

Evaluation of performance, antioxidant status, morphology and microbiology of the ileum and the content of elements in the liver of broiler chickens fed with organic forms of zinc, copper, manganese and iron

Pourmostafa, M.¹, Daneshyar, M.^{2*}, Farhoomand, P.², Mirghelenj, A.³, Hashemi, A.⁴

1- Ph.D. Graduate, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran.

2- Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran.

3- Associate Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, University of Urmia, Urmia, Iran.

4- Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran.

*Corresponding author's email: daneshyar_mohsen@yahoo.com

(Received: 2023/12/9 Accepted: 2024/4/8)

Abstract

Ration composition and in particular, the amount of trace elements in the feed has become especially important to increase the economic efficiency and health of the poultry. Trace elements in the diet can affect feed consumption, growth performance and health status in birds by regulating enzyme activities, oxidation-reduction reactions and other biochemical functions. In this experiment, 360 one-day-old male broilers of Ross 308 strain were used in a completely randomized design with 6 treatments and 6 replicates from the age of 1 to 42 days. The experimental treatments consisted of 1. Control (basic diet), 2. Control diet with 5 mg copper-methionine, 20 mg manganese-methionine and 5 mg iron-methionine (CuMnFe), 3. Control diet with 40 mg gram of zinc-methionine, 20 mg of manganese-methionine and 5 mg of iron-methionine (ZnMnFe), 4. Control diet with 40 mg of zinc-methionine, 5 mg of copper-methionine and 5 mg of iron-methionine (ZnCuFe), 5. Control diet with 40 mg of zinc-methionine, 5 mg of copper-methionine and 20 mg of manganese-methionine (ZnCuMn), and 6. Control diet with 40 mg of zinc-methionine, 5 mg of copper-methionine, 20 mg of manganese-methionine and 5 mg of iron-methionine (ZnCuMnFe). Regarding the concentration of zinc, copper and manganese elements in the liver, the birds receiving the ZnCuFe, CuMnFe, ZnCuMn, ZnCuMnFe treatments showed a significant increase compared to the control birds. In terms of feed consumption and weight gain, ZnMnFe treatment birds and in terms of feed conversion ratio, CuMnFe treatment birds were in better condition than the birds of other treatments and the control treatment. Statistically, except for the amount of elements in the liver, none of the treatments had a significant effect on the measured parameters.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Broilers, Morphology and microbiology, Organic form of elements, Performance.

بررسی عملکرد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، مورفولوژی و میکروبیولوژی ایلئوم و محتوای عناصر در کبد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با فرم آلی عناصر روی، مس، منگنز و آهن

محمد پورمصطفی^۱، محسن دانشیار^{۲*}، پرویز فره‌مند^۲، سیدعلی میرقلنج^۳، علی هاشمی^۴

۱- دانش‌آموخته دکترای تغذیه دام و طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۴- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات: daneshyar_mohsen@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱/۲۰ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۹/۱۸)

چکیده

ترکیب جیره و به ویژه عناصر کم مصرف در خوراک، جهت افزایش بازده اقتصادی و سلامت طیور اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. عناصر کم مصرف در جیره می‌توانند بر مصرف خوراک، عملکرد رشد و وضعیت سلامتی در پرندگان از طریق تنظیم فعالیت‌های آنزیمی، واکنش‌های اکسیداسیون-احیاء و سایر عملکردهای بیوشیمیایی تأثیر بگذارند برای انجام این آزمایش از ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۶ تکرار از سن ۱ تا ۴۲ روزگی استفاده گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۱. شاهد (جیره پایه)، ۲. جیره شاهد به همراه ۵ میلی گرم مس-متیونین، ۲۰ میلی گرم منگنز-متیونین و ۵ میلی گرم آهن-متیونین (CuMnFe)، ۳. جیره شاهد به همراه ۴۰ میلی گرم روی-متیونین، ۲۰ میلی گرم منگنز-متیونین، ۵ میلی گرم آهن-متیونین (ZnMnFe)، ۴. جیره شاهد به همراه ۴۰ میلی گرم روی-متیونین، ۵ میلی گرم مس-متیونین، ۵ میلی گرم آهن-متیونین (ZnCuFe)، ۵. جیره شاهد به همراه ۴۰ میلی گرم روی-متیونین، ۵ میلی گرم مس-متیونین، ۲۰ میلی گرم منگنز-متیونین (ZnCuMn)، و ۶. جیره شاهد به همراه ۴۰ میلی گرم روی-متیونین، ۵ میلی گرم مس-متیونین، ۲۰ میلی گرم منگنز-متیونین، ۵ میلی گرم آهن-متیونین (ZnCuMnFe) بودند. نتایج نشان داد که غلظت عناصر روی، مس و منگنز در کبد، پرندگان دریافت‌کننده تیمارهای ZnCuMn، CuMnFe، ZnCuFe و ZnCuMnFe نسبت به پرندگان تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت. مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان تیمار ZnMnFe و ضریب تبدیل خوراک پرندگان تیمار CuMnFe نسبت به پرندگان بقیه تیمارها و تیمار شاهد وضعیت بهتر بود. در کل از لحاظ آماری به غیر از مقدار عناصر روی، مس و منگنز در کبد، هیچ یک از تیمارها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد، خصوصیات لاشه، مورفولوژی و میکروبیولوژی روده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ایجاد نکردند.

کلیدواژه‌ها: جوجه‌های گوشتی، فرم آلی عناصر، عملکرد، مورفولوژی و میکروبیولوژی

مقدمه

عناصر کم مصرف ضروری مانند روی، منگنز، مس و آهن در بسیاری از فرایندهای هضم، بیوسنتز و فیزیولوژیک بدن نقش دارند (Wang et al., 2019). روی، یک عنصر حیاتی برای حیوانات بوده و به عنوان کوفاکتور در بیش از ۳۰۰ متالوآنزیم، نقش مهمی در بسیاری از مسیرهای متابولیک، مانند سنتز پروتئین دارد (Salim et al., 2008). مس یک عنصر کم مصرف ضروری برای حیوانات بوده و در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی در بدن به عنوان مثال سوپراکسید- دیسموتاز، سیتوکروم اکسیداز و لیزیل اکسیداز، یا سروپلاسمین حضور دارد. مس به عنوان یک کوفاکتور عمل کرده و در انتقال و متابولیسم آهن، تشکیل گلبول‌های قرمز خون و عملکرد ایمنی بدن نقش دارد (Lesson, 2009). امروزه در صنعت خوراک از سولفات آهن به عنوان مکمل اصلی آهن استفاده می‌شود که باید به جیره حیوانات اضافه شود. گزارش شده است که مکمل معدنی آهن مانند سولفات آهن، دارای معایبی مانند جذب سریع رطوبت، طعم نامناسب و راندمان جذب پایین هستند که باعث می‌شود آهن بیشتری از بدن موجودات زنده به محیط زیست وارد شده و باعث آلودگی شود (Ma et al., 2014). منگنز یکی از عناصر کم مصرف است که مقدار کم آن در جیره‌های بر پایه ذرت و سویا و جذب ناکارآمد آن از طریق روده در طیور، بهینه‌سازی تأمین این عنصر به صورت مکمل برای طیور را ضروری نموده است (Wang et al., 2021). پژوهشگران دیگری نیز اثر پروتئینات منگنز و سولفات منگنز (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم/کیلوگرم) را بر عملکرد جوجه گوشتی در

شرایط دمایی عادی مقایسه کردند و گزارش کردند تفاوتی بین تیمارها در صفات عملکرد رشدی جوجه‌های گوشتی وجود نداشت (Brooks et al., 2012). تغذیه جوجه‌های گوشتی، با فرم آلی منگنز، روی و مس (سطح کم و زیاد) تا ۴۲ روزگی تأثیری بر عملکرد پرندگان در شرایط دمایی نرمال نداشت ولی با ادامه دوره پرورشی تا ۵۱ روزگی، به طور معنی‌داری وزن بیشتر و ضریب تبدیل خوراک بهتری به دست آمد (Sirri et al., 2016). با توجه به اهمیت و نقش عناصر کم مصرف در جوجه‌های گوشتی، این آزمایش به منظور بررسی هم‌زمان فرم آلی عناصر کم مصرف (روی، مس، منگنز و آهن) مازاد بر مکمل غیرآلی این عناصر بر بهبود عملکرد، وضعیت آنتی اکسیدانی و بهبود خصوصیات مورفولوژی و میکروبیولوژی جوجه‌های گوشتی تحت شرایط دمایی عادی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش از ۳۶۰ قطعه جوجه نر سویه راس ۳۰۸ در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۶ تکرار و تعداد ۱۰ پرنده در هر تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد، جیره پایه به همراه ۵ میلی گرم مس-متیونین، ۲۰ میلی گرم منگنز-متیونین و ۵ میلی گرم آهن-متیونین (CuMnFe)، جیره پایه به همراه ۴۰ میلی گرم روی-متیونین، ۲۰ میلی گرم منگنز-متیونین، ۵ میلی گرم آهن-متیونین (ZnMnFe)، جیره پایه به همراه ۴۰ میلی گرم روی-متیونین، ۵ میلی گرم مس-متیونین، ۵ میلی گرم آهن-متیونین (ZnCuFe) جیره پایه به همراه ۴۰ میلی گرم روی-متیونین، ۵ میلی گرم مس-متیونین، ۲۰ میلی گرم منگنز-

گرفت و در طی این مدت از سه جیره آغازین (۰ تا ۱۰ روزگی)، دوره رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و دوره پایانی (۲۵ الی ۴۲ روزگی) مطابق با توصیه‌های راهنمای راس ۳۰۸ و به وسیله نرم افزار جیره‌نویسی Uffda تنظیم و آماده شدند (جدول ۱).

میانگین وزنی جوجه‌ها در شروع آزمایش 45 ± 2 گرم بود. برنامه نوری ۲۳ ساعت روشنایی و ۱ ساعت خاموشی در کل دوره آزمایشی اعمال شد. جوجه‌ها طی ۴۲ روز، روی بستر پوشالی پرورش یافتند و در تمام مدت آزمایش دسترسی آزاد به آب و خوراک داشتند جوجه‌های هر قفس (۱×۱×۱ متر) بصورت - تیماری در سن یک روزگی و در پایان هر دوره آزمایش توزین شدند. میانگین وزن بدن، مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)، پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) و کل دوره (۱ تا ۴۲ روزگی)، محاسبه شد. در پایان دوره (۴۲ روزگی) ۱ قطعه پرنده از هر تکرار (۶ پرنده از هر تیمار) بطور تصادفی انتخاب و پس از کشتار کبد مربوط به هر پرنده در هر تکرار جمع‌آوری شده و سپس برای تجزیه و تحلیل منجمد شدند. محتوای عناصر کم-مصرف کبد (روی، منگنز، مس و آهن) همانطور که توسط گاجولا و همکاران توصیف شده تعیین شد (Gajula et al., 2011). به منظور بررسی مورفولوژی روده کوچک، نمونه‌برداری از ایلئوم و از محل اتصال سکوم‌ها برداشته شد. برای تثبیت، نمونه‌ها در فرمالین ۱۰ درصد (یک قسمت فرمالین تجاری با ۹ قسمت آب) نگهداری و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. پس از تثبیت در داخل پارافین و فرآوری به

متیونین (ZnCuMn) و جیره پایه به همراه ۴۰ میلی-گرم‌روی-متیونین، ۵ میلی‌گرم مس-متیونین، ۲۰ میلی-گرم منگنز-متیونین، ۵ میلی‌گرم آهن-متیونین (ZnCuMnFe) بودند. جیره شاهد یا جیره پایه دارای همه عناصر بر اساس توصیه سویه راس ۳۰۸ بوده که به صورت مکمل معدنی به جیره اضافه شد ولی فاقد فرم آلی عناصر بود و در سایر جیره‌های آزمایشی فرم آلی عناصر علاوه بر مکمل معدنی به جیره پایه افزوده شد که با احتساب آن مقدار کل عناصر در هر تیمار به فرم زیر می‌باشد.

تیمار ۱- جیره پایه (شاهد): روی ۱۰۰، منگنز ۱۰۵، مس ۱۵ و آهن ۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم

تیمار ۲- جیره پایه + تیمار CuMnFe (مس، منگنز، آهن): روی ۱۰۰، منگنز ۱۲۵، مس ۲۰ و آهن ۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم

تیمار ۳- جیره پایه + تیمار ZnMnFe (روی، منگنز، آهن): روی ۱۴۰، منگنز ۱۲۵، مس ۱۵ و آهن ۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم

تیمار ۴- جیره پایه + تیمار ZnCuFe (روی، مس، آهن): روی ۱۴۰، منگنز ۱۰۵، مس ۲۰ و آهن ۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم

تیمار ۵- جیره پایه + تیمار ZnCuMn (روی، مس، منگنز): روی ۱۴۰، منگنز ۱۲۵، مس ۲۰ و آهن ۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم

تیمار ۶- جیره پایه + تیمار ZnCuMnFe (روی، مس، منگنز، آهن): روی ۱۴۰، منگنز ۱۲۵، مس ۲۰ و آهن ۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم

فرم آلی عناصر از شرکت دانش پژوهان نوین خوراک ارومیه تهیه شد. این آزمایش در ۴۲ روز انجام

کمک دستگاه خودکار فرآوری کننده بافت، برش‌های عرضی به ضخامت ۵ میکرومتر از قطعات بافت با استفاده از دستگاه میکروتوم چرخان نیمه اتوماتیک مدل CUTX200 ساخت شرکت پویا ابزار آزما، انجام گرفت. رنگ آمیزی بافت‌ها توسط روش رنگ‌آمیزی هماتوکسین-ئوزین ساخت شرکت پارس پیوند صورت گرفت. طول پرز، عمق کریپت و ضخامت لایه عضلانی با استفاده از یک میکروسکوپ نوری، مدل Nikon Eclipse Ts2R ساخت کشور ژاپن متصل به رایانه و نرم افزار مربوطه انجام شد. همچنین نمونه‌گیری از محتویات ایلئوم پرنده‌های کشته شده در ظروف استریل صورت گرفت و بلافاصله نمونه‌ها در دمای ۸۰- درجه سلسیوس منجمد شدند و جهت شمارش میکروبی به آزمایشگاه منتقل شدند. برای شمارش تعداد باکتری‌ها از روش رقیق سازی، کشت میکروبی و سپس شمارش کلنی‌ها استفاده شد. برای کشت لاکتوباسیل‌ها از محیط کشت، ام‌آرآث آگار (MRS) (تولیدی شرکت مرک آلمان) و برای کشت کلی‌فرم‌ها از محیط کشت ائوزین متیلن بلو آگار (EMB) استفاده شد. پس از کشت، محیط کشت ائوزین متیلن بلو آگار در شرایط هوازی به مدت ۴۸ ساعت و محیط کشت ام‌آرآث آگار در شرایط بی‌هوازی و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در گرمخانه قرار گرفتند (Mingan, 2001). در روز ۴۲ آزمایش، عمل خون‌گیری از سیاهرگ بال (۲ میلی‌لیتر) به ازای هر پرنده اخذ شد. سپس سرم شفاف از خون‌های گرفته شده با سانتریفیوژ ۳۰۰۰ rpm (ساخت شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان) به مدت ۱۰ دقیقه جدا شد و در داخل میکروتیوب‌ها در دمای

۲۰- درجه سلسیوس نگهداری گردید تا برای انجام آزمایش‌های نهایی به آزمایشگاه انتقال داده شود. فاکتورهای گلوکز، پروتئین و آلبومین، با دستگاه اسپکتروفتومتر (Alcyon USA, 300) و توسط کیت شرکت پارس آزمون (تهران، ایران) اندازه‌گیری شدند. آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و گلوکاتیون پراکسیداز (GPX) و ظرفیت کل آنتی اکسیدانی (T-AOC)، توسط کیت‌های تهیه شده از شرکت راندکس (Randox UK, crumlin, Labs) اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری مالونیل دی‌آلدهید (MDA)، از روش اسپکتروفتومتری تیوباریتوریک اسید استفاده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از پلاسما به ۳ میلی‌لیتر اسید فسفوریک ۱ درصد و ۱ ml تیوباریتوریک اسید (TBA) ۰/۶ درصد و ۰/۱۵ ml از هیدروکسی تولون بوتیره ۲۰ درصد در متانول ۹۵ درجه اضافه گردید و پس از حرارت دادن در آب جوشیده به مدت ۴۵ دقیقه سرد شده و ۴ ml بوتانول اضافه گردید. سپس فاز بوتانول با سانتریفیوژ جدا شد. میزان جذب در طول موج ۵۳۲ nm با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (شرکت فرا آزما، ایران) و مقایسه میزان جذب با منحنی استاندارد تعیین گردید. همچنین در پایان دوره، ۱ قطعه پرنده از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و از سیاهرگ بال (۲ میلی‌لیتر) خون‌گیری شد شمارش افتراقی گلبول‌های سفید به طریق تهیه گسترش‌خونی و رنگ‌آمیزی گیمسا و شمارش زیر میکروسکوپ نوری Nikon (ساخت ژاپن) انجام شد.

-**تحلیل آماری داده‌ها:** بعد از جمع‌آوری اطلاعات، آنالیز آماری ضریب تبدیل خوراک، میانگین افزایش-

۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت. مدل آماری طرح هم به صورت $Y_{ij} = \mu + a_j + e_{ij}$ بود که در این مدل Y_{ij} : مقدار هر مشاهده برای صفت مورد مطالعه، μ : میانگین کل، a_j : اثر تیمار و e_{ij} : اثر خطای آزمایشی را نشان می‌دهد.

وزن روزانه و میانگین خوراک مصرفی، میکروبیولوژی و مورفولوژی روده، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار عناصر در کبد در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS، نسخه ۹/۱ و با رویه (GLM) انجام شد. مقایسه اختلافات معنی‌دار در سطح

جدول ۱- ترکیب جیره پایه

اجزای جیره (کیلوگرم)	آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)	رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)	پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)
ذرت	۵۴/۲۸	۵۸/۵۸	۶۲/۷۴
کنجاله سویا	۳۸/۹۳	۳۴/۳۷	۲۹/۶۵
روغن گیاهی	۲/۱۲	۲/۸۶	۳/۷
دی-ال-متیونین	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۲۷
ال-لایزین کلراید	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۵
ال-ترئونین	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۶
دی کلسیم فسفات	۲/۱۵	۱/۸۵	۱/۷۱
مکمل ویتامینی*	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی**	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
نمک طعام	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۸
کربنات کلسیم	۱	۰/۹۰	۰/۸۴
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

میزان مواد مغذی اندازه‌گیری شده جیره

انرژی متابولیسمی (kcal/kg)	۲۹۱۰	۳۰۰۷	۳۱۰۴
پروتئین خام (درصد)	۲۲/۳	۲۰/۸	۱۸/۹
کلسیم (درصد)	۰/۹۳	۰/۸۱	۰/۷۶
فسفر قابل استفاده (درصد)	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۳۷
سدیم (درصد)	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
کلر (درصد)	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
پتاسیم (درصد)	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸
لایزین (درصد)	۱/۲۴	۱/۱۱	۰/۹۹
متیونین (درصد)	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۲
متیونین+سیستین (درصد)	۰/۹۲	۰/۸۴	۰/۷۸
آرژنین (درصد)	۱/۳۳	۱/۱۹	۱/۰۶
لوسین (درصد)	۱/۳۷	۱/۲۳	۱/۰۹
ترئونین (درصد)	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۶۶
تریپتوفان (درصد)	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۵

والین (درصد)	۰/۹۳	۰/۸۲	۰/۷۵
* مکمل ویتامین شامل ویتامین‌های A ۷/۲g, B _۱ ۰/۷۲g, B _۲ ۳/۳g, B _۶ ۱/۲g, B _{۱۲} ۰/۱g, E ۱۴/۴g, K _۱ ۱/۶g, B _۵ ۱۲g, B _۷ ۰/۵g, H _۲ ۲g, C ۴۰۰g کلراید و ۵۵۰/۸۸g/kg مکمل بود. * مکمل معدنی شامل ۱۶g اکسید منگنز، ۱۰۰g اکسید روی، ۴۴g سولفات آهن، ۱۶g سولفات مس، ۰/۶۴g یدات کلسیم، ۸g پرمیکس سلنیوم و ۷۶۷/۳۶g/kg مکمل بود.			
هر کیلوگرم خوراک محتوی ۱۰۰ میلی گرم روی، ۱۰۵ میلی گرم منگنز، ۱۵ میلی گرم مس و ۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم آهن می‌باشد			

یافته‌ها

وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین (۱)

تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)، دوره پایانی (۱۱ تا ۴۲ روزگی) و کل دوره (۱ تا ۴۲ روزگی) وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$).

نتایج مربوط به اثرات فرم آلی عناصر (روی، مس، منگنز و آهن) بر صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی در جدول ۲، نشان داده شده است. تفاوتی بین تیمارهای آزمایشی از نظر مصرف خوراک، افزایش

جدول ۲- اثرات فرم آلی روی، مس، آهن و منگنز بر صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی در دمای عادی

آغازین	رشد	پایانی	کل دوره
تیمارها			
افزایش وزن (گرم به ازای هر جوجه در دوره)			
تیمار ۱	۱۹۹/۲	۷۴۸/۱	۱۴۸۵/۹
تیمار ۲	۲۰۷/۶	۸۳۰/۸	۱۴۳۶/۶
تیمار ۳	۲۱۰/۳	۸۵۸/۷	۱۵۴۲/۶
تیمار ۴	۲۰۸/۷	۷۷۴/۷	۱۵۷۱/۵
تیمار ۵	۲۰۰/۹	۷۶۵/۲	۱۴۹۰/۵
تیمار ۶	۱۹۳/۱	۷۴۲/۹	۱۴۲۶/۹
ارزش معنی‌داری	۰/۴۳۲	۰/۵۲۶	۰/۴۱۲
خطای استاندارد	۶/۶۴۸	۵۱/۲۳	۵۵/۸۴۴
تیمارها			
مصرف خوراک (گرم به ازای هر جوجه در دوره)			
تیمار ۱	۲۲۵/۳	۱۳۸۶	۲۹۴۱
تیمار ۲	۲۰۲/۳	۱۳۰۸	۲۹۰۳
تیمار ۳	۲۲۵/۶	۱۳۷۱	۳۰۱۱
تیمار ۴	۲۱۶/۶	۱۳۷۴	۲۹۷۸
تیمار ۵	۲۱۲/۳	۱۳۱۹	۲۹۲۱
تیمار ۶	۱۹۲/۰	۱۳۵۲	۲۸۴۷
ارزش معنی‌داری	۰/۱۹۸	۰/۶۵۰	۰/۶۹۳
خطای استاندارد	۱۰/۵۸۰	۳۸/۶۲۰	۷۴/۰۲۰
تیمارها			
ضریب تبدیل خوراک			
تیمار ۱	۱/۱۴	۱/۶۶	۱/۹۹
تیمار ۲	۰/۹۸	۱/۵۲	۲/۰۶
تیمار ۳	۱/۰۷	۱/۶۳	۱/۹۵
تیمار ۴	۱/۰۴	۱/۷۸	۱/۸۹

تیمار ۵	۱/۰۵	۱/۷۳	۱/۹۸	۱/۸۲
تیمار ۶	۱/۰۰	۱/۸۴	۲/۰۰	۱/۸۶
ارزش معنی‌داری	۰/۵۲۷	۰/۲۷۶	۰/۸۸۰	۰/۵۵۷
خطای استاندارد	۰/۰۶۲	۰/۰۹۷	۰/۰۹۴	۰/۰۵۵
تیمار ۶	۱/۰۰	۱/۸۴	۲/۰۰	۱/۸۶
ارزش معنی‌داری	۰/۵۲۷	۰/۲۷۶	۰/۸۸۰	۰/۵۵۷
خطای استاندارد	۰/۰۶۲	۰/۰۹۷	۰/۰۹۴	۰/۰۵۵

جدول ۳- اثرات فرم آلی روی، مس، منگنز و آهن بر مورفولوژی و میکروبیولوژی ایلنوم جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی در دمای عادی

تیمارها	طول پرز (μm)	عمق کریپت (μm)	طول پرز به عمق کریپت (μm)	ضخامت لایه عضلانی (μm)	کلی فرم (log cfu/g)	لاکتوباسیلوس (log cfu/g)
تیمار ۱	۷۵۴/۶	۱۴۱/۴	۵/۳۳۴	۳۱۴/۸	۳/۶۶۶	۳/۳۲۳
تیمار ۲	۷۶۴/۹	۱۴۱/۶	۵/۴۱۵	۳۲۶/۷	۳/۳۰۸	۳/۵۰۵
تیمار ۳	۷۶۹/۹	۱۳۸/۱	۵/۴۶۱	۳۱۰/۳	۳/۴۵۳	۳/۶۲۵
تیمار ۴	۷۶۵/۲	۱۳۹/۲	۵/۴۹۸	۳۱۱/۹	۳/۶۸۵	۳/۶۱۳
تیمار ۵	۷۹۳/۱	۱۴۲/۵	۵/۵۷۵	۳۰۶/۱	۳/۷۸۵	۳/۹۴۳
تیمار ۶	۷۷۵/۳	۱۴۰/۵	۵/۵۳۸	۳۱۷/۹	۳/۴۷۵	۳/۷۷۶
ارزش معنی‌داری	۰/۸۶۷	۰/۷۶۴	۰/۹۶۵	۰/۹۶۸	۰/۳۶۴	۰/۲۹۲
خطای استاندارد	۲۴/۴۳۲	۲/۳۱۵	۰/۲۰۸	۱۷/۰۰۶	۰/۱۶۸	۰/۱۸۸

یافته‌های این آزمایش در جدول ۴، نشان داد که هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تاثیر معنی‌داری بر میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، گلوکز، آلبومین و پروتئین کل نداشتند. هم چنین نسبت هتروفیل به لنفوسیت نیز تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

همچنین اثرات فرم آلی عناصر روی، مس، منگنز و آهن بر مورفولوژی و میکروبیولوژی ایلنوم در جدول ۳، در پایان دوره پرورشی نشان داد که تیمارهای حاوی فرم آلی عناصر، تاثیری بر طول پرز، عمق کریپت، نسبت طول پرز به عمق کریپت و ضخامت لایه عضلانی و همچنین تعداد باکتری‌های کلی فرم و لاکتوباسیلوس نداشت ($p > 0.05$).

جدول ۴- اثرات فرم آلی روی، مس، آهن و منگنز بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در دمای عادی

تیمارها	سوپراکسید دیسموتاز (u/ghb)	گلوتاتیون پراکسیداز (u/ghb)	ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (mmol/l)	گلوکز (mg/dl)	آلبومین (g/dl)	پروتئین کل (g/dl)	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
تیمار ۱	۹/۸۶	۶۹/۰۵	۱/۷۱	۲۱۰/۱	۱/۵۲	۳/۶۵	۰/۴۵
تیمار ۲	۱۰/۴۸	۷۲/۳۶	۱/۷۳	۲۱۳/۶	۱/۶۰	۳/۵۳	۰/۴۱
تیمار ۳	۱۰/۰۸	۶۱/۷۴	۱/۸۵	۲۱۶/۵	۱/۵۸	۳/۶۱	۰/۴۴
تیمار ۴	۱۰/۶۳	۶۷/۲۸	۱/۷۵	۲۰۱/۵	۱/۶۲	۳/۶۷	۰/۴۰

تیمار ۵	۱۰/۹۸	۶۲/۶۴	۱/۷۶	۲۰۳/۸	۱/۵۰	۳/۶۶	۰/۴۳
تیمار ۶	۱۰/۵۷	۷۲/۹۹	۱/۷۷	۲۰۲/۶	۱/۶۱	۳/۶۸	۰/۴۲
ارزش معنی داری	۰/۴۶۷	۰/۳۴۴	۰/۵۳۹	۰/۱۹۰	۰/۴۵۸	۰/۸۲۹	۰/۲۷۸
خطای استاندارد	۰/۴۱۳	۴/۳۷۹	۰/۰۵۴	۵/۴۰۵	۰/۰۵۲	۰/۰۸۰	۰/۰۱۷

حروف متفاوت در هر ستون برای هر پارامتر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ است

در جدول ۵، نتایج آنالیز عناصر روی، مس، منگنز و آهن در کبد جوجه‌های گوشتی پس از کشتار در سن ۴۲ روزگی مشخص شده است. مقدار آهن در کبد تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($p < 0.05$).

در جدول ۵، نتایج آنالیز عناصر روی، مس، منگنز و آهن در کبد جوجه‌های گوشتی پس از کشتار در سن ۴۲ روزگی مشخص شده است. مقدار آهن در کبد تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($p > 0.05$).

جدول ۵- اثرات فرم آلی روی، مس، آهن و منگنز بر محتوای این عناصر در کبد (میلی گرم/کیلوگرم) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در دمای عادی

کبد				
تیمارها	روی	مس	منگنز	آهن
تیمار ۱	۴۵/۲۸ ^c	۸/۲۹ ^b	۷/۱۱ ^b	۲۷۷/۲۱
تیمار ۲	۴۴/۶۱ ^c	۹/۷۷ ^a	۸/۰۹ ^a	۳۰۹/۲۷
تیمار ۳	۴۸/۲۴ ^{bc}	۸/۳۸ ^b	۷/۶۱ ^{ab}	۲۹۶/۲۵
تیمار ۴	۵۵/۱۷ ^a	۸/۴۶ ^b	۶/۹۸ ^b	۲۸۰/۱۱
تیمار ۵	۵۱/۴۰ ^{ab}	۹/۵۸ ^a	۶/۹۲ ^b	۲۹۷/۱۷
تیمار ۶	۵۲/۹۷ ^{ab}	۹/۵۳ ^a	۷/۸۹ ^a	۲۹۶/۴۵
ارزش معنی داری	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۲۷۷
خطای استاندارد	۱/۹۱۱	۰/۲۷۷	۰/۲۴۳	۱۰/۳۹۵

حروف متفاوت در هر ستون برای هر پارامتر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ است.

بحث و نتیجه گیری

یافته‌های پژوهش حاضر مشخص کرد که افزودن فرم آلی عناصر تاثیری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نداشت (جدول ۲). عناصر کم مصرف موجود در جیره می‌توانند بر مصرف خوراک، عملکرد رشد و وضعیت سلامتی با تنظیم توانایی‌های آنزیمی و واکنش‌های زنجیره انتقال الکترون و سایر عملکردهای بیوشیمیایی در پرندگان تأثیر بگذارند (Liu et al., 2016). مطابق با نتایج این آزمایش، گزارش شد که

هیچ یک از اثرات اصلی شامل تغذیه با سطوح مختلف سولفات آهن و دوره‌های تغذیه‌ای و اثر متقابل بین آنها بر مقادیر میانگین افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک و همچنین وزن نهایی جوجه‌های گوشتی طی دوره ۱ تا ۴۲ روزگی تأثیرگذار نبودند (Behroozlak et al., 2019). به نظر می‌رسد سطوح بالاتر آهن افزودنی به جیره نسبت به سطح توصیه شده NRC (۱۹۹۴) باعث بهبود عملکرد تولیدی پرند نمی‌شوند چرا که آهن مصرفی به میزان محدودی می‌تواند جذب شود و

باقیمانده آهن مصرفی، در نهایت از بدن دفع خواهد شد (NRC, 1994). یانگ و همکاران، هیچ تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در بین تیمارهای آزمایشی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل روی، مس، آهن و منگنز برای دوره آغازین، دوره پایانی و کل دوره مشاهده نکردند (Yang et al., 2011). در آزمایشی، گزارش شد که مکمل روی از منبع نانو (۸۰ میلی گرم/کیلوگرم)، بر مصرف خوراک، نسبت ضریب تبدیل خوراک، تولید تخم مرغ، استحکام و وزن پوسته تخم مرغ، وزن زرده و آلبومین و درشت‌نی مرغ‌های تخم‌گذار در شرایط دمایی نرمال تأثیر نمی‌گذارد (Abedini et al., 2018). بر خلاف نتایج آزمایش اخیر، نشان داده شد که مکمل سازی ۲۰ و ۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم آهن، عملکرد جوجه‌های گوشتی را در شرایط دمایی نرمال بهبود بخشید در حالی که سطوح بالاتر آهن از منبع سولفات آهن (بالاتر از ۱۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم) عملکرد را کاهش دادند (Vahl et al., 1987). در کل تفاوت‌ها در نتایج بدست آمده ممکن است به دلیل مقدار عناصر موجود در جیره پایه یا مقدار و نوع منبع عناصر آلی کم مصرف و همچنین شرایط پرورشی و نیز تفاوت در سن و سویه جوجه‌های گوشتی باشد. از سوی دیگر طبق جدول ۳، افزودن فرم آلی عناصر تأثیری بر مورفولوژی و میکروبیولوژی ایلئوم نداشت. اپی‌تلیوم روده اولین رابط بین میزبان، میکروبیوم ساکن و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا بوده و به عنوان یک مانع فیزیولوژیکی و ایمنی محسوب می‌شود (Kohler et al., 2007). مطابق با نتایج مطالعه اخیر، صحرایی و همکاران، هیچ تأثیر مثبتی از مکمل فرم آلی روی در

جیره، در مقایسه با اکسید روی، بر مورفولوژی و محتوای خاکستر درشت‌نی در جوجه‌های گوشتی نشان ندادند (Sahraei et al., 2013). در یک بررسی نشان داده شد که آهن بیش از حد تأثیر منفی بر رشد میکروبی و سلامت روده دارد (Lönnderdal, 2017). تصور می‌شود که آهن بالا منجر به افزایش آهن آزاد واکنشی می‌شود که باعث آسیب از طریق رادیکال‌های آزاد در دستگاه گوارش می‌شود. بر خلاف نتایج آزمایش اخیر، افزودن سولفات مس می‌تواند مورفولوژی مخاط روده را بهبود بخشد که ممکن است منجر به بهبود دسترسی به مواد مغذی شود که این با افزایش تعداد سلول‌های گابلت، افزایش سطح کل سلول‌های گابلت و ضخامت مخاطی و تعداد بیشتری از باکتری‌های تقسیم شده نسبت به جیره شاهد در ارتباط است (Attia et al., 2012). روی جیره دارای اثرات اساسی در ترمیم سلول‌های اپیتلیال با افزایش مقاومت آپوپتوزیس و شاخص تکثیر است که منجر به بهبود ارتفاع پرز در ایلئوم جوجه‌های گوشتی می‌شود (Shao et al., 2014). اطلاعات کمی در مورد تأثیر منگنز بر سلامت روده تک معده‌ایها وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد که منگنز جیره می‌تواند میکروبیوم و مورفولوژی روده را تعدیل کند (Chi et al., 2017). با استفاده از تکنیک‌های کشت سلولی در انسان، گزارش شد که اکسیدروی ممکن است از سلول‌های روده در برابر عفونت‌های اشریشیاکلی محافظت کند که با مهار چسبندگی و جلوگیری از تشکیل کلنی باکتری‌ها، جلوگیری از برهم خوردن یکپارچگی سد روده‌ای و تعدیل بیان ژن‌سیتوکین، این کار را انجام می‌دهد. اما اثر مستقیم ضد باکتریایی ندارد

(Roselli et al., 2003). در نگاهی به اثرات روی در جیره بر جمعیت میکروبی روده، بورتولوزی و همکاران، گزارش دادند که مکمل آلی روی، میزان لاکتوباسیلوس را در داخل محتوای هضمی ایلئوم و کوپروباسیلوس را در محتوای سکوم کاهش داد (Bortoluzzi et al., 2019). همچنین طبق جدول ۴، هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تاثیری بر فراسنجه‌های خونی نداشت. فراسنجه‌های هماتولوژیکی خون معمولاً مرتبط با سلامت پرنده هستند و اهمیت تشخیصی را در ارزیابی بالینی وضعیت سلامت پرنده دارند. همچنین این فراسنجه‌ها، شاخص‌های خوبی از وضعیت فیزیولوژیکی، پاتولوژیکی و تغذیه‌ای حیوانات هستند (Toghyani et al., 2010). ظرفیت آنتی اکسیدانی فاکتور مهمی برای حفظ و نگهداری سلامت حیوان محسوب می‌شود که از طریق بررسی سیستم‌های آنتی-اکسیدانی فیزیولوژیکی شامل آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلووتاتیون پراکسیداز و همچنین ترکیبات غیر آنزیمی مثل گلووتاتیون و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل تعیین می‌شود (Li et al., 2008). مطابق با نتایج آزمایش اخیر، گزارش شده است که تزریق داخل تخم مرغی آهن در جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی داری بر سطح پروتئین کل پلاسما نداشت. برعکس، جوجه‌های تیمار شاهد (بدون تزریق آهن) سطح آلبومین بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند (El-Said et al., 2019). در مطالعه جانکوسکی و همکاران در سال ۲۰۱۹، بر روی بوقلمون‌ها، افزودن فرم نانو و غیرآلی منگنز با سطوح (۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم/کیلوگرم)، در جیره هیچ تغییری در آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، گلووتاتیون

پراکسیداز و کاتالاز و مالون دی آلدئید در گوشت سینه ایجاد نکرد (Jankowski et al., 2019). سطوح گلوکز، آلبومین، گلوبولین، نسبت آلبومین و گلوبولین، پروتئین، اوره، کلسیم و فسفر در پرندگان تیمارهای آزمایشی (فرم آلی و معدنی روی، مس و منگنز) مشابه بود (Mishra et al., 2013). به طور مشابهی، در آزمایشی نفیسی و همکاران در سال ۱۳۹۸، نشان دادند که درصد هتروفیل، درصد لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت تحت تأثیر منبع و سطح مواد معدنی منگنز، روی و مس قرار نگرفتند (Nafisi et al., 2019). گزارش همسوی دیگری مشخص شده است که تعداد کل گلبول‌های سفید و سایر اجزای گلبول‌های سفید خون شامل هتروفیل‌ها، ائوزینوفیل‌ها، بازوفیل‌ها و همچنین نسبت هتروفیل به لنفوسیت تحت تأثیر سطوح مختلف مکمل سولفات آهن و دوره‌های تغذیه‌ای قرار نگرفتند (Behroozlak et al., 2019). برخلاف نتایج این آزمایش، مصرف فرم آلی روی و مخلوط آن با فرم معدنی روی باعث افزایش فعالیت سوپراکسید-دیسموتاز خون بلدرچین‌های ژاپنی گردید به نظر می‌رسد که فعالیت آنتی اکسیدانی روی در جلوگیری از آسیب رساندن به غشای سلول‌ها توسط رادیکال‌های آزاد تولید شده اعمال می‌شود (Prasad et al., 1997). افزودن منگنز به جیره جوجه‌های گوشتی با افزایش فعالیت منگنز سوپراکسید دیسموتاز باعث کاهش محتوای مالون دی آلدئید در عضله ران شد (Lu et al., 2006). در تحقیقی دیگر، بهبود پروتئین کل، آلبومین-سرم و گلوبولین در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی عناصر کم مصرف کیلاته در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با عناصر غیرآلی مشاهده شد (Richards et al.,

به طور قابل توجهی غلظت روی و آهن کبد را کاهش داد اگرچه این جیره محتوای مس کبد را نیز کاهش داد ولی این کاهش ناچیز بود (El-Husseiny *et al.*, 2012). آکسو و همکاران در سال ۲۰۱۱، گزارش کردند کاهش ۵۰ درصدی فرم آلی عناصر روی، منگنز و مس در جیره باعث کاهش معنی‌دار مقدار روی، منگنز، مس و آهن کبد در مقایسه با جیره‌هایی شدند که با ۱۰۰ درصد این عناصر از منابع غیرآلی تغذیه شده بودند (Aksu *et al.*, 2011). در یک مطالعه گزارش شد که افزایش در مکمل فرم آلی روی باعث افزایش محتوای روی، اندام‌ها می‌شود که در آن بیشترین مقدار به ترتیب در کبد، عضله ران و ماهیچه سینه مشاهده شد (Akbari *et al.*, 2016). در مطالعه یانگ و همکاران در سال ۲۰۱۸، مشاهده شد که افزایش غلظت مس در جیره با مکمل سولفات مس به طور قابل توجهی سطح مس کبد را افزایش داد (Yang *et al.*, 2018). تفاوت در نتایج می‌تواند به نوع پرنده آزمایشی، نوع و سطح مکمل استفاده شده و تفاوت در شرایط پرورشی و سن کشتار باشد. به طور کلی یافته‌های به دست آمده در تحقیق حاضر نشان داد که غلظت عناصر روی، مس و منگنز در کبد، پرندگان دریافت کننده تیمارهای ZnCuMnFe، CuMnFe، ZnCuMn و ZnCuMn نسبت به پرندگان تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشتند. از لحاظ مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان تیمار ZnMnFe و از لحاظ ضریب تبدیل خوراک پرندگان تیمار CuMnFe نسبت به دیگر تیمارها و تیمار شاهد وضعیت بهتری داشتند. در کل تیمارهای محتوی فرم آلی عناصر نسبت به تیمار شاهد، وضعیت بهتری از لحاظ عملکرد،

گزارش شده است که مکمل سازی عناصر کم مصرف به فرم آلی آن به ویژه فرم متیونینه تأثیر مثبتی بر آلبومین خون و یا پروتئین کل دارد (Young *et al.*, 2007). افزایش در پراکسیداسیون لیپیدی در پرندگان تغذیه شده با مکمل سولفات مس (۲۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) در شرایط دمایی نرمال، در مقایسه با تیمار شاهد در سرم و کبد دیده شد. هم چنین مقادیر فعالیت سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و گلووتاتیون-پراکسیداز کاهش معنی‌داری در سرم و کبد پرندگان تغذیه شده با مکمل سولفات مس در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد (Ajuwon *et al.*, 2011). از لحاظ میزان عناصر روی، مس، منگنز و آهن در کبد طبق جدول ۵، پرندگان دریافت کننده تیمارهای ZnCuFe، ZnCuMnFe و ZnCuMn نسبت به تیمارهای ZnMnFe و CuMnFe و تیمار شاهد مقدار روی، بیشتری در کبد داشتند ($p < 0.05$). همچنین پرندگان دریافت کننده تیمارهای ZnCuMn، CuMnFe و ZnCuMnFe مقدار مس بیشتری نسبت به تیمارهای ZnCuFe و ZnMnFe و تیمار شاهد در کبد ایجاد کردند ($p < 0.05$). پرندگان دریافت کننده تیمارهای CuMnFe و ZnCuMnFe مقدار منگنز بیشتری در کبد داشته و توانستند تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ZnCuMn، ZnCuFe، ZnMnFe و تیمار شاهد ایجاد کنند ($p < 0.05$). غلظت عناصر در بافت نشانگر ذخیره‌سازی و وضعیت عناصر در بدن است و به عنوان نشانگرهای زیستی در مطالعات قابلیت دسترسی عناصر استفاده می‌شود (Wang *et al.*, 2007). در یک بررسی استفاده از جیره حاوی ۵۰ درصد روی + ۵۰ درصد منگنز + ۵۰ درصد مس از منابع آلی این عناصر

آزمایشگاه دامپزشکی دانشگاه ارومیه جهت همکاری
در اجرای این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

خصوصیات لاشه، مورفولوژی و میکروبیولوژی روده و
ظرفیت آنتی اکسیدانی داشتند ولی از لحاظ آماری
تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد ایجاد نکردند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد

منافعی ندارند.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه ارومیه جهت تامین هزینه

اجرای این تحقیق، اساتید گروه علوم دامی و همچنین

منابع

- Ajuwon, O.R., Idowu, O.M.O., Afolabi, S.A., Kehinde, B.O., Oguntola, O.O. and Olatunbosun, K.O. (2011). The effects of dietary copper supplementation on oxidative and antioxidant system in broiler chickens. *Archivos Zootechnia*, 60(230): 275-282.
- Akbari Moghaddam Kakhki R., 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 tis-sues of broilers. *Animal Feed Science Technology*, 221(9): 12-26.
- Aksu, T., Özsoy, B., Aksu, D.S., Yorok, M.F. and Gul, M. (2011). The Effects of Lower Levels of Organically Complexed Zinc, Copper and Manganese in Broiler Diets on Performance, Mineral Concentration of Tibia and Mineral Excretion. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 17(1): 141-146.
- Attia Y.A., Qota E.M., Zeweil H.S., Bovera, F., Abd Al-Hamid, A.E. and Sahledom, M.D. (2012). Effect of different dietary concentrations of inorganic and organic copper on growth performance and lipid metabolism of White Pekin male ducks. *British Poultry Science*, 53(5): 77-88.
- Abedini, M., Shariatmadari, F., Karimi Torshizi, M.A. and Ahmadi, H. (2018). Effects of zinc oxide nanoparticles on the egg quality, immune response, zinc retention, and blood parameters of laying hens in the late phase of production. *Journal Animal Physiology Animal Nutrition*, 102(7): 736-745.
- Behroozlak, M. A., Daneshyar, M., Farhoomand, P. and Nikoo, A. (2019). Evaluation of performance parameters, internal organ weights and some immune responses of broiler chicks through iron sulfate supplementation during different. *Iranian Journal of Animal Science*. 50(1): 57-68. [In Persian]
- Brooks, M.a, Grimes, J.L., Lloyd, K.e., Valdez, F. and Spears, J.W. (2012). Relative bioavailability in chicks of manganese from manganese propionate *Journal Applied Poultry Research*, 21(11): 126-130.
- Bortoluzzi, C., Lumpkins, B., Mathis, G.F., França, M., King, W.D. and Graugnard, D.E. (2019). Zinc source modulates intestinal inflammation and intestinal integrity of broiler chickens challenged with coccidia and *Clostridium perfringens*. *Poultry Science*, 98(3): 2211-2219.
- Chi, L., Gao, B., Bian, X., Tu, P., Ru, H. and Lu, K. (2017). Manganese-induced sex-specific gut microbiome perturbations in mice. *Toxicol. Applied Pharmacology*, 331(5): 142-153.
- El-Husseiny, O.M., Hashish, S.M., Ali, R.A., Arafa, S.A., Abd El-Samee, L.D. and Olem, A.A. (2012). Effects of feeding organic zinc, manganese and copper on broiler growth, carcass characteristics,

- bone quality and mineral content in bone, liver and excreta. *International Journal Poultry Science*, 11(8):368-377.
- El-Said, E.A. and El-Gogary, M.R. (2019). Effect of in-ovo injection with iron-methionine chellates or iron nano-particles and post hatch dietary folic acid on growth performance and physiological responses of broiler chickens. *Egypt. Poultry Science*, 39(3): 753-770.
 - Gajula, S.S., Chelasani, V.K., Panda, A.K., Mantena, V.L.N.R. and Savaram, R.R. (2011). Effect of supplemental inorganic Zn and Mn and their interactions on the performance of broiler chicken, mineral bioavailability and immune response. *Biol.Trace Elements Research*, 139(6): 177-187.
 - Kohler, H., Sakaguchi, T., Hurley, B.P., Kase, B.A., Reinecker, H.C. and McCormick, B.A. (2007). *Salmonella enterica* serovar Typhimurium regulates intercellular junction proteins and facilitates transepithelial neutrophil and bacterial passage. *Animal Journal Physiology*, 293(1): 78-87.
 - Li, S.F., Luo, X.G., Lu, L., Liu, B., Kuang, X., Shao, G.Z. and Yu, S.X. (2008). Effect of intravenously injected manganese on the gene expression of manganese-containing superoxide dismutase in broilers. *Poultry Science*, 87(12): 2259-2265.
 - Leeson, S. (2009). Copper metabolism and dietary needs. *World's Poultry Science Journal*, 65(3): 353-66.
 - Luo, X.Y., Liu, S.B., Lu, L., Li, S.F., Xie, J.J., Zhang, L.Y., et al. (2007). Relative bioavailability of iron proteinate for broilers fed a casein-dextrose diet. *Poultry Science*, 86(6): 888-894.
 - Lönnderdal, B. (2017). Excess iron intake as a factor in growth, infections, and development of infants and young children. *American Journal Clinical Nutrition*, 106(6):1681S-987S.
 - Lieu, P. T., Heiskala, M., Peterson, P. A. and Yang, Y. (2001). The roles of iron in health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 22(1-2): 1-87.
 - Lu, L., Ji, C., Luo, X.G., Liu, B. and Yu, S.X. (2006). The effect of supplemental manganese in broiler diets on abdominal fat deposition and meat quality. *Animal Feed Science and Technology*, 129(1-2): 49-59.
 - Ma, C.Y. (2014). Study on an Optimal Dietary Iron Level for Broilers Fed a Corn-Soybean Meal Diet from 22 to 42 Days of Age. Ph.D. Thesis, Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing China.
 - Mangan, C. (2001). Alternative to in-feed antibiotics in monogastric animal industry. *ASA Technical Bulletin*. 30(11): 1-6.
 - Mishra, S.K., Swain, R.K., Behura, N.C., Mishra, A., Sahoo, G. and Dash, A.K. (2013). Effect of supplementation of organic minerals on the performance of broilers. *Indian Journal of Animal Sciences* 83(12): 1335-1339.
 - Nafisi, M., Rezaee, M., Abdollah Hosseini, S. and Kazemifard, M. (2019). Effect of different sources of manganese, zinc and copper on performance, carcass characteristics and immune response of broilers. *Animal Production*, 21(1): 70-82. [In Persian]
 - National Research Council Nutrient Requirements of Poultry Ninth Revised Edition (1994). *The Journal of Applied Poultry Research*, 3(1): 101-101.
 - Prasad A.S. (1997). The role of zinc in brain and nerve functions. In: Connor, A. editor, *Metals and oxidative damage in neurological disorders*. Plenum, New York, pp: 95-111.
 - Richards, J.D., Dibner, J.J. and Knight, C.D. (2007). DL-2-Hydroxy-4-(methylthio) Butanoic Acid from any commercial source is fully available as a source of methionine activity. *Poultry Science*, 86(8): 1613-1614.
 - Roselli, M., Finamore, A., Garaguso, I., Britti, M.S. and Mangheri, E. (2003). Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by *Escherichia coli*. *Journal Nutrition*, 33(4):4077-4082.
 - Sahraei, M., Janmmohamdi, H., Taghizadeh, A., Ali Moghadam, G. and Abbas Rafat, S. (2013). Estimation of the relative bioavailability of several zinc sources for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. *Journal of Poultry Science*, 50(4): 53-59. [In Persian]

- 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 Microbiology*, 52(3): 1002-1011.
- Salim, H., Jo, M.C. and Lee, B.D. (2008). Zinc in broiler feeding and nutrition. *Avian Biology Research*, 42(1): 5-18.
- Sirri, F., Maiorana, G., Tavaniello, S., Chen, j., Petracci, M. and Meluzzi, A. (2016). Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis intramuscular collagen characteristics and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. *Poultry Science*, 95(8): 1813-1824.
- Vahl London, H.A. and Klooster, A. (1987). Dietary iron and broiler performance. *British Poultry Science*, 28(2): 567-576.
- Wang, Z., Cerrate, S., Coto, C., Yan, F. and Walldroup, P.W. (2007). Evaluation of Mintrex copper as a source of copper in broiler diets. *International Journal Poultry Science*, 6(12): 308-313.
- Yang, X.J., Sun X.X., Li C.Y., Wu X.H. and Yao J.H. (2011). Effects of copper, iron, zinc, and manganese supplementation in a corn and soybean meal diet on the growth performance, meat quality, and immune responses of broiler chickens. *Journal Applied Poultry Research*, 20(11): 263-271.
- Yang, Z., Xmi, Y.H., Dai, H., Xu C. and Wang, Z. (2018). Effects of Dietary Copper on Growth Performance, Slaughter Performance and Nutrient Content of Fecal in Growing Goslings from 28 to 70 Days of Age. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 20 (1): 045-052.
- Young, W.H., Son, M.J., Yun, K.S. and Kim, Y.S. (2007). Relationship between eggshell strength and keratin sulfate of eggshell membranes. *Comparative. Biochemistry and Physiological part A: Molecular & Integrative Physiology*, 147(9): 1109-1115.