تولیدات دامی
دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹
صفحه‌های ۴۰۶-۳۹۱
DOI: 10.22059/jap.2020.287735.623438

تأثیر سطوح افزایشی ال- لوسین جیره بر عملکرد، صفات لاشه و فراسنجه‌های خونی جوجه خروس‌های گوشتی در دوره رشد

حسین محمدزاده کراتی[۱*]، محمدحسین شهیر[۲]
۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹

چکیده
تأثیر سطوح افزایشی ال-لوسین بر عملکرد، صفات لاشه و تولید گوشت سینه و تعیین نیاز لوسین قابل هضم جوجه خروس‌های گوشتی راس ۳۰۸ در دوره رشد (۱۵ تا ۳۰ روزگی) با استفاده از ۲٤۰ قطعه جوجه خروس گوشتی در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار جیره‌ای (پنج تکرار و هشت قطعه جوجه در هر تکرار) بررسی شد. تیمارها شامل جیره پایه با ۱/۵۳ درصد لوسین قابل هضم و پنج جیره حاوی ۱/٦۳، ۱/۷۳، ۱/۸۳، ۱/۹۳، ۲/۰۳ درصد لوسین قابل هضم که با افزودن ال-لوسین مصنوعی به جیره پایه تهیه شده بود. افزایش وزن، درصد لاشه و درصد سینه با افزایش سطح لوسین افزایش و ضریب تبدیل و چربی لاشه کاهش یافتند (P<۰/۰۵). روند پاسخ به سطوح افزایشی لوسین برای افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، وزن نسبی لاشه، وزن نسبی عضله سینه و وزن نسبی چربی حفره بطنی به‌صورت تابع درجه دو بود (P<۰/۰۵). به‌دلیل برازش بهتر مدل درجه دو به معیارهای پاسخ افزایش وزن، ضریب تبدیل، وزن نسبی لاشه و سینه، نیاز لوسین قابل هضم به‌ترتیب ۱/۷۰، ۱/۷۲، ۱/۷۲٤ و ۱/۷۳۵ درصد برآورد شد. بر اساس میانگین این برآوردها، نیاز لوسین قابل هضم جوجه‌های گوشتی راس در مرحله رشد، ۱/۷۲ درصد پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ال- لوسین، جوجه‌های گوشتی، عضله سینه، عملکرد، صفات لاشه.

Effects of increasing levels of dietary L-Leucine on growth performance, carcass traits and blood parameters of male broilers in the grower period

Hossien Mohammadzadeh Kratei[1*], Mohamadhossein Shahir[2]
1. Ph.D. Candidate, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
Received: October 09, 2019 Accepted: January 19, 2020

Abstract
The effects of increasing levels of L-leucine supplementation on performance, carcass traits, breast meat production and determination of digestible leucine requirement broilers during the grower period (15 to 30 days) using 240 Ross males broiler chickens in a completely randomized design with six dietary treatments (five repetitions and eight chicks per repetition) was investigated. Treatments include; a basal diet with 1.53% digestible leucine and five diets containing 1.63, 1.73, 1.83, 1.93, and 2.03% digestible leucine by adding synthetic L-leucine to the basal diet. By increasing the levels of digetible Leucin, body wieght gain, carcass and breast muscle percentage were increased, but feed conversion ratio and abominal fat percentage were decreasd (P<0.05). The response trends to increasing levels of digestible leucine were quadratic for weight gain, feed conversion ratio, the relative weight of carcass, relative weight of breast muscle and relative weight of abdominal fat (P<0.05). Due to the better fit of the quadratic model to the response criteria, digestible Leucine requirements were estimated at 1.70, 1.72, 1.724, and 1.735% for body weight gain, feed conversion ratio, the relative weight of carcass and breast muscle; respectively. Based on the average of these estimates, the suggested digestible Leucine requirements of broilers in the grower period is 1.72%.

Keywords: Breast yield, Broilers, Carcass traits, Growth Performance, L-leucine.

* نویسنده مسئول
Email: mohammadzadeh_h@znu.ac.ir

مقدمه

هدف از پرورش طیور گوشتی افزایش ذخیره پروتئین در ماهیچه‌های اسکلتی است. علی‌رغم افزایش سهم عضله سینه و کاهش درصد چربی بدن سویه‌های امروزی، هنوز ۲۰-۱۵ درصد از ترکیب بدن سویه‌های امروزی را چربی تشکیل می‌دهد که حدود ۸۵ درصد آن مازاد بر نیاز فیزیولوژیک آنها است[۷]. بعد از تفریخ، رشد ماهیچه‌های بدن صرفاً ناشی از افزایش قطر تارهای ماهیچه‌ای در یاخته‌های ماهیچه‌ای است که به‌طور عمده به‌دلیل انباشت بیش‌تر ذخیره پروتئین‌های اکتین و میوزین در تارهای ماهیچه‌ای است. حدود ۱۸ درصد از اسیدهای آمینه پروتئین‌های اکتین و میوزین یاخته‌های ماهیچه‌ای را اسیدهای آمینه شاخه‌دار تشکیل می‌دهد [۱۸]. با افزایش سن، ذخیره پروتئین به‌دلیل کاهش نسبت سنتز به تجزیه پروتئین بافت‌ها، کاهش یافته و میزان چربی افزایش می‌یابد [۱۵]. روند ساخت پروتئین در سلول‌های ماهیچه‌ای از طریق کمپلکس هدف آنتی‌بیوتیک راپامایسین (mammalian target of rapamycin complex, mTOR) تنظیم می‌شود که توسط انسولین، فاکتورهای رشد، سطح ATP سلول و میزان اسیدهای آمینه جیره تحریک می‌شود [۱۴،۳۱]. لوسین یکی از سه اسیدآمینه شاخه‌دار و ضروری برای انسان و حیوانات از جمله طیور محسوب می‌شود که به‌تنهایی می‌تواند همانند مخلوطی از اسیدهای آمینه به شیوه دز- پاسخ از طریق مسیر پیام‌رسان mTOR، عوامل آغاز ترجمه mRNA را فعال نماید [۲۵، ۲۷ و ۳۱]. به‌علاوه، اسید آمینه لوسین نقش مهارکنندگی بر تجزیه پروتئین بدن دارد و در شرایط فعالیت شدید و یا در رشد سریع، به جای کاتابولیسم پروتئین‌های بدن، اکسید می‌شود و به‌عنوان منبع تولید انرژی در یاخته‌های عضلانی استفاده می‌شود [۱۴ و ۳۱].

برای نقش‌های متابولیکی فراتر، تحریک فعالیت mTOR، فسفریلاسیون پروتئین‌های پایین‌دست دخیل در آغاز ساخت پروتئین به‌خصوص Ribosomal protein S6 S_6K (kinase beta-1) و eIF4E (Eukaryotic translation initiation factor 4E)، لازم است تا تراکم لوسین پلاسما و درون سلول بیش‌تر از حداقل احتیاجات برای ساخت پروتئین باشد [۱۸ و ۳۰]. S_6K پروتئین کیناز پایین‌دست است که با فعال‌شدن توسط mTOR سبب فسفریلاسیون نوعی پروتئین ریبوزومی می‌شود و با اتصال به کمپلکس آغازین ۴۸s در تشکیل کمپلکس ۸۰s نقش دارد. eIF4E پروتئینی است که در طی مراحل آغازین ساخت پروتئین با شناسایی و اتصال به سر ۷-میتل گوانوزین mRNA و با تغییر ساختار mRNA باعث تسهیل اتصال ریبوزوم به mRNA می‌شود[۲۹]. به‌علاوه، اسید آمینه لوسین در تنظیم قند خون از طریق چرخه آلانین-گلوکز، افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و استفاده از اسیدهای چرب به‌عنوان منبع انرژی برای یاخته‌های ماهیچه‌ای [۱۸] در کاهش تری‌گلیسرید و LDL خون جوجه‌های گوشتی و موش [۱۹ و ۳۱]، رشد پرزهای روده و بهبود اتصالات محکم بین یاخته‌ای بافت پوششی روده [۲۰ و ۲۲] نقش دارد. لوسین، یک اسید آمینه کتوژنیک است و افزایش سطح لوسین جیره ممکن است بر ترکیبات اصلی خون مانند پروتئین، گلوکز، تری‌گلیسرید و اسیداوریک تأثیر بگذارد. علی‌رغم پژوهش‌های گسترده و اثبات تأثیر مثبت مکمل‌سازی اسیدآمینه لوسین در جیره حیوانات آزمایشگاهی، خوک و انسان، مطالعات کمی در مورد تأثیر آن بر عملکرد جوجه‌های گوشتی انجام گرفته است که ممکن است به‌دلیل وجود مقادیر بالاتر از احتیاجات لوسین در جیره‌های مرسوم و یا به‌دلیل تبعات اثر آنتاگونیسم آن با دیگر اسیدهای آمینه شاخه‌دار باشد [۸].

اما نتایج مطالعات محدود با جیره‌های عملی با جوجه‌های گوشتی نه تنها اثر آنتاگونیسم لوسین را

گزارش نکردند[۳ و ۲۶]، بلکه بهبود توسعه روده کوچک، افزایش وزن لاشه و کاهش تری‌گلیسرید خون و چربی بطنی را نیز نشان دادند [۵، ۱۲ و ۱۸]. پیشرفت‌های ژنتیکی در سرعت رشد و بهبود ضریب تبدیل خوراک و هم‌چنین استحصال گوشت بیش‌تر در سویه‌های امروزی به‌روزرسانی احتیاجات اسیدهای‌آمینه را ضروری کرده است. با توجه به نتایج مثبت تأثیر مکمل‌سازی لوسین در دیگر گونه‌ها به‌نظر می‌رسد استفاده از مکمل‌سازی لوسین در جیره‌های مرسوم با سطوح بالاتر از آنچه که پیشنهاد شده است، منجر به بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی شود. بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی پاسخ عملکرد رشد، صفات لاشه و فراسنجه‌های خونی جوجه خروس‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در دوره رشد به سطوح افزایشی اسیدآمینه لوسین بیش‌تر از سطح پیشنهادی در راهنمای تغذیه سویه راس ۳۰۸ و تعیین مجدد نیاز لوسین قابل هضم در دوره رشد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد با استفاده از تعداد ۲۴۰ قطعه جوجه خروس راس ۳۰۸ از روز پانزدهم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار، پنج تکرار و هشت قطعه جوجه در هر تکرار انجام شد. جیره‌ها شامل جیره پایه (تنظیم‌شده براساس جدول احتیاجات مواد مغذی جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ با ۱/۵۳ درصد لوسین قابل هضم، و جیره‌های آزمایشی با ۱/۶۳، ۱/۷۳، ۱/۸۳، ۱/۹۳ و ۲/۰۳ درصد لوسین قابل هضم بود که با استفاده از تکنیک مکمل‌سازی درجه‌بندی‌شده با فاصله ۰/۱ درصد از طریق افزودن ال-لوسین مصنوعی به جیره پایه تنظیم شدند (جدول ۱). قبل از شروع آزمایش، پروتئین خام، فیبر خام، خاکستر، عصاره اتری، کلسیم، فسفر و انرژی خام مواد خوراکی مورداستفاده در جیره اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تنظیم دقیق‌تر جیره پایه، مقدار اسیدهای آمینه مواد خوراکی به‌روش اسپکتروسکوپی انعکاسی مدل ۵۰۰۰ بنچ‌تاب ساخت کشور دانمارک (FOSS analytical AB) با اشعه مادون قرمز (طول موج ۲۵۰۰-۱۱۰۰ نانومتر) به‌وسیله شرکت ایوانیک-دگوسا اندازه‌گیری و برای برآورد اسیدهای‌آمینه قابل هضم ایلئومی استانداردشده خوراک‌ها از ضرایب قابلیت هضم پیشنهادی نرم‌افزار آمینو دت نسخه ۵ شرکت ایوانیک (آلمان) استفاده شد.

درجه حرارت، رطوبت و برنامه نوری در طول دوره پرورش کاملاً کنترل شده بود و جوجه‌ها به‌طور تمام‌وقت و آزادانه به آب و خوراک دسترسی داشتند. میزان افزایش وزن و مقدار خوراک مصرفی در طی دوره آزمایشی اندازه‌گیری شد و ضریب تبدیل خوراک هر پن محاسبه شد. در طول دوره آزمایش هیچ تلفاتی مشاهده نشد. در پایان دوره آزمایش (۳۰ روزگی)، بعد از ۸ ساعت گرسنگی [۳]، دو پرنده از هر تکرار با میانگین وزن نزدیک به هر تیمار انتخاب و از سیاهرگ بازویی آنها خون‌گیری شد. نمونه‌های با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم آنها جدا و سپس تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. بعد از جمع‌آوری نمونه خون، دو پرنده انتخابی از هر پن، کشتار و قطعات لاشه، وزن روده کوچک و وزن قسمت‌های مختلف آن، وزن روده کور، وزن کبد، وزن چربی حفره بطنی وزن پانکراس اندازه‌گیری و نسبت آنها به وزن زنده محاسبه شد.

به‌منظور بررسی تأثیر مثبت سطوح مازاد بر نیاز لوسین در دوره رشد بر عملکرد جوجه خروس‌های راس ۳۰۸ تا پایان دوره پرورش (۴۲ روزگی)، در سن ۳۰ روزگی، جوجه خروس‌های تحت تیمار ۱/۷۳، ۱/۸۳ و ۱/۹۳

درصد لوسین قابل هضم که بیش‌ترین پاسخ مثبت عملکردی را نشان دادند را همراه با جوجه خروس‌های تحت تیمار جیره پایه تا سن ٤٢ روزگی پرورش داده شد. در سن ٤٢ روزگی نیز علاوه بر اندازه‌گیری وزن زنده، خوراک مصرفی و محاسبه ضریب تبدیل خوراک، دو پرنده از هر تکرار با میانگین وزن نزدیک به میانگین تیمار انتخاب و پس از کشتار، اجزای لاشه و دستگاه گوارش اندازه‌گیری شد و به روش‌های که در ادامه بیان می‌شود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مقدار پروتئین تام، آلبومین، اسید اوریک و تری‌گلیسرید نمونه‌های سرم با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون توسط دستگاه اتوآنالیزر (RA 1000, USA) اندازه-گیری شد. گلوکز سرم با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون با روش فتومتریک با شدت جذب نوری در طول موج ٥٤٦ نانومتر و در ٣٧ درجه سانتی‌گراد توسط طیف‌سنج سلکترا (Selectra PRO XL, Netherland) ساخت کشور هلند اندازه‌گیری شد. هورمون‌های T_3 و T_4 به‌روش الایزا و به‌کمک دستگاه الایزاریدر (Stat fax 303, USA) با استفاده از کیت‌های الایزا محصول شرکت پیشتاز طب اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ٩/٢) به‌کمک رویه GLM آنالیز شدند. اختلاف بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از دستور LSMEANS مقایسه شد. برای برآورد احتیاجات لوسین از آنالیز رگرسیون خط شکسته (Linear broken-line& LBL) و درجه دو- خط شکسته (Quadratic broken-line& QBL) با استفاده از رویه NLIN و از آنالیز رگرسیون درجه دو (Quadratic Polyniminal& QP) با استفاده از رویه REG استفاده شد. پاسخ‌های مربوط به هر یک از معیارهای اندازه‌گیری‌شده در مدل‌های رگرسیونی خط شکسته، درجه دو- خط شکسته و درجه دو به‌ترتیب با مدل‌های (١)، (٢) و (٣) برازش داده شد.

رابطه (١) $Y=\beta_0+\beta_1\times(\beta_2-X)$ if$(\beta_2-X)=0$ ،$X>\beta_2$

رابطه (٢) $Y=\beta_0+\beta_1\times(\beta_2-X)^2$ if$(\beta_2-X)=0$ ،$X>\beta_2$

رابطه (٣) $Y=\beta_0+\beta_1X+\beta_2X^2$

در مدل رگرسیونی خط شکسته و مدل درجه دو- خط شکسته، Y متغیر وابسته، X درصد لوسین قابل هضم ایلئومی استانداردشده، β_0 عرض از مبدأ، β_1 شیب منحنی و β_2 درصد لوسین قابل هضم در نقطه شکست منحنی است. در مدل درجه دو Y متغیر وابسته، X درصد لوسین قابل هضم ایلئومی استانداردشده، β_0 عرض از مبدأ، β_1 و β_2 به‌ترتیب ضرایب خطی و درجه دو می‌باشند. در مدل درجه دو، حداکثر پاسخ با فرمول $-\beta_1\div(\beta_2\times2)$ محاسبه شد. برای جلوگیری از برآورد بیش از حد احتیاجات، ٩٥ درصد از نیاز مربوط به مدل درجه دو در نظر گرفته شد [٢٣]. بهترین مدل براساس شاخص‌های برازش مدل، ضریب تعیین (R^2) و مجموع مربعات باقیمانده (SSE) انتخاب گردید [٢٣].

نتایج

خوراک مصرفی تحت تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره قرار نگرفت (جدول ٢)، اما وزن نهایی و افزایش وزن جوجه‌های که با جیره‌های حاوی سطوح ١/٦٣، ١/٧٣ و ١/٨٣ درصد لوسین قابل هضم دریافت کردند بیش‌تر از جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه بود ($P<٠/٠٥$). ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ١/٧٣، ١/٨٣ و ١/٩٣ لوسین قابل هضم نسبت به جوجه‌هایی که جیره پایه دریافت کردند، بهتر بود ($P<٠/٠٥$).

در این موارد، روند درجه دو برای افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک مشاهده گردید ($P<٠/٠٥$). برازش معادله درجه دو ($R^2=٠/٧٥٣$) به داده‌های افزایش وزن و در سطح ٩٥ درصد از پاسخ حداکثر، نیاز لوسین قابل هضم

برای افزایش وزن ۱/۷۰ درصد جیره برآورد شد (شکل ۱). در مدل خط شکسته (R^2=۰/۵۳)، بیش‌ترین افزایش وزن با ۱/٦۲ درصد لوسین قابل هضم برآورد شد و در مدل درجه دو- خط شکسته (R^2=۰/۵۳)، حداکثر پاسخ افزایش وزن با سطح ۱/٦۳ درصد لوسین قابل هضم حاصل شد (شکل ۱). با برازش مدل خط شکسته (R^2=۰/۸۱)، درجه دو (R^2=۰/۸٤۲) و درجه دو- خط شکسته (R^2=۰/۸۱) بر داده‌های ضریب تبدیل خوراک، نیاز لوسین قابل هضم به‌ترتیب ۱/٦۲، ۱/۷۲ و ۱/٦۳ درصد برآورد شد (شکل ۲).

تأثیر سطوح مختلف لوسین قابل هضم بر درصد لاشه، عضله سینه، روده کوچک، روده کور، چربی حفره بطنی، و پانکراس در جدول (۳) گزارش شده است. وزن نسبی لاشه جوجه‌های که جیره‌های حاوی ۱/۷۳ و ۱/۸۳ درصد لوسین قابل هضم را دریافت کردند بیش‌تر از جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه شد($P<$۰/۰۵). روند پاسخ وزن نسبی لاشه به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم درجه دو شد و برازش معادله درجه دو (R^2=۰/۷۹) به داده‌های وزن نسبی لاشه در سطح ۹۵ درصد از حداکثر پاسخ، نیاز لوسین قابل هضم ۱/۷۲٤ درصد برآورد شد. با برازش داده‌های وزن نسبی لاشه در مدل خط شکسته (R^2=۰/٦۵) و مدل درجه دو- خط شکسته (R^2=۰/۵۹)، نیاز لوسین قابل هضم به‌ترتیب با ۱/۷۳ و ۱/۷٦درصد برآورد شد (شکل ۳).

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه

مواد خوراکی	مقدار (درصد)	مواد مغذی جیره (تجزیه شده)	مقدار (درصد)
ذرت (۷/۸ درصد پروتئین خام)	۵۹/۱۰٦	انرژی متابولیسمی،کیلوکالری برکیلوگرم (محاسبه‌شده)	۲۹۵۰
کنجاله سویا (٤٤/٤٦ درصد پروتئین خام)	۳٤/۵۱	پروتئین خام	۲۰/۵
روغن سویا	۲/۰۷	کلسیم	۰/۸۷
دی کلسیم فسفات	۱/۹۱	فسفر قابل دسترس	۰/٤۳۵
کربنات کلسیم	۰/۹٦	لیزین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۱/۱۰
نمک	۰/۳۰۹	متیونین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۰/۲۸۰
دی ال میتونین	۰/۲۸	متیونین+سیستئین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۰/۸۳۸
ال لایزین هیدروکلراید	۰/۱٦۵	ترئونین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۰/۷۳۸
ال- ترئونین	۰/۰۸٤	آرژنین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۱/۲۲
مکمل ویتامین‌ها[۲]	۰/۲۵	تریپتوفان قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۰/۲٦۱
مکمل مواد معدنی کم‌نیاز[۳]	۰/۲۵	ایزولوسین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۰/۷۷
جوش شیرین	۰/۱۱۵	لوسین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۱/۵۳
جمع (درصد)	۱۰۰	والین قابل هضم (استاندارد ایلئومی)	۰/۸۵۸
		سدیم	۰/۱۸
		پتاسیم	۰/۸۷٦
		کلر	۰/۲۵

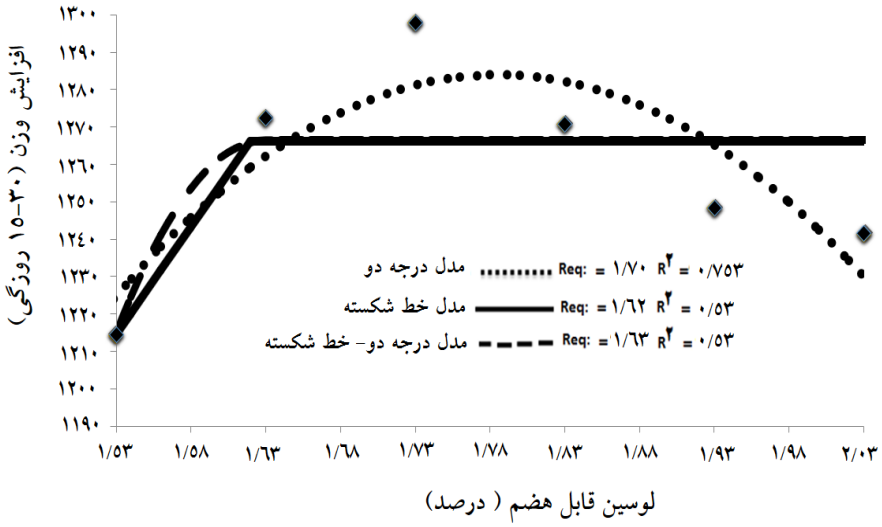
۱. مکمل ویتامینی در یک کیلوگرم جیره حاوی ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۱۸ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۱/۸میلی‌گرم ویتامین B1، ٦/٦ میلی‌گرم ویتامین B2، ۳۰ میلی‌گرم ویتامین B3، ۳ میلی‌گرم ویتامین B6، ۰/۱میلی‌گرم ویتامینB7 ، ۰/۰۱۵ میلی‌گرم ویتامین B۱۲، ۵۰۰ میلی‌گرم کولین‌کلراید، ۱۰ میلی‌گرم کلسیم‌پانتوتنات و ۱ میلی‌گرم اسیدفولیک.

۲. مکمل معدنی در یک کیلوگرم جیره؛ حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم منگنز (اکسید منگنز)، ۱۰۰ میلی‌گرم روی (اکسید روی)، ۱۰ میلی‌گرم مس (سولفات مس)، ۱ میلی‌گرم ید (کلسیم یدات)، ۰/۰۲ میلی‌گرم سلنیوم و ۵۰ میلی‌گرم آهن (فروس سولفات).

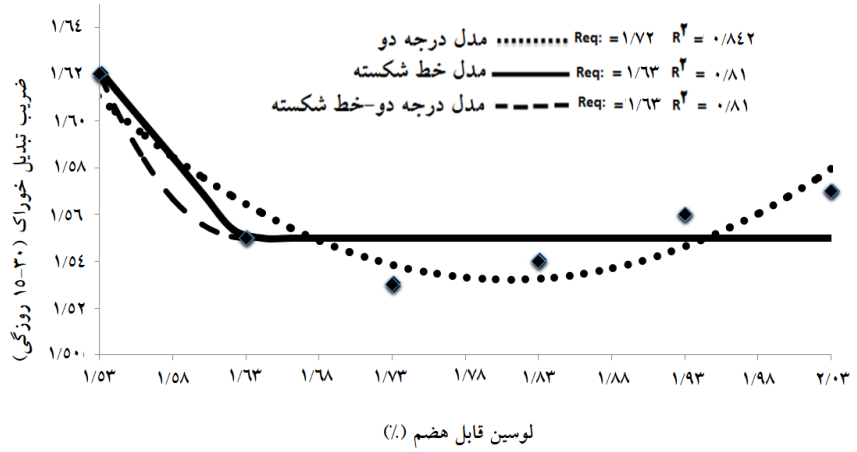
جدول ۲. تأثیر سطوح لوسین افزایشی لوسین قابل هضم ایلئومی استاندارد بر عملکرد جوجه خروس‌ها در دوره ۱۵ تا ۳۰ روزگی

	تیمارها							P-values		
درصد لوسین	۱/۵۳	۱/۶۳	۱/۷۳	۱/۸۳	۱/۹۳	۲/۰۳	SEM	Anova	خطی	درجه دو
وزن اولیه (گرم)	۵۱۱/۴۸	۵۰۷/۱۴	۵۱۱/۷۴	۵۲۱/۴۸	۵۰۵/۳۶	۵۱۷/۴۱	۵/۴۹	۰/۳۳	۰/۴۸	۰/۹۷
وزن نهایی (گرم)	۱۷۲۶/۰ ^{c}	۱۷۸۰/۰۰ ^{ab}	۱۸۰۹/۷۰ ^{a}	۱۷۹۲/۲۵ ^{ab}	۱۷۵۳/۷۵ ^{bc}	۱۷۵۹/۰۰ ^{bc}	۱۴/۳۳	۰/۰۰۶	۰/۵۷	<۰/۰۰۰۶
افزایش وزن (گرم)	۱۲۱۴/۵۲ ^{c}	۱۲۷۲/۸۶ ^{ab}	۱۲۹۷/۹۶ ^{a}	۱۲۷۰/۷۷ ^{ab}	۱۲۴۸/۴ ^{bc}	۱۲۴۱/۵۹ ^{bc}	۱۳/۵۳	۰/۰۰۴	۰/۷۵	<۰/۰۰۰۴
مصرف خوراک (گرم)	۱۹۶۲	۱۹۶۵	۱۹۷۷	۱۹۵۶	۱۹۴۱	۱۹۴۳	۱۲/۷۱	۰/۳۷	۰/۰۹۴	۰/۳۵
ضریب تبدیل خوراک	۱/۶۲ ^{a}	۱/۵۵ ^{ab}	۱/۵۳ ^{b}	۱/۵۴ ^{b}	۱/۵۵ ^{b}	۱/۵۷ ^{ab}	۰/۰۱۷	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۰۰۲

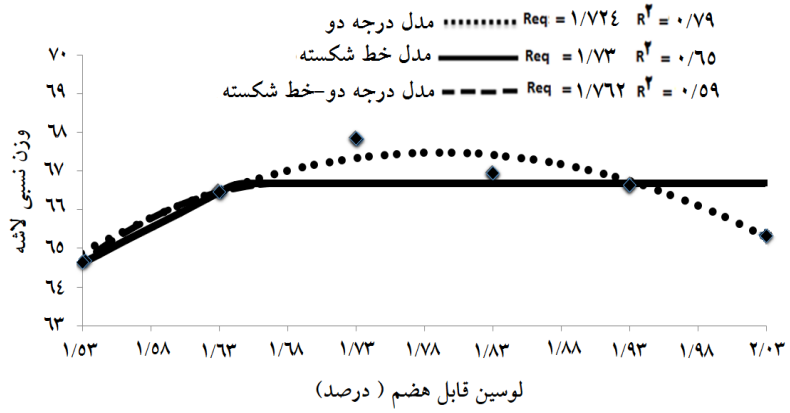
a-c: اختلاف میانگین‌ها در هر ردیف با حروف متفاوت، معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).



شکل ۱. منحنی پاسخ افزایش وزن جوجه خروس‌های گوشتی راس ۳۰۸ به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم در ۳۰-۱۵ روزگی



شکل ۲. منحنی پاسخ ضریب تبدیل جوجه خروس‌های گوشتی راس ۳۰۸ به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم در ۳۰-۱۵ روزگی



شکل۳. منحنی پاسخ وزن نسبی لاشه جوجه خروس‌های گوشتی راس ۳۰۸ به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره طی ۳۰-۱۵ روزگی

وزن نسبی عضله سینه جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ۱/۷۳، ۱/۸۳، ۱/۹۳ و ۲/۰۳ درصد لوسین قابل هضم بیش‌تر از جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه شد (P<۰/۰٥). روند پاسخ وزن نسبی عضله سینه به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم خطی و درجه شد. برازش داده‌های وزن نسبی عضله سینه در مدل رگرسیونی درجه دو (R^2 =۰/۸۹) در سطح ۹٥ درصد از حداکثر پاسخ، نیاز لوسین قابل هضم، ۱/۷۳٥ درصد برآورد شد. با برازش داده‌های وزن نسبی عضله سینه در مدل خط شکسته (R^2=۰/۷۷) و درجه دو- خط شکسته (R^2=۰/۷٤) نیاز لوسین قابل هضم به‌ترتیب با ۱/۷۳ و ۱/۷۷ درصد لوسین به برآورد شد (شکل ٤).

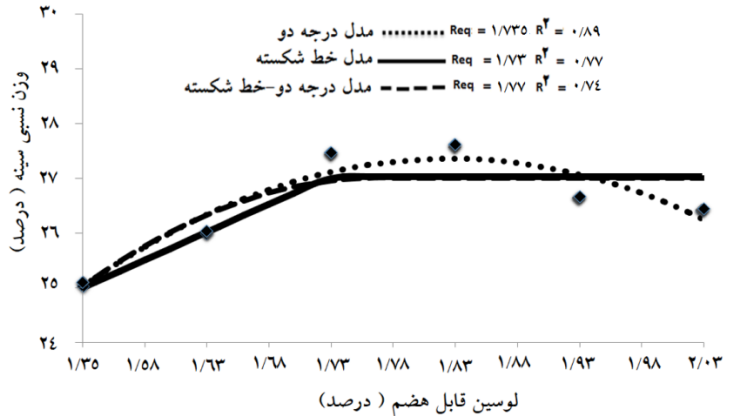
وزن نسبی بال‌ها و کبد تحت تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره قرار نگرفت (جدول ۳). روند پاسخ وزن نسبی روده کوچک و پانکراس به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم درجه دو شد و جوجه‌های که با جیره‌های حاوی ۱/۷۳ و ۱/۸۳ درصد لوسین قابل هضم تغذیه شده بودند، وزن نسبی روده کوچک و پانکراس بیش‌تری نسبت به جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه داشتند (P<۰/۰٥). با افزایش سطح لوسین جیره، وزن نسبی چربی حفره بطنی به‌طور خطی کاهش یافت (P<۰/۰٥).

پروتئین تام و گلوبولین سرم تحت تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره قرار نگرفت، اما تمایل به معنی‌داری را نشان دادند (جدول ٤). هورمون تترایدوتیرونین یا تیروکسین (T4) تحت تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره قرار نگرفت، اما هورمون تری‌یدوتیرونین (T_3) سرم جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ۱/۸۳ و ۱/۹۳ درصد لوسین قابل هضم بیش‌تر از جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه بود (P<۰/۰٥) و روند پاسخ خطی و درجه دو برای سطح هورمون تری‌یدوتیرونین (T3) سرم در برابر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره مشاهده شد. سطح اسید اوریک سرم جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ۱/۷۳، ۱/۸۳ و ۱/۹۳ کم‌تر از جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه بود (P<۰/۰٥). روند پاسخ سطح اسید اوریک سرم به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم درجه دو شد و با برازش معادله درجه دو به سطوح اسید اوریک، کم‌ترین میزان اسید اوریک سرم با سطح ۱/۸٦ درصد لوسین قابل هضم تعیین شد و در ۹٥ درصد از این پاسخ، بهینه‌ترین سطح لوسین قابل هضم براساس سطح اسید اوریک سرم، ۱/۷۷ درصد برآورد شد.

جدول ۳. تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره بر وزن نسبی (درصد) اجزای لاشه و اندام‌های گوارشی جوجه خروس‌های گوشتی (۳۰ روزگی)

لوسین (درصد)	لاشه	ران و ساق	سینه	بال‌ها	کبد	روده کوچک	روده کور	چربی بطنی	پانکراس
۱/۵۳	٦٤/٦٤ ^{c}	۲۰/۱۳	۲۵/۱۰^{c}	۵/۵۲	۲/۱۰	۲/۷۱^{b}	۰/۸۵^{a}	۱/۱۹^{c}	۰/۲٤^{c}
۱/٦۳	٦٦/٤٦ ^{abc}	۱۹/٦۹	۲٦/۰۳ ^{bc}	۵/٦۰	۲/۱۳	۲/٦۹ ^{b}	۰/۸٤^{a}	۱/۱٦^{bc}	۰/۲٦^{abc}
۱/۷۳	٦۷/۸٤ ^{a}	۲۰/۲۳	۲۷/٤۷^{a}	۵/۵۷	۲/۲٦	۲/۹۷^{a}	۰/۷۹^{ab}	۱/۰۹ ^{abc}	۰/۲۸^{a}
۱/۸۳	٦٦/۹٤ ^{a}	۲۰/۹٦	۲۷/٦۱^{a}	۵/۷۲	۲/۳۸	۳/۰۲ ^{a}	۰/٦٦^{b}	۱/۰۰^{ab}	۰/۲۸^{ab}
۱/۹۳	٦٦/٦۳ ^{abc}	۲۰/۳۵	۲٦/٦۷ ^{ab}	۵/٦۱	۲/۰۸	۲/۸۳ ^{ab}	۰/۷٤^{ab}	۰/۹۸^{ab}	۰/۲۵^{bc}
۲/۰۳	٦۵/۳۳^{bc}	۲۰/۰۸	۲٦/٤۵ ^{ab}	۵/۵۱	۲/۱۲	۲/۷۳ ^{b}	۰/۸۱^{a}	۰/۹٤^{a}	۰/۲۵^{bc}
SEM	۰/۹۱	۰/۳۲	۰/۵۹	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰٦	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۱
					P-Values				
Anova	۰/۰۱٦	۰/۱٤	۰/۰۰۲۲	۰/۹۵	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۳٦	۰/۰۲۹	۰/۰۲۷
خطی	۰/۵۸	۰/۳۷	۰/۰۲	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۸۷
درجه دو	۰/۰۰۰۷	۰/۲۱	۰/۰۰۰٤	۰/٤٤	۰/۰٤۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۷	۰/۷۰	۰/۰۰۲۷

a-c: اختلاف میانگین‌ها در هر ستون با حروف متفاوت، معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).



شکل ٤. منحنی پاسخ وزن نسبی عضله سینه جوجه خروس‌های گوشتی راس ۳۰۸ به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره طی ۳۰-۱۵ روزگی

وزن زنده و خوراک مصرفی در کل دوره پرورش تحت تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم دوره رشد قرار نگرفت، اما اختلاف وزن زنده پایان دوره جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ۱/۷۳ درصد لوسین قابل هضم نسبت به جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه قابل توجه بود (جدول ۵؛ P<۰/۰۵۲). ضریب تبدیل خوراک جوجه‌هایی که جیره‌های حاوی ۱/۷۳ و ۱/۸۳ درصد لوسین قابل هضم را در دوره رشد دریافت کرده بودند نسبت به جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه، بهتر بود (P<۰/۰۵). روند پاسخ معیار ضریب تبدیل خوراک در کل دوره پرورش به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم در دروه رشد درجه دو شد. برازش معادله درجه دو

(R^2=۰/۹۹۵) به داده‌های ضریب تبدیل خوراک کل دوره پرورش، نیاز بهینه لوسین قابل هضم در دوره رشد، ۱/٦٨٦ (در سطح ۹۵ درصد از پاسخ حداکثر) درصد برآورد شد. برازش داده‌های ضریب تبدیل خوراک پایان دوره پرورش نسبت به سطوح افزایشی لوسین در دوره رشد با استفاده از مدل خط شکسته و مدل درجه دو- خط شکسته به‌ترتیب ۱/۷۲ و ۱/۷۳ درصد لوسین قابل هضم در جیره رشد برآورد شد (R^2=۰/۸۸).

جدول ٤. تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره بر خصوصیات بیوشیمیایی خون و هورمون‌های تیروئید جوجه خروس‌های گوشتی در سن ۳۰ روزگی

لوسین (درصد)	پروتئین (گرم/ دسی‌لیتر)	آلبومن (گرم/ دسی‌لیتر)	گلوبولین‌ها (گرم دسی‌لیتر)	اسید اوریک (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	گلوکز (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	تری گلیسرید (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	T_3 (نانوگرم/ میلی‌لیتر)	T_4 (نانوگرم/ میلی‌لیتر)
۱/۵۳	۳/۷۱	۱/۸۷	۱/۸٤	۵/۸۷^{b}	۳۰۲/۰۰^{b}	۳۷/۵۰^{b}	۱/۹۵^{c}	۲٦/۳۳
۱/٦۳	۳/۷۰	۱/۹۰	۱/۸۰	۵/۲۱^{ab}	۲۹۰/۷۵^{ab}	۳٦/۷۰^{b}	۲/۰۵^{c}	۲۳/۵۰
۱/۷۳	۳/۸۳	۱/۹۵	۱/۸۸	٤/۹۵^{a}	۲۸۱/۷۰^{ab}	۳۳/۱۰^{ab}	۲/۱۳^{bc}	۲۲/۳۱
۱/۸۳	۳/۹۳	۱/۹۹	۱/۹٤	٤/۷۸^{a}	۲۷٤/۳۸^{a}	۳۰/٤۰^{a}	۲/٤۷^{a}	۲۲/۲۹
۱/۹۳	۳/۸۷	۱/۹٤	۱/۹۲	٤/۹۰^{a}	۲۷۰/۵۰^{a}	۲۸/۵۰^{a}	۲/۳٦^{ab}	۲٦/۰۰
۲/۰۳	۳/٦۹	۱/۸۸	۱/۸۱	۵/۳٦^{ab}	۲٦۷/۷۵^{a}	۲۸/۰۰^{a}	۲/۱۵^{bc}	۲۷/۰۰
SEM	۰/۰٦٦	۰/۰۳٤	۰/۰٤۳	۰/۲۳	۷/۳۱	۱/۷٦	۰/۰۰۸۸	۲/۲٦
P-Values								
Anova	۰/۰۵۳	۰/۱۲۷	۰/۱۰	۰/۰۲٤	۰/۰۳۸	۰/۰۰۲٦	۰/۰۰۳	۰/۷۱
خطی	۰/۵۹	۰/۳۸	۰/٤۰	۰/۰۸٤	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰٦	۰/۲٦۷
درجه دو	۰/۰٤۷	۰/۰۰۹	۰/۰۵٤	۰/۰۰۲۵	۰/۳۹٤	۰/٦٤	۰/۰۱۲۷	۰/۰٤

a-c: اختلاف میانگین‌ها در هر ستون با حروف متفاوت، معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

جدول ۵. تأثیر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره در دوره رشد بر عملکرد رشد، وزن نسبی لاشه، برخی از اجزای سیستم گوارشی و چربی حفره بطنی جوجه‌های گوشتی نر در کل دوره پرورش (۱ تا ٤۲ روزگی)

لوسین (درصد)	وزن زنده ٤۲ روزگی (گرم)	خوراک مصرفی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	لاشه (درصد)	سینه (درصد)	ران و ساق (درصد)	بال‌ها (درصد)	کبد (درصد)	روده کوچک (درصد)	چربی بطنی (درصد)	پانکراس (درصد)
۱/۵۳	۲۹٦۵/٦۷	۵۲۹٤/۲۲	۱/۷۸۵^{b}	٦۸/٤۸^{c}	۲۷/۵۵^{b}	۲۰/۹٦	۵/۳۱	۲/۱۵	۲/۰۳	۱/۳٦^{a}	۰/۱۸٤
۱/۷۳	۳۰۱٦/٦۷	۵۱۸۵/۱۲	۱/۷۱۹^{a}	۷۱/۳۲^{ab}	۲۹/۰۹^{ab}	۲۰/۸۷	۵/۵۵	۱/۹۳	۲/۱۵	۱/۲۵^{ab}	۰/۱۷۸
۱/۸۳	۳۰۰۰/۳۳	۵۱۷۳/۰۸	۱/۷۲۵^{a}	۷۱/۹۱^{a}	۲۹/۹۵^{a}	۲۰/۷۱	۵/٦۱	۱/۹٤	۲/۲۱	۱/۱۲^{b}	۰/۲۰۲
۱/۹۳	۲۹۹۵/۱۷	۵۲۲٤/٤۰	۱/۷٤٤^{ab}	٦۹/۳۰^{bc}	۲۸/۵۷^{ab}	۲۰/۵۷	۵/۵۳	۱/۹٦	۲/۱۱	۱/۰۵^{b}	۰/۲۰۸
SEM	۲٤/۰۳	٤۳/٤٤	۰/۰۱۵۸	۰/۵۸	۰/۷۲	۰/٦۵	۰/۱۱	۰/۰۵۹	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۰۹
P-Value											
Anova	۰/۰۵۲	۰/۲۳	۰/۰۳۷	۰/۰۲۸	۰/۰۲	۰/۹۳	۰/۲۷	۰/۰۵۷	۰/۵۵	۰/۰٤۲	۰/۰۷۳
خطی	۰/۵۱	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۲٤	۰/۰۹۷	۰/۵۳	۰/۱۵	۰/۰٦۲	۰/٤٦	۰/۰۰۵	۰/۰۲٤
درجه دو	۰/۲٦	۰/۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰۷۹	۰/۹٦	۰/۱۷	۰/۰٦۰	۰/۲۲	۰/۸۱	۰/٤٦

a-b: اختلاف میانگین‌ها در هر ستون با حروف متفاوت، معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

وزن نسبی لاشه پایان دوره پرورش جوجه‌های که با جیره‌های حاوی ۱/۷۳ و ۱/۸۳ درصد لوسین قابل هضم در دوره رشد دریافت کرده بودند بیش‌تر از جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره پایه بود (P<۰/۰۵). روند پاسخ وزن نسبی لاشه پایان دوره پرورش به سطوح افزایشی لوسین جیره در دوره رشد درجه دو شد و برازش داده‌های وزن نسبی لاشه پایان دوره پرورش به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم در دوره رشد، نیاز لوسین قابل هضم دوره رشد ۱/۷۵ برآورد شد و با ۹۵ درصد این پاسخ، سطح بهینه لوسین قابل هضم در دوره رشد برای دست‌یابی به وزن لاشه بالاتر در پایان دوره پرورش با ۱/٦٦ درصد لوسین قابل هضم جیره برآورد شد.

برازش داده‌های وزن نسبی لاشه پایان دوره پرورش به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره‌های استفاده شده در دوره رشد با مدل خط شکسته و درجه دو- خط شکسته به‌ترتیب ۱/۷۲ و ۱/۷۳ درصد لوسین قابل هضم جیره رشد برآورد شد (به‌ترتیب R^2=۰/۵۲ و R^2=۰/۵۳).

روند پاسخ وزن نسبی عضله سینه تا ٤۲ روزگی به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم جیره در دوره رشد، درجه دو شد. برازش معادله درجه دو (R^2=۰/۸۵٦) به داده‌های وزن نسبی عضله سینه تا ٤۲ روزگی در برابر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم در دوره رشد در سطح ۹۵ درصد از پاسخ حداکثر، نیاز بهینه لوسین قابل هضم جیره دوره رشد براساس وزن نسبی عضله سینه پایان دوره پرورش، ۱/٦۹ درصد برآورد شد. برازش داده‌های وزن نسبی عضله سینه پایان دوره پرورش نسبت به سطوح افزایشی لوسین قابل هضم در دوره رشد، با مدل خطی و درجه دو- خط شکسته به‌ترتیب ۱/۷۵ و ۱/۸۲ درصد برآورد شد (به‌ترتیب R^2=۰/٦۹ و R^2=۰/٦۸۵) سطوح افزایشی لوسین قابل هضم در دوره رشد، سبب کاهش خطی درصد چربی حفره بطنی در کل دوره پرورش شد (P<۰/۰۰۵؛ R^2=۰/۹۷).

بحث

نتایج پاسخ‌های افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، وزن نسبی لاشه و عضله سینه به سطوح لوسین قابل هضم جیره رشد مثبت و معنی‌دار شد و سطح بهینه لوسین قابل هضم جیره دوره رشد برای هر یک از صفات فوق به‌ترتیب ۱/۷۰، ۱/۷۲، ۱/۷۲٤ و ۱/۷۳۵ درصد برآورد شد (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ٤)، که با نتایج برخی از پژوهش‌ها در سال‌های اخیر که با استفاده از جیره‌های حاوی سطوح لوسین بالاتر از حد احتیاجات انجام‌شده، مطابقت دارد [۵ و ٦]. در پژوهشی با افزودن ۰/۵ و ۰/٦۷ درصد لوسین سنتتیک (جیره‌ها حاوی ۲/۱۸ و ۲/۳٤ درصد لوسین) به جیره‌های حاوی ۱۸ و ۲۰ درصد پروتئین خام در دوره رشد جوجه گوشتی مشخص شد که لوسین مازاد نه تنها تأثیر منفی بر افزایش وزن، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک نداشت، بلکه جیره‌ی حاوی ۲۰ درصد پروتئین و ۲/۳٤ درصد لوسین، باعث افزایش ۹ درصدی وزن نسبی عضله سینه گردید [۷].

افزایش عملکرد وزن زنده، درصد لاشه و عضله سینه ممکن است به‌دلیل تحریک سنتز پروتئین از طریق فعالیت پروتئین‌های دخیل در فرایند ترجمه و یا محدودکردن تجزیه پروتئین در یاخته‌های عضلانی باشد [۲۷ و ۳۱]. در پژوهشی روی جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین (۱٤-۱ روزگی) با جیره‌های حاوی سه سطح لوسین (۱/٤۳، ۱/۷۳ و ۲/۰۳) مشخص شد که سطوح بالاتر لوسین جیره، سبب تنظیم افزایشی بیان و فسفریلاسیون پروتئین‌های mTOR، S6K1 و 4E-BP1 یاخته‌های عضله سینه می‌شود [۹]. لوسین از طریق مسیر mTOR و با فسفریلاسیون پروتئین‌های پایین‌دست شامل $4E\text{-}BP_1$ و S_6K_1 سبب افزایش سنتز پروتئین در بافت پوششی روده جوجه‌های گوشتی شد [۲۵ و ۳۱]. هم‌چنین بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل در این مطالعه ممکن است ناشی از بهبود

عملکرد دستگاه گوارش از طریق حفظ سلامت و یکپارچگی روده کوچک با بهبود اتصالات محکم بین یاخته‌های بافت پوششی [۵ و ۲۲]، افزایش تکثیر یاخته‌های بافت پوششی و افزایش ارتفاع پرز روده کوچک [۵، ۲۱ و ۲۲] باشد. برخی پژوهشی‌های سال‌های اخیر با جیره‌های حاوی سطوح مازاد بر نیاز لوسین، بهبود افزایش وزن، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک و وزن لاشه جوجه‌های گوشتی را گزارش کردند و بهبود این صفات را به نقش لوسین در حفظ سلامت دستگاه گوارش نسبت داده‌اند [۵ و ٦]. طول پرزهای ژژونوم و ایلئوم در سن ۷ و ١٤ روزگی جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره حاوی ۲/۱۷ درصد لوسین قابل هضم بیش‌تر از ۱/۳۷ درصد بود و نسبت طول پرز به عمق کریپت ناحیه دودنوم و ژژونوم در سن ۲۱ روزگی، به‌طور معنی‌داری افزایش یافته بود [۵]. افزایش سطح لوسین جیره (از ۱/۳۷ به ۲/۱۷ درصد)، سنتز پروتئین در بافت روده را از طریق افزایش بیان فاکتورهای ترجمه mTOR و S_6K_1 در ژژونوم و ایلئوم افزایش داد [۵]. علاوه‌براین، مشخص شده است که لوسین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده در توسعه روده کوچک، بیان ژن ناقل‌های روده، کنش‌های سیستم ایمنی و در نتیجه در سلامت دستگاه گوارش نقش دارد [۲۱]. پاسخ وزن روده کوچک به افزایش سطوح لوسین قابل هضم ایلئومی استانداردشده در این مطالعه نشان می‌دهد که یکی از بافت‌های هدف مهم برای لوسین، بافت روده می‌باشد و بهبود ضریب تبدیل غذایی در سنین ۳۰-۱۵ و پایان دوره آزمایش، ممکن است ناشی از بهبود عملکرد و سلامت روده در پرندگان تغذیه‌شده با سطوح ۱/۷۳، ۱/۸۳ و ۱/۹۳ درصد لوسین قابل هضم باشد.

برخی از پژوهش‌های انجام‌شده با استفاده از بتا-هیدروکسی بتا- متیل بوتیرات (یکی از متابولیت‌های لوسین) در تغذیه جوجه‌های گوشتی، افزایش سرعت رشد، افزایش وزن نسبی لاشه، عضله سینه و کاهش تلفات را گزارش کردند [١٦ و ۲۰]. در مطالعه‌ای افزودن ۰/۰۱ درصد بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات از ۲۱-۰ روزگی سبب افزایش وزن نسبی عضله سینه و سطح ۰/۰۳ درصد بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات باعث افزایش وزن در سن ٤۲ روزگی شد. جیره‌های حاوی بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات به‌طور معنی‌داری، تلفات کم‌تری داشتند [١٦]. در مطالعه دیگری، بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات سبب افزایش وزن زنده، رشد عضله سینه و کاهش چربی حفره بطنی در پایان دوره پرورش (٤۲ روزگی) گردید [۲۰]. هم‌چنین در پژوهشی وزن بیش‌تر جوجه‌های یک روزه حاصل از تزریق بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات در درون تخم‌مرغ را به افزایش تکثیر و تمایز اینتروسایت‌های روده کوچک نسبت دادند و جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات، در پایان هفته اول، وزن زنده، عضله سینه و سطح مقطع تارهای عضلانی بیش‌تری داشتند [٢٤]. مطالعه‌ای آزمایشگاهی با هدف بررسی تأثیر لوسین و متابولیت بتا-هیدروکسی-بتا متیل بوتیرات روی ماهیچه‌های جداشده از موش‌ها و جوجه‌های گوشتی نشان داد که تأثیر لوسین در تحریک سنتز پروتئین‌های ماهیچه موش‌ها و جوجه‌های گوشتی بیش‌تر از پیشگیری از پروتئولیز ماهیچه‌ها است. برعکس اسید آمینه لوسین، متابولیت بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات به‌طور معنی‌داری سبب کاهش پروتئولیز ماهیچه‌های مورد آزمایش موش و جوجه‌های گوشتی شد [۱۹]. نقش بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات به‌عنوان محرک رشد را به افزایش غلظت تری‌یدوتیرونین و تیروکسین نسبت دادند. بین سرعت رشد و سطح T_3 پلاسما همبستگی مثبتی وجود دارد [١٦]. سطوح بالاتر T_3 می‌تواند تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای عضلانی و هم‌چنین انباشت پروتئین در مایوفیبریل‌ها به‌خصوص مایوفیبریل‌های تارهای عضلانی

سفید را افزایش دهد [۲٤]. در این مطالعه ارتباط بین سطوح لوسین و هورمون‌های تیروئیدی را مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد با افزایش سطح لوسین قابل هضم جیره، غلظت T_3 خون افزایش می‌یابد. افزایش سطوح لوسین قابل هضم همراه با افزایش وزن نسبی لاشه و عضله سینه در این پژوهش ممکن است به‌دلیل تأثیر لوسین بر غلظت T_3 خون باشد. با این‌حال، مکانیسم تأثیر اسید آمینه لوسین بر هورمون‌های تیروئید هنوز مشخص نشده است و نیاز به تحقیق بیش‌تر دارد [۱٦].

نتایج بهبود عملکرد رشد و صفات لاشه در این پژوهش برخلاف نتایج برخی از مطالعات گذشته است که اثر آنتاگونیسم بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار را با افزایش سطح لوسین به جیره‌های جوجه‌های گوشتی گزارش کردند. در این آزمایش، حتی بالاترین سطح یعنی افزودن ۰/۵ درصد لوسین افزودنی به جیره پایه یا جیره حاوی ۲/۰۳ درصد لوسین قابل هضم، تأثیر منفی بر میزان مصرف خوراک و عملکرد رشد و لاشه نداشت. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که در جیره عملی با سطوح لوسین استفاده شده در این پژوهش اثر آنتاگونیسم بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار که پیش از این گزارش شده [۱۱ و ۱۳] رخ نداده است. این یافته با نتایج برخی از پژوهش‌ها [۳، ٤ و ۲٦] مطابقت دارد که اثر آنتاگونیسم سطوح بالای لوسین را در جیره‌های بر پایه مواد خوراکی مرسوم همراه با تأمین نیاز ایزولوسین و والین گزارش نکردند [۳۰ و ۲۷]. در آزمایشی روی خوک تا ٤ درصد لوسین و ۲۰ درصد پروتئین خام، کاهش معنی‌داری در افزایش وزن، خوراک مصرفی و بازده خوراک گزارش نشد [۱۱]. مطالعات دیگری با جیره حاوی ۲۲ درصد پروتئین خام و تا ۳ درصد لوسین روی جوجه‌های گوشتی، کاهش معنی‌دار در عملکرد را گزارش نکردند [۳۱].

بنابراین، بعید به‌نظر می‌رسد که در جیره‌های عملی با سطوح کافی پروتئین و تأمین احتیاجات اسیدهای آمینه والین و ایزولوسین در حد پیشنهاد راهنمای تغذیه سویه راس ۳۰۸، افزایش لوسین قابل هضم جیره تا ۲ درصد منجر به اثر آنتاگونیسم و تأثیر منفی بر میزان مصرف خوراک و عملکرد رشد و بازده لاشه شود. امروزه دانشمندانی که اثر اسید آمینه لوسین را روی گونه‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌دهند، نقش اسید آمینه لوسین در ارتقای وضعیت آنابولیکی و سنتز پروتئین از یک طرف و کاهش عملکرد به‌دلیل کاهش سطح والین و ایزولوسین خون را به "پارادوکس لوسین" تعبیر می‌کنند [۲۵]. با بررسی پژوهش‌هایی که با استفاده از لوسین مازاد بر نیاز کاهش عملکرد را گزارش کردند برخی از موارد از جمله تأمین حاشیه‌ای دو اسید آمینه ایزولوسین و والین [۸ و ۱۱]، جیره‌های با پروتئین کم‌تر از سطح پیشنهادی [۱۳ و ۱۸] و یا استفاده از جیره‌های خالص و نیمه‌خالص و هم‌چنین استفاده از اسیدهای آمینه ایزولوسین و والین به‌صورت سنتتیک برای تأمین احتیاجات این دو اسید آمینه [۸ و ۱۸] مشاهده می‌شود.

در جیره‌های کم‌پروتئین، ممکن است اسیدهای آمینه غیر ضروری جیره محدودکننده باشند. مکمل‌سازی اسید آمینه لوسین به جیره‌های با کمبود پروتئین و انرژی، علی‌رغم فعال‌شدن مسیر mTOR منجر به سنتز پروتئین نمی‌شود [۳۱]. بنابراین به‌نظر می‌رسد تحریک سنتز پروتئین توسط اسید آمینه لوسین به دسترسی همه اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری بستگی دارد و شاید این دلیلی باشد که در جیره‌های عملی با سطح کافی پروتئین و سطوح کافی اسیدهای آمینه والین و ایزولوسین اثر آنتاگونیسم بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار با سطوح مازاد بر نیاز لوسین رخ نداده است. علاوه بر این، اسیدهای آمنیه شاخه‌دار برای ورود به سلول به‌صورت فعال از طریق ترانسپوترهای مشترک با هم رقابت می‌کنند [۱۵]. از

این‌رو، نحوه تأمین دو اسیدآمینه والین و ایزولوسین (به‌صورت سنتتیک و یا از طریق پروتئین‌های جیره) ممکن است در نتایج پژوهش‌های مربوط به اثر لوسین تأثیر بگذارد. تأمین دو اسید آمینه ایزولوسین و والین به‌صورت سنتتیک به‌دلیل قابلیت دسترسی ۱۰۰ درصد و حضور همزمان در سطح سلول ممکن است از ورود لوسین به درون سلول (سلول‌های روده و یا سلول‌های عضلانی) ممانعت به‌عمل آورد و این ممکن است علت دیگری از اختلاف نتایج این پژوهش با پژوهش‌های باشد که برای تأمین دو اسید آمینه ایزولوسین و والین از اسیدهای آمینه سنتتیک استفاده کردند [۸، ۱۸ و ۳۰].

در این پژوهش، وزن نسبی لاشه و عضله سینه نیز با افزایش سطح لوسین قابل هضم افزایش یافت و بهینه‌ترین سطح لوسین قابل هضم برای این صفت به‌ترتیب ۱/۷۲٤ و ۱/۷۳۵ درصد برآورد گردید که بیش‌تر از برآوردهای گذشته می‌باشد [۱۵، ۱۷ و ۱۸]. ازآنجایی‌که بهبود وزن نسبی عضله سینه در طی دوره رشد (۳۰-۱۵ روزگی) و تا پایان دوره (٤۲ روزگی) با کاهش خطی چربی حفره بطنی در دوره رشد و در پایان دوره همراه شد، می‌توان نتیجه گرفت که در جیره‌های عملی با استفاده از سطوح بالاتر اسید آمینه لوسین می‌توان گوشت بیش‌تر به‌خصوص عضله سینه بیش‌تری را با چربی حفره بطنی کم‌تر استحصال کرد.

کاهش چربی حفره بطنی در دوره رشد (۳۰-۱۵ روزگی) و تا پایان دوره (٤۲ روزگی) نشان می‌دهد که احتمالاً اسید آمینه لوسین انرژی جیره را به سمت تولید بافت پروتئینی سوق می‌دهد. ماهیچه اسکلتی از طریق استفاده از اسیدهای‌چرب آزاد خون، اکسیداسیون اسیدهای چرب و استفاده از لیپیدهای بدن نقش حیاتی در هموستازی انرژی بدن ایفا می‌کند. اسید آمینه لوسین با تخصیص انرژی از سلول‌های چربی به سمت سلول‌های ماهیچه‌ای منجر به کاهش ذخیره انرژی در سلول‌های چربی و افزایش استفاده از اسیدهای چرب توسط سلول‌های ماهیچه‌ای گردید [٤ و ۳۰]. در پژوهشی با جیره‌های کم‌پروتئین، افزایش سطح لوسین جیره (۱، ۱/٤، ۱/٦ و ۱/۸ درصد) سبب کاهش خطی تری‌گلیسیرید و بتا-هیدروکسی بوتیرات در جوجه خروس‌های گوشتی کاب۵۰۰ گردید. جیره‌های کم‌پروتئین سبب افزایش چربی لاشه جوجه‌های گوشتی شد، اما مکمل‌سازی والین و لوسین سبب بهبود کیفیت لاشه و افزایش بافت لخم لاشه شد [۱۸]. لوسین از طرق فعال‌کردن پروتئین‌های دخیل در اکسیداسیون اسیدهای چرب و افزایش سنتز میتوکندری سبب افزایش مصرف انرژی در یاخته‌های ماهیچه موش‌ها شد [۳۱].

در این تحقیق تأثیر افزایش لوسین قابل هضم ایلئومی استانداردشده جیره بر میانگین غلظت اسید اوریک خون معنی‌دار بود. در پرندگان، اسید اوریک ترکیب نیتروژن‌دار اصلی دفعی است و می‌تواند به‌عنوان شاخص مناسبی جهت ارزیابی استفاده از پروتئین در جیره‌های کم‌پروتئین و یا جیره‌های حاوی پروتئین مازاد و هم‌چنین برای تعیین احتیاجات اسیدهای آمینه یا کارایی استفاده از اسیدهای آمینه استفاده نمود و مشخص شده است که افزایش مصرف نیتروژن، سطح اسید اوریک خون و اسید اوریک فضولات را افزایش می‌دهد [۱۰]. نیاز لوسین قابل هضم براساس معیار سطح اسید اوریک خون در مدل‌های رگرسیونی خط شکسته، درجه دو و درجه دو- خط شکسته به‌ترتیب ۱/٦٦۳، ۱/۷۷ و ۱/۷۲ درصد و به‌طور متوسط ۱/۷۲ درصد تعیین گردید. با مدل خطی درجه دو به‌عنوان بهترین مدل برازش‌شده، بهینه‌ترین سطح اسید آمینه لوسین قابل هضم ایلئومی استانداردشده در برابر سطح اسید اوریک خون، ۱/۷۷ درصد تعیین گردید، که با سطح برآورد احتیاجات لوسین برای عضله سینه (۱/۷٤۵) مطابقت دارد. ازآنجایی‌که افزایش سطح لوسین

قابل هضم با روند کاهشی درجه دو سطح اسید اوریک خون و روند افزایشی خطی و درجه دو عضله سینه همراه شده است، می‌توان نتیجه گرفت کارایی استفاده از اسیدهای آمینه در جوجه‌های تغذیه‌شده با سطوح افزایشی لوسین مازاد، بهبود یافته است. هم‌چنین می‌توان نتیجه گرفت که سطح اسید اوریک شاخص قابل اعتمادی برای برآورد احتیاجات اسیدهای آمینه لوسین باشد.

مدل‌های آماری زیادی جهت تعیین احتیاجات اسیدهای آمینه حیوانات توسعه یافته است، اما انتخاب بهترین مدل بستگی به بهترین برازش معیار پاسخ در برابر سطوح مواد مغذی دارد [۱]. برخی از پژوهش‌گران مدل خط شکسته را به‌دلیل این‌که احتیاجات را با حداقل مقدار اسید آمینه و حداکثر پاسخ، بدون دخالت ملاحظات اقتصادی و حدود اطمینان برآورد می‌کند و منطبق بر واقعیت و اصول نظری است، ترجیح می‌دهند [۱ و۲۳]. اما شرط تطابق روش خط شکسته این است که حالت افقی (پلاتو) در بعد از نقطه شکست برقرار شود و با افزایش سطح ماده مغذی شیب خط بعد از نقطه شکست باید صفر باشد. چنانچه با افزایش سطح ماده مغذی، عملکرد حیوان از قانون بازده نزولی تبعیت کند و در بعد از نقطه شکست کاهش یابد، با مدل درجه دو بهتر می‌توان پاسخ را در برابر سطوح ماده مغذی برازش نمود [۱]. با توجه به مقدار ضریب تعیین به‌عنوان معیار نکویی برازش مدل‌های رگرسیونی مشخص شد که مدل رگرسیونی درجه دو بالاترین نسبت واریانس رگرسیونی از مجموع مربعات کل را نشان می‌دهد و لذا مدل درجه دو بهترین برازش پاسخ‌های مختلف را در برابر سطوح افزایشی لوسین قابل هضم ایلئومی استانداردشده را نشان داد. با توجه به این موضوع، نیاز لوسین برای افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، بازده لاشه، وزن نسبی سینه و اسید اوریک پلاسما به‌ترتیب ۱/۷۰، ۱/۷۲، ۱/۷۲٤، ۱/۷۳۵، ۱/۷۷ درصد برآورد گردید. در مجموع نتایج تحقیق حاضر تأثیر مثبت مکمل سازی ال-لوسین در دوره رشد بر عملکرد و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی در دوره‌های رشد و پایانی را نشان می‌دهد. براساس تعیین نیاز با معیارهای مختلف در این پژوهش، میانگین نیاز لوسین قابل هضم جوجه خروس‌های راس ۳۰۸ در دوره رشد، ۱/۷۲ درصد برآورد گردید و از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که جیره رشد جوجه خروس‌های راس ۳۰۸ با سطح ۱/۷۲ درصد لوسین قابل هضم تنظیم شود.

تشکر و قدردانی

از دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان و مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد برای در اختیار قراردادن مزرعه تحقیقاتی و تأمین بخشی از امکانات آزمایشگاه و هم چنین از مدیر عامل محترم شرکت ایوانیک ایران برای انجام آنالیز اسیدهای آمینه مواد خوراکی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Aude S, Eric LG, Van P and Etienne C (2002) Estimating amino acid requirements through dose-response experiments.Technical note. Ajinomoto Eurolysine S.A.S.
2. Aviagen (2009) Ross 308 management manual. Midlothian, Scotland.
3. Barbour G and Latshaw JD (1992) Isoleucine requirement to f broiler chicks as affected by the concentrations of leucine and valine in practical diets.Britesh Poulttry Science. 33: 561-568.
4. Burnham D, Emmans GC and Gous RM (1992) Isoleucine requirements of the chicken: the effect of excess leucine and valine on the response to isoleucine. Britesh Poulttry Science. 33: 71-87.

5. Chang Y, Cai H, Liu G, Chang W, Zheng A, Zhang S, Liao R, Liu W, Li Y and Tian J (2015) Effects of dietary leucine supplementation on the gene expression of mammalian target of rapamycin signaling pathway and intestinal development of broilers. Animal Nutrition. 1. 1-7.
6. Chen X, Zhang Q and Applegate TJ (2016) Impact of dietary branched chain amino acids concentration on broiler chicks during aflatoxicosis. Poultry Science. 95: 1281-1289.
7. Choct M, Naylor A, Hutton O and Nolan J (2013) Increasing efficiency of lean tissue composition in broiler chickens; A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. 2000 Publication No 98/123.
8. D'Mello JPF (2003) Adverse Effects of Amino Acids. Pages: 125-142 in Amino Acids in Animal Nutrition. Amino acids in animal nutrition / edited by J.P.F. D'Mello. 2nd ed. CAB International.
9. Deng H, Zheng A, Liu G, Chang W, Zhan S and Cai H (2013) Activation of mammalian target of rapamycin signaling in skeletal muscle of neonatal chicks: Effects of dietary leucine and age. Poult. Science. 93: 114-121.
10. Donsbough AL, Powell S, Waguespack A, Bidner, TD and Southern LL (2010) Uric acid, urea, and ammonia concentrations in serum and uric acid concentration in excreta as indicators of amino acid utilization in diets for broilers. Poultry Science. 89: 287-294.
11. Edmonds M and Baker D (1987) Amino acid excesses for young pigs: Effects of excess methionine, tryptophan, threonine or leucine. Jurnal Animal Science.1987. 64: 1664-1671.
12. Erwan E, Alimin AR, Sazili AQ and Yaakub H (2009) Effect of varying levels of leucine and energy on Performance and carcass characteristics of broiler chickens. International Journal of Poultry Science. Issue 7(7): 696-699.
13. Farran MT, Barbour EK and Ashkarian VM (2003) Effect of excess leucine in low protein diet on ketosis in 3-week-old male broiler chicks fed different levels of isoleucine and valine. Animal Feed Science and Technology. 103: 171-176.
14. Layman DK (2003) The role of leucine in weight loss diets and glucose homeostasis. J Nutr 133: 261-267.
15. Leeson S and Summers JD (2001) Protein and amino acids. Pages: 102-175 in Scott's Nutrition of the chicken. 4th rev. ed. S. Leeson, and J.D. Summers, eds. University Books, Ontario, Canada.
16. Nissen S, Fuller JC, Sell J, Ferket PR and Rives DV (1994) The effect of β-hydroxy-β-methylbutyrate on growth, mortality, and carcass qualities of broiler chickens. Poultry. Science. 73: 137-155.
17. Nutrient requirements of poultry & NRC (1994) Washington, DC: National Academy of Sciences.
18. Ospina- Rojas ICO, Murakami AM, Durarte CRA, Nascimento CR, Garca ERM, Sakamoto MI and Nunes RV (2016) Leucine and valine supplementation of low-protein diets for broiler chickens from 21 to 42 days of age. Poultry Science. 4: 914-92.
19. Ostaszewski P, Kostiuk,S Balasińska B, Jank M, Papet M, and Glomot F (2000) The leucine metabolite 3-hydroxy-3-methylbutyrate (HMB) modifies protein turnover in muscles of laboratory rats and domestic chickens in vitro. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 84: 1-8.
20. Qiao X, Zhang HJ, Wu SG, Yue HY, Zuo JJ, Feng DY and Qi GH (2013) Effect of β-hydroxy-β-methylbutyrate calcium on growth, blood parameters, and carcass qualities of broiler chickens. Poultry Science. 92(3): 753759.
21. Ren M, Zhang S, Liu X, Li S, Mao X, Zeng X and Qiao SY (2016) Different lipopolysaccharide branched-chain amino acids modulate porcine intestinal endogenous -defensin expression through the Sirt1/ERK/90RSK pathway. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 64: 337-3379.
22. Ren M, Zhang SH, Zeng XF, Liu H and Qiao SY(2015) Branched-chain amino acids are beneficial to maintain growth performance and intestinal immune-related function in weaned piglets fed protein restricted diet. Asian-australas. Journal of Animal Science. 28: 1742-1750.
23. Sakomura NK, Gous RM, Kyriazakis I, and Hauschild I (2015) Nutritional modelling for pigs and poultry. CAB International.
24. Szczes'niak KA, Ostaszewski P, Fuller JC, Ciecierska A and Sadkowsk T (2015) Dietary supplementation of β-hydroxy-b-methylbutyrate in animals-a review. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 99: 405-417.
25. Vinnna D, Teodoro GFRT, Torres-Leal FL and Tirapegui J (2010) Protein synthesis regulation by leucine. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 46(1).
26. Waldroup PW, Kersey JH and Fritss CA (2002) Influence of branched-chain amino acid balance in broiler diets. International journal of Poultry Science. 1(5): 136-144.

27. Wolfe RR (2017) Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: myth or reality? Journal of the International Society of Sports Nutrition. 14: 30. 1-7.
28. Wu G(2013) Amino Acids: Biochemistry and Nutrition. Boca Raton, Florida: CRC Press.
29. Zeitz JO, Käding SC, Niewalda IR, Most E, Dorigam JCP, and Eder K (2019) The influence of dietary leucine above recommendations and fixed ratios to isoleucine and valine on muscle protein synthesis and degradation pathwaysin broilers. Poultry Science 0: 1-15.
30. Zhang S, Zeng X, Pen M, Mao X, and Qiao S (2017) Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: areview. Journal of Animal Science and Biotechnology 8(10): 1-12.