Journal of Animal Biology, Summer 2024; 16(4): 201-213

Research Article

The Effect of Using Organic Zinc, Manganese, and Chromium Chelates on the Performance and Microflora of Broiler Chicken Caecum

Abolghasem Rezapour, Shahabodin Gharahveysi*, Kaveh Jafari Khorshidi, Rohullah Abdolahpour

Department of Animal Science, Qaemshahr branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
*Corresponding author: S.gharavysi@gmail.com

Received: 17 February 2024 Accepted: 2 May 2024

DOI: 10.60833/ASCIJ.2024.1104868

Abstract

To investigate the effect of using organic chelates of zinc, manganese, and chromium on the performance and microbial population of the caecum of broiler chickens, the present study was conducted. This study was conducted in a completely randomized design by 420-day-old broiler chickens of Ross 308 strain in 7 treatments, 5 repeats, and 15 birds per pen for 42 days. The treatments were 1) organic form of zinc, manganese, and chromium chelate, 2) organic form of zinc and manganese chelate, 3) organic form of zinc and chromium chelate, 4) organic form of manganese and chromium chelate, 5) organic form of manganese chelate, 6) organic form of zinc chelate and, 7) organic form of chromium chelate. Performance traits including feed consumption, body weight gain, and feed conversion ratio were measured. At the end of the experiment, broiler chickens' cecum microflora was collected. Collected data were analyzed by LSmeans procedure in SAS statistical software. The effect of organic chelates on body weight in the initial period and feed conversion ratio in the growth period was significant ($p < 0.05$). The highest weight gain (176.6 grams) was observed in the treatment containing the organic form of chromium and the lowest weight gain (152.8 grams) was observed in the treatment containing the organic form of zinc. The highest value of feed conversion coefficient (1.1) was observed in the treatment containing the organic form of zinc, manganese, and chromium, and the lowest value (0.1) was observed in the treatment containing the organic form of chromium. The effect of organic chelates on the *E. coli* population of broiler cecum was significant ($p < 0.05$). The highest (5.65 LogCFU/g) and the lowest (5.15 LogCFU/g) *E. coli* bacteria populations were observed in treatments containing organic forms of zinc, manganese, and chromium and organic form of zinc, respectively. Considering the improvement of performance traits and cecum microflora of broiler chickens in this study, the use of organic chelates is recommended.

Keywords: Microbial population, Broiler chickens, Feed conversion ratio, Organic chelates, Body weight.

مقاله پژوهشی

اثر استفاده از کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر عملکرد و میکروفلور سکوم جوجه‌های گوشتی

ابوالقاسم رضاپور، شهاب‌الدین قره‌ویسی*، کاوه جعفری خورشیدی، روح‌الله عبدالله‌پور

گروه علوم دامی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

*مسئول مکاتبات: S.gharavysi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۳

DOI: 10.60833/ASCIJ.2024.1104868

چکیده

به منظور بررسی اثر استفاده از کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر عملکرد و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی پژوهش حاضر انجام شد. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴۲۰ قطعه جوجه یک‌روزه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در ۷ تیمار، ۵ تکرار و ۱۵ پرنده در هر پن و به مدت ۴۲ روز انجام شد. تیمارها عبارت از ۱) کیلات روی، منگنز و کروم، ۲) کیلات روی و منگنز، ۳) کیلات روی و کروم، ٤) کیلات منگنز و کروم، ٥) کیلات منگنز، ٦) کیلات روی و ۷) کیلات کروم بودند. صفات عملکردی شامل مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک اندازه‌گیری شدند. در پایان آزمایش میکروفلور سکوم جوجه‌های گوشتی داده برداری شد. داده‌های جمع‌آوری شده با رویه LSmeans در نرم افزار آماری SAS آنالیز شدند. اثر کیلات‌های آلی بر وزن بدن در دوره آغازین و ضریب تبدیل خورک در دوره رشد معنی دار شد ($p < ۰/۰۵$). بیش‌ترین مقدار افزایش وزن (۱۷٦/٦ گرم) در تیمار حاوی کیلات کروم و کم‌ترین مقدار افزایش وزن (۱۵۲/۸ گرم) در تیمار حاوی کیلات روی مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار ضریب تبدیل خورک (۱/۱) در تیمار حاوی کیلات روی، منگنز و کروم و کم‌ترین مقدار (۱/۰) در تیمار حاوی کیلات کروم مشاهده شد. اثر کیلات‌های آلی بر جمعیت *E.coli* سکوم جوجه های گوشتی معنی دار شد ($p < ۰/۰۵$). بیش‌ترین (۵/٦٥ LogCFU/g) و کمترین (۵/۱۵ LogCFU/g) جمعیت باکتری *E.coli* به ترتیب در تیمارهای حاوی کیلات روی، منگنز و کروم و کیلات روی مشاهده شد. با توجه به بهبود صفات عملکرد و میکروفلور سکوم جوجه‌های گوشتی تحقیق حاضر، استفاده از کیلات‌های آلی قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: جمعیت میکروبی، جوجه‌های گوشتی، ضریب تبدیل خوراک، کیلات‌های آلی، وزن بدن.

مقدمه

پرورش جوجه‌های گوشتی یکی از صنایع مهم تولید پروتئین حیوانی در جهان است. تغذیه اهمیت بسیار زیاد در این صنعت دارد. در تنظیم جیره‌های غذایی علاوه بر پروتئین، کربوهیدرات، چربی و ویتامین توجه به مواد معدنی بسیار حیاتی است. مواد معدنی کارکردهای مختلفی دارند. مواد معدنی در ساختار بدن و فعل و انفعالات مختلف نظیر متابولیسم نقش دارند. از طرفی بسیاری از مواد معدنی باعث جذب هر چه بهتر سایر مواد مغذی می‌شوند. آن دسته از مواد معدنی که به مقدار نسبتاً زیادی مورد نیاز پرنده هستند، مواد معدنی پر نیاز و دسته دیگر که به مقدار کمتری مورد نیاز می‌باشند، مواد معدنی کم نیاز نام دارند (۱۸). در بدن پرندگان علاوه عنصر اصلی و مهم، حداقل ۱۳ عنصر دیگر از جمله منگنز، روی،

مس و کروم ضروری می‌باشند. مواد معدنی کم‌نیاز نقش‌های مهمی در فرایندهای متابولیکی بدن داشته و در ساختمان کاتالیزورها، آنزیم‌ها و هورمون‌ها شرکت می‌کنند. این مواد در رشد مناسب اعضای بدن، توسعه استخوان‌ها، پردرآوری، کارکرد آنزیم‌ها و هورمون‌ها نقش دارند. کمبود این عناصر بر بسیاری از فرآیندهای متابولیکی اثر می‌گذارد و علایم متفاوتی از قبیل کاهش رشد، کاهش اشتها، ناهنجاری‌های تولیدمثلی و کاهش ایمنی را به همراه دارد (۲). روی (Zn) یکی از مواد معدنی ضروری مورد نیاز برای رشد و فرآیندهای فیزیولوژیکی است. روی جزو بسیاری از متالوآنزیم‌ها مانند سوپراکسید دسموتاز، کربنیک انهیدراز، الکل دی‌هیدروژناز، کربوکسی‌پپتیداز، آلکالین فسفاتاز، RNA پلیمراز، هیدروکسی‌پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز است که سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلوئیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۲، ۲٤). آثار کمبود عنصر روی شامل عقب‌افتادگی رشد، کوتاهی و نازکی استخوان‌ها، بزرگ شدن مفصل خرگوشی، ترک خوردن پوست پا، پردرآوری بسیار ضعیف، کاهش ضریب تبدیل خوراک و در مواقع کمبود خیلی شدید، مرگ است (۱۲). منگنز (Mn) عنصری است که در بسیاری از واکنش‌های بدن به‌ویژه واکنش‌های مربوط به تشکیل استخوان و غضروف نقش دارد. علاوه بر این منگنز برای پیشگیری از استرس اکسیداتیو، فعالیت‌های آنزیمی و سوخت‌و ساز اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها و کلسترول ضروری است (۲۵). کروم (Cr) بیشتر به‌عنوان یک عنصر موثر بر سوخت‌وساز گلوکز شناخته شده است. اثر کروم بر سوخت‌وساز گلوکز از راه ترکیبی بنام کرومودولین انجام می‌شود. عنصر کروم بیشتر به صورت مکمل‌های معدنی کروم کلراید و مکمل‌های آلی کروم پیکولینات، کروم نیکوتینات و مکمل حاوی اسید آمینه شامل کروم سیستئین و کروم متیونین استفاده می‌شود و شکل آلی آن زیست‌فراهمی بالاتری در مقایسه با شکل معدنی دارد. مواد معدنی کم‌نیاز به‌طور سنتی با استفاده از منابع معدنی اکسید یا سولفات تأمین می‌شوند. اما این منابع بهره‌وری کمی دارند که سبب دفع عناصر و آلودگی محیط زیست می‌شوند (۲٦). در پرورش جوجه‌های گوشتی، حاشیه امن بالائی در تأمین عناصر کم نیاز در نظر گرفته می‌شود و لذا دفع این عناصر را از طریق مدفوع حیوان به همراه دارد که برای محیط زیست مضر هستند. عناصر معدنی کم نیاز با ترکیب آلی در مقایسه با شکل معدنی به نحو بهتری جذب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. از طرفی در برابر تداخل با عناصر دیگر محافظت شده، دارای زیست فراهمی بالاتری بوده و دفع آنها از طریق مدفوع کمتر است. استفاده از کروم به شکل آلی باعث بهبود مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک پرندگان می‌شود (۲۰، ۲۱). باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک سهم عمده‌ای از فلور میکروبی روده ناحیه سکوم را به خود اختصاص می‌دهند. این باکتری‌ها جمعیت سایر باکتری‌ها را به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهند و می‌توانند استقرار باکتری‌های *E.coli* را کاهش دهند. گزارش شده که مکمل آلی سبب کاهش جمعیت باکتری *E.coli* (۳۰) و افزایش جمعیت *Lactobacillus* (٦) در ناحیه سکوم جوجه‌های گوشتی می شود. با توجه به اثرات مفید و موثر مکمل‌های آلی مواد معدنی کم‌نیاز روی عملکرد جوجه‌های گوشتی و نیز وجود مطالعات اندکی در خصوص تأثیر همزمان مصرف چندین عناصر کم‌نیاز با ترکیب آلی، پژوهش حاضر برای بررسی اثر استفاده از کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر عملکرد رشد و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت مکانی و زمانی انجام تحقیق: این پژوهش در یک فارم خصوصی پرورش مرغ گوشتی به ظرفیت ۱۰ هزار قطعه واقع در شهرستان قائمشهر در استان مازندران طی ماه‌های مرداد و شهریور سال ۱۴۰۲ انجام شد.

جوجه‌ها و شرایط انجام آزمایش: در تحقیق حاضر از ۴۲۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار، ۵ تکرار و ۱۵ قطعه جوجه در هر تکرار استفاده شد. کلیه جوجه‌ها هم وزن و در ۳۵ پن با ابعاد ۱/۵× ۱/۵ متر مربع پرورش داده شدند. سیستم نوری به صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی بود. جوجه‌ها به صورت آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند. رطوبت نسبی سالن پرورش در حدود ۵۵ تا ۶۰ درصد برای جوجه‌های گوشتی در نظر گرفته شد. دمای سالن در هفته اول پرورش، ۳۲ درجه سانتی‌گراد و پس از آن به ازای هر هفته از دوره آزمایش جوجه‌ها، ۲ درجه سانتی‌گراد دما کاهش داده شد. طی دوره آزمایش پرندگان روی بستر رول کاغذی پرورش یافتند و (غیر از مواقع توزین) به آب و خوراک دسترسی آزاد داشتند. برای جلوگیری از شیوع بیماری‌های برونشیت، آنفلوانزا و نیوکاسل برنامه واکسیناسیون طبق توصیه اداره کل دامپزشکی استان مازندران انجام شد.

جیره‌های آزمایشی: جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی به صورت آردی بر پایه ذرت و کنجاله سویا و بر اساس توصیه سویه تجاری راس ۳۰۸ برای سه دوره آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی(۲۵ تا ۴۲ روزگی) تنظیم شدند (جدول های ۱، ۲، ۳). مکمل پایه معدنی برای همه تیمارها یکسان و عناصر معدنی کم‌نیاز منگنز، روی و کروم برای هر جیره جداگانه تهیه شد. شکل غیرآلی منگنز، روی و کروم به شکل سولفات و فرم آلی این عناصر به‌صورت کیلات متیونین- عنصر از شرکت توسعه مکمل زیست فناور آریانا تهیه شد. استفاده از عناصر کم‌نیاز در سطوح تعدیل شده و تا ۵۰ درصد کمتر از نیاز اعلام شده در جداول نیازهای غذایی بود. مشخصات مقدار مصرف کیلات‌ها بین تیمارهای آزمایشی در جدول ۴ نشان داده شده است. مکمل‌های روی- متیونین، منگنز- متیونین و کروم- متیونین به گونه‌ای به جیره پایه افزوده شد که سطوح روی، منگنز و کروم آلی جیره‌ها به ترتیب ۱۳، ۱۴ و ۰/۲ گرم در کیلوگرم برسد. جیره‌های مورد استفاده فاقد هرگونه داروی ضد کوکسیدیوز و آنتی‌بیوتیک بودند. تیمارها شامل: ۱) کیلات روی، منگنز و کروم، ۲) کیلات روی و منگنز، ۳) کیلات روی و کروم، ۴) کیلات منگنز و کروم، ۵) کیلات منگنز، ۶) کیلات روی و ۷) کیلات کروم بودند.

صفات مورد بررسی: در هر دوره برای هر پن، دان داده شده در ابتدا و دان باقی‌مانده توزین شد. از تفاضل وزن خوراک داده شده و خوراک باقی‌مانده تقسیم بر تعداد روز مرغ، خوراک مصرفی دوره محاسبه شد. علاوه بر این در پایان هر دوره، توزین جوجه‌های هر پن به صورت گروهی و بعد از دو ساعت اعمال گرسنگی به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰± گرم (مدل ED 3000 S، ساخت ایران) انجام شد. افزایش وزن روزانه در هر مرحله از تفاضل وزن جوجه‌های هر قفس در انتها و ابتدای آن دوره و تقسیم بر تعداد روز مرغ محاسبه شد. به منظور تعیین ضریب تبدیل غذایی در هر مرحله، دان مصرفی آن مرحله بر افزایش وزن در همان مرحله تقسیم شد. در روز ۴۲ آزمایش، دو قطعه جوجه از هر تکرار انتخاب و بعد از ۱۰ الی ۱۲ ساعت گرسنگی دادن، کشتار شدند. سپس از محل اتصال سکوم به راست روده نمونه مواد هضمی اخذ و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد

نگهداری شدند. محتویات گوارشی سکوم بلافاصله پس از کشتار جمع‌آوری شد. برای جداسازی و شمارش فلور میکروبی روده، یک گرم نمونه تازه گوارشی در هر بخش در شرایط کاملاً استریل و با محلول رقیق در نسبت یک به ۱۰ تحت شرایط بی‌هوازی با دی‌اکسید کربن مخلوط شد. غلظت‌های اولیه در محلول رقیق به صورت مرحله‌ای در محلول بافر فسفات نمکی برای شمارش باکتری‌های هوازی رقیق شد. رقیق سازی با ضریب رقت ۱۰ تا آماده‌سازی رقت‌های 10^{-5}، 10^{-7} و 10^{-9} برای نمونه‌های سکوم ادامه یافت (۱۱). سپس از محیط کشت ام آر اس آگار (MRS) برای اندازه‌گیری جمعیت *Lactobacillus* و از محیط کشت ائوزین متیلن بلو آگار (EMB) برای اندازه‌گیری جمعیت باکتری‌های *E.coli* و *Coliform* استفاده شد. ۰/۱ میلی‌لیتر از رقت تهیه شده با آب مقطر از محتویات سکوم، بر روی محیط کشت به طور سطحی پخش شد. نمونه‌های اخیر در جار هوازی و در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند. پس از انکوباسیون، کلنی‌ها شمارش شده، در عکس رقت مورد استفاده ضرب و سپس لگاریتم آنها محاسبه تا لگاریتم تعداد کلنی در واحد وزن (LogCFU/g) به‌دست آمد (۱۹).

مدل و آنالیز آماری: تحقیق حاضر در قالب طرح کاملا تصادفی با ۷ تیمار و ۵ تکرار انجام شد. داده‌های با استفاده از رویه LSmeans در نرم‌افزار آماری SAS (۲۳) آنالیز شدند. مدل آماری مورد استفاده به صورت رابطه (۱) بود: $y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ که در این رابطه y_{ij}: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین کل، T_i: اثر هر تیمار و e_{ij}: اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره غذایی جوجه‌های گوشتی در مرحله آغازین (۱-۱۰ روزگی)

Table 1. Components and chemical composition of broiler chickens diet in the initial stage (1-10 days)

	Treatments [1]						
Ingredients	1	2	3	4	5	6	7
Corn	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.28	54.25
Soybean Meal (43% CP)	39.55	39.55	39.55	39.55	39.55	39.55	39.55
Soybean oil	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Dicalcium phosphate	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
Oyster shell	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Sodium bicarbonate	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Salt (NaCl)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Vitaminl premix[2]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-Lysine	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
DL-Methionine (98%)	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.34	0.37
L-Threonine (98.5%)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Calculated composition							
Metabolisable energy (kcal/kg)	2945	2945	2945	2945	2945	2945	2945
Crude protein (%)	22.35	22.35	22.35	22.35	22.35	22.35	22.35
Calcium (%)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Available phosphorous (%)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Sodium (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lysine (%)	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Methionine (%)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.66	0.72
Methionine+Cystine (%)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Threonine (%)	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

[1] 1) Control diet containing supplements of organic trace elements zinc, manganese, and chromium (40 mg/kg, 30mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 2) Diets containing supplements of organic trace elements zinc and manganese (40 mg/kg and 30 mg/kg of feed respectively), 3) Diets containing supplements of organic trace elements zinc and chromium (40 mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 4) Diets containing supplements of organic trace elements manganese and chromium (30 mg/kg and 2 mg/kg of feed respectively), 5) Diet containing supplement of

organic manganese (30 mg/kg of feed), 6) Diet containing supplement of organic zinc (40 mg/kg of feed), and, 7) Diet containing supplement of organic chromium (2mg/kg of feed). [2] The vitamin-mineral premix provided the following quantities per kg of diet: vitamin A, 360000 IU; vitamin D_3, 800000 IU; vitamin E, 7200 IU; vitamin K_3, 0.8 g; vitamin B_1, 0.7 g; vitamin B_2, 2.64 g; vitamin B_3, 3.92 g; vitamin B_5, 1.88 g; vitamin B_6, 1.176 g; vitamin B_9, 0.4 g; vitamin B_{12}, 0.006 g; biotin, 0.04 g; antioxidant, 0.4 g.

جدول ۲- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره غذایی جوجه‌های گوشتی در مرحله رشد (۱۱-۲۴روزگی)

Table 2. Components and chemical composition of broiler chickens diet in the grower stage (11-24 days)

Ingredients	Treatments [1]						
	1	2	3	4	5	6	7
Corn	58.52	58.52	58.52	58.52	58.52	58.50	58.47
Soybean Meal (43% CP)	35.43	35.43	35.43	35.43	35.43	35.43	35.43
Soybean oil	2	2	2	2	2	2	2
Dicalcium phosphate	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
Oyster shell	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Sodium bicarbonate	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Salt (NaCl)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Vitamin-mineral premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-Lysine	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
DL-Methionine (98%)	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.28	0.31
L-Threonine (98.5%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Calculated composition							
Metabolisable energy (kcal/kg)	2997	2997	2997	2997	2997	2997	2997
Crude protein (%)	20.60	20.60	20.60	20.60	20.60	20.60	20.60
Calcium (%)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Available phosphorous (%)	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Sodium (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Lysine (%)	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Methionine (%)	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.58	0.63
Methionine+Cystine (%)	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Threonine (%)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72

[1] 1) Control diet containing supplements of organic trace elements zinc, manganese, and chromium (40 mg/kg, 30 mg/kg and 2 mg/kg of feed respectively), 2) Diets containing supplements of organic trace elements zinc and manganese (40 mg/kg and 30 mg/kg of feed respectively), 3) Diets containing supplements of organic trace elements zinc and chromium (40 mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 4) Diets containing supplements of organic trace elements manganese and chromium (30 mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 5) Diet containing supplement of organic manganese (30 mg/kg of feed), 6) Diet containing supplement of organic zinc (40 mg/kg of feed), and, 7) Diet containing supplement of organic chromium (2 mg/kg of feed). [2] The vitamin-mineral premix provided the following quantities per kg of diet: vitamin A, 360000 IU; vitamin D_3, 800000 IU; vitamin E, 7200 IU; vitamin K_3, 0.8 g; vitamin B_1, 0.7 g; vitamin B_2, 2.64 g; vitamin B_3, 3.92 g; vitamin B_5, 1.88 g; vitamin B_6, 1.176 g; vitamin B_9, 0.4 g; vitamin B_{12}, 0.006 g; biotin, 0.04 g; antioxidant, 0.4 g.

جدول ۳- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره غذایی جوجه‌های گوشتی در مرحله پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)

Table 3. Components and chemical composition of broiler chickens diet in the finisher stage (25-42 days)

Ingredients	Treatments [1]						
	1	2	3	4	5	6	7
Corn	62.63	62.63	62.63	62.63	62.63	62.62	62.61
Soybean Meal (43% CP)	31.27	31.27	31.27	31.27	31.27	31.27	31.27
Soybean oil	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Dicalcium phosphate	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
Oyster shell	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sodium bicarbonate	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Salt (NaCl)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Vitamin-mineral premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
L-Lysine	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
DL-Methionine (98%)	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15
L-Threonine (98.5%)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Calculated composition							

Metabolisable energy (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Crude protein (%)	18.40	18.40	18.40	18.40	18.40	18.40	18.40
Calcium (%)	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Available phosphorous (%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Sodium (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Lysine (%)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Methionine (%)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.42	0.46
Methionine+Cystine (%)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Threonine (%)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66

[1] 1) Control diet containing supplements of organic trace elements zinc, manganese, and chromium (40 mg/kg, 30mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 2) Diets containing supplements of organic trace elements zinc and manganese (40 mg/kg and 30 mg/kg of feed respectively), 3) Diets containing supplements of organic trace elements zinc and chromium (40 mg/kg and 2 mg/kg of feed respectively), 4) Rations containing supplements of organic trace elements manganese and chromium (30 mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 5) Ration containing supplement of organic manganese (30mg/kg of feed), 6) Ration containing supplement of organic zinc (40 mg/kg of feed), and, 7) Ration containing supplement of organic chromium (2 mg/kg of feed). [2] The vitamin-mineral premix provided the following quantities per kg of ration: vitamin A, 360000 IU; vitamin D_3, 800000 IU; vitamin E, 7200 IU; vitamin K_3, 0.8 g; vitamin B_1, 0.7 g; vitamin B_2, 2.64 g; vitamin B_3, 3.92 g; vitamin B_5, 1.88 g; vitamin B_6, 1.176 g; vitamin B_9, 0.4 g; vitamin B_{12}, 0.006 g; biotin, 0.04 g; antioxidant, 0.4 g.

جدول٤- مشخصات مقدار مصرف مکمل‌ها بین تیمارهای آزمایشی

Table 4. Characteristics of supplements intake between experimental treatments

Element	Amount	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Mn	14 g	❋	❋	–	❋	❋	–	–
Zn	13 g	❋	❋	❋	–	–	❋	–
Cr	0.2 g	❋	–	❋	❋	–	–	❋

T: Treatment- 0.2 grams of organic chromium, 14 grams of organic manganese, and 13 grams of organic zinc per kilogram are vitamin supplements. Other values are the same in all treatments and are as follows; Iron: 20 grams, copper: 4 grams, iodine: 0.4 grams, selenium: 0.08 grams, choline chloride: 100 grams, calcium carbonate: 1000 grams, vitamin A: 3600000 international units, vitamin D3: 800000 international units Vitamin E: 7200 IU, Vitamin K3: 0.8 grams, Vitamin B1: 0.7 grams, Vitamin B2: 2.64 grams, Vitamin B3: 3.92 grams, Vitamin B5: 11.88 grams, Vitamin B6: 1.176 grams, vitamin B9: 0.4 grams, vitamin B12: 0.0006 grams, vitamin H2: 0.04 grams and antioxidant: 0.4 grams. Treatments 1 to 7 are 1) zinc, manganese, and chromium chelate, 2) zinc and manganese chelate, 3) zinc and chromium chelate, 4) manganese and chromium chelate, 5) manganese chelate, 6) zinc chelate and, 7) chelate Chrome.

نتایج

مصرف خوراک: همانطور که در جدول ۵ ارائه شده است، اثر کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در کلیه دوره‌های پرورش معنی دار نشد ($p > ۰/۰۵$). نتایج مذکور حاکی از این موضوع است که تفکیک عناصر کم نیاز آلی به صورت تیمارهای مختلف و افزودن آنها در جیره آزمایشی بر میزان اشتهاء و تغییرات مصرف خوراک پرنده‌های آزمایشی موثر نبوده است.

افزایش وزن بدن: بر اساس نتایج جدول ۵ مشاهده می شود که اثر کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین معنی‌دار شد ($p < ۰/۰۵$). بیش‌ترین مقدار افزایش وزن (۱۷۶/۶ گرم) در تیمار حاوی کیلات کروم و کم‌ترین مقدار افزایش وزن (۱۵۲/۸ گرم) در تیمار حاوی کیلات روی مشاهده شد.

ضریب تبدیل خوراک: بر اساس نتایج جدول ۵، اثر کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در دوره رشد معنی‌دار شد ($p < ۰/۰۵$). بیش‌ترین ضریب تبدیل خوراک (۱/۱) در تیمار حاوی کیلات روی، منگنز و کروم و کم‌ترین

ضریب تبدیل خوراک (۱/۰) در تیمار حاوی کیلات کروم مشاهده شد.

جمعیت میکروبی سکوم: همانگونه که در جدول ٦ مشاهده می شود، اثر کیلات‌های آلی روی، منگنز و کروم بر جمعیت میکروبی *E.coli* سکوم جوجه‌های گوشتی معنی‌دار شد ($p <$ ۰/۰۵). بیش‌ترین جمعیت باکتری *E.coli* (۵/٦۵ LogCFU/g) در تیمار حاوی کیلات روی، منگنز و کروم و کم‌ترین جمعیت باکتری *E.coli* (۵/۱۵ LogCFU/g) در تیمار حاوی کیلات روی مشاهده شد.

جدول۵- تاثیر جیره‌های مختلف آزمایشی بر صفات عملکرد جوجه‌های گوشتی

Table 5. The effect of different experimental diets on the performance traits of broiler chickens

	Experimental rations*								*P*
Items	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	SEM	*values*
Feed intake (gr)									
1-10 d	180.3	177.3	175.1	174.7	176.6	176.5	177.5	0.96	0.82
11-24 d	1189.8	1199.6	1195.1	1195.8	1179.6	1224.9	1191.5	8.83	0.92
25-42 d	2433.7	2617.9	2518.0	2556.1	2508.0	2557.8	2482.4	26.88	0.69
1-42 d	3803.9	3994.8	3888.2	3926.7	3864.3	3959.3	3851.5	31.38	0.74
Body weight gain (g)									
1-10 d	153.4^{b}	166.2^{ab}	164.7^{ab}	164.3^{ab}	153.5^{b}	152.8^{b}	176.6^{a}	2.40	0.04
11-24 d	825.6	800.4	776.8	805.6	801.2	828.9	840.5	9.47	0.65
25-42 d	1183.5	1260.0	1253.0	1201.2	1122.7	1269.0	1194.0	20.81	0.52
1-42 d	2162.6	2226.7	2194.6	2171.2	2077.5	2250.8	2211.3	22.04	0.50
Feed conversion ratio (g/g)									
1-10 d	1.1^{a}	1.0^{ab}	1.0^{ab}	1.0^{ab}	1.1^{a}	1.1^{a}	1.0^{b}	0.01	0.02
11-24 d	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	0.01	0.32
25-42 d	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.0	2.0	0.03	0.54
1-42 d	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.7	0.01	0.50

*Control ration containing supplements of organic trace elements zinc, manganese, and chromium (40 mg/kg, 30mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 2) Rations containing supplements of organic trace elements zinc and manganese (40 mg/kg and 30mg/kg of feed respectively), 3) Rations containing supplements of organic trace elements zinc and chromium (40 mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 4) Rations containing supplements of organic trace elements manganese and chromium (30mg/kg and 2mg/kg of feed respectively), 5) Ration containing supplement of organic manganese (30mg/kg of feed), 6) Ration containing supplement of organic zinc (40 mg/kg of feed), and 7) Ration containing supplement of organic chromium (2mg/kg of feed). SEM: Standard error of the mean. [ab]Means with different superscripts in a row differ significantly ($p < 0.05$).

جدول ٦- اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی سکوم در پایان آزمایش (LogCFU/g)

Table 6- The effect of experimental treatments on the microbial population of the cecum at the end of the experiment (Log CFU/g)

Treatments/Traits	*Coliform*	*E.coli*	*Lactobacillus*	*Total aerobic bacteria*
T1	5.35	5.65^{a}	6.45	6.23
T2	5.25	5.43^{ab}	6.32	6.35
T3	5.22	5.33^{ab}	6.30	6.30
T4	5.32	5.38^{ab}	6.41	6.25
T5	5.27	5.42^{ab}	6.27	6.40
T6	5.21	5.15^{b}	6.37	6.27
T7	5.30	5.40^{ab}	6.47	6.37
SEM	0.05	0.06	0.11	0.06
P-value	0.074	0.021	0.248	0.156

T1: Treatment containing organic chelate of zinc, manganese and chromium, T2: Treatment containing organic chelate of zinc and manganese, T3: Treatment containing organic chelate of Zinc and chromium, T4: Treatment containing organic chelate of manganese and chromium, T5: Treatment containing organic chelate of manganese, T6: Treatment containing organic chelate of zinc, T7: Treatment containing organic chelate of chromium. SEM: Standard error of the mean. P-value: Probability value.

بحث

وجود همزمان عناصر روی، منگنز و کروم به‌صورت آلی در جیره و اثرات یکسان آنها روی مصرف خوراک پرنده، شرایط یکسان تیمارهای آزمایشی و سطوح انرژی و پروتئین جیره می‌تواند از دلایل احتمالی عدم اثرگذاری مکمل‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر روی مصرف خوراک باشد. همسو با نتایج این پژوهش، گزارش شده که اثر منگنز (۲۷) و روی (۱۶) بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی معنی‌داری نیست. همچنین گزارش شده که اثر کمپلکس‌های آلی مواد معدنی شامل عناصر منگنز، سلنیوم و کروم بر مقدار خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی معنی‌داری نیست (۱۳). اثر عناصر کم نیاز با ترکیب آلی نظیر منگنز، کروم و روی علاوه بر میزان زیست فراهمی، به سویه پرنده و ترکیب جیره غذایی نیز بستگی دارد. ترکیب جیره غذایی می‌تواند تأثیر زیادی بر جذب و استفاده از این عناصر داشته باشد. بنابراین، در طراحی جیره غذایی برای پرندگان، لازم است تا این نکات مورد توجه قرار گیرند تا عناصر کم نیاز به بهترین شکل ممکن در جیره حضور داشته باشند و بهترین عملکرد را به وجود آورند. کیلات کروم آلی نسبت به سایر کیلات‌های آلی مورد استفاده دارای اثربخشی بهتری در بهبود وزن پرنده‌های آزمایشی در پژوهش حاضر شد. همسو با این نتایج، چند مطالعه گزارش دادند که مصرف مکمل آلی کروم سبب بهبود افزایش وزن جوجه‌های گوشتی شد و نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۵ و ٦ درصد وزن را افزایش دادند (۲۰، ۲۱). گزارش شده که مکمل کردن جیره بلدرچین‌های ژاپنی با سطوح گوناگون کروم آلی موجب بهبود خطی میانگین افزایش وزن شد و حدود ٤ درصد وزن را افزایش داد (٤). در تحقیقی دیگر، جوجه‌های گوشتی که پیکولینات کروم را مصرف کردند، افزایش وزن بیشتری نسبت به گروه شاهد داشتند و مقدار افزایش وزن ۵درصد بود (۱). بهبود افزایش وزن پرندگان در پژوهش حاضر ممکن است به این دلیل باشد که مکمل کروم آلی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها نقش بنیادی دارد و افزودن آن به جیره باعث افزایش راندمان خوراک و بهبود افزایش وزن حیوان میزبان در اوایل دوره پرورش می‌شود. از طرفی قابلیت زیست فراهمی بالاتر مکمل‌های آلی در مقایسه با مکمل‌های معدنی قابل توجه است. دلیل بالاتر بودن عملکرد تولید در پرندگان تغذیه شده با مکمل کروم به فرم آلی ناشی از ارزش بیولوژیکی بالاتر این نوع مکمل نسبت به مکمل های نوع سولفات و اکسید می‌باشد که چنین نتایجی در اوایل دوره پرورش در پژوهش حاضر مشاهده شد. استفاده از عناصر به کیلات می‌تواند جذب آنها را از روده بهبود بخشد. چرا که سبب کاهش تداخل عواملی می‌شوند که کمپلکس‌های نامحلول با عناصر کم نیاز یونی ایجاد می‌کنند. کروم به کیلات سبب تقویت عملکرد انسولین از طریق بهبود اتصال این هورمون به گیرنده سلولی‌اش می شود. زیرا کرومودولین که حاوی کروم است جزء ضروری برای انتقال پیام انسولین می‌باشد. تقویت پیام‌رسانی انسولین سبب افزایش ساخت پروتئین‌ها و افزایش استفاده از لیپیدها و کربوهیدرات‌ها برای رشد می‌شود. انرژی آزادشده از این فرایند می‌تواند سبب ایجاد اثرات مثبت بر رشد و بهبود بهره‌وری از مواد مغذی برای رشد و احتمالاً بهبود افزایش وزن در حیوان شود. نتیجه یک مطالعه نشان داد که مصرف مکمل آلی کروم سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک (۰/۲ واحد) در جوجه‌های گوشتی شده است (۱۰). یکی از دلایل بهبود ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در اثر مصرف مکمل آلی کروم در پژوهش حاضر می تواند به دلیل تاثیر کروم برای افزایش

جذب روده‌ای و بهبود قابلیت دسترسی زیستی باشد. گزارش شده که مصرف مکمل آلی منگنز و روی سبب بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک (به ترتیب به اندازه ۰/۳ و ۰/۲ واحد) در جوجه‌های گوشتی می شود (۱٤). در یک پژوهش اثر کروم بر عملکرد بلدرچین ژاپنی بررسی شد و نتایج نشان داد که مکمل کردن جیره پرندگان با سطوح گوناگون کروم آلی موجب کاهش ضریب تبدیل خوراک (به اندازه ۰/۲) شد (٤). همچنین گزارش شد که به‌کارگیری مکمل آلی منگنز و روی در جیره غذایی سبب بهبود عملکرد رشد بخصوص کاهش ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی می شود (۳). این گزارشها با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. دلیل بهبود ضریب تبدیل خوراک در پرندگان تغذیه شده با مکمل کروم و منگنز به فرم آلی در این مطالعات ناشی از ارزش بیولوژیکی بالاتر (نظیر قابلیت جذب) این نوع مکمل نسبت به مکمل‌های نوع معدنی (سولفات و اکسید) می‌باشد. عنصر روی نقش مهمی در کاهش جمعیت باکتری ایکولای در طیور دارد. جوجه های مبتلا به بیماری نیوکاسل و همچنین جوجه های در معرض سم باکتری ایکولای، دچار کمبود روی می شوند. عنصر روی با تغییر در سیستم انتقال فعال و ممانعت در فاز ابتدایی تکثیر باکتریایی، باعث ممانعت از رشد باکتری می شود (۹). همسو با نتایج جمعیت میکروبی سکوم در پژوهش حاضر، گزارش شده که مکمل آلی روی سبب کاهش جمعیت باکتری *E.coli* در دستگاه گوارش جوجه گوشتی می شود (۳۰). از طرفی گزارش شده که افزودن مکمل روی آلی در جیره سبب افزایش جمعیت *Lactobacillus* در ناحیه سکوم جوجه‌های گوشتی شد (٦). در یک پژوهش استفاده از مکمل‌های آلی کم نیاز در جیره روی جمعیت کل باکتری‌های هوازی و*Lactobacillus* روده باریک در جوجه گوشتی اثر معنی‌داری نداشت (۱۵). چندین مطالعه نشان داده‌اند که مکمل آلی روی در تنظیم میکرو فلور موثر بوده و تأثیر ضدباکتریایی علیه باکتری‌های بیماری‌زا در جوجه‌های گوشتی دارند (۱۷ و ۲۹). در یک تحقیق مصرف مکمل کروم آلی سبب کاهش جمعیت باکتری *E.coli* سکوم در جوجه‌های گوشتی شد (۲۲). مطابق با نتایج تحقیق حاضر گزارش شده که مکمل آلی روی در کاهش جمعیت باکتری *E.coli* سکوم جوجه‌های گوشتی موثر است (۷). عنصر روی به کیلات دارای فعالیت ضدباکتریایی زیادی در برابر باکتری گرم منفی (نظیر *E.coli*) نسبت به باکتری گرم مثبت است (۱۷). این امر در کاهش جمعیت باکتری *E.coli* سکوم در جوجه‌های گوشتی موثر است. از طرفی، گنجاندن مواد معدنی به کیلات در جیره غذایی سبب افزایش پاسخ ایمنی، واکسینه شدن در برابر کوکسیدیوز، یکپارچگی روده و افزایش عملکرد جوجه های گوشتی می‌شود (۵). عنصر روی از طریق تغییر در سیستم انتقال فعال و ممانعت در مرحله ابتدایی تکثیر باکتریایی، مانع از رشد باکتری می‌شود (۸). از دلایل احتمالی عدم معنی‌داری جمعیت کل باکتری‌های هوازی و *Lactobacillus* سکوم در تحقیق حاضر می‌تواند این موضوع باشد که نفوذ و فعالیت کیلات‌های آلی تا قسمت‌های انتهایی دستگاه گوارش مانند سکوم ادامه نمی‌یابد (۲۸). در مورد چگونگی تاثیر باکتری‌های مفید بر بهبود سلامت و جلوگیری از تکثیر باکتری‌های بیماریزا نظریه حذف رقابتی بسیار مورد توجه است. طبق نظریه مذکور باکتری‌های مفید از رشد و تکثیر باکتری‌های بیماریزا جلوگیری میکنند. باکتری‌های مفید برای زیستن در دستگاه گوارش به آنجا منقل می شوند. با اتصال به دستگاه گوارش از تشکیل جمعیت میکروبی بیماریزا جلوگیری می‌کنند. لاکتوباسیلها به دیواره چینه دان متصل می‌شوند و با

ایکولای، سالمونلا و دیگر باکتری‌های بیماریزا رقابت می کنند(۳۱).

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این پژوهش، وجود عنصر کروم به کیلات در جیره غذایی اثرات سودمندی بر وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی و کاهش جمعیت باکتری *E.coli* دارد. افزایش مصرف خوراک، بهبود ضریب تبدیل خوراک و کاهش جمعیت *E.coli* روده جوجه های گوشتی در یک راستا باعث افزایش تولید (گوشت) گله های مرغ گوشتی خواهد شد که از نظر مدیریتی سودمند و مطلوب است. لذا بر اساس نتایج تحقیق حاضر، استفاده از کیلات‌های آلی (به ویژه عنصر شکل آلی کروم) در تغذیه جوجه های گوشتی قابل توصیه خواهد بود.

منابع

1. Abband M., Salarmoini M. 2012. Effects of different levels of chromium picolinate and oil extract of propolis on growth performance and immune response in broiler chicks under heat stress conditions. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 22(4):105-115.

2. Aksu D.S., Aksu T., Ozsoy B., Baytok E. 2010. The effects of replacing inorganic with a lower level of organically complexed minerals (Cu, Zn and Mn) in broiler diets on lipid peroxidation and antioxidant defense systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(8):1066-1072.

3. Banakar Moghadam M.R., Hajkhodadadi I., Ghasemi H.A., Khalt Abadi Farahani A.H. 2018. Effects of different form of manganese supplementation on performance, carcass traits and some blood parameters of broilers reared under summer temperature conditions. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 123:111-126. [In Persian].

4. Berenjian A., Sharifi S.D., Mohammadi Sangcheshmeh A., Ghazanfari S. 2015. The effect of physiological stress and addition of chromium nanoparticles to the diet on performance and qualitative traits of chicken meat of Japanese quails. *Journal of Animal Production*, 17(1):19-28.

5. Dibner J.J., Trehy M., Schasteen C.S., Hume J.A. 2004. Use of 2-hydroxy-4 (methylthio) butanoic acid (HMTBA) as a ligand for organic trace minerals. *Poultry Science*, 83(2):832-838.

6. Dong L., Li Y., Zhang Y., Zhang Y., Ren J., Zheng J., Yang Y. 2023. Effects of organic zinc on production performance, meat quality, apparent nutrient digestibility and gut microbiota of broilers fed low-protein diets. *Scientific Reports*, 13(1):10803-10817.

7. El-Shenawy A., Salim A.A., Gouda M.Y. 2022. Effects of nano zinc on growth performance, health status, and cecal microbiota in broiler chickens challenged with Salmonella Kentucky. *World's Veterinary Journal*, 12(1):105-122.

8. Fatholahi A., Khalaji S., Hosseini F., Abbasi M. 2021. Nano-Bio zinc synthesized by Bacillus subtilis modulates broiler performance, intestinal morphology and expression of tight junction's proteins. *Livestock Science*, 251:104660.

9. Franklin S.B., Young M.B., Ciacciariello M. 2022. The impact of different sources of zinc, manganese, and copper on broiler performance and excreta output. *Animals*, 12:1067-1075.

10. Hoseini S.K., Sharifi S.D., Bagheri V., Ghazanfari S. 2020. Effect of particle size of chromium-methionine supplement on growth performance, carcass traits and meat quality in broiler chicks under physiological stress. *Animal Production Research*, 9(3):31-45.

11. Jiménez Moreno E., Romero C., Berrocoso J., Frikha M., Gonzalez Mateos G. 2011. Effects of the inclusion of oat hulls or sugar beet pulp in the diet on

mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(11):1527-1534.

19. Sacranie A., Svihus B., Denstadli V., Moen B., Iji P.A., Choct M. 2012. The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. *Poultry science*, 91(3):693-700.

20. Sahin K., Küçük O., Sahin N. 2001. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85(5-6):142-147.

21. Sahin K., Sahin N., Onderci M., Gursu F., Cikim G. 2002. Optimal dietary concentration of chromium for alleviating the effect of heat stress on growth, carcass qualities, and some serum metabolites of broiler chickens. *Biological Trace Element Research*, 89:53-64.

22. Saracila M., Panaite T., Tabuc C., Soica C., Untea A., Ayasan T., Criste R.D. 2020. Dietary ascorbic acid and chromium supplementation for broilers reared under thermoneutral conditions vs. high heat stress. *Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Ştiinţifice-Seria Zootehnie*, 73(1):41-47.

23. SAS. 2001. Statistical Analysis System User's Guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.

24. Solbi A., Rezaeipour V., Abdullahpour R., Gharahveysi S. 2021. Efficacy of lysophospholipids on growth performance, carcase, intestinal morphology, microbial population and nutrient digestibility in broiler chickens fed different dietary oil sources. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1):1612-1619

25. Tufarelli V., Laudadio V. 2017. Manganese and its role in poultry nutrition: an overview. *Journal of Experimental* gizzard characteristics, apparent ileal digestibility of nutrients, and microbial count in the ceca in 36 day old broilers reared on floor. *Poultry Science*, 90(1):153-155.

12. Ma W., Niu H., Feng J., Wang Y., 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.

13. Mohammadi M., Darman Kuhi H., Ghavi Hossein Zadeh N. 2019. Effects of mineral premix on performance, feathering score, tibia characteristics and minerals accumulation in serum and feather in broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 11(3):341-352.

14. Nafisi M., Rezaei M., Hoseini S.A., Kazemifard M. 2019. Effect of different forms of manganese, zinc and copper on performance, carcass characteristics and immune response broilers. *Animal Production*, 21(1):113-124.

15. Nguyen H.T.T., Kheravii S.K., Wu S.B., Roberts J.R., Swick R.A., Toghyani M. 2022. Sources and levels of copper affect liver copper profile, intestinal morphology and cecal microbiota population of broiler chickens fed wheat-soybean meal diets. *Scientific Reports*, 12(1):2249-2262.

16. Pimentel J.L., Cook M.E., Greger J.L. 1991. Immune response of chicks fed various levels of zinc. *Poultry science*, 70(4):947-954.

17. Reda F.M., El-Saadony M.T., El-Rayes T.K., Attia A.I., El-Sayed S.A., Ahmed S.Y., Alagawany M. 2021. Use of biological nano zinc as a feed additive in quail nutrition: biosynthesis, antimicrobial activity and its effect on growth, feed utilisation, blood metabolites and intestinal microbiota. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1):324-335.

18. Richards J.D., Zhao J., Harrell R.J., Atwell C.A., Dibner J.J. 2010. Trace

chickens after use of nanoparticles and metal salts. *Environmental science and pollution research*, 25(18):18109-18120.

30. Yusof H.M., Mohamad R., Zaidan U.H., Arshad M.A., Samsudin A.A. 2023. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on broiler growth performance, zinc retention, liver health status, and gastrointestinal microbial load. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 4:100072-100098.

31. Zhang H.Y., Piao X.S., Zhang Q., Li P., Yi J.Q., Liu J.D., Li Q.Y., Wang G.Q. 2013. The effects of Forsythia suspensa extract and berberine on growth performance, immunity, antioxidant activities, and intestinal microbiota in broilers under high stocking density. *Poultry Science*, 92(8): 1981-1988.

Biology and Agricultural Sciences, 5(6):749-754.

26. Vincent J.B. 2000. The biochemistry of chromium. *The Journal of nutrition*, 130(4):715-718.

27. Wang F., Lu L., Li S., Liu S., Zhang L., Yao J., Luo X. 2012. Relative bioavailability of manganese proteinate for broilers fed a conventional corn–soybean meal diet. *Biological Trace Element Research*, 146:181-186.

28. Xia M.S., Hu C.H., Xu Z.R. 2004. Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities, and intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science*, 83(11):1868-1875.

29. Yausheva E., Miroshnikov S., Sizova E. 2018. Intestinal microbiome of broiler