

## تأثیر مکمل آلی عنصر روی بر عملکرد، پاسخ ایمنی، جمعیت میکروبی سکوم و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه های گوشتی پرورش یافته تحت تنش تراکم

وریا رسولی<sup>۱</sup>، سمیه سالاری<sup>۲\*</sup> و احمد طاطار<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۴)

### چکیده

به منظور بررسی مکمل آلی عنصر روی در تغذیه جوجه های گوشتی پرورش یافته در شرایط متفاوت تراکم، آزمایشی با استفاده از دو سطح تراکم (۱۰ و ۱۶ قطعه پرند در هر مترمربع) و ۴ سطح عنصر روی (۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم) در قالب طرح کاملا تصادفی به روش فاکتوریل ۲×۴ انجام گردید. نتایج در ۱ تا ۲۱ روزگی نشان داد، پرندگان پرورش یافته در تراکم بالا کمترین میزان خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک را نسبت به تراکم نرمال و در ۲۲ تا ۴۲ روزگی پرندگان پرورش یافته در تراکم نرمال کمترین خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک را داشتند ( $P < 0/05$ ). با افزایش سطح عنصر روی در جیره، جمعیت باکتری های کلی فرم سکوم جوجه ها در شرایط تراکم نرمال و بالا کاهش نشان داد ( $P < 0/05$ ). قابلیت هضم ایلنومی پروتئین با افزایش سطح عنصر روی در جیره در شرایط تراکم نرمال و بالا افزایش یافته است ( $P < 0/05$ ). یافته های پژوهش حاضر نشان داد که افزودن عنصر روی در شرایط پرورش متراکم نتوانست فراسنجه های عملکردی را تحت تأثیر قرار دهد، اگرچه با افزایش سطح عنصر روی در جیره، قابلیت هضم ایلنومی پروتئین خام و ماده آلی افزایش و جمعیت میکروبی کلی فرم و ای کولای در سکوم جوجه های گوشتی کاهش یافت.

واژه های کلیدی: اضافه وزن، باکتری های سکوم، تراکم بالا، جوجه گوشتی، قابلیت هضم ایلنومی.

## Effect of organic zinc supplement on performance, immunity responses, cecal microbial population and digestibility of nutrients in broiler chickens reared at high stocking density

Vrya Rasooli<sup>1</sup>, Somayyeh Salari<sup>2\*</sup> and Ahmad Tatar<sup>3</sup>

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Food Industry, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

(Received: Feb. 8, 2018 - Accepted: Sep. 15, 2018)

### ABSTRACT

In order to investigate the effect of organic zinc (Zn) supplement in broiler chicken nutrition that reared at high stock density, this experiment was done by using 2 levels of density (10 and 16 birds/m<sup>2</sup>) and 4 levels of Zn (40, 80, 120 and 160 ppm) in a completely randomized design with 4×2 factorial arrangement. The results showed that birds with higher stocking density had lower feed intake (FI) and feed conversion ratio (FCR) compared to those in normal density from d 1-21 and birds with normal stocking density had lowest FI and FCR from d 22-42 ( $P < 0.05$ ). Cecal population of Coliform decreased in normal and high stock density by increasing Zn level in the diet ( $P < 0.05$ ). Apparent ileal digestibility of crude protein significantly increased by increasing the levels of Zn in the diet in normal and high stock density ( $P < 0.05$ ). These data suggest that dietary supplementation of Zn significantly increased ileal digestibility of crude protein and organic matter and also, decreased cecal population of Coliform and E. coli in high and normal stocking density without affecting the performance of broilers.

**Keywords:** Broiler chicken, cecal bacteria, high stock density, ileal digestibility, weight gain.

\* Corresponding author E-mail: s.salari@ramin.ac.ir

## مقدمه

یکی از عوامل مؤثر بر میزان بازدهی گله‌های طیور گوشتی تراکم گله در واحد سطح می‌باشد (Vanhonacker *et al.*, 2008). تنش تراکم باعث افزایش دما، رطوبت و تراکم آمونیاک در سالن مرغداری گشته و مشکلات پا را افزایش می‌دهد (Buijs *et al.*, 2009). از طرفی استفاده از تراکم‌های مختلف (۱۱/۹، ۱۴/۳، ۱۷/۹ و ۲۳/۸ پرنده به ازای متر مربع) در جوجه‌های گوشتی سویه راس، بر میزان تولید عضله سینه، کیفیت لاشه، و وقوع زخم و خراشیدگی در بدن جوجه‌ها تأثیر منفی نداشت و به دلیل کاهش تحرک جوجه‌ها تا اندازه‌ای مصرف انرژی کاهش یافته و باعث بهبود بازده اقتصادی شد (Feddes *et al.*, 2002). با توجه به موارد ذکر شده شاید بتوان مشکلات ناشی از تنش تراکم بالا را با ایجاد تغییر در ترکیب جیره در گله‌های گوشتی بهبود بخشید. عنصر روی به واسطه حضورش در سیستم‌های آنزیمی و نقش در متابولیسم انرژی، تولید پروتئین، متابولیسم اسید نوکلئیک، در یکپارچگی بافت اپیتلیال، تقسیم سلولی، جذب و استفاده از ویتامین‌های E و A از اهمیت بالایی برخوردار است (Cousins & Hemp, 1990).

تحقیقات نشان داده است که عنصر روی به عنوان یک آنتی‌اکسیدان مؤثر عمل می‌کند و استفاده از مکمل‌های آلی و معدنی این عنصر غلظت توکوفرول، ویتامین‌های C و E سرم خون را افزایش می‌دهد (Sahin & Kucuk, 2003). مطالعه صورت گرفته توسط Zhu *et al.* (2017) نشان داد که استفاده از مکمل عنصر روی در شرایط تنش گرمایی، موجب بهبود افزایش وزن، افزایش قابلیت زنده‌مانی جنین، افزایش جوجه درآوری و کیفیت بهتر ران در جوجه‌های گوشتی شده است. باتوجه به اثرات منفی تراکم بالا در پرورش جوجه‌های گوشتی و نقش عنصر روی به‌عنوان یک عامل بهبوددهنده عملکرد، آنتی‌اکسیدانی، این پژوهش به منظور بررسی کاهش اثرات زیان‌آور تنش تراکم با استفاده از مکمل آلی عنصر روی در جوجه‌های گوشتی طراحی شد.

## مواد و روش‌ها

### تیماربندی و مدیریت سالن

این آزمایش با ۴۱۶ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه تجاری راس ۳۰۸ به مدت ۴۲ روز در بستر و در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۴ سطح عنصر روی (۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ۲ سطح تراکم (۱۰ و ۱۶ قطعه پرنده در هر مترمربع) بودند، که در ۴ تکرار برای هر تیمار آزمایشی انجام شد. عنصر روی مورد استفاده در این پژوهش از فرم آلی آن به نام روی-متیونین (حاوی ۱۲ درصد روی) تامین شد. در این جیره‌ها از مکمل معدنی فاقد عنصر روی که از شرکت جوانه خراسان واقع در خراسان رضوی تهیه شده بود، استفاده شد. در سه روز اول پرورش، جوجه‌ها تحت الگوی نوری ۲۴ ساعت روشنایی قرار گرفتند و پس از آن برنامه نوردهی ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی در نظر گرفته شد. 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 به‌ازای هر هفته از دوره آزمایش جوجه‌ها، ۲ درجه سانتی‌گراد دمای آشیانه کاهش داده شد. جیره‌های آزمایشی بر اساس جدول‌های احتیاجات غذایی طیور (NRC, 1994) برای دوره‌های آغازین (۱-۲۱ روزگی) و رشد (۲۲-۴۲ روزگی) تنظیم شدند (جدول ۱). عنصر روی جیره پایه در هر دو دوره ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره بود. مکمل روی-متیونین به‌گونه‌ای به جیره پایه در هر دو دوره افزوده شد که سطح عنصر روی جیره‌ها با احتساب روی جیره پایه به ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره رسید. در طول دوره آزمایش آب و خوراک به‌صورت آزاد در دسترس جوجه‌ها قرار داشتند.

### عملکرد

در طول انجام آزمایش میزان خوراک مصرفی و وزن جوجه‌ها به صورت هفتگی اندازه‌گیری و ضریب تبدیل آن‌ها محاسبه و سپس به صورت دوره‌ای گزارش شد.

از گذشت ۷ روز از هر نوبت تزریق (در روزهای ۳۵ و ۴۲ پرورش)، از سیاهرگ بال جمع‌آوری و برای ارزیابی عیار آنتی‌بادی ضد SRBC به روش هموگلوبین‌آسیون مورد بررسی قرار گرفتند (Grasman, 2010). برای بررسی فعالیت ایمنی سلولی از تست حساسیت شدید بازوفیل پوستی (CBH) استفاده شد. بدین منظور در روز ۳۷ دوره پرورش ابتدا ضخامت پرده بین انگشت دوم و سوم هر دو پای چپ و راست ۲ قطعه جوجه از هر تکرار با استفاده از کولیس با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر محلول فیتوهماکلوتنین (PHA-P) از طریق تزریق زیر پوستی به پرده بین انگشت دوم و سوم پای چپ هر جوجه تزریق شد. به پرده بین انگشت دوم و سوم پای راست نیز ۰/۱ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژیک تزریق شد، که به عنوان کنترل در نظر گرفته می‌شود. ضخامت پرده بعد از تزریق به فاصله‌های زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت دو بار اندازه‌گیری شد. پاسخ CBH به صورت اختلاف بین ضخامت پرده بین انگشتان در قبل و بعد از تزریق، با استفاده از رابطه (۱) برحسب میلی‌متر بیان شد (Akhlaghi et al., 2012).

(۱) = شاخص تحریک  
[اختلاف ضخامت پرده بین انگشتان پای راست قبل و بعد از تزریق] - (اختلاف ضخامت پرده بین انگشتان پای چپ قبل و بعد از تزریق)

در روز ۱۶ دوره پرورش به منظور بررسی سیستم ایمنی سلولی نخست محلول ۱ میلی‌گرم PHA-P در ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات سالین تهیه و از این محلول به میزان ۰/۱ میلی‌لیتر به زیر پوست بال راست تزریق شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات سالین به عنوان شاهد به چین پوستی بال چپ تزریق شد. در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تزریق، ضخامت پوست بال با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از رابطه (۲) شاخص تحریک اندازه‌گیری شد (Grasman, 2010).

(۲) = شاخص تحریک  
ضخامت تورم ناشی از تزریق PBS - ضخامت تورم ناشی از تزریق PHAP-P

جدول ۱. اجزا و ترکیب شیمیایی جیره پایه<sup>۱</sup> مورد استفاده در تغذیه جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش  
Table 1. Ingredients and chemical composition of broilers' base diet<sup>1</sup> used in different periods of experiment

	Starter diet (1-21 d)	Grower diet (22-42 d)
<b>Ingredients (%)</b>		
Corn	54.24	61.48
Soybean meal (43% CP)	39.00	32.49
Sunflower oil	2.45	2.45
Limestone	1.28	1.39
Dicalcium phosphate	1.84	1.25
Salt	0.30	0.25
NaHCO <sub>3</sub>	0.22	0.11
Mineral premix <sup>2</sup>	0.25	0.25
Vitamin premix <sup>3</sup>	0.25	0.25
DL- Methionine	0.15	0.06
<b>Chemical composition</b>		
Metabolizable energy (Kcal/Kg)	3012	3110
Crude protein (%)	21.63	19.42
Ether extract (%)	4.83	5.05
Calcium (%)	1.00	0.90
Available phosphorous (%)	0.48	0.36
Sodium (%)	0.2	0.15
Methionine (%)	0.50	0.38
Methionine + Cystine (%)	0.90	0.75
Arginine (%)	1.56	1.36
Lysine (%)	1.37	1.18
Zinc of basal diet (ppm)	20.00	20.00

۱. مکمل روی - متیونین به گونه‌ای به جیره پایه اضافه شد که سطح روی جیره‌ها با احتساب میزان روی جیره پایه به ترتیب به ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برسد.

۲. مکمل معدنی بدون روی به ازای هر کیلوگرم جیره حاوی: منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۸۰ میلی‌گرم؛ مس، ۲۰ میلی‌گرم؛ ید، ۲ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳ میلی‌گرم؛ کبالت، ۰/۵ میلی‌گرم.

۳. مکمل ویتامینه به ازای هر کیلوگرم جیره حاوی: ویتامین A، ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D<sub>3</sub>، ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E (DL-آلف توکوفرول استات)، ۴۸ میلی‌گرم؛ ویتامین K، ۳ میلی‌گرم؛ تیامین، ۱/۸ میلی‌گرم؛ ریوفلاوین، ۶ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۳ میلی‌گرم؛ ویتامین B<sub>12</sub>، ۰/۱۲ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۴۲ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۱/۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲۴ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتینیک، ۱۲ میلی‌گرم.

1. Zinc-Met was added to the basal diet to reach the zinc level of diets to 40, 80, 120 and 160 mg/kg.

2. Mineral premix without zinc supplied per kilogram of diet: manganese, 120 mg; iron, 80 mg; copper, 20 mg; iodine, 2 mg; selenium, 0.3 mg; cobalt, 0.5 mg.

3. Vitamin premix supplied per kilogram of diet: Vitamin A (retinyl acetate), 9,000 IU; Vitamin D<sub>3</sub>, 3,000 IU; Vitamin E (DL- $\alpha$ -tocopheryl acetate), 48mg; Vitamin K, 3 mg; Thiamin, 1.8 mg; Riboflavin, 6 mg; Pyridoxine, 3 mg; Vitamin B<sub>12</sub>, 0.012 mg; Niacin, 42 mg; Folic acid, 1.2 mg; Biotin, 0.24 mg; Pantothenic acid, 12 mg.

### پاسخ ایمنی

جهت بررسی اثر روی - متیونین بر پاسخ ایمنی اختصاصی پرندگان، دو قطعه جوجه از هر تکرار با گلبول قرمز خون گوسفند (۰/۱ میلی‌لیتر سوسپانسیون ۲۵ درصد SRBC<sup>۱</sup>) در سن ۲۸ و ۳۵ روزگی، از طریق عضله سینه ایمن شدند. نمونه‌های خون پرندگان بعد

۲. Cutaneous Basophilic Hypersensitivity

1. Sheep Red Blood Cell

## سنجش بار میکروبی در سکوم

در روز ۴۲ آزمایش، جمعیت باکتری‌های ای‌کولای و کلی‌فرم در محیط ایوسین متیلن بلو آگار (EMB)، لاکتوباسیل در محیط روگوسا آگار (MRS) و کل باکتری‌های هوازی سکوم در محیط (PCA) کشت و سپس مورد ارزیابی قرار گرفت. رقت‌های مورد نظر جهت کشت باکتری‌های ای‌کولای، کلی‌فرم و لاکتوباسیل  $10^{-3}$ ،  $10^{-5}$  و  $10^{-6}$  و باکتری‌های کل هوازی  $10^{-4}$ ،  $10^{-5}$  و  $10^{-6}$  بودند. کشت باکتری لاکتوباسیل به صورت آمیخته یا پورپلیت و کشت باکتری‌های ای‌کولای، کلی‌فرم و کل هوازی به صورت سطحی انجام پذیرفت (Montazar, 1388).

## قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی

در روز ۳۹ دوره پرورش، به هر یک از جیره‌های آزمایشی  $0/3$  درصد اکسید کروم ( $Cr_2O_3$ ) اضافه و کاملاً مخلوط شد و به مدت ۴ روز در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. در سن ۴۲ روزگی از هر پن ۲ قطعه جوجه به‌طور تصادفی انتخاب شد و پس از کشتار به روش جابجایی مهره گردن، محتویات ایلئوم از ناحیه زائده مکل تا ۵ سانتی‌متر مانده به سکوم در داخل ظرف جمع آوری شده و سپس در دمای  $20^{\circ}C$  درجه سانتی‌گراد فریز شد تا در آزمایشگاه، اندازه‌گیری‌های بعدی روی آن انجام گیرد. فراسنجه‌های مورد اندازه‌گیری در محتویات ایلئوم و خوراک مصرفی جوجه‌ها جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری ایلئومی شامل ماده خشک، ماده آلی، چربی خام و پروتئین خام بودند.

## مدل آماری آزمایش

کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1.3 (2013) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل  $2 \times 4$  مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (1955) و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. مدل آماری مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها به شرح زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$\mu$ : میانگین جمعیت

$\varepsilon_{ijk}$ : اثر خطای آزمایشی

$Y_{ijk}$ : مقدار هر مشاهده

$i$ : سطوح فاکتور اول (در چهار سطح)

$\alpha_i$ : اثر روی

$j$ : سطوح فاکتور دوم (در دو سطح)

$\beta_j$ : اثر تراکم

$k$ : تعداد تکرار (در این آزمایش ۴ تکرار استفاده شد)

$(\alpha\beta)_{ij}$ : اثر متقابل روی و تراکم

## نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورش در جدول ۲ نشان داده شده است. مصرف خوراک، اضافه وزن و نیز ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر اثر متقابل تراکم و سطح عنصر روی جیره‌ها در دوره‌های مختلف پرورش قرار نگرفت ( $P > 0/05$ ). تراکم بالا سبب کاهش و افزایش معنی‌داری در مصرف خوراک پرندگان، به ترتیب، در دوره‌های آغازین (۲۱-۱ روزگی) و رشد (۴۲-۲۲ روزگی) شد. تراکم بالا تنها در دوره رشد باعث کاهش معنی‌دار اضافه وزن پرندگان نسبت به تراکم نرمال شد ( $P < 0/05$ ). اما ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تراکم بالا در دوره آغازین و تحت تأثیر تراکم نرمال در دوره رشد، بهبود یافت ( $P < 0/05$ ). در پژوهشی که از سه سطح تراکم (۱۰، ۱۴ و ۱۶ قطعه پرنده در هر مترمربع) در دمای  $35^{\circ}C$  درجه سانتی‌گراد انجام شد، عملکرد پرندگان با وجود افزایش آمونیاک تولیدی در تراکم‌های ۱۴ و ۱۶ قطعه پرنده در هر مترمربع نسبت به تراکم نرمال و داشتن تنش حرارتی تحت تأثیر قرار نگرفت (Al-Homidan, 2001)، که با نتیجه این پژوهش در کل دوره پرورش ۴۲-۱ روزگی تطابق دارد. یکی از عوامل افزایش میزان مصرف خوراک در دوره رشد در تیمارهای با تراکم بالا، تأثیر بر کاهش راه رفتن و افزایش نوک‌زنی تغذیه‌ای می‌تواند باشد (Blokhtutis & Vander Haar, 1990). همچنین تراکم بالاتر باعث افزایش رقابت در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Thaxton et al., 2006). طبق این تحقیقات این‌طور به نظر می‌رسد که تعداد بالای جوجه‌های

نرمال و بالا اثری بر افزایش وزن روزانه نداشته است (Houshmand *et al.*, 2012) که با نتایج این پژوهش در کل دوره پرورش مطابقت دارد. از جمله دلایل کاهش وزن هنگام تراکم در گله تنش گرمایی به وجود آمده ناشی از تراکم می‌باشد (Karimi & Rahimi, 2003). طبق نتایج، مکمل کردن جیره با فرم آلی عنصر روی نتوانست تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی داشته است. گزارش شده است که استفاده از سطوح مختلف صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۴۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل آلی روی-متیونین باعث بهبود اضافه وزن در جوجه‌های گوشتی گردیده است (Wedekind *et al.*, 1992)، که با نتایج این پژوهش مخالف است. از طرف دیگر Kaya *et al.* (2001) اثر معنی‌داری در افزایش وزن بدن در مرغ‌های تخم‌گذاری که سطوح صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عنصر روی جیره را دریافت کرده بودند، مشاهده نکردند. در ارتباط با ضریب تبدیل خوراک، در دوره آغازین، تراکم بالا عملکرد بهتری را نسبت به تراکم نرمال موجب شد اما در دوره رشد و نزدیک شدن به پایان دوره به دلیل این‌که تنش تراکم وزن بدن پرندگان را بیشتر تحت تأثیر قرار داد و سبب کاهش آن شد، ضریب تبدیل خوراک در شرایط تراکم بالا افزایش یافت.

گوشتی در هر واحد آزمایشی به دلیل ایجاد تنش در پرندگان دفعات نوک‌زنی را بیشتر و یک نوع رقابت در بین جوجه‌ها ایجاد کرده که باعث تحریک به خوردن شده است. در پژوهش دیگری از سطوح مختلف تراکم (۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ کیلوگرم در هر مترمربع) در جوجه‌های گوشتی نر استفاده شد و کاهش میزان خوراک مصرفی کل دوره در تراکم‌های ۳۵ و ۴۰ کیلوگرم در هر مترمربع گزارش شد (Dozier *et al.*, 2006) که با نتایج این پژوهش همخوانی ندارد.

همان‌طور که داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد تراکم بالا، علیرغم مصرف خوراک بالاتر، افزایش وزن کمتری را در طول دوره رشد نسبت به تراکم نرمال به دنبال داشته است که دلیل آن را می‌توان به افزایش تنش ناشی از تراکم در جوجه‌های گوشتی نسبت داد (Buckland *et al.*, 1971). طبق مطالعات Reiter & Bessei (2000) افزایش تراکم گله جوجه‌های گوشتی موجب بالا رفتن میزان گاز آمونیاک گشته که متعاقب آن کاهش رشد را در پی داشته است. تنش تراکم اثرات منفی بر عملکرد رشد و افزایش وزن در جوجه‌های گوشتی دارد. در پژوهشی با پرورش جوجه‌های گوشتی تحت شرایط مختلف تراکم (۱۰ و ۱۶ قطعه در هر مترمربع) بیان شد که تراکم‌های

جدول ۲. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

Table 2. Effect of experimental treatments on the performance of broiler chickens

Density	Zinc Level (mg/kg)	Feed intake (g/b)			Weight gain (g/b)			Feed conversion ratio		
		1-21d	22-42d	1-42d	1-21d	22-42d	1-42d	1-21d	22-42d	1-42d
Normal	40	1055	3048	4103	691	1571	2262	1.53	1.94	1.81
	80	1056	3111	4167	724	1566	2290	1.46	2.00	1.82
	120	1052	3117	4169	686	1563	2249	1.53	2.01	1.85
	160	1075	3069	4144	679	1580	2260	1.58	1.94	1.83
High	40	961	3155	4117	701	1544	2246	1.37	2.05	1.83
	80	961	3111	4072	686	1543	2229	1.40	2.02	1.83
	120	1000	3156	4156	688	1534	2222	1.45	2.07	1.87
	160	980	3144	4125	699	1544	2243	1.40	2.04	1.84
SEM		9.48	16.38	22.21	8.63	9.02	13.71	0.01	0.01	0.01
Zinc Level (mg/kg)										
40		1008	3101	4110	696	1558	2254	1.45	2.00	1.82
80		1008	3111	4120	705	1554	2259	1.43	2.01	1.82
120		1026	3137	4163	687	1548	2236	1.48	2.03	1.86
160		1028	3106	4135	689	1562	2251	1.48	2.00	1.84
SEM		3.74	7.75	10.25	4.28	3.51	5.75	0.008	0.007	0.007
Density										
Normal		1059 <sup>a</sup>	3086 <sup>b</sup>	4146	695	1570 <sup>a</sup>	2265	1.52 <sup>a</sup>	1.96 <sup>b</sup>	1.83
High		976 <sup>b</sup>	3142 <sup>a</sup>	4118	693	1541 <sup>b</sup>	2235	1.41 <sup>b</sup>	2.04 <sup>a</sup>	1.84
SEM		2.37	4.09	5.55	2.15	2.25	3.42	0.004	0.003	0.003
<i>P-value</i>										
Density		<0.001	0.02	0.38	0.90	0.03	0.13	0.002	0.01	0.46
Zinc		0.60	0.71	0.66	0.72	0.89	0.84	0.84	0.59	0.80
Density × zinc		0.60	0.41	0.65	0.38	0.98	0.83	0.63	0.78	0.97

SEM: خطای استاندارد میانگین

در هر ستون میانگین‌های با حروف نامشابه به لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند ( $P < 0.05$ )

SEM: Standard Error of Mean

Means with different superscripts within the same column differ significantly ( $P < 0.05$ ).

در پژوهشی با پرورش جوجه‌های گوشتی تحت شرایط مختلف تراکم (۱۰ و ۱۶ قطعه در هر مترمربع) بیان شد، که تراکم نرمال سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با تراکم بالا می‌شود (Houshmand *et al.*, 2012)، که با نتایج پژوهش حاضر در دوره رشد مطابقت دارد. در مجموع شاید بتوان این‌گونه جمع‌بندی نمود که عدم تأثیر معنی‌دار فراسنجه‌های عملکردی تحت تأثیر اثرات متقابل عنصر روی با تراکم در پژوهش حاضر به پایین بودن سطوح روی افزایشی مربوط است و شاید اگر عنصر روی در سطح بالاتر در شرایط پرورش متراکم اضافه می‌شد، می‌توانست فراسنجه‌های عملکردی را تحت تأثیر قرار دهد.

#### پاسخ ایمنی

تفاوت معنی‌داری از نظر عیار آنتی‌بادی ضد SRBC در بین تیمارهای مختلف آزمایشی در ۳۵ و ۴۲ روزگی وجود نداشت (جدول ۳) ( $P > 0.05$ ). تفاوت معنی‌داری از نظر وزن نسبی اندام‌های ایمنی بورس فابریسیوس، طحال و تیموس در بین تیمارهای مختلف آزمایشی نیز مشاهده نشد (جدول ۳) ( $P > 0.05$ ). گزارش شده است که افزایش تراکم محیط موجب کاهش وزن نسبی بورس فابریسیوس و درصد آن گردید (Heckert *et al.*, 2002). اما در این پژوهش تراکم اثری بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی نداشته است. عملکرد تیموس و بورس فابریسیوس در اثر کمبودهای مواد مغذی و تنش‌های شدید دچار تغییر می‌شود و ارتباط بین آتروفی این اعضا با سوء تغذیه به اثبات رسیده است (Lopez & Lesson, 1995).

در مطالعه‌ای که با دو سطح تراکم (۲۸ و ۴۶ کیلوگرم وزن زنده بدن در پایان دوره در هر مترمربع به ترتیب به عنوان تراکم نرمال و تراکم بالا) در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با عصاره یاس زرد انجام گرفت، پرندگان پرورش داده شده در تراکم بالا که عصاره یاس زرد را دریافت نکرده بودند، وزن بورس فابریسیوس کمتری نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی داشتند. سطوح مختلف تراکم بر وزن نسبی اندام‌های

ایمنی طحال و بورس فابریسیوس اثر نداشته است (Zhang *et al.*, 2013). برخی محققان از سطوح تراکم ۶، ۱۵، ۲۳، ۳۳، ۳۵، ۴۱، ۴۷ و ۵۶ کیلوگرم در مترمربع در تغذیه جوجه‌های گوشتی استفاده کردند و بیان نمودند تراکم اثری بر وزن نسبی بورس فابریسیوس نداشته است (Buijs *et al.*, 2009). عنصر روی یک عنصر حیاتی برای عملکرد بهتر سیستم ایمنی در حیوانات محسوب می‌شود. کمبود روی سبب کاهش ایمنی سلولی می‌شود (Fletcher *et al.*, 1988). طبق نتایج حاصل شده از جدول ۳ با افزایش سطح عنصر روی در جیره مصرفی، عیار آنتی‌بادی ضد SRBC و وزن اندام‌های ایمنی شامل بورس فابریسیوس، تیموس و طحال افزایش عددی نشان داده است ( $P > 0.05$ ). در پژوهشی گزارش شده است که مکمل نمودن جیره پایه جوجه‌های گوشتی با ۱۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم عنصر روی از منبع ترکیبات آلی، منجر به بهبود معنی‌دار پاسخ اولیه و ثانویه آنتی‌بادی علیه SRBC گردیده است (Smith & Bartlett, 2003).

نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای آزمایشی به تست حساسیت شدید بازوفیل پوستی (CBH) و واکنش چین پوستی بال در جدول ۴ نشان داده شده است. اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر شاخص تحریک در سن ۳۷ روزگی دوره پرورش، در ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از تزریق معنی‌دار نشد. اثر اصلی سطوح متفاوت تراکم و روی بر پاسخ تحریک اثری نداشت ( $P > 0.05$ ). همچنین واکنش چین پوستی بال تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ( $P > 0.05$ ). پاسخ پوست به تزریق فیتوهماگلوئینین یک روش برای اندازه‌گیری فعالیت لنفوسیت‌های T است. فیتوهماگلوئینین میتوزنی است که از لکتین مشتق می‌شود و جزء پروتئین‌های دانه لوبیای قرمز بوده که با گلیکوپروتئین‌ها پیوند برقرار می‌کند و به سطح سلول‌های T می‌چسبد. در آزمایشات حساسیت شدید بازوفیل پوستی، فیتوهماگلوئینین لنفوسیت T را تحریک می‌کند و لنفوکائین تولید می‌شود؛ در نتیجه نفوذپذیری عروق بیشتر شده و لکوسیت‌ها به محل

## جمعیت میکروبی سکوم

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی سکوم در جدول ۵ نشان داده شده است. جمعیت کلی فرم تحت تأثیر اثرات متقابل تراکم و عنصر روی قرار گرفت ( $P < 0.05$ ). جمعیت باکتری‌های کلی فرم در شرایط تراکم نرمال و بالا با افزایش سطح عنصر روی جیره روند کاهشی داشت. اثرات متقابل عنصر روی و تراکم بر جمعیت باکتری‌های کل هوازی، ای کولای و لاکتوباسیل معنی دار نشد ( $P > 0.05$ ). اثر اصلی روی بر جمعیت باکتری‌های ای کولای و کلی فرم معنی دار شد ( $P < 0.05$ ). در ارتباط با ای کولای سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم عنصر روی بیشترین و ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم عنصر روی کمترین جمعیت را داشتند. بیشترین جمعیت کلی فرم هم در سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم عنصر روی و کمترین جمعیت مربوط به سطوح ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم عنصر روی به دست آمد. اثر تراکم بر جمعیت میکروبی سکوم تأثیر نداشت ( $P > 0.05$ ).

هجوم می‌آورند. لذا این روش نشان‌دهنده فعالیت لنفوسیت T است (Grasman, 2010). سلول‌های طحال از سلول‌های B، T و ماکروفاژها تشکیل شده است؛ وقتی که آنتی ژن وارد بدن می‌شود، به واسطه سلول‌های T، ایمنی سلولی تحریک می‌شود (Hoffmann *et al.*, 1999). از عوامل ضعیف شدن سیستم ایمنی می‌توان به تنش اشاره کرد و سطوح بالای تراکم سبب ایجاد تنش در جوجه‌های گوشتی می‌شود. از طرف دیگر، کمبود عنصر روی می‌تواند منجر به نقص در سطوح مختلف دفاع میزبان از اولین سد دفاعی بدن یعنی پوست تا ایمنی همورال و سلولی گردد (Walsh *et al.*, 1990). گزارش شده است که در آزمایشات حساسیت شدید بازوفیل پوست، افزایش معنی دار ضخامت پوست نشان‌دهنده افزایش فعالیت سیستم ایمنی سلولی است (Dunham, 1993). اما در پژوهش حاضر سطوح عنصر روی استفاده شده و نیز تنش تراکم در سطح ۱۶ قطعه پرند در مترمربع نتوانست ایمنی سلولی پرند را تحریک کند.

جدول ۳. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عیار آنتی بادی ضد SRBC (Log2) و وزن نسبی برخی اندام‌های ایمنی (به صورت درصدی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی

Table 3. Effect of experimental treatments on anti-SRBC antibody (Log2) and relative weight of some immune organs (as percentage of live body weight) in broiler chicks

Density	Zinc level (mg/kg)	SRBC		Relative weight of some immune organs at 42 days of age		
		35 days	42 days	Bursa of fabricius	Thymus	Spleen
Normal	40	4.25	8.00	0.13	0.37	0.09
	80	4.37	8.00	0.14	0.36	0.08
	120	4.87	8.75	0.17	0.41	0.11
	160	5.12	8.50	0.16	0.38	0.11
High	40	4.62	8.25	0.14	0.36	0.07
	80	5.00	9.25	0.15	0.36	0.09
	120	5.12	7.75	0.16	0.40	0.10
	160	5.25	8.00	0.16	0.39	0.09
SEM		0.51	0.63	0.02	0.23	0.009
Zinc level (mg / kg)						
	40	4.43	8.12	0.13	0.36	0.08
	80	4.68	8.62	0.14	0.36	0.08
	120	5.00	8.25	0.16	0.40	0.10
	160	5.18	8.25	0.16	0.38	0.10
	SEM	0.25	0.44	0.01	0.11	0.004
Density						
Normal		5.00	8.31	0.15	0.38	0.09
High		4.65	8.31	0.15	0.37	0.08
SEM		0.12	0.31	0.005	0.05	0.002
P-value						
Density		0.35	1.00	0.93	0.86	0.77
Zinc		0.48	0.70	0.56	0.62	0.28
Zinc× Density		0.96	0.07	0.052	0.81	0.41

SEM: Standard Error of Mean

SEM: خطای استاندارد میانگین

جدول ۴. اثر تیمارهای آزمایشی بر حساسیت شدید بازوفیل پوستی (CBH) پا در سن ۳۷ روزگی و چین پوستی بال در سن ۱۶ روزگی در جوجه‌های گوشتی (میلی‌متر)

Table 4. The effect of experimental treatments on severity of CBH foot sensitivity at age 37 and skin of wing web at the age of 16 days in broiler chicks (mm)

Density	Zinc level (mg / kg)	CBH		Skin of wing web	
		24 hour	48 hour	24 hour	48 hour
Normal	40	0.46	0.39	0.53	0.45
	80	0.41	0.37	0.53	0.47
	120	0.52	0.41	0.54	0.47
	160	0.53	0.40	0.51	0.48
High	40	0.55	0.38	0.49	0.46
	80	0.54	0.41	0.50	0.48
	120	0.46	0.40	0.49	0.48
	160	0.52	0.39	0.56	0.47
SEM		0.025	0.004	0.022	0.016
Zinc level (mg / kg)					
40		0.50	0.39	0.51	0.46
80		0.48	0.39	0.520	0.483
120		0.49	0.41	0.521	0.482
160		0.52	0.39	0.54	0.47
SEM		0.01	0.002	0.011	0.008
Density					
Normal		0.48	0.39	0.53	0.478
High		0.52	0.39	0.51	0.474
SEM		0.006	0.001	0.005	0.004
P- value					
Density		0.55	1.00	0.52	0.83
Zinc level		0.94	0.42	0.84	0.74
Zinc × Density		0.66	0.22	0.40	0.92

SEM: Standard Error of Mean

SEM: خطای استاندارد میانگین

میزان باکتری‌های ای‌کولای کاهش معنی‌داری را نشان داد. مشخص شده است گنجاندن مواد معدنی کمیاب باند شده با مواد آلی سبب افزایش پاسخ ایمنی، واکسینه شدن در برابر کوکسیدیوز، یکپارچگی روده و افزایش عملکرد می‌شود (Dibner *et al.*, 2003). عنصر روی نقش مهمی در کاهش جمعیت باکتری ای‌کولای در طیور دارد. همچنین جوجه‌ها هنگامی که به بیماری ویروسی نیوکاسل مبتلا می‌شوند و نیز وقتی در معرض سم باکتری ای‌کولای قرار می‌گیرند، دچار کمبود روی می‌گردند (Curtis & Butler, 1973). عنصر روی از طریق تغییر در سیستم انتقال فعال و ممانعت در فاز ابتدایی تکثیر باکتریایی، باعث ممانعت از رشد باکتری می‌شود (Tufft *et al.*, 1988). طبق پژوهشی که Katouli *et al.* (1999) بر روی خوک با سطح روی ۲۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به صورت اکسید روی انجام دادند موجب ثبات میکروفلور روده و کاهش جمعیت باکتری

نظریه‌های مختلفی در ارتباط با چگونگی اثرگذاری باکتری‌های مفید برای بهبود وضعیت سلامتی و جلوگیری از تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا مطرح شده است. در این میان نظریه حذف رقابتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. براساس این نظریه، باکتری‌های مفید از رشد و تکثیر گونه‌های بیماری‌زا ممانعت می‌کنند. در ساده‌ترین حالت، باکتری‌های مفید با اتصال به دستگاه گوارش در آنجا ساکن می‌شوند و از این طریق از تشکیل جمعیت میکروبی گونه‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند، به عبارت دیگر، لاکتوباسیل‌ها به دیواره چینه‌دان متصل می‌شوند و با ای‌کولای، سالمونلا و دیگر باکتری‌های بیماری‌زا رقابت می‌کنند. در مطالعه‌ای، جوجه‌های گوشتی پرورش یافته در تراکم نرمال نسبت به تراکم بالا، تعداد جمعیت ای‌کولای کمتر و تعداد جمعیت لاکتوباسیل بیشتری در سکوم داشتند (Zhang *et al.*, 2013). در پژوهش حاضر، با افزایش سطح عنصر روی جیره



افزایش سطح عنصر روی یک روند خطی و افزایشی داشته است با این تفاوت که ماده آلی در سطوح ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تقریباً به یک میزان هضم داشته‌اند اما قابلیت هضم پروتئین خام در سطح ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با بقیه سطوح اختلاف معنی‌دار داشت. تراکم بر هیچ‌یک از فراسنجه‌های قابلیت هضم اثر معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ).

در پژوهشی که Guardia *et al.* (2011) انجام دادند با افزایش سطح تراکم جوجه‌های گوشتی، جمعیت باکتری‌های گوارشی کمتر شده که به موجب آن قابلیت هضم و جذب کل مواد مغذی کاهش یافته که بر روی صفات عملکردی اثر منفی می‌گذارد. در این پژوهش نیز به اثر منفی تراکم بالا بر فاکتورهای عملکردی و افزایش ضریب تبدیل خوراک مصرفی اشاره شد که با نتایج پژوهش ذکر شده همخوانی دارد.

کلی‌فرم در دو هفته اول پس از شیرگیری شده است که با نتایج این پژوهش در یک راستا قرار دارد.

#### قابلیت هضم ظاهری ایلئومی مواد مغذی

اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ایلئومی ظاهری مواد مغذی در جدول ۵ آمده است. اثر متقابل عنصر روی و تراکم بر میزان قابلیت هضم پروتئین خام معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) به‌طوری‌که در تراکم نرمال و بالا با افزایش سطح عنصر روی جیره قابلیت هضم پروتئین خام افزایش نشان داد. قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی با افزایش سطح عنصر روی در تراکم‌های متفاوت روند افزایشی داشته، هرچند که معنی‌دار نشدند ( $P > 0.05$ ). اثر اصلی عنصر روی بر قابلیت هضم ایلئومی ماده آلی و پروتئین خام اختلاف معنی‌داری نشان داد ( $P < 0.05$ ). قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام با

جدول ۵. اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی سکوم (Log CFU/g of digesta) و قابلیت هضم مواد مغذی (درصد) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 5. The effect of experimental treatments on cecum's microbial population (Log CFU/g of digesta) and digestibility of nutrients (percentage) in broiler chicks at 42 days of age

Density	Zinc level (mg /kg)	Cecum microbial population				Digestibility			
		Total aerobic bacteria	E. coli	Coliform	Lactobacillus	Dry matter	Organic matter	Crude fat	Crude protein
Normal	40	7.92	6.26	6.34 <sup>a</sup>	7.90	64.23	62.67	65.09	56.71 <sup>d</sup>
	80	7.65	6.19	6.22 <sup>ab</sup>	7.98	64.26	64.38	66.66	61.13 <sup>c</sup>
	120	7.73	5.83	6.05 <sup>b</sup>	8.02	66.59	67.40	65.47	67.26 <sup>ab</sup>
	160	7.81	5.79	6.12 <sup>ab</sup>	6.78	66.87	70.58	64.28	68.59 <sup>a</sup>
High	40	7.73	6.04	6.25 <sup>ab</sup>	7.92	65.48	63.35	63.76	60.89 <sup>c</sup>
	80	7.95	6.16	6.39 <sup>a</sup>	8.31	65.63	63.63	65.42	63.79 <sup>bc</sup>
	120	7.62	5.99	6.15 <sup>ab</sup>	8.36	66.24	69.88	66.23	62.60 <sup>c</sup>
	160	7.70	5.58	5.78 <sup>c</sup>	8.34	66.72	67.75	64.99	69.33 <sup>a</sup>
SEM		0.04	0.04	0.02	0.24	0.54	0.54	0.58	0.69
Zinc level (mg / kg)									
	40	7.85	6.17 <sup>a</sup>	6.30 <sup>a</sup>	7.91	64.85	63.01 <sup>b</sup>	64.42	58.80 <sup>c</sup>
	80	7.75	6.18 <sup>a</sup>	6.29 <sup>a</sup>	8.09	64.95	64.01 <sup>b</sup>	66.04	62.46 <sup>b</sup>
	120	7.68	5.91 <sup>ab</sup>	6.10 <sup>b</sup>	8.22	66.41	68.64 <sup>a</sup>	65.85	64.93 <sup>b</sup>
	160	7.75	5.68 <sup>b</sup>	5.95 <sup>b</sup>	7.40	66.79	69.16 <sup>a</sup>	64.64	68.96 <sup>a</sup>
	SEM	0.02	0.02	0.01	0.12	0.27	0.27	0.29	0.34
Density									
	Normal	7.76	6.04	6.19	7.67	65.49	66.26	65.37	63.42
	High	7.74	5.90	6.10	8.24	66.02	66.15	65.10	64.15
	SEM	0.01	0.01	0.007	0.006	0.13	0.13	0.14	0.17
P- value									
	Density	0.81	0.26	0.24	0.24	0.50	0.89	0.74	0.46
	Zinc	0.50	0.003	0.002	0.58	0.20	0.001<	0.41	0.001<
	Zinc × density	0.18	0.50	0.03	0.47	0.79	0.12	0.68	0.02

SEM: میانگین خطای استاندارد

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت به‌لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard Error of Mean

Means with different superscripts within the same column differ significantly ( $P < 0.05$ ).

فعالیت آن می‌شود، همچنین آمینوپیتیداز در ساختمان خود شامل یک اتم روی است که برای انجام فعالیت‌های کاتالیکی خود به آن نیاز دارد (Gropper *et al.*, 2012). شاید بتوان دلیل افزایش معنی‌دار قابلیت هضم ظاهری ایلئومی ماده آلی و پروتئین خام با افزایش سطح عنصر روی جیره را به عوامل ذکر شده بالا نسبت داد.

#### نتیجه‌گیری

در مجموع یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که افزودن عنصر روی در شرایط پرورش با تراکم بالا نتوانست فراسنجه‌های عملکردی را تحت تأثیر قرار دهد، در حالیکه با افزایش سطح عنصر روی در جیره بدون در نظر گرفتن تراکم، قابلیت هضم ظاهری ایلئومی پروتئین خام و ماده آلی افزایش و جمعیت میکروبی کلی‌فرم و ای‌کولای در سکوم جوجه‌های گوشتی کاهش یافت.

#### سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر حمایت‌های مالی پروژه و همچنین از سرکار خانم دکتر میترا قدسی به‌دلیل همکاری‌های صمیمانه ایشان در بررسی جمعیت میکروبی سکوم، تشکر و قدردانی می‌گردد.

از طرف دیگر، مشخص شده است که عنصر روی نقش مؤثری در تغییرات مورفولوژیکی دستگاه گوارش ایفا می‌کند به طوری که به ماده اصلی هیدرولیزکننده دستگاه گوارش معروف است، که باعث تغییرات مورفولوژیکی و بهبود ظرفیت جذب، کاهش اسهال و افزایش عملکرد رشد می‌گردد (Katouli *et al.*, 1999). در مطالعه‌ای، جیره حاوی اکسید روی باندشده با کانی رسی مونت مرلینت<sup>۱</sup> به میزان ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نسبت به جیره حاوی اکسید روی به همان میزان (۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، طول پرز بلندتر و در نتیجه عمق کریپت کمتر در مخاط روده جوجه‌های گوشتی را موجب شد، همچنین جیره حاوی عنصر روی فعالیت تریپسین در پانکراس را افزایش داده که به موجب آن فعالیت آنزیم‌های گوارشی در مخاط روده کوچک بیشتر شده است (Hu *et al.*, 2013). در این تحقیق مکمل آلی روی بر قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام اثر افزایشی داشته است. طبق مطالعات صورت گرفته عنصر روی با داشتن فعالیت‌های آنزیمی در سنتز و هضم پروتئین‌ها، بر رشد تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر، آنزیم کربوکسی‌پیتیداز A برای فعالیت نیاز به عنصر روی دارد و آنزیمی است که از پانکراس به درون دوازدهه ترشح شده و برای هضم پروتئین ضروری است. عنصر روی با باند شدن به این آنزیم باعث تحریک

#### REFERENCES

1. Akhlaghi, A., Zamiri, M. J., Zare Shahneh, A., Jafari Ahangari, Y., Nejati Javaremi, A., Rahimi Mianji, G., ... & Atashi, H. (2012). Maternal hyperthyroidism is associated with a decreased incidence of cold-induced ascites in broiler chickens. *Poultry Science*, 91(5), 1165-1172.
2. Al-Homidan, A. A. (2001). The effect of temperature and stocking density on broiler performance and ammonia production. *Poultry Science*, 21(5), 1121-1137.
3. Bartlett, J. R. & Smith, M. O. (2003). Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Poultry Science*, 82(10), 1580-1588.
4. Blokhutis H. J. & Vander Haar J. W. (1990). The effect of the stocking density on the behavior broilers. *Arohiv fur Geflugelkunde*, 54, 74-77.
5. Buckland, R. B., Gaperdone, H. C. & Bragg, D. B. (1971). Interaction of strain, density and ration with two light systems and broiler performance. *Canadian Journal of Animal Science*, 51(2), 615-619.
6. Buijs, S., Keeling, L., Rettenbacher, S., Van Poucke, E. & Tuytens, F. A. M. (2009). Stocking density effects on broiler welfare: Identifying sensitive ranges for different indicators. *Poultry Science*, 88(8), 1536-1543.
7. Butler, E. J. & Curtis, M. J. (1973). The effects of *Escherichia coli* endotoxin and ACTH on the plasma zinc concentration in the domestic fowl. *Research in Veterinary Science*, 15(3), 363-367.
8. Cousins, R. J. & Hempe, J. M. (1990). Zinc in Nutrition International life Sciences institute Nutrition Foundation. *Washington. D.C.*, 251-260.
9. 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.

10. Dieck, H. T., Doring, F., Roth, H. P. & Daniel, H. (2003). Changes in rat hepatic gene expression in response to zinc deficiency as assessed by DNA arrays. *Journal Nutrition*, 133(4), 1004-1010.
11. Dozier, W. A., Thaxton, J. P., Purswell, J. L., Olanrewaju, H. A., Branton, S. L. & Roush, W. B. (2006). Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight. *Poultry Science*, 85(3), 344-351.
12. Dunham, H. J. (1993). Lactobacillus reuteri immunomodulation of stressor-associated diseases in newly hatched chickens and turkeys. *Poultry Science*, 72 Abstract.
13. Ekstrand, C. (1993). Effects of stocking density on the health, behaviour and productivity of broilers. A literature review. *Rapport-Sveriges Lantbruksuniversitet, Veterinaermedicinska Fakulteten, Institutionen foer Husdjurshygen (Sweden)*, 4(12), 107-116.
14. Houshmand, M., Azhar, K., Zulkifli, I., Bejo, M. H. & Kamyab, A. (2012). Effects of prebiotic, protein level, and stocking density on performance, immunity, and stress indicators of broilers. *Poultry Science*, 91(1), 393-401.
15. Jahanian, R. (2010). Effect of organic and inorganic sources of zinc element on the function and metabolism of this element in broiler chickens fed with corn-soybean meal. *Fourth Iranian Congress of Animal Sciences*, 1028-1024.
16. Feddes, J. J. R., Emmanuel, E. J. & Zuidhof, M. J. (2002). Broiler performance, bodyweight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science*, 81(11), 774-779.
17. Fletcher, M. P., Gershwin, M. E., Keen, C. L. & Hurley, L. S. (1988). Trace element deficiencies and immune responsiveness in human and animal models. In: *Nutrition and Immunology*. New York NY. pp: 215-239.
18. Grasman, K. A. (2010). *In vivo* functional tests for assessing immunotoxicity in birds. *Immunotoxicity Testing: Methods and Protocols*, 63(6), 387-398.
19. Gropper, S. S. & Smith, J. L. (2012). *Advanced Nutrition and human metabolism*. Cengage Learning, 15(1), 600.
20. Guardia, S., Konsak, B., Combes, S., Levenez, F., Cauquil, L., Guillot, J. F. & Gabriel, I. (2011). Effects of stocking density on the growth performance and digestive microbiota of broiler chickens. *Poultry Science*, 90 (9), 1878-1889.
21. Heckert, R. A., Estevez, I., Russek-Cohen, E. & Pettit-Riley, R. (2002). Effects of density and perch availability on the immune status of broilers. *Poultry Science*, 81(4), 451-457.
22. Hoffmann, J. A., Kafatos, F. C., Janeway, C. A. & Ezekowitz, R. A. B. (1999). Phylogenetic perspectives in innate immunity. *Poultry Science*, 284(5418), 1313-1318.
23. Hu, C. H., Qian, Z. C., Song, J., Luan, Z. S. & Zuo, A. Y. (2013). Effects of zinc oxide-montmorillonite hybrid on growth performance, intestinal structure, and function of broiler chicken. *Poultry Science*, 92(1), 143-150.
24. Katouli, M., Melin, L., Jensen-Waern, M., Wallgren, P. & Möllby, R. (1999). The effect of zinc oxide supplementation on the stability of the intestinal flora with special reference to composition of coliforms in weaned pigs. *Journal of Applied Microbiology*, 87(4), 564-573.
25. Kaya, S., Umucalilar, H. D., Haliloglu, S. & Ipek, H. (2001). Effect of dietary vitamin A and zinc on egg yield and some blood parameters of laying hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25(5), 763-769.
26. Kim, W. K., Donalson, L. M., Herrera, P., Woodward, C. L., Kubena, L. F., Nisbet, D. J. & Ricke, S. C. (2004). Effect of different Bone preparation method (Fresh, Dry, and Fat-free dry) on bone parameters and the correlation between bone parameters. *Poultry Science*, 83(10), 1663-1666.
27. Lopez, G. & Lesson, S. (1995). Response of broiler breeders to low-protein diets. Part 1. Adult breeder performance. *Poultry Science*, 74(12), 685-695.
28. Prasad, A. S. & Kucuk, O. (2002). Zinc in cancer prevention. *Cancer and Metastasis Reviews*, 21(3-4), 291-295.
29. Reiter, K. & Bessei, W. (2000). Effect of stocking density of broilers on temperature in the litter and at bird level. *Archiv Ge Flugelk*, 64(12), 204-206.
30. Sahin, K. & Kucuk, O. (2003). Zinc supplementation alleviates heat stress in laying Japanese broiler chicken. *The American Society for Nutritional Sciences*, 133 (6), 2808-2811.
31. Sandoval, M., Henry, P. R., Luo, X. G., Littell, R. C., Miles, R. D. & Ammerman, C. B. (1998). Performance and tissue zinc and metallothionein accumulation in chicks fed a high dietary level of zinc. *Poultry Science*, 77(9), 1354-1363.
32. Scheideler, S. E. (1993). Effects of various types of aluminosilicates and aflatoxin B<sub>1</sub> on aflatoxin toxicity, chick performance, and mineral status. *Poultry Science*, 72(2), 282-288.
33. Scholtyssek, S. & Gschwindt-Ensinger, B. (1983). Leistungsvermögen einschlie ßlich befiedering und belastbarkeit von broilern bei unterschiedlicher besatzdichte in bodenhaltung. *Arch Geflügelk*, 47(6), 3-8.

34. Song, J., Xiao, K., Ke, Y. L., Jiao, L. F., Hu, C. H., Diao, Q. Y. & Zou, X. T. (2014). Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry Science*, 93(3), 581-588.
35. Stadecker, M. J., Lukic, M., Dvorak, A. & Leskowitz, S. (1977). The cutaneous basophil response to phytohemagglutinin in chickens. *The Journal of Immunology*, 118(5), 1564-1568.
36. Thaxton, S. L., Dozier, W. A., Branton, J. P., Morgan, G. W., Miles, D. M., Roush, W. B, Lott, B. D. & Vizzier Thaxton, Y. (2006). Stocking density and physiological adaptive responses of broilers. *Poultry Science*, 85(12), 819-824.
37. Tufft, L. S., Nockels, C. F. & Fettman, M. J. (1988). Effects of *Escherichia coli* on iron, copper, and zinc metabolism in chicks. *Avian Diseases*, 32(4), 779-786.
38. Vanhonacker, F., Verbeke, W., Van, Poucke, E., Buijs, S. & Tuytens, F. A. M. (2008). Societal concern related to stocking density, pen size in farma animal production. *Livestock Science*, 123, (1) 16-22.
39. Walsh, C. T., Sandstead, H. H., Prasad, A. S., Newberne, P. M. & Fraker, P. J. (1990). Zinc: health effects and research priorities for the 1990s. *Environmental Health Perspectives*, 102(2), 5-46.
40. Wedekind, K. J., Hortin, A. E. & Baker, D. H. (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *Journal of Animal Science*, 70(16), 178-187.
41. Zhang, B. & Coon, C. N. (1997). The relationship of various tibia bone measurements in Hens. *Poultry Science*, 76(12), 1698-1701.
42. 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.
43. Zhu, Y. W., Li, W. X., Lu, L., Zhang, L. Y., Ji, C., Lin, X. & Luo, X. G. (2017). Impact of maternal heat stress in conjunction with dietary zinc supplementation on hatchability, embryonic development, and growth performance in offspring broilers. *Poultry Science*, 84(8), 368-376.