نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۳۱، تابستان ۱۴۰۰
ص‌ص: ۸۹~۱۰۴

تأثیر مکمل کراتین مونوهیدرات در جیره‌های با سطوح مختلف پروتئین بر عملکرد، خصوصیات لاشه، و برخی از فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی

- **ارسلان نباتی**
دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- **سید داود شریفی** (نویسنده مسئول)
دانشیار گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
- **شکوفه غضنفری**
دانشیار گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
- **وحید محمدی**
دانشجوی دکتری، گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

تاریخ دریافت : خرداد ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش : مرداد ۱۳۹۹

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۰۳۶۹۹۱
Email: sdsharifi@ut.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2020.343194.2072

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سطوح درجه‌بندی کراتین مونوهیدرات در جیره‌هایی با سطوح مختلف پروتئین بر علکرد، خصوصیات لاشه، و برخی فراسنجه‌های خونی ، اجرا شد. تعداد ۳۲۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه مخلوط نر و ماده سویه‌ی راس ۳۰۸ به‌صورت فاکتوریل ٤×۲، با چهار سطح کراتین (صفر، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ درصد)، و دو سطح پروتئین(احتیاجات سویه‌ی راس ۳۰۸ و ۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات)، ٤ تکرار استفاده شد. خون‌گیری در سن ۳۵ روزگی انجام شد. جهت بررسی خصوصیات لاشه، در انتهای آزمایش دو قطعه پرنده از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب، توزین و کشتار شد. ۱۰ درصد پروتئین بالاتر از احتیاجات افزایش وزن روزانه، وزن زنده، بازده لاشه، وزن نسبی کبد و سینه را افزایش، و ضریب تبدیل و چربی شکمی را کاهش داد(P< ۰/۰۵). افزودن ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین منوهیدرات به جیره، بازده لاشه و وزن نسبی سینه و ران را نسبت به سایر گروه‌ها افزایش داد(P< ۰/۰۵). سطوح پروتئین و کراتین تأثیری بر سلول‌های ایمنی و تیتر نیوکاسل نداشت، با این‌حال داده‌ها بیانگر افزایش عددی لنفوسیت، منوسیت و تیتر نیوکاسل و کاهش هتروفیل بود. غلظت کراتینین در خون پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین منوهیدرات بالاتر از جوجه‌های تغذیه شده با ۰/۱ درصد کراتین منوهیدرات و گروه شاهد بود(P< ۰/۰۵). نتایج نشان داد علاوه بر اثرات مفید کراتین در سطوح بالا و ۱۰ درصد پروتئین بالاتر از احتیاجات بر عملکرد و صفات لاشه، غلظت کراتینین خون افزایش می‌یابد که احتمالاً می‌تواند منجر به بهبود عملکرد سیستم ایمنی شود.

واژه‌های کلیدی: کراتین، پروتئین، خصوصیات لاشه، هماتولوژی، جوجه‌های گوشتی.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 131 pp: 89-104

Effect of creatine monohydrate supplementation in diets containing different protein levels on the carcass characteristics and hematological parameters of the broiler chickens

By: Arsalan Nabati[1], Seyed Davood Sharifi[2*], Shekufeh Ghazanfari[2], Vahid Mohammadi[3]
1. MSc graduated student, Department of Animal and Poultry Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal and Poultry Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran
3. Ph.D. Student, Department of Animal and Poultry Science, College of Aburaihan, University of

Received: June 2020 **Accepted: August 2020**

This experiment was conducted to investigate the effect of graded creatine monohydrate levels on diets at different levels of protein on carcass characteristics and hematological parameters. A total of 320 Ross 308 one-day-old broilers were in the form of 2*4 factorials, with four levels of creatine (zero, 0.1, 0.3, 0.5%), and two levels of protein (requirements of Ross 308 and 10% higher), with four replicates, were used. Blood sampling was performed at 35 days of age. To investigate the carcass characteristics, at the end of the experiment two birds at each replicate were randomly selected, weighed and slaughtered. 10% higher protein requirement increased daily weight gain, live weight, carcass yield, relative liver, and breast weight, and decreased feed conversion ratio and abdominal fat (P<0.05). Adding 0.3% and 0.5% creatine monohydrate to the diet increased live weight, carcass yield and relative weight of breast and thigh compared to other groups (P<0.05) .Protein and creatine levels had no effect on immune cells and Newcastle titer; however, the data indicated a numerical increase in lymphocyte, monocyte and Newcastle titer and a decrease in heterophil. Creatinine concentration in the blood of birds fed with 0.3 and 0.5% creatine monohydrate was higher than broilers fed with 0.1% creatine monohydrate and control group (P<0.05). The results showed that moreover the beneficial effects of creatine at high levels and 10% higher protein requirements on growth performance and carcass traits, blood creatinine concentrations should be increased which could potentially improve immune system function.

Key words: Creatine, protein, carcass characteristics, hematology, broiler chickens.

مقدمه

انرژی، اساسی‌ترین ماده مغذی برای جوجه‌های گوشتی در حال رشد است. این ماده مغذی ضروری در حدود ۵۰ درصد از هزینه‌های تولید خوراک جوجه‌های گوشتی را تشکیل می‌دهد (Cooke و همکاران، ۱۹۸۷). به‌طورکلی، قسمتی از انرژی در بدن با اتلاف حرارتی در طی مصرف ترکیبات شیمیایی مختلف هدر می‌رود (Noblet و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین، متخصصان تغذیه همیشه به دنبال روش‌های نوینی برای بهبود قابلیت استفاده از انرژی برای جوجه‌های گوشتی هستند. یک رویکرد جهت ذخیره جریان انرژی در سلول‌های بدن، تشکیل باندهای فسفات پر انرژی است (Lemme و همکاران، ۲۰۰۷). با این حال، اختلال در بیوانرژتیک با سطوح پایین کراتین، ترکیبی که نقش کلیدی در تشکیل باند فسفات انرژی سلولی ایفا می‌کند، همراه است (Ostojic و همکاران، ۲۰۱۷). طیور از جمله حیوانات اوریکوتلیک (Uricotelic) می‌باشند که فاقد آنزیم‌هایی برای سنتز کراتین در بدن هستند (Campbell، ۱۹۹۵)، علاوه‌براین بطور میانگین روزانه در حدود ۱/۷ درصد از کل ذخیره کراتین و فسفوکراتین بدن به‌صورت برگشت‌ناپذیری به کراتینین تبدیل و به‌وسیله ادرار دفع می‌شوند (Wyss & Kaddurah-Daouk، ۲۰۰۰). بنابراین، جایگزینی کراتین از یک منبع اگزوژنوس بخصوص در حیوانات جوان‌تر نسبت به حیوانات بالغ ضروری

است (Brosnan و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، امروزه جیره‌های جوجه‌های گوشتی فاقد محصولات فرعی با منشأ حیوانی است، که در نتیجه شانس حیوانات برای دستیابی به کراتین اگزوژنوس از خوراک گیاهی کاهش می‌دهد (Wallimann و همکاران، ۲۰۰۷). گزارش‌های اخیر نشان‌دهنده اثرات مفید مکمل‌سازی جیره‌ای گوانیدینواستیک اسید (پیش‌ساز کراتین) بر عملکرد رشدی و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی است (Majdeddin و همکاران، ۲۰۱۹، DeGroot و همکاران، ، ۲۰۱۹، Amiri و همکاران، ۲۰۱۹). با این حال، Majdeddin و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان دادند که اثرات مفید گوانیدینواستیک اسید بر عملکرد رشدی جوجه‌های گوشتی بستگی به مکمل‌سازی متیونین در جیره است (۲۱). متیونین، اولین اسیدآمینه محدودکننده در جیره‌های طیور بر پایه‌ی ذرت-کنجاله سویا است، بنابراین به نظر می‌رسد در صورت افزودن کراتین به جیره، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آرژنین و گلایسین، می‌توان از مهم‌ترین دهنده‌ی گروه متیل (متیونین) در واکنش‌های متیلاسیون در بدن نیز صرفه‌جویی نمود. در چندین مطالعه اثرات مفید کراتین بر التهاب و بهبود سیستم ایمنی (Bassit و همکاران، ۲۰۰۸، ، Leland و همکاران، ۲۰۱۱، Qasim & Mahmood و همکاران، ۲۰۱۵، Candow و همکاران، ۲۰۱۹)، گزارش شده است. افزایش سطح انرژی جیره، سطح اشتهای حیوان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hu و همکاران، ۲۰۱۹)، و ممکن است به کاهش دسترسی حیوان به سایر مواد مغذی از جمله پروتئین منجر شود. اطلاعات زیادی در ارتباط با اثربخشی کراتین در جیره‌هایی با پروتئین بالاتر از احتیاجات بر سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی وجود ندارد. بنابراین، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر سطوح درجه‌بندی شده کراتین منوهیدرات در جیره‌های فرموله شده با سطوح مختلف پروتئین (احتیاجات سویه‌ی راس ۳۰۸ و ۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات سویه‌ی راس ۳۰۸) بر صفات لاشه، و فراسنجه‌های هماتولوژی جوجه‌های گوشتی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

پرندگان و تیمارها

جهت اجرای این آزمایش تعداد ۳۲۰ قطعه جوجه‌ی گوشتی یک روزه از سویه‌ی تجاری راس ۳۰۸ در یک آزمایش فاکتوریل ۴*۲ با چهار سطح کراتین مونوهیدرات (صفر، ۰/۱ ، ۰/۳ ، ۰/۵ درصد جیره) و دو سطح پروتئین خام (طبق کاتالوگ سویه‌ی راس ۳۰۸ و ۱۰ درصد بیشتر از کاتالوگ) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و هر تکرار شامل ۱۰ قطعه جوجه (۵ قطعه نر و ۵ قطعه ماده) به مدت ۴۲ روز استفاده شد. جیره‌های آزمایشی برای سه دوره‌ی آغازین (۱۰-۰ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) با توجه به احتیاجات توصیه شده برای هیبرید تجاری راس ۳۰۸ توسط نرم‌افزار UFFDA تنظیم شدند (جدول ۱).

برنامه واکسیناسیون

برنامه واکسیناسیون با توجه به توصیه دامپزشک و آلوده بودن منطقه پرورش اجرا شد (جدول ۲). پس از سن ۲۸ روزگی پرندگان هیچ‌گونه واکسنی دریافت نکردند. جهت مصرف بهتر واکسن‌های آشامیدنی حدود دو ساعت قبل از تجویز آنها، آب آشامیدنی جوجه‌ها قطع می‌شد و سپس محلول واکسن و آب در اختیار جوجه‌ها قرار می‌گرفت. به مدت ۱۲ساعت قبل و بعد از هر واکسیناسیون نیز محلول مولتی‌اسید آمینه به آب آشامیدنی اضافه می‌شد.

فراسنجه‌های خون

به منظور مطالعه بر روی پارامترهای خونی، در سن ۳۵ روزگی از هر تکرار یک پرنده به‌طور تصادف انتخاب و از آنها خون‌گیری شد. ۲ سی‌سی خون از ورید بال گرفته شد، با ماده ضد انعقاد خون سیترات، که قبل از نمونه‌گیری به میزان ۰/۲ سی‌سی در سرنگ موجود بود، به آرامی با تکان دادن مخلوط شد تا لخته ایجاد نشود. نمونه به‌آرامی به داخل میکروتیوب ریخته و میزان پارامترهای خون توسط کیت‌های تشخیص شرکت پارس آزمون با روش فتومتریک و مقدار کراتینین با دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارائی بالا (HPLC) در آزمایشگاه مرکزی پردیس ابوریحان – دانشگاه تهران اندازه‌گیری شد (Lemme و همکاران، ۲۰۰۷).

عملکرد رشد

جوجه های هر واحد آزمایشی به صورت گروهی در اول و آخر، در طول هر دوره پرورش بعد از ۲ ساعت قطع دان توزین شدند. مصرف خوراک در هر واحد آزمایشی در آخر هر دوره پرورش اندازه گیری شد. میزان افزایش وزن در کل دوره با استفاده از تفاضل وزن جوجه ها در ابتدا و انتهای دوره و بر اساس روز مرغ محاسبه شد تا وزن جوجه تلف شده نیز در محاسبات منظور شود. ضریب تبدیل نیز از تقسیم کلخوراک مصرفی به افزایش وزن در کل دوره محاسبه شد. در طول دوره پرورش، جوجه های تلف شده از هر واحد آزمایشی روزانه جمع آوری شده و بعد از توزین معدوم شدند. درصد تلفات نیز از تقسیم تعداد پرندگان تلف شده در کل دوره به تعداد اولیه پرندگان محاسبه شد.

تفکیک لاشه

در پایان دوره آزمایشی (۴۲ روزگی)، از هر تکرار دو قطعه پرنده با وزن نزدیک به میانگین به‌طور تصادفی انتخاب، توزین و برای اندازه‌گیری وزن نسبی اندام‌های داخلی و خارجی کشتار شدند. پس از کشتار و پرکنی، محتویات شکم به دقت خارج شد. سپس لاشه، سینه، ران ، قسمت پشت لاشه (بدون بال و گردن)، کل دستگاه گوارش، کبد، قلب و چربی شکمی جدا و توزین شدند.. بازده لاشه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (رابطه ۱).

$$\text{بازده لاشه} = \frac{\text{وزن لاشه (گرم)}}{\text{وزن زنده (گرم)}} \times ۱۰۰$$

وزن نسبی اندام‌های داخلی و چربی شکمی نسبت به وزن زنده (رابطه ۲) و وزن نسبی اجزاء لاشه نسبت به وزن لاشه (رابطه ۳) سنجیده شد و بر حسب درصد محاسبه شد.

$$\text{وزن نسبی اندام} = \frac{\text{وزن اندام}}{\text{وزن زنده}} \times ۱۰۰$$

$$\text{وزن نسبی اجزاء لاشه} = \frac{\text{وزن اجزاء}}{\text{وزن لاشه}} \times ۱۰۰$$

آنالیز آماری

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS برای مدل آماری رابطه ۴ تجزیه شدند (SAS، ۲۰۰۳)، و میانگین تیمارهای آزمایشی توسط آزمون دانکن مقایسه شد.

رابطه (۴)

$$Yijk = \mu + A_i + B_j + (A\times B)_{ij} + E_{ijk}$$

که Y_{ijk} مقدار هر مشاهده، μ میانگین جامعه، A_i اثر سطح پروتئین، B_j اثر سطح کراتین منوهیدرات، $(A\times B)_{ij}$ اثر متقابل پروتئین و کراتین منوهیدرات جیره و E_{ijk} خطای آزمایش است.

نتایج

اثر متقابل پروتئین×کراتین منوهیدرات بر مصرف خوراک، افزایش وزن، وزن زنده نهائی، ضریب تبدیل غذایی و ماندگاری معنی دار نبود(جدول۳). جیره های حاوی پروتئین بالاتر، بیشتر مصرف شدند و افزایش وزن روزانه و وزن زنده بالاتر و ضریب تبدیل غذایی بهتری را موجب شدند ($P< ۰/۰۵$). تفاوتی در مصرف جیره های حاوی سطوح مختلف کراتین منوهیدرات مشاهده نشد ولی جوجه هایی که جیره های حاوی ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین منوهیدرات را دریافت کردند افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل غذایی بهتری نسبت به جوجه های مربوط به جیره های فاقد کراتین و ۰/۱ درصد کراتین منوهیدرات داشتند ($P< ۰/۰۵$).

داده‌های مربوط به خصوصیات لاشه در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که افزودن ۱۰ درصد پروتئین بالاتر از احتیاجات جوجه‌های گوشتی به جیره نسبت به احتیاجات سویه‌ی راس ۳۰۸ ، منجر به افزایش بازده لاشه، وزن نسبی کبد و سینه، و کاهش چربی شکمی شد ($P< ۰/۰۵$). افزایش مقدار پروتئین جیره تأثیری بر وزن نسبی دستگاه گوارش، قلب، پشت و ران نداشت. سطوح درجه‌بندی شده کراتین در جیره، تأثیری بر وزن نسبی

دستگاه گوارش، کبد، قلب، چربی شکمی و پشت نداشت، ولی بازده لاشه و وزن نسبی سینه و ران را افزایش داد (P< ۰/۰۵). بطوریکه خصوصیات لاشه در پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین مونوهیدرات نسبت به پرندگان تغذیه شده با سطوح صفر و ۰/۱ درصد جیره بهبود یافت. اثر متقابل پروتئین × کراتین تأثیری بر صفات لاشه نداشت.

نتایج تأثیر سطوح درجه‌بندی شده کراتین منوهیدرات در جیره با سطوح مختلف پروتئین بر فراسنجه‌های هماتولوژیکی و غلظت کراتینین خون در جدول ۵ گزارش شده است. داده‌ها نشان داد که سطوح ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین مونوهیدرات در جیره نسبت به سایر سطوح (صفر و ۰/۱) یک افزایش نسبی در تعداد گلبول‌های سفید، تیتر نیوکاسل و در نتیجه پاسخ ایمنی داشتند، اگرچه این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همچنین پرندگان تغذیه شده با ۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات پروتئینی راس ۳۰۸ ، پاسخ‌های ایمنی بالاتری نسبت به پرندگان تغذیه شده با حد پایه پروتئین (احتیاجات راس ۳۰۸) داشتند. اثر متقابل پروتئین × کراتین منوهیدرات بر هیچ یک از پارامترهای هماتولوژی و تیتر نیوکاسل معنی‌دار نبود. غلظت کراتینین خون در پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین منوهیدرات بالاتر از جوجه‌های تغذیه شده با ۰/۱ درصد کراتین منوهیدرات و گروه شاهد بود (P< ۰/۰۵). اثر متقابل بین کراتین و پروتئین معنی‌دار نبود. میزان کراتینین خون با افزایش پروتئین جیره (۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات) به‌طور غیر معنی‌داری افزایش یافت.

بحث

در این آزمایش افزایش سطح پروتئین موجب بهبود عملکرد شد. چندین سازوکار احتمالی برای افزایش رشد جوجه ها در پاسخ به افزایش سطح پروتئین و در نتیجه تعادل بهتر اسید های آمینه ضروری در جیره وجود دارد که شامل افزایش قابلیت دسترسی لیزین برای سنتز پروتئین، تحریک ترشح هورمون هایی مثل انسولین، گلوکاگون، هورمون رشد و فاکتور شبه انسولین که نتیجه آن افزایش سنتز پروتئین و مصرف خوراک می تواند باشد (Garcia و همکاران، ۲۰۰۵). در توافق با این نتایج ، گلیان و همکاران (۲۰۱۰)، نشان دادند که افزایش سطح پروتئین در جیره اثر معنی داری بر افزایش وزن جوجه گوشتی در کل دوره پرورش دارد. همچنین بیان کرد که با افزایش سطح پروتئین در جیره مقدار لیزین و سایر اسید های آمینه ضروری افزایش یافت، بنابراین تعادل بهتر اسیدهای آمینه ضروری در جیره ممکن است علت بهبود عملکرد جوجه های گوشتی باشد. Nahashon و همکاران (۲۰۰۵)، مشاهده کردند که استفاده از سطوح بالای پروتئین در هفته های دو، سه، پنج و شش به طور معنی داری وزن بدن جوجه های گوشتی را افزایش می دهد. علت را افزایش در مصرف خوراک در سطوح بالای پروتئین بیان کردند. بر خلاف نتایج این تحقیق، Niu و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش کردند که استفاده از سطوح مختلف پروتئین در جیره، بر وزن زنده و افزایش وزن در طول دوره آغازین تأثیری ندارد.

بهبود عملکرد با افزایش سطح کراتین منوهیدرات در جیره، بیانگر نقش مهم این ترکیب در رسیدن جوجه های گوشتی به رشد مطلوب و استفاده از مواد مغذی می باشد. ظاهراً تولید داخلی کراتین منوهیدرات در کبد و کلیه جوجه های گوشتی برای رشد مطلوب کافی نیست (Ringel و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج این تحقیق با گزارش Ringel و همکاران (۲۰۰۷)، مبنی بر بهبود عملکرد جوجه های گوشتی با افزایش سطح کراتین منوهیدرات (۰/۰۴، ۰/۰۸ و ۰/۱۲ درصد) در جیره های خالص گیاهی مطابقت داشت.

نتایج نشان داد که اثر متقابل کراتین و پروتئین در هیچ یک از فراسنجه‌های ارزیابی شده، معنی‌دار نبود. با این حال، در این مطالعه افزودن ۱۰ درصد پروتئین بالاتر از سطح احتیاجات توصیه شده برای سویه‌ی راس ۳۰۸ منجر به افزایش معنی‌دار وزن بدن، بازده لاشه و وزن نسبی سینه شد. موافق با نتایج این مطالعه، Zhao و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش کردند با افزایش سطح پروتئین جیره در جوجه‌های گوشتی وزن زنده در آخر دوره به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. Ghazanfari و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان دادند با کاهش سطح پروتئین جیره بازده لاشه و وزن نسبی سینه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ولی در آزمایش آنها

کاهش پروتئین تأثیری بر وزن نسبی ران جوجه‌های گوشتی نداشت. بر عکس، Nahashon و همکاران در سال ۲۰۰۵ بیان کردند که افزایش سطح پروتئین جیره در جوجه‌های گوشتی سبب افزایش معنی‌داری در بازده لاشه، وزن نسبی سینه می‌شود، که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. با افزایش سطح پروتئین در جیره مقدار لیزین و سایر اسیدهای آمینه ضروری افزایش می‌یابد، بنابراین تعادل بهتر اسیدهای آمینه ضروری در جیره ممکن است علت بهبود عملکرد و افزایش مقدار و درصد عضله سینه جوجه‌های گوشتی باشد. افزایش سطح لیزین در جیره تولید گوشت سینه را افزایش می‌دهد که به علت بالا بودن غلظت این اسید آمینه در عضله سینه است. همچنین عضله سینه درصد بالایی از لاشه را به خود اختصاص می‌دهد. به نظر می‌رسد که ارتباط نزدیکی بین درصد چربی لاشه و نسبت انرژی به پروتئین وجود داشته باشد. گزارش شده است که با افزایش سطح پروتئین جیره مقدار و درصد عضله سینه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و همچنین لاشه پرندگان تغذیه شده با جیره‌های با پروتئین بالا به‌طور معنی‌داری حاوی چربی کمتری بودند (Rezaei و همکاران، ۲۰۱۶). در این مطالعه، چربی شکمی در پرندگان تغذیه شده با ۱۰ درصد پروتئین بالاتر از احتیاجات توصیه شده سویه‌ی راس ۳۰۸، کاهش یافت. با کاهش سطح پروتئین در جیره نسبت انرژی به پروتئین تغییر یافته و مقدار بیشتری انرژی در دسترس خواهد بود، بنابراین میزان چربی شکمی افزایش خواهد یافت. یکی از عوامل مؤثر در کاهش چربی شکمی در هنگام استفاده از جیره‌های با پروتئین بالا افزایش صرف انرژی جهت تبدیل ازت آمینی مازاد به اسید اوریک است.

پروتئین خام جیره به‌تنهایی تأثیر قابل‌توجهی بر ذخیره چربی بدن دارد، با افزایش سطح پروتئین جیره چربی کمتری ذخیره می‌شود (Scott و همکاران، ۱۹۸۲). گزارش‌ها نشان دادند وزن نسبی کبد در اثر افزایش سطح پروتئین جیره به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Namroud و همکاران (۲۰۰۸)، Golian و همکاران (۲۰۱۰)). با افزایش سطح پروتئین جیره، آمونیاک خون بالا رفته و سبب افزایش تبدیل آمونیاک به اسید اوریک می‌شود که این فرآیند در کبد رخ می‌دهد، بنابراین افزایش وزن کبد ممکن است به علت سازگاری با بالا بودن تولید آمونیاک باشد. در مطالعه ما، افزایش وزن نسبی کبد با افزایش سطوح پروتئین جیره، احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت کبد برای متابولیسم پروتئین باشد.

در این آزمایش افزودن سطوح ۰/۳ و ۰/۵ درصد مکمل کراتین منوهیدرات به جیره، منجر به افزایش وزن بدن، بازده لاشه، وزن نسبی سینه و ران نسبت به سطوح پایین‌تر کراتین منوهیدرات (صفر و ۰/۱ درصد) شد، که با نتایج Ahmadipour و همکاران در سال ۲۰۱۸ همخوانی دارد. آنها گزارش کردند که افزایش وزن بدن ، و بازده لاشه و سینه سطوح ۱ و ۱/۵ گرم گوانیدینواستیک اسید (پیش‌ساز کراتین) در کیلوگرم خوراک نسبت به شاهد افزایش یافت. در ماهیچه کراتین فسفریله شده و به فسفوکراتین تبدیل می‌شود و ترکیب اخیر مستقیماً برای حفظ سطح پایین آدنوزین دی فسفات در مکان‌های مصرف انرژی در میوفیبریل و در انتقال فسفات پرانرژی از میتوکندری درگیر است (Ostojic و همکاران، ۲۰۱۶، Chen و همکاران، ۲۰۱۱). برخلاف نتایج این آزمایش، Ringel و همکاران(۲۰۰۷) شان دادند، که افزایش سطح کراتین‌منوهیدرات در جیره، تأثیری بر وزن نسبی سینه جوجه‌های گوشتی ندارد. در همین رابطه Stahl و همکاران در سال ۲۰۰۱ گزارش کردند مکمل‌سازی با کراتین منوهیدرات در خوک سبب افزایش غیر معنی‌دار در درصد ران و سینه می‌شود. موافق با یافته‌های این مطالعه، Maddock و همکاران در سال ۲۰۰۲ نشان دادند وزن نسبی کبد در خوک با مکمل‌سازی کراتین منوهیدرات تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد . در این مطالعه افزودن ۱۰ درصد پروتئین بیشتر از احتیاجات توصیه شده به جیره بر پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی تأثیر قابل‌توجهی نداشت. با این حال، یک تمایل به افزایشی در درصد لنفوسیت و کاهشی در درصد هتروفیل با تغذیه پروتئین بیشتر مشهود است. پایین بودن پاسخ ایمنی ممکن است در نتیجه کاهش قابلیت دسترسی پروتئین برای ساخت پروتئین در کبد باشد که با پاسخ ایمنی یا تولید آنتی‌بادی در ارتباط است (Abedi و همکاران، ۲۰۱۶). تغییرات فیزیولوژیکی همراه با واکنش‌های ایمنی‌سازی صورت می‌گیرد.

Davison در سال ۲۰۰۳ گزارش کرد که گلبول‌های سفید جهت رشد، تکثیر و تقسیم مناسب نیاز به تغذیه پروتئین‌های با کیفیت دارند (۱۲). موافق با نتایج مطالعه حاضر، Córdova-Noboa و همکاران در سال ۲۰۱۸ تأثیر معنی‌داری در شمار سلول‌های خون (هتروفیل، لنفوسیت و منوسیت) با مکمل‌سازی گوانیدینواستیک اسید (پیش‌ساز کراتین) در جیره‌ی جوجه‌های گوشتی بر پایه‌ی ذرت-کنجاله سویا گزارش نکردند. نتایج این آزمایش نشان داد که اگرچه سطوح مختلف کراتین منوهیدرات تأثیر معنی‌داری بر لوکوسایت‌های خون و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی نداشت، ولی داده‌ها حاکی از آن است که یک افزایش پاسخ ایمنی وجود دارد، بطوریکه فراسنجه‌های ایمنی (لنفوسیت، مونوسیت و تیتر نیوکاسل) در پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۳ و ۰/۵ درصد جیره کراتین منوهیدرات نسبت به پرندگان تغذیه شده با سطوح پایین‌تر، افزایش یافت. DeGroot و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان دادند که مکمل‌سازی گوانیدینواستیک اسید (پیش‌ساز کراتین) در جیره جوجه‌های گوشتی شمار لنفوسیت‌های خون را افزایش و برعکس شمار هتروفیل را کاهش می‌دهد، ولی مکانیسم این تغییرات گزارش نشده است. لنفوسیت‌ها، سلول‌های ایمنی شناخته شده‌ای هستند که در دفاع بدن در برابر بیمارهای عفونی و مواد بیگانه بیرونی درگیرند. در شرایط آزمایشگاهی، Qasim در سال ۲۰۱۵ نشان دادند که کراتین توانایی حفظ و نگهداری سلول‌های خون انسان از آسیب اکسیداتیو ناشی از القای آب اکسیژنه را دارد. در آزمایش آنها قدرت آنتی‌اکسیدانت به‌طور قابل ملاحظه‌ای با تیمار آب اکسیژنه کاهش یافت، ولی با درمان کراتین قدرت آنتی‌اکسیدانت لنفوسیت‌ها حفظ شد. آسیب اکسیداتیو از طریق اکسیداسیون گروه‌های کربوکسیل پروتئین و تشکیل گروه‌های کربونیل، اغلب منجر به اختلال در عملکرد پروتئین می‌شوند (Dalle-Donne و همکاران، ۲۰۰۳). Qasim در سال ۲۰۱۵ نشان داد که کراتین با اثرات آنتی‌اکسیدانی که دارد باعث کاهش اکسیداسیون پروتئین‌ها (تبدیل گروه کربوکسیل به کربونیل) در سلول‌های خونی می‌شود. اثرات کراتین در سلول‌های خونی نمی‌تواند با نقش کراتین بر متابولیسم انرژی توجیه شود، زیرا این سلول‌های خونی فاقد کراتین کیناز هستند و قادر به تبدیل کراتین به فسفوکراتین در درون سلول نیستند. همچنین، این اثرات نیز با کیلاته شدن با آهن محتمل نیست، زیرا کراتین برخلاف ترکیبات پلی‌فنولی موجود در گیاهان قادر به باند شدن با آهن نیست (Sestili و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج این مطالعه نشان داد پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین منوهیدرات نسبت به سطوح پایین‌تر (صفر و ۰/۱ درصد)، غلظت کراتینین خون بالاتری داشتند. کراتینین، محصول نهایی متابولیسم کراتین و فسفوکراتین در بدن است. تنها یک مطالعه، و آن هم در شرایط برون‌تنی (In vitro) خواص آنتی‌اکسیدانتی کراتینین بر سلول‌های خونی را گزارش کرد (Qasim و همکاران، ۲۰۱۵). کراتینین یک ساختار بسیار مشابه با کراتین دارد، بنابراین، می‌توان اثر محافظتی آن را بر اساس خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز توضیح دهد. در مطالعه حاضر، اگرچه فراسنجه‌های ایمنی از لحاظ آماری تحت تأثیر سطوح کراتین قرار نگرفت، ولی بهبود نسبی سیستم ایمنی را نشان داد که این را می‌توان به نقش کراتینین در حفظ و نگهداری سلول‌های خونی نسبت داد (Qasim و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه‌ای Mokondjimobe و همکاران (۲۰۱۲) شان دادند که عفونت بیماری HIV با غلظت کراتینین خون انسان در ارتباط است.

نتیجه‌گیری

بطور کلی، با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعه ، تغذیه جوجه های گوشتی راس با جیره های با پروتئین بالاتر از نیاز (۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات توصیه شده) و حاوی ۰/۵ درصد کراتین مونوهیدارات ، ضمن افزایش عملکرد رشد و بازده لاشه، تا اندازه ای فعالیت سیستم ایمنی را نیز بهبود می بخشد. مطالعات بیشتردر این خصوص پیشنهاد می شود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از اعضای محترم گروه علوم دام و طیور پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران برای فراهم کردن تجهیزات و امکانات لازم در جهت انجام این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

جدول ۱. ترکیب جیره‌های مورد استفاده در دوره‌های آغازین (۱۰-۰ روزگی) و رشد (۲۴-۱۱ روزگی)

	دوره آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)												دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی)									
مقدار پروتئین جیره (٪)	۲۱/۴۶					۲۳/۶۰							۲۰/۳۰					۲۲/۳۷				
سطوح کراتین (٪)	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۵
مواد خوراکی (٪)																				
ذرت	۵۵/۴۸	۵۵/۴۸	۵۵/۴۸	۵۵/۵۰	۵۰/۶۹	۵۰/۶۸	۵۰/۶۹	۵۰/۷۰	۵۸/۴۵	۵۸/۴۵	۵۸/۴۴	۵۸/۴۵	۵۳/۸۷	۵۳/۸۶	۵۳/۸۵	۵۳/۸۵
کنجاله سویا (۴۴ درصد)	۳۷/۵۰	۳۷/۲۰	۳۶/۵۴	۳۵/۵۰	۳۹/۴۴	۳۹/۰۹	۳۸/۴۵	۳۷/۸۱	۳۲/۸۲	۳۲/۸۲	۳۲/۸۰	۳۲/۸۲	۳۵/۵۸	۳۵/۳۰	۳۴/۶۵	۳۴
گلوتن ذرت	۱/۷۹	۲	۲/۴۱	۲/۸۳	۴/۸۴	۵/۱۰	۵/۵۱	۵/۹۳	۲/۹۲	۲/۹۲	۲/۹۳	۲/۹۲	۵/۱۵	۵/۳۴	۵/۸۰	۶/۲۴
روغن گیاهی (سویا)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
دی کلسیم فسفات	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۱	۱/۶۵	۱/۶۵	۱/۶۶	۱/۶۶	۱/۵۳	۱/۴۶	۱/۳۲	۱/۳۳	۱/۲۷	۱/۲۷	۱/۲۸	۱/۲۸
سنگ آهک	۱/۵۳	۱/۵۳	۱/۵۳	۱/۵۳	۱/۵۴	۱/۵۴	۱/۵۴	۱/۵۴	۱/۴۴	۱/۴۱	۱/۳۶	۱/۳۶	۱/۳۷	۱/۳۷	۱/۳۶	۱/۳۶
کراتین منوهیدرات	۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰	۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰	۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰	۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰
مکمل ویتامینی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی ال متیونین	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶
ال لایزین	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۳	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰	۰	۰	۰
نمک	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مواد مغذی محاسبه شده																
انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰
پروتئین خام (٪)	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۳/۶۰	۲۳/۶۰	۲۳/۶۰	۲۳/۶۰	۲۰/۳۰	۲۰/۳۰	۲۰/۳۰	۲۰/۳۰	۲۲/۳۷	۲۲/۳۷	۲۲/۳۷	۲۲/۳۷
متیونین (٪)	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴
لایزین (٪)	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰
کلسیم (٪)	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	۱/۰۲۴	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷

ادامه جدول ۱. ترکیب جیره مورد استفاده در دوره پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)

پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)								
مقدار پروتئین جیره (٪)	۱۸/۴۰				۲۰/۲۴			
سطوح کراتین (٪)	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۵	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۵
مواد خوراکی (٪)								
ذرت	۶۳/۴۵	۶۳/۴۵	۶۳/۴۵	۶۳/۴۵	۵۹/۴۰	۵۹/۴۰	۵۹/۳۵	۵۹/۳۵
کنجاله سویا	۲۹/۳۶	۲۹/۰۴	۲۸/۴۰	۲۷/۷۶	۳۰/۹۸	۳۰/۶۶	۳۰/۰۵	۲۹/۴۰
گلوتن ذرت	۱/۵۵	۱/۷۶	۲/۲۰	۲/۶۲	۴/۰۸	۴/۳۰	۴/۷۵	۵/۲۰
روغن گیاهی	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰
دی کلسیم فسفات	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۱۹	۱/۱۹	۱/۲۰	۱/۲۰
سنگ آهک	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۳۰	۱/۳۰	۱/۳۰	۱/۳۰
کراتین منوهیدرات	۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰	۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰
مکمل ویتامینی[۱]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی[۲]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی ال متیونین	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
ال لایزین	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰	۰	۰	۰
نمک	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مواد مغذی محاسبه شده								
انرژی قابل متابولیسم **(kcal/kg)**	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰
پروتئین خام (٪)	۱۸/۴۰	۱۸/۴۰	۱۸/۴۰	۱۸/۴۰	۲۰/۲۴	۲۰/۲۴	۲۰/۲۴	۲۰/۲۴
متیونین (٪)	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰
لایزین (٪)	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶
کلسیم (٪)	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲

[۱] هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی ۴۴۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین **A**، ۷۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین **D**، ۱۴۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین **E**، ۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین **K**، ۶۴۰ میلی‌گرم کوبالامین، ۶۱۲ میلی‌گرم تیامین، ۳۰۰۰ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۴۸۹۶ میلی‌گرم اسید پانتوتنیک، ۱۲۱۶۰ میلی‌گرم نیاسین، ۶۱۲ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۲۰۰۰ میلی‌گرم بیوتین و ۲۶۰ گرم کولین کلراید می باشد.

[۲] هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی ۶۴/۵ گرم منگنز، ۳۳/۸ گرم روی، ۱۰۰ گرم آهن، ۸ گرم مس، ۶۴۰ میلی‌گرم ید، ۱۹۰ میلی‌گرم کبالت و ۸ گرم سلنیوم می باشد.

جدول ۲. برنامه واکسیناسیون جوجه‌های گوشتی در دوره پرورش

نوع واکسن	سن تجویز	روش واکسیناسیون
برونشیت **H120**	۱ روزگی	چشمی
نیوکاسل **B1**	۴ روزگی	چشمی
آنفولانزا- نیوکاسل	۸ روزگی	تزریقی
گامبورو	۱۲ روزگی	آشامیدنی
نیوکاسل- لاسوتا	۱۸ روزگی	آشامیدنی
گامبورو	۲۲ روزگی	آشامیدنی
نیوکاسل- لاسوتا	۲۸ روزگی	آشامیدنی

جدول ۳. تأثیر سطوح درجه‌بندی شده مکمل کراتین منوهیدرات و پروتئین جیره بر عملکرد و ماندگاری جوجه‌های گوشتی (کل دوره پروش)

منابع تغییرات		خوراک مصرفی روزانه (گرم)	افزایش وزن روزانه(گرم)	ضریب تبدیل خوراک	وزن زنده ۴۲ روزگی(گرم)	ماندگاری (درصد)
اثرات متقابل						
پروتئین	کراتین (درصد)					
طبق کاتالوگ	صفر	۹۲/۶۷	۴۸/۷۷	۱/۹۰	۲۰۹۳	۹۷/۵
طبق کاتالوگ	۰/۱	۹۲/۸۲	۴۹/۱۹	۱/۸۸	۲۱۱۱	۹۵/۰
طبق کاتالوگ	۰/۳	۹۳/۲۶	۵۰/۴۲	۱/۸۴	۲۱۶۲	۹۵/۰
طبق کاتالوگ	۰/۵	۹۳/۵۳	۵۰/۵۱	۱/۸۵	۲۱۶۶	۹۷/۵
۱۰ درصد بالاتر	صفر	۹۳/۸۶	۴۹/۹۸	۱/۸۷	۲۱۴۵	۹۵/۰
۱۰ درصد بالاتر	۰/۱	۹۳/۸۷	۵۰/۶۰	۱/۸۵	۲۱۷۰	۱۰۰
۱۰ درصد بالاتر	۰/۳	۹۳/۹۷	۵۲/۱۴	۱/۸۰	۲۲۳۵	۹۷/۵
۱۰ درصد بالاتر	۰/۵	۹۴/۲۲	۵۲/۴۳	۱/۷۹	۲۲۵۰	۹۵/۰
SEM		۰/۶۸۹	۰/۵۵۷	۰/۰۱۹	۱۱/۹۴۸	27/304
P-value	پروتئین	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۷۹
	کراتین	۰/۳۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۹۷
	پروتئین × کراتین	۰/۸۵۰	۰/۶۰۰	۰/۵۷۰	۰/۵۸۶	۰/۵۸۸
اثرات اصلی						
پروتئین						
طبق کاتالوگ		۹۳/۰۷^{b}	۴۹/۷۲^{b}	۱/۸۷^{a}	۲۱۱۳^{b}	۹۶/۲۵
۱۰ درصد بالاتر		۹۳/۹۸^{a}	۵۱/۲۹^{a}	۱/۸۳^{b}	۲۲۰۳^{a}	۹۶/۸۸
SEM		۰/۳۴۰	۰/۲۷۶	۰/۰۰۷	۳۳/۲۷۸	۱/۶۳۰
کراتین (٪)						
صفر		۹۳/۲۷	۴۹/۳۷^{b}	۱/۸۸^{a}	۲۱۱۹^{b}	۹۶/۲۵
۰/۱		۹۳/۳۴	۴۹/۸۹^{b}	۱/۸۷^{a}	۲۱۴۱^{b}	۹۷/۵۰
۰/۳		۹۳/۶۱	۵۱/۲۸^{a}	۱/۸۳^{b}	۲۱۹۹^{a}	۹۶/۲۵
۰/۵		۹۳/۸۷	۵۱/۴۷^{a}	۱/۸۲^{b}	۲۲۰۸^{a}	۹۶/۲۵
SEM		۰/۴۸۵	۰/۳۷۲	۰/۰۰۸	۸/۴۴۰	۲/۳۱۰

$^{a-c}$ تفاوت ارقام در هر ستون با حروف غیرمشابه معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). SEM: خطای استاندارد میانگین

جدول ٤. تأثیر سطوح درجه بندی شده مکمل کراتین منو هیدرات و پروتئین جیره بر وزن بدن و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی

منابع تغییرات		بازده لاشه (درصد)	دستگاه گوارش (درصد)	کبد (درصد)	قلب (درصد)	چربی شکمی (درصد)	پشت (درصد)	سینه (درصد)	ران (درصد)
اثرات متقابل									
پروتئین	کراتین								
طبق کاتالوگ	صفر	۷۰/۷۵	۱۰/۹۱	۱/۵۹	۰/۵۱	۱/۶۶	۱۶/۶۹	۳۱/۳۸	۲۹/۹
طبق کاتالوگ	۰/۱	۷۱	۱۱/۶۴	۱/۷۴	۰/۵۵	۱/۷۳	۱۶/۷۸	۳۱/۸۷	۳۰/۲۲
طبق کاتالوگ	۰/۳	۷۱/۴۱	۱۱/۶۶	۱/۷۵	۰/۵۸	۲/۱۸	۱۷/۳۸	۳۳/۲۸	۳۱/۳۱
طبق کاتالوگ	۰/۵	۷۱/۷۰	۱۱/۹۰	۱/۸۱	۰/۵۹	۲/۲۳	۱۷/۵۲	۳۴	۳۱/۵۶
۱۰ درصد بالاتر	صفر	۷۱/۲۲	۱۱/۴۲	۲/۱۷	۰/۵۳	۱/۲۶	۱۶/۵۱	۳۲/۷۶	۳۰/۴۶
۱۰ درصد بالاتر	۰/۱	۷۱/۷۱	۱۱/۷۲	۲/۱۸	۰/۵۷	۱/۳۶	۱۶/۵۸	۳۲/۸۸	۳۰/۸۷
۱۰ درصد بالاتر	۰/۳	۷۱/۷۸	۱۲/۱۰	۲/۲۹	۰/۶۱	۱/۴۷	۱۶/۶۵	۳۴/۱۴	۳۱/۶۴
۱۰ درصد بالاتر	۰/۵	۷۲/۰۱	۱۲/۱۷	۲/۶۳	۰/۶۳	۱/۵۲	۱۷/۱۹	۳۴/۴۵	۳۱/۶۶
SEM		۰/۵۰۴	۰/۷۶۷	۰/۴۱۶	۰/۰۶۸	۰/۴۱۳	۰/۷۳۴	۱/۰۱۸	۰/۶۸۲
P-value	پروتئین	۰/۰۰۱	۰/۳۴	۰/۰۰۰۱	۰/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۸
	کراتین	۰/۰۰۵	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	پروتئین × کراتین	۰/۷۸۰	۰/۹۶۵	۰/۹۱۰	۰/۹۱۴	۰/۶۴۷	۰/۴۳۴	۰/۳۸۶	۰/۸۱۴
اثرات اصلی									
پروتئین									
طبق کاتالوگ		۷۱/۱۴^{b}	۱۱/۶۷	۲/۲^{b}	۰/۵۳	۲/۴۳^{a}	۲۱/۱۵	۳۰/۴۸^{b}	۲۷/۴۳
۱۰ درصد بالاتر از کاتالوگ		۷۱/۹۸^{a}	۱۱/۹۲	۲/۴۳^{a}	۰/۵۶	۲/۱۳^{b}	۲۰/۵۲	۳۲/۰۴^{a}	۲۷/۶۹
SEM		۰/۲۸۴	۰/۳۴۷	۰/۰۳۴	۰/۰۳۹	۰/۱۰۷	۰/۴۶۶	۰/۳۸۷	۰/۱۸۶
کراتین (درصد)									
صفر		۷۰/۸۵^{b}	۱۱/۳۴	۲/۲۸	۰/۵	۲/۱۵	۲۰/۴۲	۳۰/۲۲^{b}	۲۶/۵۶^{b}
۰/۱		۷۱/۴۵^{ab}	۱۱/۸	۲/۳۱	۰/۵۴	۲/۲۵	۲۰/۴۷	۳۰/۶۳^{b}	۲۶/۸^{b}
۰/۳		۷۱/۹۳^{a}	۱۱/۹۵	۲/۳۲	۰/۵۷	۲/۳	۲۱/۱۲	۳۱/۷۳^{a}	۲۸/۲۹^{a}
۰/۵		۷۲/۰۱^{a}	۱۲/۰۹	۲/۳۵	۰/۵۷	۲/۴۱	۲۱/۳۴	۳۲/۴۴^{a}	۲۸/۶^{a}
SEM		۰/۴۳۰	۰/۴۹۴	۰/۰۳۸	۰/۰۴۵	۰/۱۵۸	۰/۶۶۵	۰/۵۵۳	۰/۲۶۹

$^{a-b}$تفاوت ارقام در هر ستون با حروف غیر مشابه معنی‌دار است (P< ۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین

جدول ۵. تأثیر سطوح درجه‌بندی شده مکمل کراتین منوهیدرات و پروتئین جیره بر غلظت کراتینین و برخی صفات هماتولوژی جوجه‌های گوشتی

منابع تغییرات		هتروفیل (درصد)	لنفوسیت (درصد)	منوسیت (درصد)	تیتر نیوکاسل	کراتینین (گرم/دسی‌لیتر)
اثرات متقابل						
پروتئین	کراتین (درصد)					
طبق کاتالوگ	صفر	۲۵/۰۰	۷۳/۵	۲/۷۵	۳/۷۵	۰/۵۷
طبق کاتالوگ	۰/۱	۲۴/۲۵	۷۳/۷۵	۲/۷۵	۴/۲۵	۰/۶۵
طبق کاتالوگ	۰/۳	۲۴/۵۰	۷۳/۷۵	۲/۵	۴	۰/۷۲
طبق کاتالوگ	۰/۵	۲۳/۵۰	۷۴/۷۵	۳	۴/۲۵	۰/۷۵
۱۰ درصد بالاتر	صفر	۲۴/۰۰	۷۴/۲۵	۲/۵	۴	۰/۶۲
۱۰ درصد بالاتر	۰/۱	۲۴/۲۵	۷۴/۲۵	۲/۷۵	۳/۷۵	۰/۶۷
۱۰ درصد بالاتر	۰/۳	۲۲/۲۵	۷۴/۷۵	۳/۲۵	۴/۵	۰/۷۵
۱۰ درصد بالاتر	۰/۵	۲۳	۷۵	۳	۴/۷۵	۰/۷۷
SEM		۱/۳۷۶	۱/۳۷۵	۰/۸۶۳	۰/۶۱۳	۰/۰۴۸
پروتئین	P-value	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۵۶	۰/۳۲	۰/۱
کراتین		۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۶۴	۰/۱۱	۰/۰۰۰۱
پروتئین × کراتین		۰/۴۲۴	۰/۸۴۶	۰/۳۹۵	۰/۲۱۳	۰/۹۴۶
اثرات اصلی						
پروتئین						
طبق کاتالوگ		۲۴/۳۱	۷۳/۹۳	۲/۷۵	۴/۰۶	۰/۶۷
۱۰ درصد بالاتر		۲۳/۳۷	۷۴/۵۶	۲/۸۷	۴/۲۵	۰/۷۱
SEM		۰/۶۸۵	۰/۴۵۳	۰/۳۰۴	۰/۲۵۷	۰/۰۲4
کراتین (٪)						
صفر		۲۴/۵۰	۷۳/۸۷	۲/۶۲	۳/۸۷	۰/۶۰^{c}
۰/۱		۲۴/۲۵	۷۴	۲/۷۵	۴	۰/۶۶^{b}
۰/۳		۲۳/۳۷	۷۴/۲۵	۲/۸۷	۴/۲۵	۰/۷۳^{a}
۰/۵		۲۳/۲۵	۷۴/۸۷	۳	۴/۵	۰/۷۶^{a}
SEM		۰/۹۷۶	۰/۶۳۱	۰/۴۲۸	۰/۳۶۵	۰/۰۲۶

$^{a-c}$تفاوت ارقام در هر ستون با حروف غیرمشابه معنی‌دار است (P< ۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین

منابع

Abedi, S., Aliakbarpour, H. R. and Youssefi Karikolaei, K. (2016). The effect of different dietary amino acid levels in early ages and strain on performance, immune organ weight and hetrophile –to-lymphocyte ratio in Arian broiler chickens. *Animal Science Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*. No 113 pp: 87-98.

Ahmadipour, B., Khajali, F., and Sharifi, M. R. (2018). Effect of guanidinoacetic acid supplementation on growth performance and gut morphology in broiler chickens. *Poultry Science Journal*. 6(1):19-24.

Amiri, M., Ghasemi, H.A., Hajkhodadadi, I., and Farahani, A. H. K. (2019). Efficacy of guanidinoacetic acid at different dietary crude protein levels on growth performance, stress indicators, antioxidant status, and intestinal morphology in broiler chickens subjected to cyclic heat stress. *Animal Feed Science and Technology*. 114208.

Bassit, R. A., Curi, R., and Rosa, L. C. (2008). Creatine supplementation reduces plasma levels of pro-inflammatory cytokines and PGE 2 after a half-ironman competition. *Amino acids*. 35(2): 425-431.

Brosnan, J. T., Wijekoon, E. P., Warford-Woolgar, L., Trottier, N. L., Brosnan, M. E., Brunton, J. A., and Bertolo, R. F. (2009). Creatine synthesis is a major metabolic process in neonatal piglets and has important implications for amino acid metabolism and methyl balance. *The Journal of nutrition*. 139(7): 1292-1297.

Campbell, J. W. (1995). Excretory nitrogen metabolism in reptiles and birds. *Nitrogen metabolism and excretion*. 147-178.

Candow, D. G., Forbes, S. C., Chilibeck, P. D., Cornish, S. M., Antonio, J., and Kreider, R. B. (2019). Effectiveness of creatine supplementation on aging muscle and bone: focus on falls prevention and inflammation. *Journal of clinical medicine*. 8(4): 488.

Chen, J., Wang, M., Kong, Y., Ma, H., and Zou, S. (2011). Comparison of the novel compounds creatine and pyruvateon lipid and protein metabolism in broiler chickens. *Animal*. 5(7): 1082-1089.

Cooke, B. C. (1987). Impact of declaration of the metabolizable energy (ME) value of poultry feeds. *Recent advances in animal nutrition*.

Córdova-Noboa, H.A., Oviedo-Rondón, E.O., Sarsour, A.H., Barnes, J., Sapcota, D., López, D., Gross, L., and Rademacher-Heilshorn, M., Braun, U. (2018). Effect of guanidinoacetic acid supplementation on live performance, meat quality, pectoral myopathies and blood parameters of male broilers fed corn-based diets with or without poultry by-products. *Poultry Science*. 97: 2494–2505.

Dalle-Donne, I., Rossi, R., Giustarini, D., Milzani, A., and Colombo, R. (2003). Protein carbonyl groups as biomarkers of oxidative stress. *Clinica chimica acta.* 329(1-2): 23-38.

Davison, T.F. (2003). The immunologists' debt to the chicken. *British Poultry Science*: 44: 6–21.

DeGroot, A. A., Braun, U., & Dilger, R. N. (2019). Guanidinoacetic acid is efficacious in improving growth performance and muscle energy homeostasis in broiler chicks fed arginine-deficient or arginine-adequate diets. *Poultry science*. 98(7): 2896-2905.

DeGroot, A.A., Braun, U., and Dilger, R.N. (2018). Efficacy of guanidinoacetic acid on growth and muscle energy metabolism in broiler chicks receiving arginine-deficient diets. *Poultry Science*. 97: 890–900.

Garcia, A. R., A. B. Batal, and D. H. Bakret. 2005. Variations in The digestible lysine requirement of broiler chickens due to sex, performance parameters, rearing environment, and processing yield characteristics. Poultry Science. 85: 498-504.

Ghazanfari, S. H., Kermanshahi, M. R., Nassiry, A., Golian, A. R., Moussavi, H., and Salehi, A. (2010). Effect of Feed Restriction and Different Energy and Protein Levels of the Diet on Growth Performance and Growth Hormone in Broiler Chickens. *Journal of Biological Science*. 10:25-30.

Golian, A., Aami Azghadi, M., and Pilevar, M. (2010). Influence of various levels of energy and protein on performance and humoral immune responses in broiler chicks. *Journal Global Veterinaria*. 4 (5): 434-440.

Hu, X., Wang, Y., Sheikhahmadi, A., Li, X., Buyse, J., Lin, H., and Song, Z. (2019). Effects of dietary energy level on appetite and central AMPK in broilers. *Journal of animal science*.

Leland, K. M., McDonald, T. L., and Drescher, K. M. (2011). Effect of creatine, creatinine, and creatine ethyl ester on TLR expression in macrophages. *International immunopharmacology*. 11(9): 1341-1347.

Lemme, A. J., Ringel, A., Sterk, R., and Young. J. F. (2007). Supplemental guanidino acetic acid affects energy metabolism of broilers. *Proceedings 16th European Symposium on Poultry Nutrition*. 26.-30. August, Strasbourg, France.

Maddock, R. J., Bidner, B. S., Carr, S. N., McKeith, F. K., Berg, E. P., and Savell, J. W. (2002). Creatine monohydrate supplementation and the quality of fresh pork in normal and halothane carrier pigs. *J. Animal Science*. 80:997–1004.

Majdeddin, M., Golian, A., Kermanshahi, H., Michiels, J., and De Smet, S. (2019). Effects of methionine and guanidinoacetic acid supplementation on performance and energy metabolites in breast muscle of male broiler chickens fed corn-soybean diets. *British poultry science*. (just-accepted).

Mokondjimobe, E., Longo-Mbenza, B., Mampouya-Arrouse, P., Parra, H. J., and Diatewa, M. (2012). Inflammatory status hepatic enzymes and serum creatinine in HIV-, HIV+ and HIV-TB co-infected adult Central Africans. *International journal of general medicine*. 5: 961.

Nahashon, S. N., Adefope, N., Amenyenu, A., and Wright, D. (2005). Effects of dietary metabolizable energy and crude protein concentrations on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. *Poultry Science*. 84: 337–344.

Nahashon, S. N., N. Adefope, A. Amenyenu, and D. Wright. 2005. Effects of dietary metabolizable energy and crude protein concentrations on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. Poultry Science. 84:337–344

Namroud, N. F., Shivazad, M., and Zaghari, M. (2008). Effects of fohfying low crude protein det with clystalline amino acids on performance, blood ammonia level and excreta characteristics of broiler chcks. *Poultry Science*. 87: 2250-2258.

Niu, Z., J. Shi, F. Liu, X. Wang, C. Gao, and L. Yao. 2009. Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during starter phase. International Journal of Poultry Science. 8(5), 508-511

Noblet, J., Van Milgen, J., and Dubois, S. (2010). Utilisation of metabolisable energy of feeds in pigs and poultry: interest of net energy systems. *In Proceedings of the 21st annual Australian poultry science symposium*. 26-35.

Ostojic, S. M. (2016). Guanidinoacetic acid as a performance-enhancing agent. *Amino acids*. 48(8): 1867-1875.

Ostojic, S. M. (2017). Tackling guanidinoacetic acid for advanced cellular bioenergetics. *Nutrition*. 34: 55-57.

Qasim, N., and Mahmood, R. (2015). Diminution of oxidative damage to human erythrocytes and lymphocytes by creatine: possible role of creatine in blood. *PloS one*. 10(11): e0141975.

Rezaei, M., Yngvesson, J., Gunnarsson, S., Jönsson, L., and Wallenbeck, A. (2018). Feed efficiency, growth performance, and carcass characteristics of a fast-and a slower-growing broiler hybrid fed low-or high-protein organic diets. *Organic Agriculture*. 8(2): 121-128.

Ringel, J., Lemme, A., Knox, A., Mcnab, J., and Redshaw, M. S. (2007). Effects of graded levels of creatine and guanidino acetic acid in vegetable-based diets on performance and biochemical parameters in muscle tissue. *Proceedings 16th European Symposium on Poultry Nutrition*. 26-30. August, Strasbourg, France.

SAS Institute. (2003). SAS/STAT User's guide, release 9.1 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.

Scott, M. L., Nesheim, M. C., and Young, R. J. (1969). Nutrition of the Chicken. Nutrition of the chicken.

Sestili, P., Martinelli, C., Bravi, G., Piccoli, G., Curci, R., Battistelli, M., and Stocchi, V. (2006). Creatine supplementation affords cytoprotection in oxidatively injured cultured mammalian cells via direct antioxidant activity. Free Radical Biology and Medicine. 40(5): 837-849.

Stahl, C. A., Allee, G. L., and Berg, E. P. (2001). Creatine monohydrate supplemented in swine finishing diets and fresh pork quality: II. Commercial applications. *Journal of Animal Science*. 79: 3081–3086.

Wallimann, T., Tokarska-Schlattner, M., Neumann, D., Epand, R. M., Epand, R. F., Andres, R. H., and Schlattner, U. (2007). The phosphocreatine circuit: molecular and cellular physiology of creatine kinases, sensitivity to free radicals, and enhancement by creatine supplementation. *Molecular System Bioenergetics, Energy for Life*. 195-264.

Wyss, M., and Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiological Reviews*. 80 (3): 1107-1213.

Zhao, J. P., Chen, J. L., Zhao, G. P., Zheng, M. Q., Jiang, R. R., and Wen, J. (2009). Live performance, carcass composition and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. *Poultry Science*. 88: 2575-2584.