نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۳، تابستان ۱۳۹۸
ص‌ص: ۹۵~۱۱۰

اثر سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین در جیره غذایی بر صفات تولیدی، فراسنجه‌های لاشه، هماتولوژی و ریخت شناسی روده جوجه‌های گوشتی

- **حسینعلی قاسمی** (نویسنده مسئول)
دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک
- **ایمان حاج خدادادی**
استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک
- **امیرحسین خلت آبادی فراهانی**
استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک

تاریخ دریافت : خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش : مرداد ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۸۶۳۲۶۲۳۶۲۰
Email: h-ghasemi@araku.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.122211.1719

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین در جیره بر صفات تولیدی، فراسنجه‌های لاشه، هماتولوژی و ریخت شناسی روده، از تعداد ۲۸۸ قطعه جوجه گوشتی نر یکروزه (سویه راس ۳۰۸) استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل ۲ ×۳ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح پروتئین جیره (شاهد یا توصیه شده، متوسط یا ۱/۵ واحد کمتر از سطح توصیه شده و کم یا ۳ واحد کمتر از سطح توصیه شده) و ۲ سطح مکمل کولین (۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از گروه با سطح کم پروتئین در مقایسه با گروه شاهد سبب کاهش وزن، کاهش طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت در ژژنوم و افزایش ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی شد (P<۰/۰۵). همچنین افزایش وزن نسبی کبد و کاهش میزان گلبول قرمز خون در گروه متوسط پروتئین نسبت به گروه شاهد مشاهده شد (P<۰/۰۵). اثر مکمل کولین و اثر متقابل بین سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین در جیره غذایی بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های هماتولوژی خون و ریخت شناسی روده معنی‌دار نبود. اما مکمل کولین تمایل به افزایش بازده لاشه (P=۰/۰۸۷) و کاهش وزن نسبی کبد (P=۰/۰۸۹) نشان داد. با توجه به نتایج این مطالعه، کاهش میزان پروتئین جیره به ویژه ۳ واحد کمتر از سطح توصیه شده اثرات منفی بر صفات تولیدی و ریخت شناسی روده دارد، ولی استفاده از مکمل کولین در این جیره‌ها اثر مثبتی در جوجه‌های گوشتی ندارد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین جیره، جوجه‌های گوشتی، مورفولوژی ژژنوم، صفات لاشه، کولین

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 123 pp: 95-110

Effect of different levels of dietary protein and choline supplementation on production traits, slaughter parameters, hematology and intestinal morphology in broilers

By: H. A. Ghasemi[1*], I. Hajkhodadadi[2], A. H. Khaltabadi Farahani[2]
[1]Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, 38156-8-8349 Arak, Iran.
[2]Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, 38156-8-8349 Arak, Iran.

.

Received: June 2018 **Accepted: August 2018**

A total number of 288 one-day-old male broiler chicks (Ross 308) were used to investigate the effect of different levels of protein and choline supplementation in the diet on production traits, carcass parameters, hematology and intestinal morphology. This experiment was conducted in a completely randomized design as factorial experiment (3 × 2). Experimental treatments consisted of three levels of protein (control or recommended level, medium or 1.5 units lower than recommended level and low or 3 units lower than recommended level) and 2 levels of choline supplementation (0 and 1000 mg/kg diet). The results showed that the use of low-protein group reduced body weight gain, villus height and villus height/cryt depth ratio in the jejunum and increased feed conversion ratio in broilers (P<0.05) when compared with control group. The higher relative liver weight and lower red blood cell counts were also observed in the medium-protein group compared with control group (P<0.05). The effect of choline supplementation and interaction between protein levels and choline supplementation in the diet on growth performance, blood hematological parameters and intestinal morphology were not significant. However, choline supplementation tended to increase carcass yield (P=0.087) and to decrease the relative liver weight (P=0.089). According to the results of current study, reducing the dietary protein level, especially 3 units lower than recommended level, negatively affected the production traits and intestinal morphology; but the use of choline supplementation in these diets has no positive effect in broiler chickens.

Key words: Broilers, Carcass caracterestics, Choline, Dietary protein, Jejunal morphology.

مقدمه

نیاز پروتئین جوجه‌های گوشتی با افزایش سن بر حسب درصد در جیره کاهش می‌یابد، ولی به دلیل افزایش مصرف خوراک میزان پروتئین مصرفی در کل افزایش می‌یابد. وجود پروتئین کافی در جیره غذایی نه تنها تنظیم کننده رشد و عملکرد تولید مثل طیور است بلکه نقش مهمی در توسعه دستگاه گوارش دارد. مشخص شده است که رشد و توسعه مورفولوژیکی پرزهای مخاط روده به کمیت و کیفیت مواد مغذی هضم شده بویژه پروتئین در لومن روده بستگی دارد (Laudadio و همکاران، ۲۰۱۲). از طرف دیگر وجود پروتئین زیاد در جیره غذایی علاوه بر ایجاد مشکلات فیزیولوژیکی، سبب افزایش تولید آمونیاک، آلودگی محیط زیست و افزایش هزینه تولید نیز می‌شود (Leclercq، ۱۹۹۸). در سال‌های اخیر توجه زیادی به کاهش غلظت نیتروژن در بستر طیور معطوف شده است، که اهمیت این کار از نظر زیست محیطی و کاهش آلودگی خاک و آب‌های سطحی و زیرزمینی به نیتروژن مازاد می‌باشد. افزایش پروتئین جیره غذایی سبب افزایش تولید گرما در بدن جوجه‌ها و مصرف آب می‌شود که به دنبال آن مقدار رطوبت بستر افزایش می‌یابد (Kamran و همکاران، ۲۰۱۶؛ Habashy و همکاران، ۲۰۱۷). در مقابل اثرات مثبت استفاده از

جیره‌های کم پروتئین، کاهش پروتئین خام جیره در مقدار توصیه شده انرژی (افزایش نسبت انرژی به پروتئین) منجر به کاهش مقدار پروتئین لاشه و افزایش مقدار چربی لاشه خواهد شد (Rozenboim و همکارن، ۲۰۱۶). در پرندگان همانند پستانداران، تغییر سطح انرژی و پروتئین جیره سبب عدم توازن هورمون‌های متابولیکی می‌شود (Attia و Saber، ۲۰۱۷). محققان نشان دادند که انرژی جیره به تنهایی تأثیر چندانی بر انباشت چربی ندارد و نسبت انرژی به پروتئین عامل مؤثر بر انباشت چربی در بدن و همچنین در حفره بطنی می‌باشد (Kamran و همکاران، ۲۰۰۸).

یکی از بهترین راهکارهای تغذیه برای جلوگیری از اثرات منفی جیره غذایی با انرژی بالا برای جوجه‌های گوشتی استفاده از عوامل چربی سوز است. عوامل چربی سوز ترکیباتی هستند که شاید به استفاده بهتر از جیره‌های غذایی دارای انرژی زیاد در گونه‌های طیور با رشد سریع کمک کنند. کولین، ال-کارنیتین، متیونین و بتائین به عنوان عوامل مهم چربی سوز شناخته شده است (Leeson و Summers، ۲۰۰۵). بتا هیدروکسی اتیل تری متیل هیدروکسید آمونیوم یا کولین یک ماده مغذی ضروری برای رشد مطلوب حیوانات خصوصاً طیور، خوک و حیوانات خانگی است. کولین در بسیاری از مواد غذایی یافت می‌شود و مقدار استاندارد آن به وسیله انجمن ملی تحقیقات (NRC، ۱۹۹۴) گزارش شده است. نیاز کولین بدن حیوانات از طریق جیره و سنتز آن در بدن تأمین می‌شود. اگرچه مواد اولیه طبیعی خوراک محتوی مقادیر مشخصی از کولین هستند اما این مقادیر نمی‌توانند احتیاجات حیوان را برای رشد سریع تأمین کنند. از این رو افزودن کولین کلراید به جیره راحت‌ترین و اقتصادی‌ترین راه تأمین نیاز کولین است (Olthof و Verhoef، ۲۰۰۵؛ Wen و همکاران، ۲۰۱۶). کولین به عنوان یک واسطه چربی سوز اصلی با تحریک انتقال چربی و یا افزایش تجزیه بیولوژیکی اسیدهای چرب و جلوگیری از ذخیره چربی در بافت‌ها، نقش مهمی در سوخت و ساز چربی بدن دارد. یکی از کارکردهای مهم کولین نقش حیاتی خود به عنوان دهنده متیل (transmethylation) است، برای این کار، ابتدا باید کولین به بتائین اکسیده شود (Petronini و همکاران، ۱۹۹۲؛ Waldroup و همکاران، ۲۰۰۶). از آنجا که مطالعات تحقیقاتی کمی به بررسی اثرات غلظت بالای عوامل چربی سوز نظیر کولین در جیره‌های با نسبت انرژی به پروتئین بالا در جوجه-های گوشتی وجود دارد، مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر مقادیر متفاوت کولین بر صفات تولیدی، فراسنجه‌های لاشه، هماتولوژی و ریخت شناسی روده در جوجه های گوشتی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی سطوح مختلف پروتئین انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه آموزشی – پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک انجام شد. در این مطالعه، از ۲۸۸ قطعه جوجه خروس گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ استفاده شد. سن گله مادر آنها ۴۱ هفته بود. هر قفس مجهز به یک دانخوری ناودانی و یک آبخوری کله قندی (گنبدی شکل) و سینی کشویی گالوانیزه جمع آوری کود بود. شرایط محیطی از نظر دما، رطوبت، نور و تهویه نیز یکسان بود. ۲۴ ساعت قبل از ورود جوجه‌ها، درجه حرارت ۳۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی تقریباً ۶۰ درصدی در سالن تأمین شد. دمای سالن هر هفته با افزایش سن ۲/۸ درجه سانتیگراد کاهش یافت. برنامه نوردهی به -صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اجرا شد. برای جلوگیری از شیوع بیماری‌های برونشیت، آنفلوانزا و نیوکاسل برنامه واکسیناسیون طبق توصیه اداره دامپزشکی استان مرکزی انجام گرفت. در این تحقیق از طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل ۳ × ۲ استفاده شد. ۶ گروه آزمایشی شامل ۳ سطح پروتئین خام (شاهد یا توصیه شده، متوسط یا ۱/۵ واحد کمتر از سطح توصیه شده و کم یا ۳ واحد کمتر از سطح توصیه شده) و ۲ سطح مکمل کولین (۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) بود. سطح انتخابی مکمل کولین بر اساس نتایج مطالعات سایر پژوهشگران و با استفاده از مکمل کولین کلراید[1] بود (Waldroup و همکاران، ۲۰۰۶؛ Jahanian و Rahmani، ۲۰۰۸؛ Azadmanesh و Jahanian، ۲۰۱۴). برای هر گروه

آزمایشی ۶ تکرار و برای هر تکرار ۸ قطعه جوجه در نظر گرفته شد. میانگین وزن جوجه ها در زمان ورود به سالن ۱/۲۵ ± ۴۳/۶ گرم بود. جوجه‌ها از ۱ تا ۱۰ روزگی با جیره آغازین و از ۱۱ تا ۲۴ روزگی با جیره رشد و از ۲۵ تا ۴۲ روزگی با جیره پایانی تغذیه شدند (جدول ۱). همه جوجه‌ها تا پایان دوره پرورش، به‌صورت آزادانه به آب و خوراک دسترسی داشتند. برای تعیین نیاز غذایی جوجه‌ها در دوره‌های مختلف پرورش و برآورد مواد مغذی اجزاء جیره از راهنمای نیازمندی‌های سویه راس (Ross 308 Broiler Nutrition Specs 2014 EN - Aviagen)، و برای جیره نویسی از نرم‌افزار UFFDA استفاده شد. مکمل کولین به صورت یک محصول پودری حاوی کولین کلراید ۶۰ ٪ استفاده شد.

جدول ۱- ترکیبات مواد خوراکی و اجزای شیمیایی جیره‌های آزمایشی

پروتئین جیره	۱ تا ۱۰ روزگی			۱۱ تا ۲۴ روزگی			۲۵ تا ۴۲ روزگی		
	توصیه شده	۱/۵ واحد کمتر	۳ واحد کمتر	توصیه شده	۱/۵ واحد کمتر	۳ درصد کمتر	توصیه شده	۱/۵ واحد کمتر	۳ واحد کمتر
ذرت	۴۸/۸۱	۵۴/۵۴	۶۰/۲۵	۵۲/۲۳	۵۷/۹۶	۶۳/۷۰	۵۷/۴۵	۶۳/۱۷	۶۸/۹۰
کنجاله سویا (۴۴٪ پروتئین خام)	۴۱/۴۳	۳۶/۴۱	۳۱/۴۰	۳۷/۵۹	۳۲/۵۸	۲۷/۵۷	۳۲/۰۶	۲۷/۰۴	۲۲/۰۳
روغن سویا	۴/۷۴	۳/۷۳	۲/۷۳	۵/۶۰	۴/۵۹	۳/۵۸	۶/۱۸	۵/۱۷	۴/۱۶
دی کلسیم فسفات	۱/۹۰	۱/۹۵	۱/۹۹	۱/۶۴	۱/۶۹	۱/۷۴	۱/۵۲	۱/۵۷	۱/۶۲
کربنات کلسیم	۱/۱۲	۱/۱۳	۱/۱۳	۱/۰۵	۱/۰۶	۱/۰۷	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۹
نمک	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴
L-لایزین هیدروکلراید	۰/۱۹	۰/۳۴	۰/۴۹	۰/۱۳	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۴۳
DL- متیونین	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۳۳
L- ترئونین	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۲۰
مکمل ویتامینی[1]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی[2]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
شن شسته ساختمانی	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
ترکیب محاسبه شده									
انرژی قابل متابولیسم (E) Kcal/kg	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰
پروتئین خام (CP) ٪	۲۳	۲۱/۵	۲۰/۰	۲۱/۵	۲۰/۰	۱۸/۵	۱۹/۵	۱۸/۰	۱۶/۵
کلسیم ٪	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹
فسفر قابل دسترس ٪	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰
لیزین قابل هضم ٪	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۳
متیونین + سیستئین قابل هضم ٪	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
ترئونین قابل هضم ٪	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹
کولین (میلی گرم در کیلوگرم)	۱۵۸۰	۱۴۷۶	۱۳۷۱	۱۴۹۴	۱۳۹۰	۱۲۸۵	۱۳۷۲	۱۲۶۷	۱۱۶۳

[1] غلظت مواد معدنی در هر کیلوگرم جیره: منگنز، ۱۲۰ میلی گرم؛ روی، ۱۰۰ میلی گرم؛ آهن، ۴۰ میلی گرم؛ مس، ۱۶ میلی گرم؛ ید، ۱ میلی گرم و سلنیوم، ۰/۸ میلی گرم می‌باشد.

[2] غلظت ویتامین‌ها در هر کیلوگرم جیره: ویتامین A، ۶۰۰۰ واحد بین المللی؛ D_3، ۸۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین E، ۸۳ میلی گرم؛ K_3، ۲/۲ میلی گرم؛ B_1، ۱/۸۰ میلی گرم؛ B_2، ۶/۶ میلی گرم؛ B_3، ۳۰ میلی گرم؛ کلسیم د- پنتوتنات، ۱۰ میلی گرم؛ B_6، ۳ میلی گرم؛ B_9، ۱ میلی گرم؛ B_{12}، ۰/۰۱۵ میلی گرم و H_2، ۰/۱۰ میلی گرم می‌باشد.

برای محاسبه افزایش وزن هر واحد در کل، اختلاف وزن انتها و ابتدای دوره پرورش تعیین شد. در سن ۴۲ روزگی کلیه جوجه‌های هر واحد آزمایشی به صورت انفرادی وزن کشی شدند. قبل از توزین، خوراک پرندگان به مدت ۳ ساعت قطع شد تا از لحاظ وضعیت دستگاه گوارش یکسان باشند. در دوره‌های مختلف پرورش، مقدار خوراک مصرفی و افزایش وزن روزانه بر اساس روز مرغ و همچنین ضریب تبدیل غذایی محاسبه شدند. در طول آزمایش، روزانه و قبل از تخصیص خوراک به هر واحد آزمایشی، تعداد و وزن تلفات هر واحد آزمایشی ثبت و از میزان تلفات روزانه در تعیین روز مرغ هر واحد آزمایشی استفاده گردید. یکنواختی گله در سن ۴۲ روزگی توسط روش Jackson و همکاران (۲۰۰۴) و شاخص تولید به روش Swain و Sundaram (۲۰۰۰) محاسبه شدند.

در سن ۴۲ روزگی، ۲ پرنده به ازای هر تکرار به طور تصادفی انتخاب و سپس با قطع ورید وداج کشتار شدند. پس از پر کنی، قطع سرو پاها و خروج امعا و احشا وزن لاشه کامل و قطعات مختلف آن (سینه، کعب ران، ساق، بال، گردن و پشت) رکورد برداری شد. سپس با استفاده از تقسیم وزن سینه و ران به لاشه و سایر بخش‌های لاشه به وزن زنده قبل از کشتار، بازده هر بخش محاسبه شد. پس از باز کردن شکم، اندام‌های قلب، کبد (بدون کیسه صفرا)، سنگدان، پیش معده، پانکراس، دئودنوم، ژژنوم، ایلئوم و سکوم جدا و وزن آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن بخش‌های مختلف روده باریک و سکوم، کلیه اندام‌های ضمیمه، روده بندها و غیره از آن جدا و قبل از خشک شدن محتویات آن خارج شد.

در ۴۲ روزگی آزمایش جهت آزمایش هماتولوژی از هر تکرار دو قطعه جوجه به صورت تصادفی انتخاب و خون‌گیری از طریق سیاهرگ زیر بال انجام گرفت. نمونه‌های خون به داخل لوله‌های ونوجکت محتوی ۰/۵ سی‌سی ماده ضد انعقاد اتیلن دی آمین ترا-استیک اسید (EDTA) جمع‌آوری و به منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های هماتولوژی خون (میزان گلبول قرمز، گلبول سفید، هموگلوبین، هماتوکریت) به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور شمارش تعداد گلبول‌های قرمز از لام هماسیتومتر استفاده گردید. اندازه‌گیری هموگلوبین با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون به روش رنگ‌سنجی و سیان‌مت‌هموگلوبین انجام شد. جهت تعیین هماتوکریت، نمونه‌های خون موجود در لوله‌های موئین با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ و سپس با استفاده از خط‌کش هماتوکریت درصد هماتوکریت تعیین شدند. همچنین با استفاده از فرمول‌های مختلف، شاخص‌های گلبول قرمز شامل حجم متوسط گلبول قرمز (MCV)، مقدار متوسط هموگلوبین (MCH) و غلظت متوسط هموگلوبین یک گلبول قرمز (MCHC) محاسبه شدند.

برای بررسی صفات مورفولوژیکی روده باریک، مقاطع روده در فرمالین ۱۰ درصد جهت تثبیت غوطه ور شدند. پس از آن مراحل آماده سازی و پاساژ بافتی شامل آبگیری، شفاف سازی و غوطه‌ورسازی در پارافین صورت گرفت و سپس با استفاده از میکروتوم، برش‌های ۶ میکرومتری از قالب‌های پارافینی تهیه و گسترش‌های بافتی بوسیله هماتوکسیلین-ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. پس از آن با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین و نرم افزار هیستومورفومتری ارتفاع پرزه، عمق کریپت و ضخامت اپیتلیوم روده ها اندازه گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در میدان های دید میکروسکوپی تصادفی صورت گرفت. طول پرز از نوک پرز تا محل تقاطع پرز-کریپت اندازه‌گیری شد.

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت آزمایش فاکتوریل اجرا شد. داده‌های جمع آوری شده توسط نرم افزار SAS (۲۰۱۰) و با استفاده از رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و بررسی معنی دار بودن اختلافات بین میانگین داده‌ها با استفاده از LSMEANS صورت گرفت.

مدل آماری طرح به صورت زیر بود:

$$Y_{ijl}= \mu+A_i+B_j+ AB_{ij} + e_{ijl}$$

در این فرمول Y_{ijl} نشان دهنده مقدار عددی هر مشاهده در آزمایش، μ میانگین مشاهدات، A_i نشان دهنده اثرات سطح پروتئین و B_j نشان دهنده اثر مکمل کولین، AB_{ij} اثر متقابل سطح پروتئین و مکمل کولین و e_{ijl} اثرات باقیمانده می‌باشد.

نتایج

مقایسه میانگین وزن بدن، افزایش وزن، خوراک مصرفی، ضریب تبدیل غذایی و درصد یکنواختی در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در کل دوره (۱ تا ۴۲ روزگی) جیره حاوی سطح کم پروتئین (۳ واحد کمتر از سطح توصیه شده) سبب کاهش میانگین افزایش وزن و شاخص تولید و افزایش ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها شد (P< ۰/۰۵). افزودن مکمل کولین و اثرات متقابل آن با سطوح پروتئین جیره اثر معنی‌داری در کل دوره بر صفات عملکردی پرورش نداشت (P> ۰/۰۵). همچنین اثرات سطح پروتئین جیره، مکمل کولین و اثرات متقابل آنها بر خوراک مصرفی و درصد یکنواختی گله معنی‌دار نبود.

جدول ۳ و ۴ اثر سطوح مختلف پروتئین و کولین جیره بر درصد صفات لاشه و درصد اندام‌های داخلی جوجه‌های گوشتی را نشان می‌دهد. اثرات سطوح مختلف پروتئین و کولین جیره و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر صفات لاشه جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). با توجه به جدول ۴، اثر سطوح مختلف پروتئین جیره بر درصد اندام‌های داخلی تنها بر درصد کبد معنی داری بود (P<۰/۰۵) به طوری‌که کاهش سطح پروتئین جیره از مقدار توصیه شده سبب افزایش معنی‌دار درصد کبد جوجه‌ها شد. افزودن کولین به جیره غذایی و اثر متقابل آن با سطح پروتئین جیره اثر معنی داری بر درصد اندام-های داخلی نداشت (P>۰/۰۵).

تاثیر سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین در جیره غذایی بر فراسنجه‌های هماتولوژی و جمعیت تفریقی گلبول‌های سفید خون در سن ۴۲ روزگی در جدول ۵ نشان داده شده است. سطح پروتئین جیره غذایی تنها بر تعداد گلبول‌های قرمز خون اثر معنی داری داشت به‌طوری‌که کاهش سطح پروتئین از مقدار توصیه شده سبب کاهش تعداد گلبول‌های قرمز خون شد (P<۰/۰۵). اثر مکمل کولین و اثر متقابل آن با سطوح پروتئین جیره بر فراسنجه‌های هماتولوژی خون شامل تعداد گلبول سفید، میزان هموگلوبین، درصد هماتوکریت، تعداد ترومبوسیت و همچنین شاخص‌های گلبول قرمز (MCV، MCH و MCHC) معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

اثر سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین در جیره بر فراسنجه‌های مورفولوژیکی ژژنوم در ۴۲ روزگی در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد اثر سطوح مختلف پروتئین جیره بر طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵). کاهش سطح پروتئین جیره سه واحد کمتر از مقدارتوصیه شده سبب کاهش معنی‌داری در شاخص طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت شد (P<۰/۰۵). مکمل کولین و اثرات متقابل آن با سطح پروتئین جیره اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های مورفولوژیکی ژژنوم نداشتند (P>۰/۰۵).

جدول ۲- اثرات سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین جیره غذایی بر عملکرد رشد جوجه های گوشتی از ۱ تا ۴۲ روزگی

		وزن بدن	افزایش وزن	خوراک مصرفی	ضریب تبدیل غذایی	یکنواختی	شاخص تولید
سطح پروتئین جیره							
توصیه شده		۲۴۹۹	۲۴۵۱^{a}	۴۱۸۷	۱/۷۱^{b}	۸۴/۷۳	۸۱۹/۹^{a}
۱/۵ واحد کمتر		۲۴۳۵	۲۳۸۶^{ab}	۴۱۲۶	۱/۷۳^{b}	۸۵/۸۶	۸۳۰/۵^{a}
۳ واحد کمتر		۲۲۴۰	۲۱۹۳^{b}	۴۰۴۸	۱/۸۵^{a}	۸۵/۷۹	۶۸۰/۹^{b}
SEM[1]		۵۰/۸	۴۵/۸	۴۱/۹	۰/۰۳۴	۱/۴۰	۵۱/۷۹
P-value		۰/۰۶۱	۰/۰۳۹	۰/۳۲۰	۰/۰۱۷	۰/۸۳۷	۰/۰۳۷
سطح کولین کلراید (mg/kg)							
۰		۲۳۷۷	۲۳۲۹	۴۱۴۲	۱/۷۸	۸۴/۶۴	۷۷۷/۹
۱۰۰۰		۲۴۰۶	۲۳۵۸	۴۰۹۸	۱/۷۴	۸۶/۲۸	۷۷۶/۹
SEM		۴۰/۹	۳۶/۶	۳۳/۵	۰/۰۲۸	۱/۱۴	۴۱/۹۸
P-value		۰/۶۲۸	۰/۸۷۸	۰/۴۲۶	۰/۷۲۶	۰/۳۲۶	۰/۶۸۲
سطح پروتئین × کولین							
توصیه شده	۰	۲۵۵۸	۲۵۱۰	۴۲۶۲	۱/۷۰	۸۴/۰۳	۸۲۱/۷
توصیه شده	۱۰۰۰	۲۴۴۱	۲۳۹۲	۴۱۱۳	۱/۷۲	۸۵/۴۴	۸۱۸/۱
۱/۵ واحد کمتر	۰	۲۳۶۵	۲۳۱۵	۴۰۹۸	۱/۷۷	۸۴/۷۶	۸۲۹/۷
۱/۵ واحد کمتر	۱۰۰۰	۲۵۰۶	۲۴۵۷	۴۱۵۳	۱/۶۹	۸۶/۹۷	۸۳۱/۲
۳ واحد کمتر	۰	۲۲۰۹	۲۱۶۱	۴۰۶۶	۱/۸۸	۸۵/۱۴	۶۸۲/۵
۳ واحد کمتر	۱۰۰۰	۲۲۷۱	۲۲۲۳	۴۰۳۱	۱/۸۱	۸۶/۴۵	۶۷۹/۴
SEM		۷۲/۵	۶۵/۴	۵۹/۸	۰/۰۴۹	۲/۰۱	۷۴/۳۶
P-value		۰/۸۶۳	۰/۸۵۳	۰/۸۲۴	۰/۳۵۴	۰/۹۷۰	۰/۸۵۳

- حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار آماری در سطح ۰/۰۵ است.

[1] خطای استاندارد *میانگین* (standard error of the mean)

جدول ۳- اثرات سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین جیره غذایی بر درصد صفات لاشه جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

		لاشه	سینه	کعب ران	ساق	گردن	بال	پشت
		درصد						
سطح پروتئین جیره								
توصیه شده		۷۳/۸۳	۳۴/۱۲	۱۴/۰۹	۱۲/۵۴	۲/۵۴	۵/۹۵	۱۱/۷۷
۱/۵ واحد کمتر		۷۴/۰۷	۳۳/۱۸	۱۳/۸۱	۱۲/۴۴	۲/۵۸	۵/۷۷	۱۱/۷۲
۳ واحد کمتر		۷۳/۴۷	۳۲/۱۳	۱۳/۳۸	۱۲/۰۸	۲/۶۵	۶/۰۳	۱۲/۳۲
SEM[1]		۰/۳۳۷	۰/۴۸۹	۰/۲۴۳	۰/۱۴۷	۰/ ۰۹۹	۰/۱۱۷	۰/۳۵۸
P-value		۰/۴۵۰	۰/۰۷۳	۰/۱۹۸	۰/۱۲۴	۰/۷۰۸	۰/۷۱۳	۰/۴۳۳
سطح کولین کلراید (mg/kg)								
۰		۷۳/۴۵	۳۲/۷۲	۱۳/۸۲	۱۲/۲۷	۲/۵۴	۶/۰۷	۱۲/۱۸
۱۰۰۰		۷۴/۱۳	۳۳/۵۶	۱۳/۷۰	۱۲/۴۴	۲/۶۴	۵/۷۷	۱۱/۶۹
SEM		۰/۲۷۵	۰/۴۰۱	۰/۱۹۹	۰/۱۲۱	۰/۰۸۱	۰/۱۹۱	۰/۲۹۳
P-value		۰/۰۸۷	۰/۱۳۶	۰/۹۹۰	۰/۲۱۷	۰/۳۹۸	۰/۲۷۵	۰/۲۴۴
سطح پروتئین × کولین								
توصیه شده	۰	۷۳/۲۳	۳۳/۴۵	۱۴/۴۴	۱۲/۴۹	۲/۳۶	۵/۹۹	۱۱/۴۹
توصیه شده	۱۰۰۰	۷۴/۴۳	۳۴/۷۷	۱۳/۷۳	۱۲/۶۰	۲/۷۱	۵/۹۲	۱۲/۰۶
۱/۵ واحد کمتر	۰	۷۳/۸۵	۳۲/۹۵	۱۴/۱۱	۱۲/۴۱	۲/۷۰	۶/۱۲	۱۲/۰۶
۱/۵ واحد کمتر	۱۰۰۰	۷۴/۳۰	۳۳/۴۱	۱۳/۵۰	۱۲/۴۸	۲/۴۵	۵/۴۱	۱۱/۳۷
۳ واحد کمتر	۰	۷۳/۲۷	۳۱/۷۵	۱۲/۹۲	۱۱/۹۱	۲/۵۶	۶/۰۹	۱۲/۹۹
۳ واحد کمتر	۱۰۰۰	۷۳/۶۷	۳۲/۵۰	۱۳/۸۳	۱۲/۲۵	۲/۷۴	۵/۹۸	۱۱/۶۵
SEM		۰/۴۷۷	۰/۶۹۴	۰/۳۴۵	۰/۲۰۹	۰/۱۴۰	۰/۳۳۲	۰/۵۰۷
P-value		۰/۶۵۵	۰/۷۸۰	۰/۱۵۸	۰/۸۸۶	۰/۱۰۱	۰/۵۷۲	۰/۱۷۴

- حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار آماری در سطح ۰/۰۵ است.

[1] خطای استاندارد *میانگین* (standard error of the mean)

جدول ٤- اثرات سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین جیره غذایی بر درصد اندامهای داخلی جوجه‌های گوشتی در سن ٤٢ روزگی

		قلب	کبد	پانکراس	پیش معده	سنگدان	دئودنوم	ژژنوم	ایلئوم	سکوم
		درصد								
سطح پروتئین جیره										
توصیه شده		۰/۴۹۸	۱/۷۷[b]	۰/۱۹۷	۰/۴۲۸	۱/۷۱	۰/۵۸۱	۱/۱۹	۱/۰۵	۰/۵۱۸
۱/۵ واحد کمتر		۰/۴۴۴	۱/۹۲[a]	۰/۱۹۹	۰/۴۰۴	۱/۶۷	۰/۵۵۶	۱/۲۴	۱/۰۲	۰/۴۶۰
۳ واحد کمتر		۰/۴۵۵	۲/۰۱[a]	۰/۲۰۹	۰/۴۱۹	۱/۸۴	۰/۶۱۲	۱/۲۳	۱/۰۳	۰/۵۰۱
SEM[1]		۰/۰۱۸	۰/۰۴۷	۰/۰۰۶	۰/۰۲۵	۰/۰۷۰	۰/۰۲۷	۰/۰۴۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۳
P-value		۰/۱۰۸	۰/۰۰۳	۰/۳۶۲	۰/۸۰۹	۰/۱۹۴	۰/۳۴۹	۰/۷۱۹	۰/۸۸۱	۰/۴۶۹
سطح کولین کلراید (mg/kg)										
۰		۰/۴۵۷	۱/۹۴	۰/۲۰۷	۰/۴۰۹	۱/۷۳	۰/۵۸۰	۱/۲۲	۱/۰۳	۰/۵۰۷
۱۰۰۰		۰/۴۷۴	۱/۸۵	۰/۱۹۶	۰/۴۲۴	۱/۷۴	۰/۵۸۶	۱/۲۲	۱/۰۳	۰/۴۷۸
SEM		۰/۰۱۵	۰/۰۳۹	۰/۰۰۵	۰/۰۲۱	۰/۰۵۷	۰/۰۲۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۳	۰/۰۲۷
P-value		۰/۴۴۸	۰/۰۸۹	۰/۱۳۸	۰/۶۳۰	۰/۸۶۲	۰/۸۵۹	۰/۹۲۹	۰/۹۱۷	۰/۴۵۴
سطح پروتئین × کولین										
توصیه شده	۰	۰/۵۰۴	۱/۸۲	۰/۲۰۴	۰/۳۹۵	۱/۷۳	۰/۵۶۱	۱/۱۸	۱/۰۶	۰/۵۵۸
توصیه شده	۱۰۰۰	۰/۴۹۲	۱/۷۲	۰/۱۸۹	۰/۴۶۰	۱/۶۸	۰/۶۰۱	۱/۲۱	۱/۰۳	۰/۴۷۷
۱/۵ واحد کمتر	۰	۰/۴۲۳	۱/۹۹	۰/۲۰۱	۰/۴۰۳	۱/۷۲	۰/۵۹۵	۱/۲۸	۱/۰۷	۰/۴۶۶
۱/۵ واحد کمتر	۱۰۰۰	۰/۴۶۵	۱/۸۶	۰/۱۹۶	۰/۴۰۶	۱/۶۱	۰/۵۱۷	۱/۱۹	۰/۹۷	۰/۴۵۵
۳ واحد کمتر	۰	۰/۴۴۵	۲/۰۵	۰/۲۱۶	۰/۴۳۲	۱/۷۳	۰/۵۸۴	۱/۱۹	۰/۹۷	۰/۴۹۹
۳ واحد کمتر	۱۰۰۰	۰/۴۶۵	۱/۹۸	۰/۲۰۲	۰/۴۰۵	۱/۹۵	۰/۶۳۹	۱/۲۷	۱/۰۹	۰/۵۰۲
SEM		۰/۰۲۶	۰/۰۶۷	۰/۰۰۹	۰/۰۳۶	۰/۰۹۹	۰/۰۳۸	۰/۰۶۲	۰/۰۵۸	۰/۰۴۷
P-value		۰/۵۹۲	۰/۸۸۵	۰/۸۳۵	۰/۴۲۵	۰/۲۲۴	۰/۱۷۶	۰/۳۹۹	۰/۱۶۹	۰/۶۳۸

- حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار آماری در سطح ۰/۰۵ است.

[1] خطای استاندارد *میانگین* (standard error of the mean)

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین جیره غذایی بر فراسنجه‌های هماتولوژی[1] جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

		گلبول‌های قرمز	گلبول‌های سفید	هموگلوبین	هماتوکریت	ترومبوسیت	MCV[1]	MCH	MCHC
		10^6/µL	10^3/µL	g/dL	٪	10^3/µL	فمتولیتر (fl)	پیکوگرم (pg)	g/dL
سطح پروتئین جیره									
توصیه شده		۲/۸۲[a]	۱۷/۸۳	۱۲/۹۶	۳۸/۶۲	۳۴/۹۴	۱۳۷/۳	۴۶/۰۲	۳۳/۶۱
۱/۵ واحد کمتر		۲/۶۹[b]	۱۸/۵۶	۱۲/۸۳	۳۸/۶۸	۳۲/۷۵	۱۴۳/۸	۴۷/۶۹	۳۳/۱۹
۳ واحد کمتر		۲/۶۶[b]	۱۷/۸۹	۱۲/۸۰	۳۸/۰۹	۳۳/۵۶	۱۴۴/۳	۴۸/۴۴	۳۳/۶۹
SEM[2]		۰/۰۴۱	۰/۴۱۰	۰/۱۲۷	۰/۴۶۳	۰/۶۳۷	۳/۱۸	۰/۹۱۵	۰/۴۵۲
P-value		۰/۰۱۹	۰/۳۸۸	۰/۶۵۷	۰/۶۰۹	۰/۰۵۹	۰/۲۳۲	۰/۱۷۲	۰/۷۰۸
سطح کولین کلراید (mg/kg)									
۰		۲/۷۴	۱۸/۱۷	۱۲/۸۵	۳۸/۳۳	۳۳/۳۳	۱۴۱/۰	۴۷/۲۵	۳۳/۵۹
۱۰۰۰		۲/۷۲	۱۸/۰۱	۱۲/۸۸	۳۸/۶۰	۳۴/۱۷	۱۴۲/۶	۴۷/۵۲	۳۳/۴۱
SEM		۰/۰۳۴	۰/۳۳۵	۰/۱۰۳	۰/۳۷۸	۰/۵۲۰	۲/۶۰	۰/۷۴۸	۰/۳۶۹
P-value		۰/۶۷۲	۰/۷۴۰	۰/۸۶۵	۰/۶۱۵	۰/۲۶۴	۰/۶۶۸	۰/۷۹۳	۰/۷۳۴
سطح پروتئین × کولین									
توصیه شده	۰	۲/۸۳	۱۸/۴۶	۱۳/۰۴	۳۸/۸۳	۳۴/۷۵	۱۳۷/۸	۴۶/۳۱	۳۳/۵۹
توصیه شده	۱۰۰۰	۲/۸۲	۱۷/۲۰	۱۲/۸۸	۳۸/۴۲	۳۵/۱۲	۱۳۶/۸	۴۵/۷۲	۳۳/۶۲
۱/۵ واحد کمتر	۰	۲/۶۷	۱۸/۴۱	۱۲/۸۸	۳۸/۷۱	۳۳/۰۰	۱۴۵/۴	۴۸/۳۴	۳۳/۲۸
۱/۵ واحد کمتر	۱۰۰۰	۲/۷۲	۱۸/۷۰	۱۲/۷۹	۳۸/۶۵	۳۲/۵۰	۱۴۲/۲	۴۷/۰۵	۳۳/۱۱
۳ واحد کمتر	۰	۲/۷۲	۱۷/۶۴	۱۲/۶۴	۳۷/۴۵	۳۲/۲۵	۱۳۹/۹	۴۷/۰۹	۳۳/۹۰
۳ واحد کمتر	۱۰۰۰	۲/۶۰	۱۸/۱۴	۱۲/۹۶	۳۸/۷۲	۳۴/۸۷	۱۴۸/۸	۴۹/۸۰	۳۳/۴۹
SEM		۰/۰۵۸	۰/۵۸۰	۰/۱۷۹	۰/۶۵۴	۰/۹۰۱	۴/۵۰	۱/۳۰	۰/۶۴۰
P-value		۰/۳۵۴	۰/۲۶۴	۰/۳۵۲	۰/۴۰۸	۰/۲۱۴	۰/۳۶۴	۰/۲۶۸	۰/۹۴۰

- حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار آماری در سطح ۰/۰۵ است.

[1] مولفه‌های گلبول قرمز شامل MCV (Mean Corpuscular Volume) معادل حجم متوسط گلبول قرمز، MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin) معادل هموگلوبین متوسط گلبول قرمز، MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) معادل غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز می‌باشد.

[2] خطای استاندارد *میانگین* (standard error of the mean)

جدول ٦- اثرات سطوح مختلف پروتئین و مکمل کولین جیره غذایی بر ریخت شناسی ژژنوم جوجه‌های گوشتی در سن ٤٢ روزگی

		طول پرز	عمق کریپت	طول پرز/ عمق کریپت	ضخامت اپیتلیوم
		µm	µm		µm
سطح پروتئین جیره					
توصیه شده		۹۵۸/۱۰[a]	۱۲۳/۲۲	۷/۴۲[a]	۴۶/۴۹
۱/۵ واحد کمتر		۹۳۶/۶۹[a]	۱۳۷/۱۱	۶/۸۳[a]	۴۹/۳۷
۳ واحد کمتر		۸۲۴/۴۲[b]	۱۴۵/۷۱	۵/۶۸[b]	۴۹/۶۲
SEM[1]		۲۸/۹۹	۶/۱۷	۰/۳۹	۴/۴۶
P-value		۰/۰۰۸	۰/۱۰۲	۰/۰۲۰	۰/۶۷۱
سطح کولین کلراید (mg/kg)					
۰		۸۹۱/۶۵	۱۳۹/۰۰	۶/۴۹	۴۹/۱۴
۱۰۰۰		۹۲۱/۱۵	۱۳۵/۶۸	۶/۸۰	۴۷/۸۴
SEM		۲۳/۷۸	۵/۰۶	۰/۳۲	۳/۶۶
P-value		۰/۵۲۳	۰/۸۳۲	۰/۳۱۹	۰/۸۳۴
سطح پروتئین × کولین					
توصیه شده	۰	۹۲۸/۱۶	۱۲۴/۲۴	۷/۴۷	۴۸/۷۳
توصیه شده	۱۰۰۰	۹۸۸/۰۴	۱۳۴/۱۹	۷/۳۶	۴۴/۲۵
۱/۵ واحد کمتر	۰	۹۴۳/۲۲	۱۴۰/۴۵	۶/۷۲	۵۱/۳۵
۱/۵ واحد کمتر	۱۰۰۰	۹۳۰/۱۵	۱۳۳/۷۶	۶/۹۵	۴۷/۳۸
۳ واحد کمتر	۰	۸۰۳/۵۸	۱۵۲/۳۲	۵/۲۸	۴۷/۳۴
۳ واحد کمتر	۱۰۰۰	۸۴۵/۲۵	۱۳۹/۱۰	۶/۰۸	۵۱/۹۰
SEM		۴۱/۱۶	۸/۷۶	۰/۵۷	۶/۳۲
P-value		۰/۳۲۵	۰/۴۳۶	۰/۴۰۸	۰/۵۲۵

- حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار آماری در سطح ۰/۰۵ است.

[1] خطای استاندارد *میانگین* (standard error of the mean)

بحث

مشابه نتایج این آزمایش، نتایج تحقیقات سایر محققان نیز بر این امر دلالت دارد که کاهش مقدار پروتئین در جیره های هم‌انرژی، مقدار افزایش وزن و بازده خوراک را کاهش می‌دهد (Nukreaw و همکاران، ۲۰۱۱؛ Jariyahatthakij و همکاران، ۲۰۱۸). در یک پژوهشی بیان شده است که نسبت نامتعادل انرژی قابل متابولیسم به پروتئین خام در جیره‌ها، به ویژه در جیره‌های پرانرژی، سبب راندمان پایینتر انرژی خواهد شد. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که کمبود مواد مغذی اثر انرژی برای افزایش وزن را محدود خواهد کرد (Kamran و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی با بررسی اثر سطوح مختلف پروتئین خام (۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۲ و ۲۴ درصد) در تغذیه جوجه‌های گوشتی، بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی را با افزایش سطوح پروتئین جیره

گزارش کردند (Thim و همکاران، ۱۹۹۷). از آن جا که در آزمایش حاضر سطح پروتئین جیره متناسب با سطح انرژی تنظیم نبود (نسبت متغیر پروتئین به ازای سطوح ثابت انرژی)، بنابراین در گروه حاوی سطح پایین پروتئین جیره (۳ واحد کمتر از سطح توصیه شده)، اگرچه مقدار زیاد انرژی سبب افزایش مقدار انرژی دریافتی شد، به موازات آن مقدار پروتئین دریافتی افزایش نیافت. اثر مثبت بالا بردن سطح پروتئین جیره بر افزایش وزن را می توان به تأمین کافی احتیاجات پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری یا استفاده از انرژی حاصل از اسکلت کربنی اسیدهای آمینه مازاد نسبت داد.

در آزمایش حاضر افزودن مکمل کولین بر افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی اثری نداشت. در مورد اثر کولین بر عملکرد رشد بدن نتایج متناقضی وجود دارد. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای هیچ تغییری در افزایش وزن بدن با افزودن ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از مکمل کولین در جیره جوجه‌های گوشتی مشاهده نشد که در توافق با نتایج آزمایش حاضر بود (Swain و Johri، ۲۰۰۰). در مقابل، اضافه کردن مکمل کولین به جیره جوجه‌های گوشتی بیش از حد نیاز سبب افزایش وزن بدن شد (Gangane و همکاران، ۲۰۱۰). اگرچه در یک مطالعه در جوجه‌های گوشتی، افزودن مکمل کولین در سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به تنهایی یا همراه با مکمل بتائین در جیره غذایی سبب رشد و ضریب تبدیل غذایی بهتر جوجه‌ها شد (Jahanian و Rahmani، ۲۰۰۸)، ولی در مطالعه حاضر مکمل کولین در سطوح مختلف انرژی به پروتئین، اثر معنی‌داری بر عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی نداشت.

در مورد صفات لاشه، تنها تمایل به افزایش وزن نسبی لاشه در سطح بالا (توصیه شده) و متوسط (۱/۵ واحد کمتر از سطح توصیه شده) پروتئین جیره مشاهده شد. از آنجائیکه بازده قطعاتی مانند سینه و ران دارای همبستگی بسیار بالایی با بازده کل لاشه می‌باشد، بنابراین عدم اثر گروه‌های آزمایشی بر بازده کل لاشه قابل تعمیم برای قطعات مذکور می‌باشد (Ajuyah و همکاران، ۱۹۹۱). به طور مشابه گزارش شد که حداکثر بازده تولید گوشت با یک جیره غذایی حاوی مقدار زیاد پروتئین حاصل می‌شود (Aletor و همکاران، ۲۰۰۰). در میان مواد مغذی مختلف در جیره غذایی، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه مهمترین مواد اولیه اصلی برای سنتز بافتهای ساختاری بدن می‌باشند. مشخص شده در حیوانات در حال رشد، ذخیره اسیدهای آمینه در عضله نشان دهنده جذب ۶۵ درصدی از کل مصرف پروتئین روزانه است (Siyadati و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجا که کبد مرکز اصل سنتز لیپید یا لیپوژنز در جوجه محسوب می‌شود (Nukreaw و همکاران، ۲۰۱۱)، می‌توان نتیجه گرفت که که افزایش وزن کبد در جیره‌های کم پروتئین (یا با نسبت بالاتر انرژی به پروتئین) ممکن است با افزایش فعالیت لیپوژنز در کبد همراه باشد. گزارش شده است که افزایش درصد چربی بدن با تغذیه جیره‌های کم پروتئین شاید به دلیل افزایش مصرف خوراک و یا بهره گیری کمتر از انرژی برای سنتز پروتئین و افزایش سنتز چربی از انرژی مازاد باشد (Kobayashi و همکاران، ۲۰۱۳). تفسیر دیگر ممکن است به این موضوع مرتبط باشد که پرنده‌های تغذیه شده با جیره کم پروتئین، انرژی کمتری برای دفع اسید اوریک از ادرار نیاز داشته باشند و بنابراین انرژی بیشتری صرف سنتز چربی در بدن و به‌ویژه در کبد می‌شود (Kamran و همکاران، ۲۰۱۰). مشابه نتایج این آزمایش، افزودن مکمل کولین کلراید سبب افزایش معنی‌داری بازده لاشه و درصد سینه و ران در جوجه‌های گوشتی نشد (Fouladi و همکاران، ۲۰۰۸).

شاخص‌های خون‌شناسی فراسنجه‌های مهمی برای ارزیابی وضعیت یک جاندار می‌باشد. تغذیه متعادل در حیوانات با ارزیابی نرمال

شاخص‌های خونی مرتبط است. خون شناسی در تشخیص بالینی بیماری‌های انسان و دام کاربرد ویژه‌ای دارد و اخیراً در ارزیابی-های بالینی، متابولیکی و تشخیصی طیور هم کاربرد زیادی پیدا کرده است. برخی نقایص تغذیه‌ای و ناکارایی پروتئین‌های خاص و مواد معدنی که شاید سبب کم خونی شدید شود به خاطر کاهش هماتوکریت و هموگلوبین می‌باشد (وحدت پور و صندوقچیان، ۱۳۹۰). در این آزمایش اثر سطوح مختلف پروتئین (در سطح ثابت انرژی) بر تعداد گلبول‌های قرمز خون معنی‌دار بود که نشان از ارتباط مستقیم سطوح مختلف پروتئین با میزان گلبول قرمز دارد. این نتایج در توافق با یافته‌های سایر پژوهشگران می‌باشد که گزارش کردند که جیره غذایی یکی از عوامل موثر بر تعداد گلبول‌های قرمز خون می‌باشد (Talebi و همکاران، ۲۰۰۵). ولی سطوح مختلف پروتئین جیره اثری بر میزان هموگلوبین خون نداشت، که شاید دلیل آن مربوط به این موضوع باشد که افزایش پروتئین جیره ممکن است بخش گلوبین هموگلوبین را افزایش دهد ولی بر بخش "هم" اثری ندارد (Mohamed و همکاران، ۲۰۱۲).

بررسی ریخت شناسی روده مهمترین شاخص ارزیابی سلامت روده است. پروتئین‌ها علاوه بر تأمین انرژی برای عملکردهای طبیعی روده، پایداری و زنده‌مانی بافت روده را نیز حفظ می کنند. بافت های دستگاه گوارش دارای سوخت و ساز زیادی برای پروتئین هستند و جیره با پروتئین بالا مواد مغذی (به‌ویژه پروتئین) مناسبی را برای سوخت و ساز پایه و توسعه ساختار روده فراهم می‌سازد (Abbasi و همکاران، ۲۰۱۴). مطالعات قبلی برای ارزیابی اثر سطح مختلف پروتئین بر ریخت شناسی روده در گونه های دیگر مانند خوک و خرگوش انجام شده است. با این حال، مطالعات نسبتاً اندکی در جوجه های گوشتی انجام شده است. برخلاف نتایج آزمایش حاضر، در مطالعه‌ای بر جوجه‌های گوشتی نشان داده شد که استفاده از سطوح مختلف پروتئین (از ۱۶ تا ۲۲ درصد جیره)، اثرات معنی‌داری بر فراسنجه‌های ریخت شناسی روده ندارد (Buwjoom و همکاران، ۲۰۱۰). در مقابل، کاهش سطح پروتئین جیره منجر به کاهش طول پرز و افزایش عمق کریپت در روده باریک جوجه‌های گوشتی شد (Laudadio و همکاران، ۲۰۱۲). دلایل اختلاف این یافته‌ها می‌تواند مرتبط با سطح کاهش پروتئین، مدت زمان مصرف جیره‌های کم پروتئین و یا حتی عوامل محیطی باشد. در مطالعه حاضر افزایش طول پرز و نسبت طول پرز به عمق کریپت در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطح بالا (توصیه شده) و متوسط نسبت به گروه تغذیه شده با جیره حاوی سطح کم پروتئین مشاهده شد. افزایش طول پرز ممکن است سبب افزایش سطح جذب پرزها در لومن روده و بدنبال آن افزایش فعالیت آنزیمی گوارشی و انتقال مواد مغذی در سطح پرز شود (Tufarelli و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این، افزایش نسبت طول پرز به عمق کریپت در جوجه-های گوشتی سبب کاهش سوخت و ساز مخاط روده می‌شود. سوخت و ساز کمتر اپیتلیوم روده منجر به کاهش نیازهای نگهداری شده که در نهایت می‌تواند منجر به افزایش رشد یا بازده بهتر رشد حیوان شود (Van Nevel و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین، تغییرات در مورفولوژی روده ممکن است بر سوخت و ساز مواد مغذی و عملکرد حیوان اثر مستقیم داشته باشد. باتوجه به سطح ثابت سه اسیدآمینه محدود کننده خوراک (لایزین، متیونین و ترئونین) یکی از دلایل بهبود خصوصیات مورفولوژیک روده در جوجه‌های تغذیه شده با سطوح بالاتر پروتئین می‌تواند فراهم-آوری اسیدهای آمینه غیرضروری به ویژه گلوتامین برای سوخت و ساز سلول‌های روده باشد. در مطالعه‌ای گزارش شده است که گلوتامین از نظر کمی مهمترین منبع انرژی برای بافت روده محسوب می‌شود (Bartell و Batal، ۲۰۰۷). افزودن گلوتامین

به جیره غذایی موش (Khan و همکاران، ۱۹۹۹)، خوک (Domeneghini و همکاران، ۲۰۰۴) و جوجه‌های گوشتی (Yi و همکاران، ۲۰۰۵) سبب توسعه و گسترش دستگاه گوارش و به تبع آن عملکرد بهتر شد. گلوتامین در بیوسنتز هگزوز آمین دخالت دارد و این ماده برای حفظ یکپارچگی دیواره روده از طریق تشکیل میوسین و گلیکوپروتئین ضروری است (Fischer da Silva و همکاران، ۲۰۰۷؛ Soltan، ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی یافته‌های این آزمایش نشان داد که کاهش سطح پروتئین به میزان ۱/۵ درصد کمتر از حد توصیه شده اثر منفی بر صفات تولیدی و مورفولوژیکی روده در جوجه‌های گوشتی ندارد، اما سبب کاهش میزان گلبول‌های قرمز و افزایش وزن نسبی کبد ناشی از افزایش احتمالی ذخیره چربی می‌شود. ولی استفاده از جیره‌های کم پروتئین (۳ واحد کمتر از حد توصیه شده) به جای جیره‌های با پروتئین بالا (سطح توصیه شده) سبب کاهش وزن بدن، افزایش ضریب تبدیل غذایی و کاهش شاخص جذب روده‌ای از طریق کاهش نسبت طول پرز به عمق کریپت می‌شود. افزودن مکمل کولین به جیره جوجه‌های گوشتی تنها در افزایش وزن لاشه و کاهش وزن نسبی کبد مفید بود. با توجه به عدم اثر متقابل بین سطوح پروتئین جیره و مکمل کولین بر صفات اندازه‌گیری شده در این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مکمل کولین در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های کم پروتئین اثرات مثبتی ندارد.

تشکر و قدردانی

هزینه و امکانات مورد استفاده در این پژوهش از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه اراک (طرح شماره ۹۴/۹۹۷۹) تأمین شده است که بدین وسیله نگارندگان مراتب قدردانی خود را ابراز می‌دارند.

پانویس

1- Choline (as 60% choline chloride, Miavit Co., Germany)

منابع

وحدت‌پور، ت. و صندوقچیان، س. (۱۳۹۰). خون شناسی طیور. انتشارات پریور تبریز. ص ص. ۱۲۰.

Abbasi, M.A., Mahdavi, A.H., Samie, A.H. and Jahanian, R. (2014). Effects of different levels of dietary crude protein and threonine on performance, humoral immune responses and intestinal morphology of broiler chicks. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 16: 35-44.

Ajuyah, A.O., Lee, K.H., Hardin, R.T. and Sim, J.S. (1991). Changes in the yield and in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fedfull-fat oil seeds. *Poultry Science*. 70: 2304-2314.

Aletor, V.A., Hamid, I.I., Niess, E. and Peffer, E. (2000). Low protein amino acid supplemented diets in broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80: 547-554.

Attia, Y.A. and Saber, S.H. (2017). Broiler tolerance to heat stress at various dietary protein/energy levels. *European Poultry Science*. 81: 171.

Azadmanesh, V. and Jahanian, R. (2014). Effect of supplemental lipotropic factors on performance, immune responses, serum metabolites and liver health in broiler chicks fed on high-energy diets. *Animal Feed Science and Technology*. 195: 92–100.

Bartell, S.M. and Batal, A.B. (2007). The Effect of Supplemental Glutamine on Growth Performance, Development of the Gastrointestinal Tract and Humoral Immune Response of Broilers. *Poultry Science*. 86: 1940–1947.

Buwjoom, T., Yamauchi, K., Erikawa, T. and Goto, H. (2010). Histological intestinal alterations in chickens fed low-protein diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94: 354–361.

Nutrients retention, nitrogen excretion, litter composition and plasma biochemical profile in broilers fed low crude protein diets with constant metabolizable energy to crude protein ratio. *Archiva Zootechnica*. 19: 77-89.

Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M.A., Mahmood, S., Babar, M.E. and Ahmed, S. (2008). Effect of low- protein diets having constant energy-to-protein ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Poultry Science*. 87: 468–474.

Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M.U., Nadeem, M.A. and Mahmood, S. (2010). Effect of low levels of dietary crude protein with constant metabolizable energy on nitrogen excretion, litter composition and blood parameters of broilers. *International Journal of Agriculture and Biology*. 12: 401–405.

khan, J., Liboshi, Y., Cui, L., Wasa, M., Sando, k., Takagi, Y. and Okada, A. (1999). Alanyl-glutamine-supplemented parenteral nutrition increases luminal mucus gel and decreases permeability in the rat small intestine. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 23: 24–31.

Kobayashi, H., Nakashima, K., Ishida, A., Ashihara, A. and Katsumata, M. (2013). Effects of low protein diet and low protein diet supplemented with synthetic essential amino acids on meat quality of broiler chickens. *Animal Science Journal*. 84: 489–495.

Laudadio, V., Passantino, L., Perillo, A., Lopresti, G., Passantino, A., Khan, R.U. and Tufarelli, V. (2012). Productive performance and histological features of intestinal mucosa of broiler chickens fed different dietary protein levels. *Poultry Science*. 91: 265–270.

Leclercq, B. (1998). Specific of lysine on broiler production: comparison with theronine and valine. *Poultry Science*. 77: 118-123.

Leeson, S. and Summers, J.D. (2005). *Commercial Poultry Nutrition*, third ed. Nottingham Univ. Press, Nottinghan, UK.

Mohamed, E.A.A., Ali, O.H.A., Huwaida, Malik, E.E. and Yousif, I.A. (2012). Effect of season and dietary protein level on some haematological parameters and blood biochemical compositions of three broiler strains. *International Journal of Poultry Science*. 11: 787-793.

Domeneghini, C., Giancamillo, A.D., Savoini, G., Paratte, R., Bontempo, V. and Dell'Orto, V. (2004). Structural patterns of swine ileal mucosa following L-glutamine and nucleotides administration during the weaning period. A histochemical and histometrical study. *Histology and Histopathology*. 19: 49–58.

Fischer da Silva, A.V., Majorka, A., Borges, S.A, Santin, E., Boleli, I.C. and Macari, M. (2007). Surface area of the tip of the enterocytes in small intestine mucosa of broilers submitted to early feed restriction and supplemented with glutamine. *International Journal of Poultry Science*. 6: 31-35.

Fouladi, P., Salamat-Doust Nobar R. and Ahmadzade, A. (2008). Effect of choline chloride supplement on the internal organ and carcass weight of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7: 1164-1167.

Gangane, G.R., Moregaonkar, S.D., Khan, M.A., Ravikanth, K., Maini, S. and Gaikwad, N.Z. (2010). Effect of different sources of choline on performance and carcasscharacteristics of broilers. *Veterinary Practitioner*. 11: 130–133.

Habashy, W.S., Milfort, M.C., Fuller, A.L., Attia, Y.A., Rekaya, R. and Aggrey, S.E. (2017). Effect of heat stress on protein utilization and nutrient transporters in meat-type chickens. *International Journal of Biometeorology*. 61: 2111–2118.

Jackson, M.E., Geronian, K., Knox, A., McNab, J. and McCartney, E. (2004). A dose-response study with the feed enzyme β-mannanase in broilers provided with corn-soybean meal based diets in the absence of antibiotic growth promoters. *Poultry Science*. 83: 1992–1996.

Jahanian, R. and Rahmani, H.R. (2008). The effect of dietary fat level on the response of broiler chicks to betaine and choline supplements. *Journal of Biological Sciences*. 8: 362–367.

Jariyahatthakij, P., Chomtee, B., Poeikhampha, T., Loongyai, W. and Bunchasak, C. (2018). Effects of adding methionine in low-protein diet and subsequently fed low-energy diet on productive performance, blood chemical profile, and lipid metabolism-related gene expression of broiler chickens. *Poultry Science*. 97: 2021–2033.

Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M.A., Ahmad, S., Nawaz, H., Koutoulis, K., Sohail, M.U., Iqbal, Z. and Shahzad, M.I. (2016).

NRC. (1994). Nutrients requirements of domestic animals. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. National Research council, National Academy Press: Washington, DC.

Nukreaw, R., Bunchasak, C., Markvichitr, K., Choothesa, A., Prasanpanich, S. and Loongyai, W. (2011). Effects of methionine supplementation in low protein diets and subsequent re-feeding on growth performance, liver and serum lipid profile, body composition and carcass quality of broiler chickens at 42 days of age. *Journal of Poultry Science*. 48: 229–238.

Olthof, M.R. and Verhoef, P. (2005). Effects of betaine intake on plasma homocysteine concentrations and consequences for health. *Current Drug Metabolism*. 6: 15–22.

Petronini, P.G., DeAngelis, E.M., Borghetti, P. and Borghetti, A.F. (1992). Modulation by betaine of cellular responses to osmotic stress. *Journal of Biochemistry*. 282: 69–73.

Rozenboim, I., Mahato, J., Cohen, N.A. and Tirosh, O. (2016). Low protein and high-energy diet: a possible natural cause of fatty liver hemorrhagic syndrome in caged White Leghorn laying hens. *Poultry Science*. 95: 612–621.

SAS Institute. (2010). SAS OnlineDoc® Version 9.1.3. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.

Siyadati, S.A., Mirzaei-Aghsaghali, A. and Ghazvinian, K. (2011). Effect of varying ratio of energy and protein on live performance and viscera organs of male Japanese quail. *Annals of Biological Research*. 2: 137–144.

Soltan, M.A. (2009). Influence of dietary glutamine supplementation on growth performance, Small intestinal morphology, immune response and some blood parameters of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*. 8: 60-68.

Swain, B.K. and Johri, T.S. (2000). Effect of supplemental methionine, choline and their combinations on the performance and immune response of broilers. *British Poultry Science*. 41: 83-88.

Swain, B.K. and Sundaram, R.N.S. (2000). Effect of different types of litter material for rearing broilers. *British Poultry Science*. 41: 261-262.

Talebi, A., Asri-Rezaei, S., Raszeh- chai, R. and Sahraei, R. (2005). Comparative studies on haematological values of broiler starins (Ross, Cobbs, Acres and Avian). *International Journal of Poultry Science*. 4: 573-579.

Thim, K.C., Hamre, M.L. and Coon, C.N. (1997). Effect of enviromental temperature, dietary protein and energy levels on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*. 6:1-17.

Tufarelli, V., Desantis, S., Zizza, S., and Laudadio, V. (2010). Performance, gut morphology, and carcass characteristics of fattening rabbits as affected by particle size of pelleted diets. *Archives of Animal Nutrition*. 64: 373–382.

Van Nevel, C.J., Decuypere, J.A., Dieric, N.A. and Moll, K. (2005). Incorporation of galactomannans in the diet of newly weaned piglets: Effect on bacteriological and some morphological characteristics of the small intestine. *Archives of Animal Nutrition*. 59: 123–138.

Waldroup, P.W., Motl, M.A., Yan, F. and Fritts, C.A. (2006). Effects of betaine and choline on response to methionine supplementation to broiler diets formulated to industry standards. *Journal of Applied Poultry Research*. 15: 58–71.

Wen, Z.G., Tang, J., Xie, M., Yang, P.L. and Hou, S.S. (2016). Effects of dietary methionine levels on choline requirements of starter white pekin ducks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 29: 1742-1747.

Yi, G.F., Allee, G.L., Knight, C.D. and Dibner, J.J. (2005). Impact of glutamine and oasis hatchling supplement on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broilers vaccinated and challenged with Eimeria maxima. *Poultry Science*. 84: 283–293.