشان می‌دهد که متابولیسم این کمپلکس‌ها متفاوت از متابولیسم روی مکمل شده توسط منابع غیر آلی است (Jahanian *et al.*, 2008).

گرچه Star *et al.* (2012) با در نظر گرفتن محتوای

در آزمایش حاضر، تیمار دارای هیدروکسی کلراید روی اگرچه در دوره پایانی، کمترین افزایش وزن روزانه را داشت، ولی در کل دوره پرورش، بیشترین افزایش وزن روزانه را نشان داد. به طوری که این افزایش وزن نسبت به تیمار ۱ (شاهد منفی)، ۲ (شاهد مثبت، دارای سولفات روی) و تیمار ۴ (سولفات روی + روی کیلاته) معنی دار بود ($P < 0.05$).

در توافق با نتایج حاضر، در پژوهش دیگری استفاده از سولفات روی تا میزان ۳۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره گوشتی هیچگونه اثری بر افزایش وزن نداشت (Sunder *et al.*, 2008). با این حال، روی نقش مهمی در فعالیت‌های متابولیکی مانند ساخت پروتئین، سوخت‌وساز کربوهیدرات و فعالیت آنزیم‌ها و رشد بازی می‌کند (Sharideh *et al.*, 2015). به دلیل قابلیت دسترسی ناچیز روی در اقلام گیاهی (به دلیل باندشدن روی توسط فیتات)، برای رفع نیاز این عنصر، باید روی را به اغلب جیره‌ها افزود (Fordyce *et al.*, 1987). در آزمایشی با جایگزینی منابع سولفات مس و روی با منابع هیدروکسی، در جیره جوجه گوشتی، وزن پایانی جوجه‌ها به طور معنی داری افزایش یافت و یکی از دلایل آن کاهش پروتئولیز در ماهیچه سینه و کاهش تنش اکسیداتیو گزارش شد (Olukosi *et al.*, 2019).

در کل دوره پرورش (۴۲-۱ روزگی) تیمارهای ۳، ۵ و ۶ نسبت به دیگر تیمارها مصرف خوراک بیشتری داشته، ولی این افزایش تنها بین تیمار ۶ و تیمارهای شاهد منفی، شاهد مثبت و سولفات روی + روی کیلاته معنی دار بود. با وجود این، کمترین ضریب تبدیل غذایی طی دوره رشد (۲۵-۱۱ روزگی) در پرنده‌گانی که جیره دارای هیدروکسی کلراید روی دریافت کردند، مشاهده شد ($P < 0.05$). این روند طی دوره پایانی ادامه نیافت که دلیل آن روشن نیست. به طور کلی تفاوت معنی داری در ضریب تبدیل غذایی طی کل دوره ۴۲ روزه آزمایش بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P > 0.05$). این نتایج منطبق با نتایج مطالعه Sunder *et al.* (2008) است که گزارش کردند منابع مختلف روی تغییری در ضریب تبدیل غذایی طی ۱۵-۲۱ روزگی ایجاد نکرد. همچنین، نشان داده

جدول ۲ آمده است. هم‌چنان‌که مشاهده می‌شود، استفاده از منابع مختلف غیرآلی، هیدروکسی‌کلراید و ترکیب منابع غیرآلی سولفات و اکسید روی با منبع آلی روی-متیونین اثری بر سطح آنزیم‌های AST، ALT و LDH پلاسماي جوجه‌ها نداشت، ولی پرندگان تیمارهای ۵ و ۶ بالاترین سطح ALP را نشان دادند که تفاوت آن با تیمارهای ۳ و ۴ معنی‌دار بود. تیمارهای ۵ و ۶ هر دو دارای اکسید روی بودند؛ این‌که اکسید روی با چه سازوکاری سبب افزایش سطح ALP پلاسما شده، روشن نیست. با این‌حال، گزارش شده است که منابع آلی روی در مقایسه با منابع غیرآلی، فعالیت ALP را افزایش داده و بر فعالیت AST و ALP بی‌اثر است (Idowu *et al.*, 2011). به‌علاوه در آزمایش دیگری، بدون ذکر دلیلی مشخص، گزارش شد که ۱۰۰ میلی‌گرم اکسید روی در هر کیلوگرم جیره جوجه گوشتی نر، سبب افزایش فعالیت آنزیم ALP می‌شود (Karamouz *et al.*, 2009).

روی کوفاکتور آنزیم‌های کبدی از جمله ALT، ALP و AST است (Bennett *et al.*, 2001) فعالیت برخی از آنزیم‌ها می‌تواند معیار خوبی برای بررسی قابلیت دسترسی روی باشد. در ساختمان ALP روی وجود دارد. ارتباط نزدیکی بین فعالیت ALP پلاسماي خون و کلسیم و فسفر خون وجود دارد (Lan-xia *et al.*, 2006). این آنزیم در ذخیره کلسیم در استخوان نقش دارد، به‌طوری‌که کاهش فعالیت ALP سبب کاهش ضخامت استخوان در شرایط تنش گرمایی می‌شود (Nourozi *et al.*, 2014). از طرفی، یکی از دلایل بالا رفتن ALP خون، آسیب احتمالی کبدی است (Sarac & Saygili, 2007). گزارش شده است که با افزایش سطح اکسید روی در جیره جوجه‌های گوشتی، سطح ALP و LDH پلاسما افزایش می‌یابد (Sajadifar *et al.*, 2012). در حالی‌که در آزمایش دیگری مشخص شد افزایش سطح روی (۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در جیره مرغان مادر گوشتی به شکل اکسید روی، سطح آنزیم‌های AST، ALT و LDH را افزایش داده ولی اثری بر ALP نداشت (Sharideh *et al.*, 2015). همچنین گزارش شده است کمبود روی سبب کاهش غلظت ALP و در نتیجه کاهش تراکم استخوان و کیفیت پوسته تخم‌مرغ می‌شود (Hojberg *et al.*,

روی استخوان درشت‌نی به عنوان فراسنجه‌ی پاسخ و با بررسی شیب منحنی پاسخ خطی، نشان دادند که ارزش بیولوژیکی نسبی روی آلی (کیلات با اسید آمینه) در مقایسه با سولفات روی، ۱/۶۴ برابر است، ولی برخی از مطالعات هیچ تفاوتی در قابلیت دسترسی بین منابع آلی و غیرآلی روی نشان ندادند (Ammerman *et al.*, 1995). Ivânisinová *et al.* (2016) گزارش کردند که افزودن سولفات روی نسبت به مکمل روی-پروتئینات و روی-گلاسیسین سبب بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی، در جوجه‌های گوشتی شد، به‌طوری‌که این تفاوت با گروه دریافت‌کننده روی-گلیسین معنی‌دار بود. Sandoval *et al.* (1997) در توافق با یافته‌های آزمایش حاضر، کاهش مصرف خوراک را در جوجه‌های تغذیه شده با مکمل سولفات روی نسبت به دیگر منابع روی مشاهده کردند. در آزمایش حاضر طی دوره پایانی و کل دوره پرورش تیمار ۲ کمترین مصرف خوراک را نشان داد، به‌طوری‌که این تفاوت با برخی تیمارها (تیمار ۵ و ۶ در دوره پایانی و تیمار ۳ و ۶ در کل دوره) معنی‌دار بود ($P < 0.05$)، ولی چنین اثری طی دوره آغازین و رشد مشاهده نشد.

منابع آلی روی نسبت به منابع غیرآلی از جمله سولفات و اکسید روی از قابلیت دسترسی بالاتری برخوردارند (Ammerman *et al.*, 1995). در طیور قابلیت دسترسی اکسید روی نسبت به سولفات روی کمتر است، ولی سولفات روی تا حد زیادی در آب محلول است و اجازه واکنش یون‌های فلزی را برای تشکیل رادیکال آزاد می‌دهد (Edwards & Baker, 1999). این واکنش می‌تواند موجب تجزیه ویتامین‌ها و در آخر تجزیه چربی‌ها و روغن‌ها و کاهش ارزش تغذیه‌ای جیره شود. با این‌حال، اکسیدها کمتر واکنش می‌دهند و قابلیت دسترسی آنها نیز کمتر است (Batal *et al.*, 2001). علاوه بر واکنش‌دهندگی بالای سولفات‌ها، حلال بودن آنها در آب، اشتهای پرنده را کاهش می‌دهد و در پی آن مصرف خوراک کاهش می‌یابد (Jahani *et al.*, 2008).

نتایج اثر تیمارهای آزمایشی منابع مختلف روی بر آنزیم‌های کبدی (AST، ALT، ALP و LDH) در

۶ بود. با این حال، در پژوهش دیگری افزودن سطوح مختلف استات روی و سولفات منیزیم اثر معنی داری بر وزن نسبی سینه، ران، قلب و چربی حفره بطنی نداشت (Norouzi *et al.*, 2014). سازوکارهای دخیل در تغییر وزن نسبی قلب، سنگدان و چربی شکمی بین تیمارها در این آزمایش روشن نیست. همچنین، در جدول ۳ مشاهده می شود که استفاده از منابع مختلف روی، تأثیر معنی داری بر وزن نسبی بورس فابریسیوس، تیموس و طحال داشت. کاهش وزن نسبی بورس فابریسیوس با افزودن روی از منابع مختلف نسبت به شاهد منفی تنها در پرندگان تیمار ۴ (سولفات روی+ اکسید روی) معنی دار نبود و کاهش معنی دار وزن نسبی تیموس با افزودن مکمل روی از منابع مختلف، تنها در تیمار ۳ و ۵ مشاهده نشد. در همه گروه های آزمایشی وزن نسبی طحال نسبت به گروه شاهد مثبت افزایش یافت، ولی این افزایش تنها با تیمار ۶ معنی دار بود ($P < 0.05$). روی در واکنش های التهابی (Peterson *et al.*, 1998)، تکامل اجزای سیستم ایمنی و عمل سلول های آن نقش دارد (Rink & Haase, 2007) و کمبود آن سبب ضعف ایمنی سلولی می شود (Viriden *et al.*, 2004). تیموس اندامی تخصص یافته در سیستم ایمنی بدن است که وظیفه آن بالغ کردن لنفوسیت های T است. روی، سبب افزایش تعداد این لنفوسیت ها می شود و برای رشد و فعالیت طبیعی سلول های کشنده طبیعی ضروری است (Shankar & Prasad, 1998). همچنین سبب بهبود وضعیت سیستم ماکروفاژی و میزان نوتروفیل ها می شود.

2005). برخلاف مشاهدات آزمایش حاضر Mohannad & Nys (1999) عدم تأثیر مکمل روی بر میزان فعالیت ALP را گزارش کردند و دلیل آن را کافی بودن میزان روی جیره پایه بیان داشتند.

جدول ۳ وزن نسبی لاشه و اجزای آن را نشان می دهد. در بین تیمارهای آزمایشی مختلف، وزن نسبی لاشه، سینه، ران و جگر تفاوت معنی داری نداشت. بر خلاف نتایج حاضر، در پژوهش دیگری، افزودن مکمل آلی روی (روی-متیونین و روی-لیزین) افزایش درصد لاشه و سینه ی جوجه های گوشتی را به همراه داشت (Jahanian *et al.*, 2008) که دلیل آن جذب همزمان اسید آمینه (متیونین و لیزین) همراه با روی عنوان شد، زیرا کمپلکس های روی-متیونین و روی-لیزین به طور دست نخورده از مجرای روده به سلول های مخاطی انتقال می یابد (Hempe & Cousins, 1989). اگر روی-متیونین و روی-لیزین بدون تغییر جذب و حمل شوند، این کمپلکس ها ممکن است متیونین و لیزین بیشتری برای بافت فراهم کنند که می تواند تولید حیوان را هنگامی که متیونین و لیزین اسیدهای آمینه محدود کننده است، بهبود بخشد (Hempe & Cousins, 1989).

جدول ۳ نشان می دهد که وزن نسبی قلب، چربی شکمی و سنگدان تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت، به طوری که تیمار ۵ بیشترین وزن نسبی قلب را داشت که تفاوت آن با تیمارهای ۱، ۳ و ۴ معنی دار بود و بیشترین وزن نسبی سنگدان متعلق به تیمار ۱ و ۶ بود و کمترین درصد چربی شکمی متعلق به تیمار

جدول ۳. اثر منابع مختلف روی بر وزن نسبی اجزاء لاشه

Table 3. Effects of different Zn sources on relative weight of carcass components

Treatment	Carcass Characteristics (%)									
	Carcass	Breast	Leg	Heart	Liver	Gizzard	Spleen	Bursa	Thymus	Abdominal Fat
Negative Control (non-supplemented)	75.4±1.53	24.5±0.80	22.0±1.41	0.59 ^b ±0.045	2.87±0.249	2.00 ^a ±0.349	0.110 ^{ab} ±0.000	0.67 ^a ±0.070	0.45 ^a ±0.038	2.53 ^{ab} ±0.451
Positive Control (Zn Sulfate, 80mg/kg)	77.8±2.26	24.3±0.44	23.2±0.87	0.65 ^{ab} ±0.049	2.66±0.230	1.60 ^b ±0.151	0.103 ^b ±0.019	0.55 ^b ±0.066	0.35 ^b ±0.038	2.12 ^{bc} ±0.346
Zn hydroxychloride (80 mg/kg)	77.3±0.41	23.7±0.16	23.2±0.22	0.62 ^b ±0.019	2.27±0.324	1.44 ^b ±0.128	0.108 ^{ab} ±0.010	0.55 ^b ±0.042	0.46 ^a ±0.069	2.63 ^{ab} ±0.232
Zn Sulfate, 60mg/kg+Zn-Met, 20 mg/kg	76.9±1.55	23.9±0.29	23.0±0.69	0.64 ^b ±0.034	2.61±0.295	1.61 ^b ±0.124	0.115 ^{ab} ±0.019	0.60 ^{ab} ±0.044	0.36 ^b ±0.015	2.99 ^a ±0.322
Zn Sulfate, 40mg/kg+Zn Oxide, 40 mg/kg	77.3±1.72	24.4±0.80	22.7±1.41	0.70 ^a ±0.049	2.67±0.169	1.36 ^b ±0.188	0.125 ^{ab} ±0.010	0.54 ^b ±0.041	0.41 ^{ab} ±0.061	2.91 ^a ±0.647
Zn Sulfate, 30mg/kg+Zn Oxide, 30 mg/kg +Zn-Met, 20 mg/kg	77.7±1.96	24.3±0.51	23.2±0.82	0.64 ^{ab} ±0.034	2.45±0.463	2.08 ^a ±0.275	0.128 ^a ±0.005	0.57 ^b ±0.066	0.35 ^b ±0.065	1.92 ^c ±0.090
P Value	0.383	0.259	0.453	0.025	0.152	0.0007	0.048	0.037	0.014	0.006

a-d: Means within each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری کلی

افزودن مکمل روی از منابع مختلف سولفات روی، هیدروکسی کلراید روی و ترکیب منابع غیرآلی سولفات و اکسید روی با و بدون شکل آلی روی-متیونین به جیره شاهد تأثیری بر ضریب تبدیل غذایی در کل دوره پرورش نداشت. استفاده از منبع هیدروکسی کلراید روی سبب افزایش رشد در جوجه‌ها شد و توانست اثرات قابل مقایسه‌ای با دیگر منابع روی داشته باشد. همچنین، استفاده از اکسید روی در ترکیب با سولفات روی با و یا بدون منبع آلی روی-متیونین سبب افزایش سطح آنزیم آلکالین فسفاتاز پلاسما، نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی شد.

گزارش شده است که مقدار ۱۶۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره موجب افزایش تیترا آنتی‌بادی در شرایط دمای طبیعی در جوجه‌های گوشتی شد (Bertuzzi et al., 1998). در آزمایشی اثر سه سطح ۳۴، ۶۸ و ۱۸۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم جیره در جوجه‌های گوشتی مورد مطالعه قرار گرفته و مشخص شد با افزایش مقدار روی، سطح IgG و IgM نیز در خون افزایش یافت (Bartlett & Smith, 2003)، این پژوهش‌گران بیان داشتند که افزایش وزن نسبی تیموس و بورس فابریسیوس که از اندام‌های ایمنی است، تحت تأثیر روی سبب افزایش لنفوسیت‌های T شده و بر تیمولین اثر می‌گذارد و موجب تحریک سیستم ایمنی می‌شود.

REFERENCES

1. Abd El-Hack, M. E., Algawany, M., Amer, S. A., Arfm Wahdan, K. M. & El-Kholy, M. S. (2018). Effect of dietary supplementation of organic Zn on laying performance, egg quality & some biochemical parameters of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(2), 542-549.
2. Afshar Bakeshlou, A., Shirmohammad, F. & Mehri, M. (2020). Comparative effects of organic, inorganic and hydroxy zinc sources on performance of aged laying hen. *Animal Science Journal*. (in Press). (in Farsi)
3. Ammerman, C. B., Baker, D. H. & Lewis, A. J. (1995). *Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins*. Academic Press, San Diego, CA.
4. AOAC International. (1995). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. AOAC Int., Arlington, VA.
5. Ashmead, H. D., Graff, D. J. & Ashmead, H. H. (1985). *Intestinal absorption of metal ions and chelates*. Charles C Thomas Publication, Springfield, Illinois, U.S.A.
6. Bartlett, J. R. & Smith, M. O. (2003). Effects of different levels of zinc on the performance and immune competence of broilers under heat stress. *Poultry Science*, 82, 1580-1588.
7. Batal, A. B., Parr, T. M. & Baker, D. H. (2001). Zinc bioavailability in tetra basic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed soy concentrate diet. *Poultry Science*, 80, 87-90.
8. Bennett, P. M., Jepson, P. D., Law, R. J., Jones, B. R., Kuiken, T., Baker, J. R., Rogan, E. & Kirkwood, J. K. (2001). Exposure to heavy metals and infectious disease mortality in harbour porpoises from England and Wales. *Environmental Pollution*, 112, 33-40.
9. Bertuzzi, S., Manfreda, G. & Franchini, A. (1998) Influence of dietary inorganic zinc and vitamin E on broiler immune response. *Selezione Veterinaria*, 8(9), 627-636.
10. Cao, J., Henry, P. R., Davis, S. R., Cousins, R. J., Miles, R. D., Littell, R. C. & Ammerman C. B. (2002). Relative bioavailability of organic zinc sources based on tissue zinc and metallothionein in chicks fed conventional dietary zinc concentrations. *Animal Feed Science and Technology*, 101, 161-170.
11. Cheng, J., E. T. Kornegay & T. Schell. (1998). Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulfate and a zinc-lysine complex by young pigs. *Journal of Animal Science*, 76, 1064-1074.
12. Dewar, W. A., Wight, P. A., Rearson, R. A. & Gentel, M. J. (1983). Toxic effects of high concentrations of ZnO in the diet of the chick and laying hen. *British Poultry Science*, 2, 379-404.
13. Edwards, H. M. & Baker, D. H. (2000). Zinc bioavailability in soybean meal. *Journal of Animal Science*, 78, 1017-1021.
14. Edwards Jr., H. M. & Baker D. H. (1999). Bioavailability of zinc in several sources of zinc oxide, zinc sulfate, and zinc metal. *Journal of Animal Science*, 77, 2730-2735.
15. Ensminger, M. E., Oldfield, J. E. & Heinemann, W. W. (1990). *Feeds and Nutrition*. (2nd ed.). The Ensminger Publishing Company. Clovis, CA.
16. Fordyce, E. J., Forbes, R. M., Robbins, K. R. & Erdman Jr., J. W. (1987). Phytate×calcium/zinc molar ratios: Are they predictive of zinc bioavailability? *Journal of Food Science*, 52, 421-428.
17. Ghale Sefidi, M. J., Shirmohammad, F. & Mehri, M. (2019). Effect of dietary inclusion of sulphate, hydroxychloride and organic complex sources of manganese on egg quality of aged laying hens. *Iranian Journal of Animal Science*, 50(2), 131-141. (in Farsi)

18. Hegazy, S. M. & Adachi, Y. (2000). Comparison of the effects of dietary Selenium, Zinc and Selenium and Zinc supplementation on growth and immune response between chick groups that were inoculated with salmonella and aflatoxin or salmonella. *Poultry Science*, 79, 331-335.
19. Hempe, J. M. & Cousins, R. J. (1989). Effect of EDTA and zinc-methionine complex on zinc absorption by rat intestine. *Journal of Nutrition*, 119, 1179-1187.
20. Hojberg, O., Canibe, N., Poulsen, H., Hedeman, M. S. Hedemann, M. S. & Jensen, B. B. (2005). Influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 2267-2277.
21. Huang, Y., Lu, L., Li, S.F., Luo, X. G. & Liu, B. (2014). Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. *Journal of Animal Science*, 87, 2038-2046.
22. Idowu, O. M. O., Ajuwon, R. O., Oso, A. & Akinloye, O. A. (2011). Effect of Zinc supplementation on laying performance, serume, chemistry and Zn residue in tibia bone, liver, excreta and egg shell of laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 10, 225-230.
23. Ivanisinoва, O., Gresakova, L., Ryzner, M. & Ocelova, V. (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, 285-291.
24. Jahanian, R., Nassiri Moghaddam, H. & Rezaei, A. (2008). Improved broiler chick performance by dietary supplementation of organic zinc sources. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 21(9), 1348-1354.
25. Karamouz, H., Aghdam Shahriar, H., Ghiasi Ghale-Kandi, J. & Ghorbani, A. (2009). The effects of different levels of zinc oxide supplementation on small intestine enzaline phosphatase activity in male broilers. In: Proceedings of 2nd Conference on Agricultural Biotechnology, 15-16 Jul, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran. (in Farsi)
26. Lan-xia, Z., Zheng-xiang, S., Xin-ying, W., Ai-lian, G. & Bao-ming, L. (2006). Effects of ultraviolet radiation on skeleton development of broiler chickens. *Agricultural Science in China*, 5(4), 313-317.
27. Liu, Z. H., Lu, L., Li, S. F., Zhang, L. Y., Xi, L., Zhang, K. Y. & Luo, X. G. (2011). Effects of supplemental zinc source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry Science*, 90, 1782-1790.
28. Mabe, I., Rapp, C., Bain, M. M. & Nys, Y. (2003). Supplementation of corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science*, 82, 1903-1913.
29. MacDonald, R. S. (2000). The role of zinc in growth and cell proliferation. *Journal of Nutrition*, 130, 1500-1508.
30. McDowell, L. R. (2003). Zinc. In: L. R. McDowell (Ed), Minerals in Animal and Human Nutrition. (pp. 357-395) Elsevier Science.
31. Mohanna, C. & Nys, Y. (1999) Changes in zinc and manganese availability in broiler chicks induced by vegetal and microbial phytases. *Animal Feed Science and Technology*, 77, 241-253.
32. Mwangi, S., Timmons, J., Ao, T., Paul, M., Macalintal, L., Pescatore, A., Cantor, A., Ford, M. & Dawson, K. 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
33. Nakajima, S., Hira, T., Iwaya, H. & Hara, H. (2016). Zinc directly stimulates cholecystokinin secretion from enteroendocrine cells and reduces gastric emptying in rats. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 15, 108-114.
34. Norouzi, E., Daneshyar, M. & Farhoomand, P. (2014). Effects of zinc acetate and magnesium sulfate on performance, carcass characteristics and blood indices of broilers under heat stress condition. *Animal Science Researches*, 24(2), 83-93. (in Farsi)
35. NRC. (2007). Nutrient Requirements of Poultry. 9th Rev. Ed National Academy Press, Washington, D.C.
36. Olukosi, O. A., van Kuijk, S. J. A. & Han, Y. (2019). Sulfate and hydroxychloride trace minerals in poultry diets-comparative effects on egg production and quality in laying hens, and growth performance and oxidative stress response in broilers. *Poultry Science*, 98(10), 4961-4971.
37. Park, S. Y., Birkhold, S. G., Kubena, L. F., Nisbet, D. J. & Ricke, S. C. (2004) Review on the role of dietary Zn in poultry nutrition, immunity, and reproduction. *Biological Trace Element Research*, 101, 147-163.
38. Peterson, D. G., Scrimgeour, A. G., McClung, J. P. & Koutsos, E. A. (2008). Moderate zinc restriction affects intestinal health and immune function in lipopolysaccharide-challenged mice. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 19(3), 193-199.
39. Rink, L. & Haase, H. (2007). Zinc homeostasis and immunity. *Trends Immunology*, 28(1), 1-4.
40. Rossi, P., Rutz, M. A., Aniciuti, J. L. Rech, J.L. & Zauk, N. H. F. (2007). Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 16, 219-225.

41. Sajadifar, S. A., Naghashan, H. Z. & Shcherbakov, O. V. (2012). Effect of zinc on metalloenzymes activity and some blood parameters in broiler chicks vaccinated against coccidiosis. *Biological Journal of Armenia*, 3(64), 87-90.
42. Salim, H. M., Jo, C. & Lee, B. D. (2008). Zinc in broiler feeding and nutrition. *Avian Biology Research*, 1, 5-18.
43. Sandoval, M., Henry, P. R., Littell, R. C., Miles, R. D., Butcher G. D. & Ammerman C. B. (1997). Effect of dietary zinc source and method of oral administration on performance and tissue trace mineral concentration of broiler chicks. *Journal of Animal Science*, 77, 1788-1799.
44. Sarac, F. & Saygili, F. (2007). Causes of high bone alkaline phosphatase. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 21, 194-197.
45. SAS. (2014). Statistical Analysis Systems, Version 9.4. Cary, NC: SAS Institute Inc.
46. Shankar, A. H. & Prasad, A. S. (1998). Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68(2), 447S-463S.
47. Sharideh, H., Zhandi, M., Zaghari, M. & Akhlaghi, A. (2015). Effect of dietary zinc oxide and phytase on the plasma metabolites and enzyme activities in aged broiler breeder hens. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 9(4), 263-270.
48. Sohrabi, A., Mehri, M. & Shirmohammad, F. (2020). Comparative effects of organic, inorganic and hydroxy Mn, Zn, and Cu sources on performance of aged laying hens. *Animal Production Research*, (in Press). (in Farsi)
49. Star, L., van Der Klis, J. D., Rapp, C. & Ward, T. L. (2012). Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. *Poultry Science*, 91, 3115-3120.
50. Sunder, G., Panda, A. K., Gopinath, N. C. S., Rama Rao, S. V., Raju, M. V. L. N., Reddy, M. R. & Vijay Kumar, Ch. (2008). Effects of higher levels of zinc supplementation on performance, Mineral availability and immune competence in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 17, 79-86.
51. Swiatkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A. & Jozefiak, D. (2014). The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70, 475-485.
52. Viera, S. L. (2008). Chelated minerals for poultry. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10, 73-79.
53. Virden, W. S., Yeatman, J. B., Barber, S. J., Willeford, K. O., Ward, T. L., Fakler, T. M., Wideman, R. F. & Kidd, M. 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.
54. Wedekind, K. J., Hortin, A. E. & Baker D. H. (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for Zn-methionine, Zn sulfate, and Zn oxide. *Journal of Animal Science*, 70, 178-187.
55. Yan, F. & Waldroup, P.W. (2006). Evaluation of MINTREX[®] manganese as manganese for young broiler. *International Journal of Poultry Science*, 5, 708-713.