مقاله تحقیقی
مجله تحقیقات دامپزشکی، ۱۳۹۶، دوره ۷۲، شماره ۱، ۴۲- ۳۳
Original Article
Journal of Veterinary Research. 72,1:33-42, 2017

بررسی فعالیت سیستم ایمنی متعاقب استفاده از سیستم‌های مختلف بیان انرژی و اسیدهای آمینه جیره در جوجه‌های گوشتی سویه آرین

پویا یاری[۱] اکبر یعقوبفر[۲*] نادر پاپی[۲] سارا میرزایی گودرزی[۳] منصور احمدی[۴]
۱) باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران
۲) مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳) گروه علوم دامی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۴) گروه علوم دامی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

(دریافت مقاله: ۱۳ مهر ماه ۱۳۹۵، پذیرش نهایی: ۲۷ دی ماه ۱۳۹۵)

چکیده

زمینه مطالعه: علیرغم اینکه پاسخ‌های سیستم ایمنی و فیزیولوژیک بدن تحت تأثیر نوع و سطح مواد مغذی جیره هستند، جیره‌نویسی در طیور عمدتاً براساس شاخص‌های تولیدی انجام می‌شود و از شاخص‌هایی ایمنی چشم‌پوشی می‌شود. **هدف:** تحقیق حاضر جهت بررسی اثرات تنظیم جیره غذایی مطابق با سیستم‌های مختلف بیان انرژی (انرژی قابل متابولیسم حقیقی و ظاهری تصحیح شده برای ازت) و اسیدآمینه (کل و قابل هضم) بر عملکرد و پاسخ‌های سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی سویه آرین طراحی و اجرا شد. **روش کار:** در این پژوهش تعداد ۱۴۴۰ قطعه جوجه گوشتی آرین در ۸ گروه آزمایشی (تیمار) با ۶ تکرار و هر تکرار(واحد آزمایشی) شامل ۳۰ قطعه جوجه‌ی یک‌روزه آرین، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل (۲×۲×۲) شامل دو معیار بیان انرژی خوراک (TMEn و AMEn)، دو معیار بیان اسیدآمینه خوراک (TAA_T و DAA_T) و دو شیوه‌ی بیان نیاز اسیدآمینه‌ای پرنده (TAA_R و DAA_R) طی دو دوره پرورش (۲۱-۱ و ۴۲-۲۲ روزگی) مورد استفاده قرار گرفت. **نتایج:** نتایج نشان داد هنگامی که مبنای جیره‌نویسی استفاده از سیستم انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت و اسیدآمینه قابل هضم متناسب با نیاز پرنده باشد، بازدهی تولیدی بیشتری حاصل می‌شود. اگرچه بهترین پاسخ آنتی‌بادی علیه گلبول قرمز گوسفندی و کمترین نسبت هتروفیل به لمفوسیت مربوط به تیمارهایی بود که با جیره‌های تنظیمی مطابق با سیستم انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت تغذیه شده بودند و سطوح بالاتری از مقدار اسیدآمینه استاندارد مورد نیازدریافت کرده بودند. **نتیجه‌گیری نهایی:** بهگزینی برای افزایش سرعت رشد در طیور، باعث تقویت فرایندهای متابولیک و فیزیولوژیک در راستای استفاده از خوراک شده و سهم کمتری از مواد مغذی جیره به سایر سیستم‌های حیاتی بدن اختصاص داده خواهد شد. استفاده از سیستم‌های TMEn و DAA جهت جیرنویسی، باعث بهبود عملکرد تولیدی و تضعیف پاسخ‌های ایمنی می‌شود. لذا پیشنهاد می‌شود در شرایط عادی پرورش، جیره‌های غذایی براساس سیستم‌های TMEn و DAA تنظیم شوند، ولی در مواقعی که احتمال ایجاد تنش وجود دارد جهت اطمینان از تقویت و بهبود سیستم ایمنی از سطوح بالاتر انرژی و اسیدآمینه در جیره استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: جوجه گوشتی، جیره‌نویسی، سیستم ایمنی

مقدمه

طی ۵۰-۴۰ سال اخیر صنعت پرورش طیور ترقی و بهبود زیادی داشته که این موضوع نتیجه پیشرفت‌های ژنتیکی، تغذیه‌ای و کنترل شرایط محیط پرورش بوده است (۱۴). روش سنتی انتخاب بر مبنای صفات فنوتیپی در نژادهای گوشتی باعث بهبود رشد و افزایش تولید در طی نیم قرن اخیر شده است، اما متاسفانه چنین فشارهایی با کاهش تنوع ژنتیکی و ضعف کلی در دستگاه ایمنی طیور همراه بوده است (۱۷،۳۶). به‌عنوان مثال مشخص شده که وزن بدن همبستگی منفی با پاسخ آنتی‌بادی به SRBC (گلوبول قرمز گوسفندی) دارد (۳۲،۳۴). همچنین پاسخ ایمنی همورال جوجه‌های تجاری نوین، نسبت به سویه‌هایی که در سال‌های گذشته مورد پرورش قرار می‌گرفتند، کاهش یافته است (۳). لذا طیوری که رشد سریع‌تری دارند در مقایسه با آن‌هایی که دارای رشد کندتری هستند، آسیب بیشتری از بیماری‌ها و تحریکات محیطی می‌بینند و عیار آنتی‌بادی پایین‌تری دارند (۳۵). بنابراین اتخاذ استراتژی‌های تغذیه‌ای و ژنتیکی در راستای تقویت سیستم ایمنی طیور، ضروری می‌باشد. علیرغم اینکه پاسخ‌های فیزیولوژیک و سیستم ایمنی تحت تأثیر نوع و سطح مواد مغذی جیره قرار دارند ولی جیره‌نویسی در طیور عمدتاً براساس شاخص‌های تولیدی انجام شده و از شاخص‌هایی ایمنی و فیزیولوژیک چشم‌پوشی می‌شود. انرژی و پروتئین به‌عنوان دو ماده مغذی اساسی، می‌توانند از طریق تأثیر بر سرعت رشد، سیستم ایمنی را نیز تحت تأثیر قرار دهند (۱۲). ضمناً با توجه به ساختار پروتئینی سلول‌ها و فاکتورهای سیستم ایمنی، مقدار، تناسب و قابلیت دسترسی به اسیدهای‌آمینه نقش اساسی در موفقیت این سیستم دارد (۱۵،۲۲). کمبود و عدم تناسب مواد مغذی جیره، پروتئین‌سازی و سیستم ایمنی بدن را به مخاطره خواهد انداخت و لذا تولید و عملکرد نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۵). علاوه بر انتخاب ژنتیکی، بعضی از عوامل غیرژنتیکی مانند غلظت اسیدهای آمینه در جیره غذایی می‌توانند ظهور ژن‌های مسئول

*) نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶-۴۳۳۷۰۷۶۲ نمابر: ۰۲۶-۳۴۴۱۳۲۵۸ Email: yaghobfar@yahoo.com

در پاسخ‌های ایمنی (از طریق ایجاد تغییر در میزان بلوغ سیستم ایمنی) و همچنین میزان آنتی‌بادی تولید شده در برابرعفونت‌ها را تغییر دهند (۲۲).

قبلاً از واژه انرژی حیاتی قابل دسترس، به جای انرژی قابل متابولیسم استفاده می‌شد ولی امروزه، انرژی قابل متابولیسم در مفهوم کلی استفاده می‌شود. انرژی قابل متابولیسم که در تغذیه طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد، یک واژه کلی است. زیرا مقادیر انرژی قابل متابولیسم به دو بخش انرژی قابل متابولیسم ظاهری و انرژی قابل متابولیسم حقیقی تقسیم می‌شود. هر کدام از این معیارها را می‌توان از نظر تعادل ازت در نقطه صفر تصحیح نمود. بنابراین ارزش انرژی قابل متابولیسم خوراک‌های طیور را می‌توان در چهار نوع، انرژی قابل متابولیسم ظاهری (AME)، انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت (AMEn)، انرژی قابل متابولیسم حقیقی (TME) و انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت (TMEn) برآورد نمود. در ضمن مشخص شده است که کل انرژی و آمینواسیدهای جیره به‌طور صددرصد مورد استفاده پرنده قرار نمی‌گیرند و مقدار فراهمی آن‌ها برای هر پرنده بستگی به سویه پرنده، مقدار مصرف خوراک، عوامل ضدمغذی، نوع خوراک، سیستم تغذیه‌ای و فرآوری‌های انجام شده روی خوراک دارد. لذا آگاهی از ضرایب قابلیت هضم، کارایی و مقدار فراهمی هریک از مواد مغذی خوراک ضروری می‌باشد (۱۰). پیشنهاد شده است که تنظیم جیره‌های غذایی براساس نیاز اسیدآمینه قابل هضم، باعث تأمین نیاز واقعی پرنده شده و لذا صرفه‌جویی اقتصادی را در پی دارد (۱). تنظیم جیره‌ها با در نظر گرفتن شیوه تعیین انرژی قابل متابولیسم مواد خوراکی (AMEn و TMEn) می‌تواند سطوح مختلفی از انرژی را در اختیار پرنده قرار دهد که پاسخ‌های تولیدی و ایمنی متفاوتی را در پی خواهد داشت. لذا تحقیق حاضر جهت بررسی اثرات تنظیم جیره غذایی مطابق با سیستم‌های مختلف بیان انرژی (انرژی قابل متابولیسم حقیقی و ظاهری تصحیح شده برای ازت) و اسیدآمینه (کل و قابل هضم) بر عملکرد و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی سویه آرین، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش کار

در این پژوهش تعداد ۱۴۴۰ قطعه جوجه گوشتی سویه تجاری آرین در ۸ گروه آزمایشی (تیمار) با ۶ تکرار و هر تکرار (واحد آزمایشی) شامل ۳۰ قطعه جوجه یکروزه آرین (۱۵ قطعه نر و ۱۵ قطعه ماده) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل (۲×۲×۲)، شامل دو معیار بیان انرژی خوراک (TMEn و AMEn)، دو معیار بیان اسیدآمینه خوراک (TAA_F و DAA_F) و دو شیوه بیان نیاز اسیدآمینه‌ای پرنده (TAA_R , DAA_R)، طی دو دوره پرورش (۲۱-۱ و ۴۲-۲۲ روزگی) مورد استفاده قرار گرفت. الگوی تنظیم جیره‌ها، اسیدآمینه کل و قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم ظاهری و حقیقی تصحیح شده برای ازت خوراک، جداول احتیاجات جوجه گوشتی آرین، ضرایب اسیدآمینه ایده‌آل (Feedstuff, ۲۰۱۲) و استفاده از نرم افزار UFFDA بود. در مورد جیره‌های آزمایشی که اطلاعات مربوط به آن‌ها در جداول ۱ و ۲ درج گردیده است، توضیح این نکته ضروری است که به‌دلیل تفاوت در مقادیر AMEn و TMEn خوراک، جیره‌هایی که مطابق با سیستم AMEn تنظیم شدند علیرغم اینکه از لحاظ عددی مقدار انرژی‌شان برابر با جیره‌های تنظیم شده مطابق با TMEn بود ولی کالری بیشتری را در اختیار پرنده قرار دادند. هم‌چنین جیره‌هایی که احتیاجات اسیدآمینه قابل هضم آن‌ها با استفاده از اطلاعات اسیدآمینه کل خوراک‌تنظیم شد ($TAA_F \times DAA_R$) و جیره‌هایی که احتیاجات اسیدآمینه کل در آن‌ها با استفاده از مقادیر اسیدآمینه قابل هضم خوراک تنظیم شد ($DAA_F \times TAA_R$)، به ترتیب مقادیری کمتر و بیشتر از مقدار اسیدآمینه‌یمورد نیاز دریافت کردند.

فراسنجه‌های تولیدی شامل افزایش وزن زنده، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی از طریق وزن‌کشی‌های هفتگی محاسبه شد. در سن ۲۸ روزگی از ورید بال دو قطعه پرنده از هر واحد آزمایشی جهت تعیین نسبت هتروفیل به لمفوسیت (به‌عنوان شاخص تحریک سیستم ایمنی) توسط لوله‌های حاوی ماده ضد انقاد خون خون‌گیری به‌عمل آمد. پس از تهیه گسترش خونی مناسبروی لام، ازروش رنگ‌آمیزی گیمسا جهت بررسی نمونه‌ها استفاده شد.

جهت سنجش عیار کل آنتی‌بادی تولیدی نسبت به گلوبول قرمز گوسفندی به‌عنوان یک آنتی‌ژن غیربیماریزا، در سن ۲۸ روزگی به ۲ پرنده از هر واحد آزمایشی مقدار ۱/۵ml SRBC از طریق ورید بال تزریق شد. پنج روز بعد از تزریق، از پرنده‌های مذکور نمونه خون تهیه شد. عیار کل آنتی‌بادی تولیدی علیه SRBC با استفاده از روش میکروتیتر هماگلوتیناسیون تعیین شد (۱۶). اندازه‌گیری IgG و IgM به‌عنوان اجزای پاسخ آنتی‌بادی نسبت به SRBC با اندازه‌گیری عیار آنتی‌بادی مقاوم به مرکاپتواتانول (IgG) و کسر این مقدار از عیار کل آنتی‌بادی، مقدار آنتی‌بادی حساس به مرکاپتواتانول (IgM) محاسبه شد. نتایج حاصل از فراسنجه‌های تولیدی و پاسخ ایمنی در قالب مدل آماری ذیل و توسط نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۲) تجزیه و تحلیل شد و میانگین‌هایی که از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$) توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$Y_{ijkl}= \mu+\alpha\beta\gamma_{ijk}+ \alpha_i+ \beta_j+ \gamma k+ \alpha\beta_{ij}+ \beta\gamma_{jk}+ \alpha\gamma_{ik}+\varepsilon I_{jk}+e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = مقدار مشاهده برای هر صفت، μ = اثر میانگین صفت، α_i = اثر اصلی عامل اول (دو معیار بیان انرژی: انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری و حقیقی تصحیح شده برای ازت مواد خوراکی)، β_j = اثر اصلی عامل دوم (دو معیار بیان اسیدهای آمینه: اسیدآمینه کل و قابل هضم مواد خوراکی)، γ_k = اثر اصلی عامل سوم (دو معیار بیان اسیدهای آمینه: اسیدآمینه کل و قابل هضم مورد نیاز در جوجه‌های گوشتی)، $\alpha\beta_{ij}$ = اثر متقابل عامل اول و دوم، $\alpha\gamma_{ik}$ = اثر متقابل عامل اول و سوم، $\beta\gamma_{jk}$ = اثر متقابل عامل دوم و سوم، $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = اثر متقابل عامل اول ، دوم و سوم، ε_{ijk} = خطای آزمایشو

جدول ۱. جیره‌های آزمایشی دوره آغازین (۲۱-۱ روزگی).

شیوه بیان انرژی:	قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت				قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت			
شیوه بیان اسید آمینه خوراک:	کل		قابل هضم		کل		قابل هضم	
شیوه بیان احتیاجات اسید آمینه:	کل	قابل هضم	کل	قابل هضم	کل	قابل هضم	کل	قابل هضم
دانه ذرت	۵۴/۳۵	۵۸/۹۵	۵۰/۵۵	۵۴/۸۱	۵۴/۵۷	۵۶/۷۰	۵۲/۱۵	۵۴/۳۸
کنجاله سویا	۳۷/۵۵	۳۴/۲۱	۳۹/۵۰	۳۶/۷۸	۳۷/۳۴	۳۲/۹۵	۳۸/۸۵	۳۶/۲۰
سبوس گندم	۰	۰	۰	۰	۲/۲۱	۴/۸۱	۱/۲۷	۲/۹۶
پودر ماهی	۱/۷۵	۱/۱۰	۳/۴۸	۲/۳۶	۱/۲۵	۱/۱۳	۳/۴۰	۲/۰۵
روغن گیاهی	۲/۹۴	۲/۳۳	۳/۳۰	۲/۸۰	۱/۱۲	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۱۰
دی ال متیونین	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۱۷
ال لیزین	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۵
پودر صدف	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۸۴	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۸۸	۰/۹۳
دی کلسیم فسفات	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۱۱	۱/۲۵	۱/۳۹	۱/۳۵	۱/۰۸	۱/۲۵
نمک طعام	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۳۲
مکمل ویتامینی	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
آنالیز جیره (٪)								
انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰
پروتئین خام	۲۲	۲۰/۵	۲۳/۵	۲۲	۲۲	۲۰/۵	۲۳/۵	۲۲
متیونین	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۴۰
متیونین + سیستین	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۸۵	۰/۷۳
لیزین	۱/۲۵	۱/۰۷	۱/۲۵	۱/۰۷	۱/۲۵	۱/۰۷	۱/۲۵	۱/۰۷
ترئونین	۰/۷۹	۰/۶۷	۰/۷۹	۰/۶۷	۰/۷۹	۰/۶۷	۰/۷۹	۰/۶۷
تریپتوفان	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۸
آرژنین	۱/۳۱	۱/۱۲	۱/۳۱	۱/۱۲	۱/۳۱	۱/۱۲	۱/۳۱	۱/۱۲
والین	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۷۶	۰/۶۵
کلسیم	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
فسفر قابل دسترس	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
تعادل الکترولیتی (meq/kg)	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰

e_{ijkl}= خطای نمونه برداری

نتایج

فراسنجه‌های تولیدی: نتایج مربوط به فراسنجه‌های تولیدی در جدول ۳ درج شده است. از میان سیستم‌های انرژی، شیوه TMEn و از میان روش‌های بیان نیاز به اسیدآمینه، روش DAA_R باعث ایجاد بالاترین وزن زنده در تیمارهای مربوط به خود شدند ($p<0/05$). در صورتی که تفاوت معنی‌داری بین شیوه‌های بیان اسیدآمینه خوراک در زمینه وزن زنده وجود نداشت ($p>0/05$). بررسی اثرات متقابل تیمارهای مختلف در سن ۴۲ روزگی نشان داد که تیمار $TMEn\times TAA_F$ بیش‌ترین وزن زنده و تیمار $AMEn\times TAA_F$ کم‌ترین وزن زنده را به خود اختصاص دادند و سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر وزن زنده در ۴۲ روزگی نداشتند ($p>0/05$).

با بررسی اثرات اصلی مشخص شد که بیش‌ترین مقدار افزایش وزن روزانه طی کل دوره را تیمار TMEn به خود اختصاص داد. هم‌چنین سیستم DAA_R در مقایسه با TAA_R، افزایش وزن بیشتری را اعمال کرد ولی بین تیمارهای TAA_F و DAA_F تفاوتی در زمینه افزایش وزن روزانه در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ مشاهده نشد. اثرات متقابل روش بیان انرژی و اسیدامینه مورد نیاز به گونه‌ای بود که کمترین افزایش وزن را تیمار $AMEn\times TAA_R$ تجربه کرد. درحالی‌که در بررسی اثرات متقابل شیوه بیان اسیدآمینه خوراک و اسیدآمینه موردنیاز مشخص شد که بیشترین افزایش وزن روزانه مربوط به تیمار $DAA_F\times DAA_R$ بود.

بررسی اثرات اصلی سیستم‌های مختلف جیره‌نویسی نشان داد که تیمارهایی که جیره‌های تنظیم شده با روش TMEn را دریافت کرده بودند، به طور معنی‌داری خوراک بیشتری مصرف کردند. هم‌چنین سیستم DAA_R در مقایسه با TAA_R اثرات معنی‌داری بر افزایش خوراک مصرفی اِعمال کرد. بررسی نتایج مربوط به اثرات متقابل سیستم‌های بیان انرژی و اسیدآمینه خوراک نشان داد که کمترین مقدار مصرف خوراک مربوط

جدول ۲. جیره‌های آزمایشی دوره پایانی (۴۲-۲۲ روزگی).

شیوه بیان انرژی:	قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای ازت				قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت			
شیوه بیان اسید آمینه خوراک:	کل		قابل هضم		کل		قابل هضم	
شیوه بیان احتیاجات اسید آمینه:	کل	قابل هضم	کل	قابل هضم	کل	قابل هضم	کل	قابل هضم
دانه ذرت	۵۶/۴۸	۶۱/۴۷	۵۳/۹۵	۵۶/۸۵	۵۷/۸۶	۶۲/۶۶	۵۳/۷۱	۵۸/۵۵
کنجاله سویا	۳۳/۲۷	۲۹/۲۵	۳۳/۸۶	۳۲/۵۴	۳۲/۴۹	۲۸/۸۳	۳۶/۱۸	۳۱/۵۳
دانه گندم	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰
پودر ماهی	۰/۷۵	۰/۰۵	۳/۵۱	۱/۲۵	۰/۸۵	۰/۵۰	۱/۲۵	۱/۵۵
روغن گیاهی	۳/۸۶	۳/۱۱	۳/۹۵	۳/۷۴	۱/۲۵	۰/۵۰	۱/۷۸	۱/۰۰
دی ال متیونین	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۳
ال لیزین	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۱۱
پودر صدف	۰/۹۰	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۸۷	۰/۹۸
دی کلسیم فسفات	۱/۲۲	۱/۲۰	۰/۸۰	۱/۱۳	۱/۴۳	۱/۴۷	۱/۱۵	۱/۲۵
نمک طعام	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۴۰
مکمل ویتامینی	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
آنالیز جیره (٪)								
انرژی قابل‌متابولیسم (kcal/kg)	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۱۵۰
پروتئین خام	۲۰	۱۸/۵	۲۱/۵	۲۰	۲۰	۱۸/۵	۲۱/۵	۲۰
متیونین	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۳
متیونین + سیستین	۰/۸۱	۰/۷۰	۰/۸۱	۰/۷۰	۰/۸۱	۰/۷۰	۰/۸۱	۰/۷۰
لیزین	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۰۰
ترئونین	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۷۴	۰/۶۴
تریپتوفان	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵
آرژنین	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۰۰
والین	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۵۵	۰/۴۸
کلسیم	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۰
فسفر قابل دسترس	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵
تعادل الکترولیتی (meq/kg)	۲۲۵	۲۲۵	۲۲۵	۲۲۵	۲۲۵	۲۲۵	۲۲۵	۲۲۵

به تیمار $AMEn\times TAA_F$ بود ($p<۰/۰۵$). ولی اثرات متقابل روش بیان اسیدآمینه خوراک و اسیدآمینه مورد نیاز به گونه‌ای بود که کل دوره (۴۲-۱ روزگی) بیشترین خوراک مصرفی به تیمار $DAA_F\times DAA_R$ اختصاص داشت. این درحالی است که سایر تیمارهای اِعمال شده، اثر متقابل معنی‌داری بر خوراک مصرفی نداشتند.

بهترین ضریب تبدیل غذایی ناشی از سیستم‌های بیان انرژی، مربوط به تیمار AMEn بود در حالی‌که اثرات اصلی و متقابل سایر سیستم‌های بیان و تأمین انرژی و اسیدآمینه، معنی‌دار نبود.

فراسنجه‌های ایمنی: نتایج مربوط به پاسخ‌های سیستم ایمنی در جدول ۴ ارائه شده است. بیشترین عیار آنتی‌بادی تولیدی علیه SRBC و کمترین نسبت هتروفیل به لمفوسیت مربوط به تیمارهایی بود که جیره‌های تنظیمی مطابق با AMEn را دریافت کرده بودند ($p<۰/۰۵$). تیمارهایی که در آن‌ها جهت بیان اسیدآمینه خوراک از سیستم DAA_F استفاده شده بود، بیشترین عیار IgM را داشتند ($p<۰/۰۵$). سیستم‌های بیان انرژی و اسیدآمینه خوراک اثر مقابل معنی‌داری بر پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی سویه آرین اِعمال نکردند درحالی‌که کمترین عیار آنتی‌بادی علیه SRBC، کمترین مقدار IgG و بالاترین نسبت هتروفیل به لمفوسیت به تیمار $TMEn\times TAA_R$ اختصاص داشت. بررسی نتایج مربوط به اثرات متقابل شیوه بیان و تأمین اسیدآمینه نشان داد که تیمار $DAA_F\times TAA_R$ بالاترین عیار آنتی‌بادی علیه SRBC را دارد ($p<۰/۰۵$). اثر متقابل هرسه سیستم جیره‌نویسی بر پاسخ‌های ایمنی به گونه‌ای بود که کمترین سطح لمفوسیت و بالاترین نسبت هتروفیل به لمفوسیت را تیمار $TMEn\times TAA_F\times DAA_R$ تجربه کرد ($p<۰/۰۵$).

بحث

مطالعات نشان داده‌اند که جوجه‌های گوشتی توانایی عادت‌پذیری با جیره‌های حاوی سطوح انرژی پایین‌تر را دارند و در صورتی که زمان

جدول ۳. اثرات[۱] سیستم‌های مختلف جیره‌نویسی بر فراسنجه‌های تولیدی جوجه‌های گوشتی سویه آرین (۴۲-۱روزگی). [۱] میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در سطح ۰/۰۵ دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

اثرات اصلی	وزن زنده (g)	افزایش وزن روزانه (g/bird/day)	خوراک مصرفی (g/bird/day)	ضریب تبدیل غذایی
AMEn	۲۰۸۸ b	۴۸/۷۴ b	۹۵/۶۴ b	۱/۹۶ b
TMEn	۲۲۴۵ a	۵۲/۴۷ a	۱۰۷/۰۷ a	۲/۰۴ a
TAA_F	۲۱۶۳	۵۰/۲۲	۱۰۰/۶۳	۱/۹۹
DAA_F	۲۱۷۰	۵۰/۶۹	۱۰۲/۰۷	۲/۰۱
TAA_R	۲۱۲۶ b	۴۹/۶۴ b	۹۹/۷۸ b	۲/۰۱
DAA_R	۲۲۰۷ a	۵۱/۵۷ a	۱۰۲/۹۲ a	۲/۰۰
اثرات متقابل				
AMEn × TAA_F	۲۰۲۰ c	۴۷/c۱۱	۹۳/۲۶ c	۱/۹۸
AMEn × DAA_F	۲۱۵۷ b	۵۰/۳۷ b	۹۸/۰۱ b	۱/۹۵
TMEn × TAA_F	۲۳۰۶ a	۵۳/۹۳ a	۱۰۸/۰۰ a	۲/۰۰
TMEn × DAA_F	۲۱۸۳ b	۵۱/۰۱	۱۰۶/۱۴ a	۲/۰۸
AMEn × TAA_R	۱۹۸۹ b	۴۶/۳۹ b	۹۲/۶۴	۲/۰۰
AMEn × DAA_R	۲۱۸۷ a	۵۱/۱۰ a	۹۸/۶۳	۱/۹۳
TMEn × TAA_R	۲۲۶۳ a	۵۲/۹۰ a	۱۰۶/۹۳	۲/۰۲
TMEn × DAA_R	۲۲۲۷ a	۵۲/۰۴ a	۱۰۷/۲۱	۲/۰۶
TAA_F× TAA_R	۲۱۴۵	۵۰/۰۸	۱۰۰/۶۶ b	۲/۰۱
TAA_F× DAA_R	۲۱۸۱	۵۰/۹۷	۱۰۰/۶۰ b	۱/۹۷
DAA_F× TAA_R	۲۱۰۷	۴۹/۲۱	۹۸/۹۰ b	۲/۰۱
DAA_F× DAA_R	۲۳۳۳	۵۲/۱۷	۱۰۵/۲۵ a	۲/۰۲
AMEn × TAA_F× TAA_R	۱۹۵۵	۴۵/۵۵	۹۳/۱۰	۲/۰۴
AMEn × TAA_F× DAA_R	۲۰۸۵	۴۸/۶۸	۹۳/۴۱	۱/۹۲
AMEn × DAA_F× TAA_R	۲۰۲۴	۴۷/۲۳	۹۲/۱۷	۱/۹۵
AMEn × DAA_F× DAA_R	۲۲۸۹	۵۳/۵۲	۱۰۳/۸۵	۱/۹۴
TMEn × TAA_F× TAA_R	۲۳۳۵	۵۴/۶۱	۱۰۸/۲۲	۱/۹۸
TMEn × TAA_F× DAA_R	۲۲۷۷	۵۳/۲۵	۱۰۷/۷۸	۲/۰۳
TMEn × DAA_F× TAA_R	۲۱۹۱	۵۱/۲۰	۱۰۵/۶۳	۲/۰۶
TMEn × DAA_F× DAA_R	۲۱۷۶	۵۰/۸۲	۱۰۶/۶۴	۲/۱۰
انحراف استاندارد میانگین (SEM)	۵/۶۴	۵/۷۵	۵/۱۹	۴/۷۷

کافی در اختیار داشته باشند می‌توانند با جیره‌های کم انرژی به وزن مطلوب دست یابند (۲۷). در مطالعه حاضر نیز علیرغم کاهش سطح انرژی جیره در طول استفاده از سیستم TMEn، هیچ‌گونه تأثیر منفی در رشد جوجه‌ها مشاهده نشد و حتی سرعت رشد، افزایش معنی‌داری در مقایسه با روش AMEn داشت. اگرچه طیور به‌طور معمول برای دریافت انرژی، مقدار خوراک مصرفی خود را تنظیم می‌کنند اما همیشه این تنظیم مصرف دقیق نمی‌باشد و مشخص شده است که این تنظیم در حین مصرف جیره‌های نسبتاً کم انرژی، دقیق‌تر خواهد بود (NRC, ۱۹۹۴). بهبود رشد در تحقیق حاضر را می‌توان به بهبود کارایی انرژی در جیره‌های کم انرژی‌تر نسبت داد. نتایج این پژوهش در مورد خوراک مصرفی با نتایج تحقیقات Dozier و همکاران در سال ۲۰۰۷ و Kamran و همکاران در سال ۲۰۰۸ مطابقت دارد. گزارش شده است که تنظیم جیره‌ها براساس اسیدآمینه قابل هضم، باعث افزایش معنی‌دار وزن بدن می‌شود (۲۰). سیستم TAAR به‌دلیل عدم دسترسی متناسب با نیاز پرنده به کلیه اسیدهای‌آمینه، منجر به کاهش مصرف خوراک می‌شود در تحقیق حاضر نیز تنظیم جیره‌های غذایی طبق روش اسیدآمینه کل، خوراک مصرفی را کاهش داد. Maiorka و همکاران در سال ۲۰۰۴ اعلام کردند که تنظیم جیره براساس اسیدآمینه کل روی خوراک مصرفی و افزایش وزن بی‌تأثیر است. اگرچه Zaghari در سال ۲۰۰۶ طی تحقیقی گزارش کرد که استفاده از سیستم اسیدآمینه قابل هضم به‌جای کل، امکان برآورده کردن نیازهای اسیدآمینه‌ای طیور را افزایش می‌دهد و باعث بهبود ضریب تبدیل می‌شود، نتایج تحقیق حاضر گزارش Zaghari را تأیید می‌کند.

تحقیقات نشان می‌دهد که هرچه عیار آنتی بادی تولیدی علیه گلبول قرمز گوسفندی بیشتر بوده و همچنین سطح لمفوسیت بالاتر باشد (نسبت

جدول ۴. اثرات سیستم‌های مختلف جیره‌نویسی بر پاسخ ایمنی هومورال جوجه‌های گوشتی سویه آرین. [۱] میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در سطح ۰/۰۵ دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

اثرات اصلی	فراسنجه‌های ایمنی					
	SRBC۳	IgG	IgM	Lymphocyte	Hetrophyle	H/L
AMEn	۸/۳۱ a	۵/۳۱	۳/۰۰	۰/۵۹	۰/۲۷ b	۰/۴۵ b
TMEn	۷/۳۱ b	۴/۶۲	۲/۶۹	۰/۵۸	۰/۲۸ a	۰/۴۸ a
TAA_F	۷/۵۰	۵/۰۰	۲/۵۰ b	۰/۵۹	۰/۲۷	۰/۴۷
DAA_F	۸/۱۲	۴/۹۴	۳/۱۹ a	۰/۵۹	۰/۲۷	۰/۴۶
TAA_R	۸/۱۲	۵/۰۰	۳/۱۲	۰/۵۹	۰/۲۷	۰/۴۶
DAA_R	۷/۵۰	۴/۹۴	۲/۵۶	۰/۵۹	۰/۲۸	۰/۴۷
اثرات متقابل						
AMEn × TAA_F	۷/۷۵	۵/۲۵	۲/۵۰	۰/۵۹	۰/۲۷	۰/۴۵
AMEn ×DAA_F	۸/۸۷	۵/۳۷	۳/۵۰	۰/۵۹	۰/۲۶	۰/۴۴
TMEn ×TAA_F	۷/۲۵	۴/۷۵	۲/۵۰	۰/۵۸	۰/۲۸	۰/۴۸
TMEn ×DAA_F	۷/۳۷	۴/۵۰	۲/۸۷	۰/۵۹	۰/۲۹	۰/۴۸
AMEn ×TAA_R	۸/۰۰	۴/۶۲ ab	۲/۳۸	۰/۶۰	۰/۲۷	۰/۴۵ c
AMEn ×DAA_R	۸/۶۲	۶/۰۰ a	۲/۶۲	۰/۵۹	۰/۲۶	۰/۴۵ c
TMEn ×TAA_R	۸/۲۵ a	۵/۳۷ a	۲/۸۸	۰/۵۹	۰/۲۸	۰/۴۷ b
TMEn ×DAA_R	۶/۳۷ b	۳/۸۷ b	۲/۵۰	۰/۵۸	۰/۲۹	۰/۴۹ a
TAA_F×TAA_R	۷/۳۷ b	۴/۷۵	۲/۶۲	۰/۵۹	۰/۲۷	۰/۴۶
TAA_F×DAA_R	۷/۶۲ b	۵/۲۵	۲/۳۷	۰/۵۸	۰/۲۷	۰/۴۷
DAA_F×TAA_R	۸/۸۷ a	۵/۲۵	۳/۶۲	۰/۶۰	۰/۲۸	۰/۴۶
DAA_F×DAA_R	۷/۳۷ b	۴/۶۲	۲/۷۵	۰/۵۹	۰/۲۷	۰/۴۶
AMEn × TAA_F×TAA_R	۷/۲۵	۴/۵۰	۲/۷۵	۰/۵۹ abc	۰/۲۸ ab	۰/۴۷ c
AMEn ×TAA_F×DAA_R	۸/۲۵	۶/۰۰	۲/۲۵	۰/۶۰ ab	۰/۲۶ b	۰/۴۳ ef
AMEn × DAA_F× TAA_R	۸/۷۵	۴/۷۵	۴/۰۰	۰/۶۱ a	۰/۲۶ b	۰/۴۳ f
AMEn ×DAA_F×DAA_R	۹/۰۰	۶/۰۰	۳/۰۰	۰/۵۸ bc	۰/۲۷ b	۰/۴۶ cd
TMEn × TAA_F×TAA_R	۷/۵۰	۵/۰۰	۲/۵۰	۰/۵۹ abc	۰/۲۷ b	۰/۴۶ de
TMEn ×TAA_F×DAA_R	۷/۰۰	۴/۵۰	۲/۵۰	۰/۵۷ c	۰/۲۹ a	۰/۵۱ a
TMEn × DAA_F×TAA_R	۹/۰۰	۵/۷۵	۲/۲۵	۰/۵۹ abc	۰/۲۹ a	۰/۴۹ b
TMEn ×DAA_F×DAA_R	۵/۷۵	۳/۲۵	۲/۵۰	۰/۶۰ ab	۰/۲۸ ab	۰/۴۷ c
انحراف استاندارد میانگین (SEM)	۰/۴۱	۰/۳۳	۰/۲۰	۷۰۳	۰/۷۳	۰/۰۱

هتروفیل به لمفوسیت کمتر باشد) سیستم ایمنی در حیوان قوی‌تر است (۳۸). در تحقیق حاضر افزایش سطح انرژی جیره (استفاده از سیستم AMEn) و تأمین اسیدهای آمینه بیشتر از مقدار نیازمندی استاندارد (استفاده از سیستم DAA_F×TAA_R) باعث تقویت سیستم ایمنی جمعیت مورد مطالعه شد. این در حالی بود که این شیوه‌های جیره‌نویسی، عملکرد تولیدی بهتری به دنبال نداشتند در واقع همان‌طور که از نتایج برمی‌آید مقادیر نیاز سیستم ایمنی به انرژی و اسیدهای آمینه جهت فعالیت بهتر، بیش از احتیاجات رشد بهینه است. گزارش شده است که استفاده از سطوح بالاتر اسیدهای آمینه دخیل در روند ایمنولوژیک (نظیر آرژنین، لیزین و اسیدهای آمینه گوگرددار) می‌تواند باعث بهبود عملکرد سیستم ایمنی و لذا سلامت پرنده شود (۲۱،۲۵). لذا طیور جهت دست‌یابی به پاسخ قوی‌تر در مواجهه با پاتوژن‌ها به سطح بیشتری از اسیدهای آمینه نیاز دارند. اگرچه در پی انجام برخی تحقیقات نیز مشاهد شده که پاسخ ایمنی در جوجه‌هایی که با جیره‌های کم کالری تغذیه شده بودند در مقایسه با جوجه‌های شاهد تفاوتی نداشت (۴)، که این نتیجه‌گیری با نتایج پژوهش حاضر در تناقض است. Golian و همکاران در سال ۲۰۱۰ گزارش کرد که با افزایش پلکانی انرژی جیره از ۲۹۰۰ Kcal به ۳۲۰۰ Kcal، عیار آنتی‌بادی علیه SRBC به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. Paraharaj و همکاران در سال ۱۹۹۷ عنوان نمودند که غلظت پایین مواد مغذی در جیره پاسخ ایمنی برابر و حتی گاهی بیشتر از سطوح عادی مواد مغذی ایجاد می‌کند. Korver و همکاران در سال ۱۹۹۸ بیان داشت که تغذیه از جیره‌های کم انرژی (۲۹۰۰Kcal) باعث کاهش عملکرد تولیدی در برابر جیره‌های پر انرژی (۳۲۰۰Kcal) می‌شود

در حالی که تأثیری بر کارایی سیستم ایمنی ندارد. نتایج تحقیق حاضر مغایر با گزارشات فوق بود، اگرچه اختلاف کالری انرژی جیره‌های تحقیق حاضر کمتر از اختلاف کالری جیره در این مطالعات بود. بین افزایش سرعت رشد و سیستم ایمنی همبستگی منفی وجود دارد (۲۸)، اکثر تحقیقات عنوان داشته‌اند که پاسخ ایمنی در جوجه‌هایی که سریع‌تر رشد می‌کنند نسبت به آن‌هایی که رشد کندتری دارند، ضعیف‌تر است (۲،۹،۳۵). Sklan و همکاران در سال ۱۹۹۴ اعلام کردند که اگر بدنبال ایجاد یک سیستم ایمنی قدرتمند و کارآمد در طیور هستیم باید سطوح بالاتری از مواد مغذی را نسبت به جیره‌های معمول در اختیار پرنده قرار دهیم.

رابطه مستقیمی بین اجزای اصلی سیستم ایمنی مانند غدد لمفاوی، تیموس طحال و سیستم عصبی مرکزی وجود دارد. سیستم ایمنی تغییرات فیزیولوژیک و متابولیک را از طریق سیستم عصبی دریافت کرده و عکس العمل نشان می‌دهد (۲۲). همچنین هورمون‌ها از یک سو تحت تأثیر واسطه‌های متابولیک قرار می‌گیرند و از سوی دیگر باعث تقویت (هورمون رشد و تیروئید) و یا تضعیف (کورتیکوسترون) سیستم ایمنی می‌شوند (۶)، بنابراین پاسخ‌های ایمنی کاملاً تحت تأثیر تغذیه و سطوح مختلف مواد مغذی جیره قرار می‌گیرند.

غلظت انرژی جیره به طور غیر مستقیم بر خوراک مصرفی و لذا سرعت رشد تأثیر دارد، علاوه بر این فعالیت هورمون‌هایی که روی سیستم ایمنی تأثیر دارند مثل تیروکسین، کورتیکواستروئیدها و کاته‌کولامین‌ها نیز تحت تأثیر انرژی جیره قرار دارند (۱۳،۱۸). افزایش سرعت رشد معمولاً در جوجه‌هایی مشاهده می‌شود که سطح گلوکز خون‌شان در مقایسه با جوجه‌های با رشد کندتر، بالاتر است (۶). اگرچه افزایش سطح گلوکز خون، متابولیت لازم جهت رشد سریع‌تر را فراهم می‌کند، ولی هم‌زمان باعث افزایش ترشح کورتیکوسترون از غدد آدرنال شده که این هورمون باعث تضعیف سیستم ایمنی می‌شود. بنابراین می‌توان یکی از دلایل کاهش پاسخ ایمنی در تیمارهای TMEn در تحقیق حاضر را می‌توان به این موضوع نسبت داد. بخشی از فعالیت سیستم ایمنی از طریق افزایش تولید سایتوکاین‌ها و تکثیر لمفوسیت‌ها صورت می‌گیرد که این فرایندها به شدت انرژی‌خواه هستند (۱۹). لذا پرندگان وقتی در معرض پاتوژن‌ها قرار می‌گیرند، برای تولید سلول‌های سیستم ایمنی و آنتی‌بادی‌ها نیازمند انرژی بیشتری هستند (۳۱)، که این انرژی به عنوان بخشی از انرژی نگهداری قلمداد شده و می‌باید از طریق جیره تأمین شود.

سیستم ایمنی برای اجرای وظایف خود مجموعه متنوعی از سلول‌ها و آنتی‌بادی‌ها را در اختیار دارد که این مواد ساختار پروتئینی دارند. پس ضعف سیستم ایمنی ممکن است بر اثر کاهش قابلیت دسترسی به اسیدهای آمینه لازم جهت سنتز پروتئین‌های ضروری این سیستم، ایجاد شود (۷). متیونین، لیزین و آرژنین آمینو اسیدهایی هستند که نقش اساسی در فعالیت سیستم ایمنی ایفا می‌کنند. متیونین از طریق شرکت در سنتز پروتئین‌ها، تحریک تکثیر سلول‌های T و به عنوان پیش‌ساز گلوتاتیون، آرژنین از طریق شرکت در سیستم نیتریک اکساید و لیزین با تحریک تکثیر سلول‌های سیستم ایمنی و آنتی بادی‌ها در فعالیت سیستم ایمنی دخالت می‌کنند (۴۲). هنگامی که این سیستم با عوامل بیماریزا مواجه می‌شود، بخش اعظم افزایش در احتیاجات مواد مغذی طی دوره تنش در پی افزایش تولید پروتئین‌های ضمیمه توسط سیستم ایمنی، رخ می‌دهد. به عنوان مثال سیستم ایمنی در شرایط عادی، حدود ۱/۲٪ از کل لیزین جیره را به خود اختصاص می‌دهد در حالی که در شرایط تنش نیاز به لیزین ممکن است تا ۶ برابر افزایش یابد (۲۲). بنابراین هر کدام از سیستم‌های جیره‌نویسی که بتواند دقیق‌تر نیازهای تولیدی و فیزیولوژیک طیور را برآورد کند، برای تنظیم جیره‌های غذایی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در تحقیق حاضر، تیمارهایی توانستند پاسخ قوی‌تری نسبت به SRBC بدهند که از جیره‌های حاوی سطوح بالای پروتیئن تغذیه شده بودند.

نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادها: بهگزینی برای افزایش سرعت رشد در طیور، باعث تقویت فرایندهای متابولیک و فیزیولوژیک در راستای استفاده از خوراک شده و گسیل شدن مواد مغذی را به سمت تولید در پی خواهد داشت، بنابراین سهم کمتری از مواد مغذی جیره به سایر سیستم‌های حیاتی بدن اختصاص داده خواهد شد. در تحقیق حاضر استفاده از سیستم‌های TMEn و DAA جهت جیرنویسی، اگرچه از یک سو باعث بهبود عملکرد تولیدی می‌شوند ولی از سوی دیگر تضعیف پاسخ‌های ایمنی را به دنبال دارند. لذا پیشنهاد می‌شود در شرایط عادی پرورش، جیره‌های غذایی براساس سیستم‌های TMEn و DAA تنظیم شوند، ولی در مواقعی که احتمال ایجاد تنش وجود دارد جهت اطمینان از تقویت و بهبود سیستم ایمنی از سطوح بالاتر انرژی و اسیدآمینه در جیره استفاده شود.

تشکر و قدردانی

از مسئولین بخش تحقیقات طیور موسسه تحقیقات علوم دامی کشور به دلیل فراهم نمودن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش سپاس‌گزاری می‌شود.

References

1. Bateman, A., Roland, D.A., Bryant, M. (2008) Optimal methionine + cysteine / lysine ratio for first cycle of egg production in commercial leghorns. In J Poult Sci. 7: 932-939.
2. Boa-Amponsem, K., Dunnington, E.A., Baker, K.S., Siegel, P.B. (1999) Diet and immunological memory of lines of white Leghorn chickens divergently selected for antibody response to sheep red blood cells. Poult Sci. 78: 165-170.

3. Cheema, M.A., Qureshi, M.A., Havenstein G.B. (2003) A comparison of the immune response of 2001 commercial broiler with a 1957 random bred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. Poult Sci. 82: 1519-1529.
4. Cook, M.E. (1991) Nutrition and the immune response of the domestic fowl. Crit Rev Poultry Biol. 3: 167-189.
5. Dasgupta, M., Shaekey, J.R., Wu, G. (2005) Inadequate intakes of indispensable amino acids among homebound older adults. J Nut Elderly. 24: 85-99.
6. Davison, F., Kaspers, B., Schat, K.A. (2008) Avian Immunology. (1th ed.) Published by Elsevier Ltd. San Diego, USA.
7. Davison, T.F. (2003) The immunologists' debt to the chicken. British Poultry Science. 44: 6-21.
8. Dozier, W.A., Corzo, A., Kidd, M.T., Branton S.L. (2007) Dietary apparent metabolizable energy and amino acid density affects on growth and carcass traits of heavy broilers. Poul Sci. 16: 192-205.
9. Emara, M.G., Lapierre, R.R., Greene, G.M., Knieriem, M., Rosenberger, J.K. Pollock, D.L., Sadjadi, M., Kim, C.D., Lillehoj, H.S. (2002) Phenotypic variation among three broiler pure lines for Marek;s disease, coccidiosis and antibody response to sheep red blood cells. Poult Sci. 81: 642-648.
10. Farrell, D.J., Mannion, P.F., Perez-Maldonado, R.A. (1999) A comparison of total and digestible amino acid in diets for broilers and layers. Anim Feed Sci Technol. 82: 131-142.
11. Friedman, A., Sklan, D. (1997) Effects of retinoids on immune responses in birds. World Poult Sci J. 53:186-195.
12. Golian, A., Zaghari, M., Pilevar, M. (2010) Influence of various levels of energy and protein on performance and humoral immune responses in broiler chicks. Global Veterinaria. 4: 434-440.
13. Harms, R.H., Russell, G.B., Sloan, D.R. (2000) Performanceof four strains of commercial layers withmajor changes dietary energy. J Appl Poult Res. 9:535 - 541.
14. Havenstein, G.B., Ferket. P.R, Scheideler, S.E., Larson. B.T. (1994) Growth livability and feed conversion of 1957 vs. 1991 broiler when fed typical 1957 and 1991 broiler diets. Poult Sci. 73: 1785-1794.
15. Humphrey, B.D., Stephensen, C.B., Calvert, C.C., Klasing, K.C. (2006) Lysine deficiency and feed restrition independently alter cationic amino acid transporter expression in chickens. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A. 143: 218- 227.
16. Isakov, N., Feldmann, M., Segel, S. (2005) The mechanism of modulation of humoral immune responses after injection of mice with SRBC. J Immunology. 128: 969-975.
17. Javanrouh Aliabad, A., Seyedabadi, H., Taheri Dezfuli, B. (2011) Association of insulin-like growth factor-I gene with body comosition traits in Iranian commercial broiler lines. World App Sci J. 14: 71-76.
18. Jiachang Y., Lei, L., Sheikhahmadi, A., Yufeng, W., Congcong, L., Hongchao, J., Hai, L., Zhigang, S. (2015) Effects of Corticosterone and Dietary Energy on Immune Function of Broiler Chickens. PLOS ONE. 10: e0119750.
19. Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M.A., Mahmood, S., Babar, M.E., Ahmed, S. (2008) Effect of low-protein dietshaving constant energy-to-protein ratio on performance andcarcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-fivedays of age. Poult Sci. 87: 468-474.
20. Khaksar, V., Golian, A. (2009) Comparison of ileal digestibleversus total amino acid feed formulation on broiler performance. J Anim Vet Adv. 8: 1308-1311.
21. Kidd, M.T. (2004) Nutritional modulation of immune function in broilers. Poult Sci. 83: 650-657.
22. Klasing, K.C. (2007) Nutrition and the immune system. Gordon Memorial Lecture. Br Poult Sci. 48: 525-537.
23. Klasing, K.C. (1998) Nutritional modulation of resistance to infectious disease. Poult Sci. 77: 1119-1125.
24. Konashi, S., Takahashi, K., Akiba, Y. (2000) Ef-

fects of dietary essential amino acid deficiencies on immunological variables in broiler chickens. Br J Nut. 83: 449-456.
25. Korver, D.R., Roura, E., Klasing, K.C. (1998) Effect of dietary energy level and oil source on broiler performance and response to an inflammatory chanllenge. Poult Sci. 77: 1217-1227.
26. Kreukniet, M.B., Nieuwland, M.G.B., Van Der Zijpp, A.J. (1994) Phagocytic activity of two lines of chichens divergently selected for antibody production. Vet Immunol Immunopathol. 44: 377-387.
27. Leeson, L. (2011) Feed Stuffs and Reference Issue and Buyer Guide 2012: Nutr and Heal Poult. p. 52-60.
28. Lesson, S., Caston, L., Summers J.D. (1996) Broiler response to diet energy. Poult Sci. 75: 529-535.
29. Lochmiller, R.L., Deerenberg, C. (2000) Trade-offs in evolutionary immunology: Just what is the cost of immunity. Oikos. 88: 87-98.
30. Maiorka, A., Dahlke, F., Santin, E., Kessler, A.M., Penz, J.R.A.M. (2004) Effect of energy levels of diets formulated ontotal digestible amino acid basis on broiler performance. Braz J Poult Sci. 6: 87-91.
31. Mashaly, M.M., Heetkamp, M.J.W., Parmentier, H. K., Schrama, J.W. (2000) Influence of genetic selection for antibody production against sheep blood cells on energy metabolism in laying hens. Poult Sci. 79: 519- 524.
32. Miller, L.L., Siegel, P.B., Dunnington, E.A. (1992) Inheritance of antibody response to sheep erythrocytes in line of chickens divergently selected for fifty six days body weight and their crosses. Poult Sci. 71: 47-52.
33. Paraharaj, N.K., Dunnigton. E.A, Gross., Siegel, W.B. (1997) Dietary effects on immune response of fat fast growing chicks to inoculation of sheep erythrocytes and *Escherichia coli*. Poult Sci. 76: 244-247.
34. Parmentier, H.K., Nieuwland, M.G.B, Rijke., E. De Vries Reilingh, G., Schrama, J.W. (1996) Divergent antibody responses to vaccines and divergent body weight of chicken line selected for high and low humoral responsiveness to sheep red blood cells. Avian Dis. 40: 634-644.
35. Roa, S.V., Praharaj, N.K., Reddy, M.R., Sridevi, B. (1999) Immune competence resistant to *Escherichia coli* and growth in male broiler parent chicks fed different levels of crude protein. Vet Res Commun. 23: 323-326.
36. Sheldon, B.L. (2000) Research and development in 2000: Directions and priorities for the World's Poultry Science Community. Poult Sci. 78: 147-158.
37. Sklan, D., Melamed, D., Friedman, A. (1994) The effect of varying levels of dietary vitamin A on immune response of the chick. Poultry Sci. 73: 843-847.
38. Sturkie, P.D. (1995) Avian Physiologhy (4th ed.) New York: Springer Verlag.
39. Wolynetz, M.S., Sibbald, I.R. (1984) Relationship between apparent and true metabolizable energy and the effect of the nitrogen correction. Poul Sci. 63: 1386-1399.
40. Zaghari, M. (2006) Formulation of broiler diets on a totalamino acid versus a digestible amino acid basis. J Appl Poult Res. 8: 534 - 539.
41. Zalkifli, I., Nor Azah, A. (2004) Fear and stress reactions and the performance of commercial broiler chickens subjected to regular pleasant and unpleasant contacts with human being. Appl Anim Behav Sci. 88: 77-87.
42. Zeng, L., Long, Y., Defa, L., Sung W. K., Guoyao, W. (2007) Amino acids and immune function. Br J Nutr. 98: 237252.

Study of immune system following use of different expression methods of energy and amino acids requirements in Arian broilers

Yari, P.[1], Yaghobfar, A.[2*], Papi, N.[2], Mirzaie Goudarzi, S.[3], Ahmadi, M.[4]

[1]Yong Researcher and Elite Club,Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran
[2]Animal Science Research Institute, Karaj, Iran
[3]Department of Animal Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[4]Department of Animal Science, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran
(Received 4 October 2016, Accepted 16 January 2017)

Abstract:

BACKGROUND: Despite the fact that immune responses are influenced by dietary nutrients, feed formulation is mainly based on the productive responses, so the immunity indexes were ignored. **OBJECTIVES:** This study was carried out to determine the effects of diets formulation based on different expression systems of energy and amino acids of feeds and requirements on performance and immune responses of Arian chicks. **METHODS:** A total of 1440 Arian chicks were fed eight diets arranged in a 2×2×2 factorial design with 2 systems of energy expression (AMEn and TMEn), 2 methods of amino acids content of feeds (TAA_F and DAA_F) and 2 methods of amino acids requirement (TAA_R and DAA_R) from 1 to 42 days of age. Each treatment was replicated six times with each replicate consisting of 15 males and 15 females. **RESULTS:** The results showed that when the Feed formulation was based on TMEn and DAA, the productive parameters increased compared with AMEn and TAA ($p<0.05$). **CONCLUSIONS:** Selection for increase the growth rate in poultry, improve metabolic and physiological processes in order to use the feed. Therefore, lower proportions of nutrients will be allocated to other vital systems. However, the most suitable immune responses were observed in chicks that were fed diets which were set based on AMEn and received high level of amino acids. There is a negative correlation between immune responses and productive parameters. It is recommended that in normal conditions TMEn and DAA be used and in stress conditions AMEn and $DAA_F \times TAA_R$ be added to feed formulation.

Keyword: feed formulation, immune responses, broiler chicks

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Experimental diets (Starter: 1-21d).

Table 2. Experimental diets (Finisher: 22-42d).

Table 3. Effects of feed formulation systems on performance (1-42d). [1] Means within Colum with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Effects of feed formulation on immune system parameters (42d). [1] Means within Colum with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

***Corresponding author's email: yaghobfar@yahoo.com, Tel: 026-43370762, Fax: 026-34413258**