نشریه آموزشی- پژوهشی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور
فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی
شماره ۲۱، زمستان ۱۳۹۵
ص‌ص: ۶۷~۸۰

اثرات مکمل ال- گلوتامین بر عملکرد و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی

• امیرحسین علیزاده قمصری (نویسنده مسئول)[۱]، حسن نصیری مقدم[۲]، احمد حسن آبادی[۳]، اکبر یقوبفر[۴]، سید عبدالله حسینی[۵]، رضا طرقی[۶]

۱- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استاد گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استاد پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۵- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۶- دانشیار مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی، شعبه شمال شرق کشور، مشهد

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۲۴۱۴۳۳
Email: amir3279@gmail.com

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثرات افزودن سطوح مختلف مکمل ال- گلوتامین به جیره غذایی بر صفات تولیدی و پاسخ‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی انجام شد. تعداد ۱۹۲ جوجه خروس گوشتی یک روزه از سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تیمار، ٤ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر واحد آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی از نظر مقدار انرژی و پروتئین مشابه و دارای سطوح مختلف مکمل ال- گلوتامین (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) به ترتیب در گروه شاهد و سه گروه دیگر آزمایشی بود که در دوره آغازین (۰ تا ۲۱ روزگی) در اختیار جوجه‌های گوشتی قرار گرفت. نتایج نشان داد میانگین افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی در اثر مصرف جیره دارای ۱ درصد مکمل گلوتامین در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی داری بهبود یافت. افزودن مکمل گلوتامین به جیره تا سطح ۱ درصد، سبب بهبود معنی دار وزن نسبی طحال و تیموس، تقویت واکنش ازدیاد حساسیت پوستی، افزایش تکثیر لنفوسیت‌ها و کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت پس از تنش وزن‌کشی شد. در جوجه‌هایی که ۱ درصد مکمل گلوتامین دریافت کردند، تیتر اولیه و ثانویه آنتی‌بادی تام در پاسخ به تزریق گلبول قرمز گوسفندی و نیز تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس بیماری‌های نیوکاسل و برونشیت عفونی به طور معنی داری افزایش یافت. بر اساس نتایج این آزمایش، افزودن حداکثر ۱ درصد مکمل گلوتامین به جیره سبب بهبود عملکرد و تقویت پاسخ‌های ایمنی سلولی و هومورال جوجه‌های گوشتی شد.

واژه‌های کلیدی: ال- گلوتامین؛ پاسخ‌های ایمنی؛ جوجه گوشتی؛ عملکرد

Applied Animal Science Research Journal No 21 pp: 67-80

Nutritional status of the replacement heifer in industrial dairy farms of Zanjan province

By: 1-Amir Hossein Alizadeh-Ghamsari, Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran,
2-Hassan Nassiri Moghaddam, Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3-Ahmad Hassanabadi, Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
4-Akbar Yaghobfar, Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
5-Seyyed Abdullah Hosseini, Associate Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
6-Reza Toroghi, Associate Professor, Razi Vaccine and Serum Research Institute, Northeastern branch, Mashhad, Iran

This experiment was conducted to evaluate the effects of dietary L-glutamine (Gln) supplementation on performance and immune responses of broiler chickens. One hundred-ninety two day-old male broilers (Ross strain) were used in a completely randomized design with 4 treatments and 4 replicates of 12 birds each. Experimental treatments were included different levels of supplemental Gln (0, 0.5, 1.0 and 1.5%) in control and treatment groups, respectively and were fed in the starter period (day 1-21). The results showed birds received 1% Gln showed significant higher average daily weight gain (ADWG) in comparison with control. Dietary Gln inclusion up to level of 1% significantly improved relative weight of spleen and thymus, cutaneous hypersensitivity reaction, lymphocyte percentage, and decreased heterophile to lymphocyte ratio after weighing stress. Antibody titers against Sheep Red Blood Cell (SRBC), Newcastle (ND) and infectious bronchitis disease (IBD) viruses were significantly increased in birds received 1% of Gln. Based on the results of this experiment, dietary Gln inclusion up to level of 1% improved performance and cellular and humoral immune responses of broiler chickens.

Key words: L-glutamine; Broiler; Immune responses; Performance

مقدمه

اهمیت توسعه به‌موقع دستگاه گوارش و سیستم ایمنی برای دستیابی به عملکرد بهینه و مقاومت جوجه‌های گوشتی در برابر بیماری‌ها از یک سو و نقش عمده‌ای که تغذیه و برخی مواد مغذی در توسعه و عملکرد مناسب آنها دارند، سبب شده تا توجه ویژه‌ای به استفاده از مکمل‌های خوراکی که اثرات سودمندی در این حوزه‌ها داشته باشند، صورت گیرد.

ال- گلوتامین فراوان‌ترین اسید آمینه آزاد موجود در پلاسمای خون و ماهیچه‌های اسکلتی است که حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد کل اسیدهای آمینه آزاد بدن را تشکیل می‌دهد (موراکامی و همکاران، ۲۰۰۷). گلوتامین ماده اصلی انرژی‌زا برای بسیاری از سلول‌های دارای نرخ سوخت‌وساز و سرعت تکثیر بالا از جمله انتروسیت‌ها، هپاتوسیت‌ها، لنفوسیت‌ها، ماکروفاژها و فیبروبلاست‌ها است (ملیس و همکاران، ۲۰۰۴) و در شرایط تنش‌زا مانند جراحت و عفونت اسید آمینه ضروری محسوب می‌شود (نیوزهلم، ۲۰۰۱).

در گذشته بیشتر اثرات مثبت گزارش شده برای گلوتامین مربوط به افزودن این مکمل به غذای انسان و موش بود، به عنوان نمونه، هلتون و همکاران (۱۹۹۰) دریافتند که مقادیر بالای گلوتامین در غذا، اثر مثبتی بر وزن روده‌ها و میزان DNA و پروتئین در بافت پوششی رودهٔ کوچک و لوزالمعده انسان داشت و به تحریک رشد مخاط روده کمک کرد. آدجی و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که در موش‌های دچار چالش ایمونولوژیکی، گلوتامین مانع از افزایش نفوذپذیری بافت روده نسبت به باکتری‌ها شد. وو و

همکاران (۱۹۹۶) نتیجه گرفتند که مکمل‌سازی جیره با گلوتامین تحلیل رفتن پرزهای ژژنوم را کاهش و میانگین افزایش وزن را بهبود داد که احتمالاً به دلیل تغذیه مناسب بافت روده و عدم نیاز به تجزیه بافت ماهیچه‌ای برای تأمین گلوتامین بود. گلوتامین در محیط آزمایشگاهی عملکرد میتوکندریایی و فعالیت فاگوسیتوزی نوتروفیل‌ها را بهبود داد (پیتون‌کوری و همکاران، ۲۰۰۳).

در دهه اخیر علاقه به بررسی اثرات افزودن گلوتامین به جیره غذایی طیور نیز افزایش یافت. به‌عنوان نمونه یی و همکاران (۲۰۰۱ب) نشان دادند که افزودن یک درصد گلوتامین به جیره جوجه‌بوقلمون‌ها در هفته اول دوره پرورش، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی را در مقایسه با تیمار شاهد (ذرت- سویا) بهبود داد. اما در پژوهش دیگر، استفاده از یک درصد مکمل گلوتامین تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن، افزایش وزن و مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی نداشت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در سنین ۳، ۷ و ۱۴ روزگی تحت تأثیر تیمار قرار نگرفت (یی و همکاران، ۲۰۰۱الف). در مقابل یی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تغذیه با جیره دارای مکمل گلوتامین، عملکرد جوجه‌های گوشتی را افزایش و میزان تلفات را کاهش داد. همچنین بارتل و باتال (۲۰۰۷) نشان دادند که افزودن یک درصد گلوتامین به جیره جوجه‌های گوشتی باعث بهبود افزایش وزن و وزن نسبی اندام‌های گوارشی در سن ۲۱ روزگی شد، ولی افزودن چهار درصد مکمل درصد گلوتامین عملکرد را کاهش داد. در سال‌های اخیر عبادی‌اصل (۲۰۱۱) گزارش کرد مکمل گلوتامین تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و ریخت‌شناسی رودهٔ کوچک جوجه‌های گوشتی نداشت؛ اما پژوهشگران دیگر، بهبود برخی پاسخ‌های ایمنی (سلطان، ۲۰۰۹)، میانگین وزن بدن (دای و همکاران، ۲۰۱۱) و ترشح آنزیم‌های گوارشی (دوی‌پریا و همکاران، ۲۰۱۰) در نتیجه افزودن مکمل گلوتامین به جیره را گزارش نمودند. بنابراین انجام پژوهش‌های بیشتر به منظور تأیید یا رد نتایج به‌دست آمده و در نهایت تعیین سطح بهینه این مکمل برای جوجه‌های گوشتی ضروری به نظر می‌رسد. لذا آزمایش حاضر برای بررسی تأثیر افزودن سطوح مختلف مکمل گلوتامین به جیره بر عملکرد و پاسخ‌های ایمنی سلولی و هومورال جوجه‌های گوشتی طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش که در تابستان ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات طیور دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد، ۱۹۲ قطعه جوجه‌خروس گوشتی یک روزه از سویه تجاری راس ۳۰۸ مورد استفاده قرار گرفت. برای هر واحد آزمایشی، تعداد ۱۲ قطعه جوجه نر پس از تفکیک جنس به سالن پرورش انتقال یافته و به‌طور تصادفی در ۱۶ جایگاه (پن) به ابعاد ۱/۲×۱/۲ متر و بر روی بستر تراشهٔ چوب به ضخامت تقریبی ۵ سانتی‌متر قرار گرفتند. هر جایگاه مجهز به یک آب‌خوری و یک دان‌خوری آویز بود. پرندگان در تمام دورهٔ آزمایش دسترسی آزادانه به آب و خوراک داشتند. چهار تیمار خوراکی مورد استفاده در این پژوهش شامل: جیرهٔ غذایی بر پایه ذرت- سویا و فاقد مکمل گلوتامین (تیمار شاهد) و جیره‌های غذایی بر پایه ذرت- سویا و به ترتیب دارای مقادیر ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد مکمل ال-گلوتامین بودند. به دلیل نقش موثر گلوتامین در رشد و توسعه اندام های گوناگون به ویژه در سه هفته ابتدای دوره پرورش و با در نظر گرفتن نتایج تحقیقات قبلی (یی و همکاران، ۲۰۰۱الف و ب؛ بارتل و باتال، ۲۰۰۷؛ دای و همکاران، ۲۰۱۱) در تیمارهای دارای گلوتامین، این مکمل تا سن ۲۱ روزگی در جیره لحاظ شد. جیره‌های غذایی در تمام دوره آزمایش (سن ۱ تا ۴۲ روزگی) مطابق توصیه‌های انجمن ملی تحقیقات (۱۹۹۴) تنظیم و از نظر انرژی و پروتئین خام مشابه بودند. پیش از تنظیم جیره‌ها، مقدار پروتئین خام و برخی از اسیدهای آمینه ذرت و کنجاله سویا بر اساس روش‌های توصیه شده توسط‌انجمن ملی شیمی تجزیه (۲۰۰۶) تعیین شد. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی در دوره آغازین (۱ تا ۲۱ روزگی) و رشد (۲۲ تا ۴۲ روزگی) در جدول ۱ ارائه شده است. در مدت انجام آزمایش مقدار خوراک مصرفی و وزن بدن به‌طور هفتگی ثبت و میزان افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در پایان روزهای ۲۱ و ۴۲ دوره پرورش محاسبه شد. تلفات در هر روز ثبت و میزان خوراک مصرفی بر مبنای آن تصحیح شد. در روزهای ۲۱ و ۴۲ دوره

پرورش، یک پرنده از هر تکرار که به میانگین وزنی پن نزدیک بود، توزین، ذبح و وزن نسبی اندام های سیستم ایمنی (تیموس، بورس فابریسیوس و طحال) به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد.

در سن ۴۲ روزگی، از ورید زیر بالِ دو قطعه پرنده به ازای هر تکرار، خون‌گیری به عمل آمد و از این نمونه‌های خون که آغشته به ماده ضدّ انعقاد هپارین بودند، برای شمارش تفریقی گلبول‌های سفید شامل تعداد لنفوسیت، هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت با روش رنگ‌آمیزی گیمسا استفاده شد (لوکاس و جامروز، ۱۹۶۱). برای ارزیابی پاسخ ایمنی سلولی از آزمون ازدیاد حساسیت پوستی استفاده شد (کوریر و دی‌لوچ، ۱۹۹۰)؛ به این ترتیب که در روز چهاردهم دوره پرورش، مقدار ۱۰۰ میکروگرم فیتوهماگلوتینین فسفاتی (PHA-P)، در ۰/۱ میلی‌لیتر سرم نمکی استریل حل شده و به‌عنوان محرّک تکثیر سلولی به پنجه پای راست پرنده و بین انگشت دوم و سوم تزریق شد (دو پرنده به ازای هر تکرار). به همین میزان سرم نمکی استریل به‌عنوان شاهد به پنجه پای مخالف تزریق شد. میزان تورّم پوست بعد از گذشت ۲۴ ساعت از زمان تزریق با استفاده از یک میکرومتر بسیار حساس اندازه‌گیری شد و سپس از تفاضل میزان تورّم پوست در دو پا، واکنش ازدیاد حساسیت پوستی به‌صورت کمّی مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای ارزیابی پاسخ ایمنی هومورال پرندگان در برابر تزریق گلبول قرمز گوسفندی، در روز ۲۵ دوره پرورش، مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر سوسپانسیون ۱۰ درصد SRBC از طریق ماهیچه سینه به دو قطعه جوجه از هر پن تزریق شد. تزریقات در روز ۳۲ دوره پرورش مجدداً تکرار گردید (به همان دو پرنده‌ای که از طریق رنگ کردن بال مشخص شده بودند). نمونه سرم خون پرندگان بعد از گذشت ۷ روز از هر نوبت تزریق، با خون‌گیری از سیاهرگ زیر بال جمع‌آوری و برای ارزیابی تیتر اولیه و ثانویه آنتی‌بادی از روش توصیف شده توسط واندرزیپ و لینسترا (۱۹۸۰) استفاده شد. برای ارزیابی تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس بیماری نیوکاسل، در روز ۷ دوره پرورش، جوجه‌ها از طریق قطرهٔ چشمی علیه سویه B_1 ویروس بیماری نیوکاسل مورد واکسیناسیون قرار گرفتند. در سن ۱۷ روزگی نیز واکسن نیوکاسل لاسوتا به‌صورت آشامیدنی در اختیار جوجه ها قرار گرفت. در روز ۳۲ دوره پرورش، نمونهٔ خون دو پرنده از هر قفس از سیاهرگ زیر بال جمع‌آوری و پس از جداسازی سرم، برای ارزیابی تیتر آنتی‌بادی به روش مهار هماگلوتیناسیون که توسط مارکوآرت و همکاران (۱۹۸۴) توصیف شده، به آزمایشگاه منتقل شد. برای ارزیابی ایمنی پرندگان در برابر ویروس بیماری‌های برونشیت و گامبورو در سن ۱۲ روزگی، جوجه‌ها از طریق قطرهٔ چشمی واکسن بیماری برونشیت عفونی طیور و در سن ۱۵ روزگی، به صورت زیرجلدی واکسن گامبورو را دریافت کردند. واکسیناسیون علیه گامبورو در سن ۲۱ روزگی به‌صورت آشامیدنی تکرار شد. نمونه‌های سرم خون دو پرنده از هر تکرار در سنین ۳۲ و ۳۹ روزگی از طریق سیاهرگ زیر بال جمع‌آوری و با روش الایزا از نظر تیتر آنتی‌بادی مورد بررسی قرار گرفت (کید و همکاران، ۲۰۰۱). در تمام مراحل سعی شد تا از هر پرنده بیش از یک‌بار در ارزیابی پاسخ‌های ایمنی استفاده نشود.

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار، ۴ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار انجام شد و مدل آماری آن به شرح ذیل بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij}: مقدار هر مشاهده، i: سطح مکمل گلوتامین (۴ سطح)، j: تعداد تکرار (۴ تکرار)، μ: میانگین جامعه، T_i: اثر i اُمین سطح گلوتامین، e_{ij}: خطای آزمایشی. داده‌ها ابتدا به کمک نرم‌افزار Excel مرتب شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۲) مورد تجزیه آماری قرار گرفت. داده‌های درصدی پیش از تجزیه آماری به آرک‌سینوس تبدیل شدند. مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. داده‌ها برای بررسی وجود روند خطی[1] یا درجه دوم[2] افزایشی- کاهشی بین سطوح تیمارها در صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۲) مورد تجزیهٔ اورتوگونال پلی‌نومیال قرار گرفت.

[1] linear
[2] quadratic

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های غذایی در دوره آغازین (۱ تا ۲۱ روزگی) و رشد (۲۲ تا ۴۲ روزگی)

اجزای تشکیل دهنده (درصد)	۱ تا ۲۱ روزگی				۲۲ تا ۴۲ روزگی
	درصد مکمل گلوتامین				
	صفر	۰/۵	۱	۱/۵	
ذرت	۵۴/۵۰	۵۵/۵۹	۵۶/۵۸	۵۷/۷۸	۶۱/۳۰
کنجاله سویا	۳۵/۴۸	۳۴/۳۲	۳۳/۰۶	۳۱/۹۰	۳۰/۳۸
روغن سویا	۴/۲۰	۴/۲۰	۴/۲۰	۴/۲۰	۴/۵۰
نمک طعام	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۷
دی‌کلسیم فسفات	۱/۷۳	۱/۷۴	۱/۸۹	۱/۸۲	۱/۶۳
سنگ آهک	۱/۳۴	۱/۳۴	۱/۴۰	۱/۳۷	۱/۰۶
بی‌کربنات سدیم	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
دی‌ال- متیونین	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۲۴
ال- لیزین هیدروکلرید	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۰۲
ال- ترئونین	–	–	۰/۰۲	۰/۰۳	–
مکمل ویتامینی[1]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مواد معدنی[2]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
شن شسته‌شده	۱/۵۰	۱/۰۰	۰/۵۰	–	–
ال- گلوتامین	–	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۵۰	–
ترکیب شیمیایی (محاسبه شده)					
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۱۵۷
پروتئین خام (درصد)	۲۱/۸۵	۲۱/۸۵	۲۱/۸۵	۲۱/۸۵	۱۹/۷۳
کلسیم (درصد)	۰/۹۹	۰/۹۹	۱/۰۴	۱/۰۱	۰/۸۵
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۲
سدیم (درصد)	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۵
لیزین (درصد)	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۰۵
متیونین + سیستین (درصد)	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۸۵
ترئونین (درصد)	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۷۵
گلوتامین (درصد)	۳/۲۱	۳/۶۳	۴/۰۴	۴/۴۷	۲/۹۱

[1] مکمل ویتامینی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر ذیل را تأمین نمود: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D_3، ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۳۶ میلی‌گرم؛ ویتامین K_3، ۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B_{12}، ۱/۶ میلی‌گرم؛ تیامین،۱/۵۳ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۷/۵ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۰ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۱/۵۳ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۰۳ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۱ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۲/۲۴ میلی‌گرم و اتوکسی‌کوئین، ۰/۱۲۵ میلی‌گرم.

[2] مکمل مواد معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر ذیل را تأمین نمود: آهن، ۲۵۰ میلی‌گرم؛ سولفات‌روی، ۸۴ میلی‌گرم؛ سولفات منگنز، ۱۶۰ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۶ میلی‌گرم؛ سولفات مس، ۲۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۲ میلی‌گرم و کبالت، ۰/۴ میلی‌گرم.

برای ارزیابی ایمنی پرندگان در برابر ویروس بیماری‌های برونشیت و گامبورو در سن ۱۲ روزگی، جوجه‌ها از طریق قطرهٔ چشمی واکسن بیماری برونشیت عفونی طیور و در سن ۱۵ روزگی، به صورت زیرجلدی واکسن گامبورو را دریافت کردند. واکسیناسیون علیه گامبورو در سن ۲۱ روزگی به‌صورت آشامیدنی تکرار شد. نمونه‌های سرم خون دو پرنده از هر تکرار در سنین ۳۲ و ۳۹ روزگی از طریق سیاهرگ زیر بال جمع‌آوری و با روش الایزا از نظر تیتر آنتی‌بادی مورد بررسی قرار گرفت (کید و همکاران، ۲۰۰۱). در تمام مراحل سعی شد تا از هر پرنده بیش از یک‌بار در ارزیابی پاسخ‌های ایمنی استفاده نشود.

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار، ۴ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار انجام شد و مدل آماری آن به شرح ذیل بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij}: مقدار هر مشاهده، i: سطح مکمل گلوتامین (۴ سطح)، j: تعداد تکرار (۴ تکرار)، μ: میانگین جامعه، T_i: اثر i اُمین سطح گلوتامین، e_{ij}: خطای آزمایشی. داده‌ها ابتدا به کمک نرم‌افزار Excel مرتب شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۲) مورد تجزیه آماری قرار گرفت. داده‌های درصدی پیش از تجزیه آماری به آرک‌سینوس تبدیل شدند. مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. داده‌ها برای بررسی وجود روند خطی[3] یا درجه دوم[4] افزایشی- کاهشی بین سطوح تیمارها در صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰۰۲) مورد تجزیهٔ اورتوگونال پلی‌نومیال قرار گرفت.

نتایج و بحث

اثر افزودن مکمل ال-گلوتامین به جیره بر میانگین افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ نشان داده شد. در دوره آغازین (۱ تا ۲۱ روزگی) و در کل دوره آزمایش (۱ تا ۴۲ روزگی)، استفاده از مکمل گلوتامین در جیره اثر معنی‌داری بر میانگین افزایش وزن روزانه داشت و روند تغییرات آن به دنبال افزودن سطح مکمل، از نوع درجه دوم بود (P<۰/۰۵). میانگین اضافه وزن روزانه پرندگانی که یک درصد مکمل گلوتامین دریافت کردند، بالاتر از تیمار شاهد بود (P<۰/۰۵). مصرف ۰/۵ و ۱/۵ درصد مکمل گلوتامین به ترتیب باعث افزایش و کاهش میانگین اضافه وزن روزانه شد، هرچند که این نتایج در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار نبود. روند تغییر میانگین خوراک مصرفی در نتیجه افزودن سطح مکمل گلوتامین، معنی‌دار و از نوع درجه دوم بود (P<۰/۰۵)؛ به‌طوری‌که مکمل گلوتامین تا سطح ۱ درصد سبب افزایش مصرف خوراک شد ولی در سطح ۱/۵ درصد آن را کاهش داد. میانگین ضریب تبدیل غذایی در طول دوره آزمایش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر افزودن مکمل گلوتامین به جیره قرار نگرفت؛ با این حال پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی در کل دوره، در پرندگانی مشاهده شد که با جیره دارای یک درصد مکمل گلوتامین تغذیه شدند. تلفات در کل دوره پرورش ۳/۱ درصد بود و تیمارهای آزمایشی اثری بر این شاخص نداشت.

بهبود میانگین افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی در این آزمایش به دنبال مصرف ۱ درصد مکمل ال-گلوتامین، با نتایج یی و همکاران (۲۰۰۵) و بارتل و باتال (۲۰۰۷) مطابقت داشت. این پژوهشگران گزارش کردند مکمل‌سازی جیره با ۱ درصد گلوتامین سبب بهبود معنی‌دار افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در مقایسه با تیمار شاهد شد. دوی‌پریا و همکاران (۲۰۱۰) و دای و همکاران (۲۰۱۱) نیز به‌ترتیب بهبود وزن بدن و افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در نتیجه مکمل‌سازی جیره با گلوتامین را گزارش کردند. در پژوهشی دیگر افزایش وزن جوجه‌بوقلمون‌های تغذیه شده با جیره دارای ۱ درصد مکمل گلوتامین در مقایسه با جوجه‌های تغذیه شده با تیمار شاهد بیشتر بود، هرچند این پدیده تنها در هفته اول پرورش مشاهده شد (یی و همکاران، ۲۰۰۱ب). بااین‌حال، در پژوهش یی و همکاران (۲۰۰۱الف) و عبادی‌اصل (۲۰۱۱) مکمل گلوتامین اثر معنی‌داری بر میانگین افزایش وزن جوجه‌های گوشتی نداشت. این تفاوت در یافته‌ها ممکن است به سبب تفاوت در شرایط پرورش، سویه مورد مطالعه یا شرایط مدیریتی باشد.

[3] linear
[4] quadratic

جدول ۲-تأثیر افزودن مکمل گلوتامین به جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

درصد افزودن مکمل گلوتامین به جیره	میانگین افزایش وزن روزانه (روز/ پرنده/گرم)			میانگین خوراک مصرفی روزانه (روز/ پرنده/گرم)			ضریب تبدیل غذایی (گرم/گرم)		
	سن (روز)			سن (روز)			سن (روز)		
	۱ تا ۲۱	۲۲ تا ۴۲	۱ تا ۴۲	۱ تا ۲۱	۲۲ تا ۴۲	۱ تا ۴۲	۱ تا ۲۱	۲۲ تا ۴۲	۱ تا ۴۲
صفر	۲۷/۲۶ b	۷۲/۷۳	۵۰/۰۰ b	۴۸/۳۹	۱۴۴/۰۱	۹۶/۲۰	۱/۷۹	۲/۰۰	۱/۹۳
۰/۵	۲۸/۲۰ b	۷۳/۶۰	۵۰/۹۰ ab	۵۲/۱۶	۱۴۴/۵۴	۹۸/۳۶	۱/۸۵	۱/۹۸	۱/۹۴
۱	۳۱/۹۴ a	۷۸/۷۱	۵۵/۳۲ a	۵۴/۲۳	۱۴۷/۱۵	۱۰۰/۶۹	۱/۷۱	۱/۸۷	۱/۸۲
۱/۵	۲۵/۵۴ b	۷۱/۸۰	۴۸/۶۷ b	۴۷/۶۵	۱۴۲/۰۲	۹۴/۸۳	۱/۸۷	۱/۹۸	۱/۹۵
خطای معیار میانگین	۱/۱۴۸	۳/۱۵۷	۱/۶۰۷	۱/۸۱۷	۱/۹۲۳	۱/۴۱۵	۰/۰۹۱	۰/۰۸۶	۰/۰۵۹
P-value	۰/۰۱۳	۰/۴۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۷۵	۰/۳۴۸	۰/۰۵۸	۰/۵۸۹	۰/۷۰۰	۰/۴۱۲
مقایسه اورتوگونال پلی‌نومیال (P-value)									
خطی	۰/۷۸۳۲	۰/۸۷۲۲	۰/۹۵۲۲	۰/۹۸۵۶	۰/۷۰۱۷	۰/۷۸۵۲	۰/۸۰۷۰	۰/۶۴۹۴	۰/۸۴۶۴
درجه دوم	۰/۰۰۷۷	۰/۲۴۲۳	۰/۰۳۶۹	۰/۰۱۴۶	۰/۱۶۶۳	۰/۰۱۵۱	۰/۵۶۸۹	۰/۴۶۶۰	۰/۳۴۱۴

[a,b] در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف لاتین مشابه نیستند، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

مکمل‌سازی جیره با گلوتامین اثر معنی‌داری بر میانگین خوراک مصرفی روزانه و ضریب تبدیل غذایی نداشت، با این حال ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌هایی که یک درصد گلوتامین دریافت کرده بودند، در طول آزمایش کمتر از سایر تیمارها بود. نتایج پژوهش‌های پیشین بهبود معنی‌دار بازده خوراک تحت تأثیر افزودن ۱ درصد مکمل گلوتامین به جیره را نشان داد (یی و همکاران،۲۰۰۱ب). افزودن گلوتامین به جیره می‌تواند به شیوه‌های گوناگون سبب بهبود عملکرد طیور شود که از جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: الف) این مکمل احتمالاً گلوتامین مورد نیاز روده را تأمین می‌کند که به‌عنوان ماده انرژی‌زا برای سلول‌های با سرعت تکثیر بالا مانند انتروسیت‌ها شناخته شده و نیز یک منبع نیتروژن برای سنتز نوکلئوتیدها به‌شمار می‌رود (کالدر و یعقوب، ۱۹۹۹). ب) گلوتامین در نگهداری ساختار مخاطی روده به‌ویژه حفظ اتصالات محکم و نفوذپذیری مخاط روده اهمیت دارد (پانیگراهی و همکاران، ۱۹۹۷)، ج) مکمل گلوتامین با تحریک سنتز و فعالیت آنزیم‌های گوارشی مانند پروتئاز، لیپاز، لاکتاز، ساکاراز و آلکالین فسفاتاز در روده گونه‌های تک‌معده‌ای احتمالاً قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود می‌بخشد (وو و همکاران، ۱۹۹۶؛ لین و ژیائو، ۲۰۰۶؛ دوی‌پریا و همکاران، ۲۰۱۰؛ هائو و همکاران، ۲۰۱۲)، د) گزارش شده که گلوتامین باعث بهبود فعالیت آنزیم Na-KATPase روده شده و از این راه به‌طور غیر مستقیم، قابلیت جذب مواد مغذی همچون گلوکز و اسیدهای آمینه را در روده افزایش می‌دهد (لین و ژیائو، ۲۰۰۶).

کاهش عملکرد جوجه‌های گوشتی که ۱/۵ درصد مکمل گلوتامین دریافت کردند در مقایسه با جوجه‌هایی که یک درصد از این مکمل مصرف کردند، ممکن است نشانگر مسمومیت با این مکمل در سطوح بالاتر از یک درصد باشد. پیش از این سلطان (۲۰۰۹) و بارتل و باتال (۲۰۰۷) نیز کاهش عملکرد را پس از آنکه به ترتیب ۲ و ۴ درصد گلوتامین به جیره افزودند، گزارش کردند.

تأثیر افزودن سطوح مختلف مکمل گلوتامین بر واکنش ازدیاد

حساسیت پوستی در سن ۱۴ روزگی و شمارش تفریقی گلبول‌های سفید در پایان دوره پرورش جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ آمده است. پاسخ واکنش ازدیاد حساسیت پوستی، درصد لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت به افزودن مکمل گلوتامین، معنی‌دار و روند آن از نوع درجه دوم بود (P<۰/۰۵)؛ به‌طوری‌که، استفاده از حداکثر ۱ درصد گلوتامین سبب تقویت پاسخ ازدیاد حساسیت پوستی، افزایش جمعیت لنفوسیت‌ها و کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت در مقایسه با تیمار شاهد شد. درصد هتروفیل تحت تأثیر مکمل‌سازی جیره با گلوتامین قرار نگرفت. نسبت هتروفیل به لنفویست و واکنش ازدیاد حساسیت پوستی بین پرندگانی که ۱ یا ۱/۵ درصد گلوتامین دریافت نمودند، تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول ۳- اثر افزودن مکمل گلوتامین به جیره بر واکنش ازدیاد حساسیت پوستی جوجه‌های گوشتی در ۱٤ روزگی و شمارش تفریقی گلبول‌های سفید در ٤۲ روزگی

درصد افزودن مکمل گلوتامین به جیره	CBH * (میلی‌متر)	هتروفیل (درصد)	لنفوسیت (درصد)	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
صفر	۰/۴۰۶[b]	۲۶/۲۰	۶۱/۹۴[b]	۰/۴۲۶[a]
۰/۵	۰/۵۵۳[ab]	۲۰/۰۵	۷۰/۰۴[ab]	۰/۳۵۷[ab]
۱	۰/۵۷۵[a]	۲۴/۰۲	۷۲/۷۶[a]	۰/۳۳۲[b]
۱/۵	۰/۴۳۳[ab]	۲۵/۵۳	۶۲/۳۳[b]	۰/۴۱۸[ab]
خطای معیار میانگین	۰/۰۵۰۹	۰/۶۶۰۱	۲/۹۶۳۸	۰/۰۲۷۳
P-value	۰/۰۳۶۱	۰/۱۷۹۵	۰/۰۴۳۵	۰/۰۴۷۲
مقایسه اورتوگونال پلی‌نومیال (P-value)				
خطی	۰/۶۵۳۵	۰/۳۲۳۱	۰/۷۷۴۳	۰/۶۹۶۰
درجه دوم	۰/۰۱۲۰	۰/۰۶۷۶	۰/۰۰۸۸	۰/۰۱۵۹

* واکنش ازدیاد حساسیت پوستی

[a,b] در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف لاتین مشابه نیستند، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

در آزمایش حاضر، افزودن حداکثر یک درصد مکمل گلوتامین به جیره، پاسخ ایمنی سلولی به‌دنبال تزریق محلول فیتوهماگلوتینین فسفاتی را (به‌طور میانگین ۴۱ درصد) نسبت به تیمار شاهد بهبود داد. یافته‌های مطالعه حاضر، نتایج کالدر و یعقوب (۱۹۹۹) و ملیس و همکاران (۲۰۰۴) را تأیید نمود که نشان دادند گلوتامین به‌میزان بالایی توسط لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها - به‌عنوان اجزای اصلی سیستم ایمنی سلولی - مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین گلوتامین احتمالاً برای عملکرد این سلول‌ها و توانایی آنها در ایجاد پاسخ‌های ایمنی سلولی دارای اهمیت است.

افزایش درصد لنفوسیت‌ها (به‌طور میانگین ۱۷ درصد) و کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت (به‌طور میانگین ۲۲ درصد) در هنگام استفاده از یک درصد مکمل گلوتامین در جیره، همسو با نتیجه پژوهش سلطان (۲۰۰۹) بود که گزارش کرد مکمل‌سازی جیره با یک درصد گلوتامین شمار لنفوسیت‌ها را در مقایسه با تیمار فاقد مکمل به‌طور معنی‌داری افزایش داد. نشان داده شده که گلوتامین عامل مهمی برای تکثیر لنفوسیت‌ها، تولید سیتوکین و فعالیت ترشحی و فاگوسیتوزی ماکروفاژها است (نیوزهلم، ۲۰۰۱). نسبت هتروفیل به لنفوسیت به‌عنوان نشانگر قابل اطمینانی شناخته شده که رابطه مستقیم با میزان تنش در جوجه‌های گوشتی دارد (گروس و سیگل، ۱۹۸۳). کمتر بودن این نسبت پس از تنش ناشی از وزن‌کشی در پرندگانی که یک درصد گلوتامین دریافت نمودند، ممکن است نشان‌دهنده اثرات سودمند این مکمل در هنگام بروز تنش‌های محیطی باشد.

جدول ٤- تأثیر افزودن مکمل گلوتامین به جیره بر تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس بیماری‌های نیوکاسل (برپایه log_2)، برونشیت عفونی و گامبورو (برپایه log_{10})

درصد افزودن مکمل گلوتامین به جیره	نیوکاسل	برونشیت عفونی		گامبورو	
	روز ۳۲	روز ۳۲	روز ۳۹	روز ۳۲	روز ۳۹
صفر	۲/۵۰[b]	۳/۶۱[b]	۳/۴۳[b]	۳/۶۴	۳/۵۰
۰/۵	۳/۲۵[ab]	۳/۷۱[b]	۳/۵۳[b]	۴/۰۱	۳/۸۷
۱	۴/۰۰[a]	۴/۳۳[a]	۴/۲۸[a]	۴/۳۲	۴/۲۷
۱/۵	۲/۷۵[b]	۴/۰۸[ab]	۳/۷۷[ab]	۳/۷۹	۳/۷۰
خطای معیار میانگین	۰/۳۶۷۹	۰/۱۶۵۱	۰/۱۸۱۹	۰/۱۷۵۸	۰/۱۹۶۴
P-value	۰/۰۴۰۸	۰/۰۳۴۸	۰/۰۲۷۵	۰/۰۸۲۱	۰/۰۸۵۴
مقایسه اورتوگونال پلی‌نومیال (P-value)					
خطی	۰/۳۸۰۰	۰/۰۱۸۹	۰/۰۴۸۴	۰/۳۷۹۵	۰/۲۸۰۷
درجه دوم	۰/۰۱۸۷	۰/۳۱۳۳	۰/۱۲۹۵	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۳۶

[a,b] در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف لاتین مشابه نیستند، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

اثر مکمل گلوتامین بر تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس بیماری‌های نیوکاسل، برونشیت عفونی و گامبورو در جدول ۴ نشان داده شد. در سن ۳۲ روزگی، تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل تحت تأثیر مکمل گلوتامین قرار گرفت و روند پاسخ تیتر آنتی‌بادی از نوع درجه دوم بود (P<۰/۰۵). به بیان دیگر، افزودن حداکثر یک درصد مکمل گلوتامین به جیره باعث افزایش تیتر آنتی‌بادی شد و استفاده از ۱/۵ درصد مکمل، تیتر آنتی‌بادی را کاهش داد. نتایج به‌دست آمده در سن ۳۲ و ۳۹ روزگی، نشانگر افزایش خطی تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس بیماری برونشیت عفونی به دنبال افزایش سطح مکمل گلوتامین در جیره بود (P<۰/۰۵). بالاترین تیتر آنتی‌بادی به دنبال مصرف جیره دارای ۱ درصد مکمل گلوتامین مشاهده شد که با نتایج حاصل از مصرف جیره دارای ۱/۵ درصد گلوتامین تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تیتر آنتی‌بادی مربوط به پرندگان شاهد و پس از آن مربوط به پرندگان تغذیه شده با جیره دارای ۰/۵ درصد مکمل گلوتامین بود.

در سنین ۳۲ و ۳۹ روزگی، گلوتامین تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس گامبورو را تحت تأثیر قرار نداد. اما روند پاسخ تیتر آنتی‌بادی علیه این ویروس به افزایش سطح گلوتامین جیره از نوع درجه دوم بود (P<۰/۰۵)؛ به این معنی که، افزایش مکمل گلوتامین تا سطح ۱ درصد سبب بهبود تیتر آنتی‌بادی و در سطح ۱/۵ درصد سبب کاهش آن شد.

تأثیر افزودن مکمل گلوتامین به جیره بر تیتر اولیه و ثانویه آنتی‌بادی در پاسخ به دو نوبت تزریق گلبول قرمز گوسفندی (SRBC) در سنین ۲۵ و ۳۲ روزگی در جدول ۵ نشان داده شد. گلوتامین تیتر اولیه و ثانویه آنتی بادی را تحت تأثیر قرار داد (P<۰/۰۵). با افزایش سطح گلوتامین در جیره تیتر اولیه و ثانویه آنتی‌بادی تام، تیتر اولیه IgM و تیتر ثانویه IgY در پاسخ به آنتی‌ژن SRBC به‌صورت خطی بهبود یافت (P<۰/۰۵). روند تغییر تیتر اولیه IgY و تیتر ثانویه IgM در نتیجه افزودن سطح مکمل گلوتامین، معنی‌دار و از نوع درجه دوم بود (P<۰/۰۵)؛ به‌طوری‌که مکمل گلوتامین تا سطح ۱ درصد سبب افزایش این دو شاخص شد، ولی در سطح ۱/۵ درصد آنها را کاهش داد. در تمامی پاسخ‌های ایمنی هومورال مورد بررسی، بالاترین تیتر آنتی‌بادی مربوط به تیمار دارای ۱ درصد مکمل گلوتامین و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود.

جدول ۵- تأثیر افزودن مکمل گلوتامین به جیره بر تیتر اولیه و ثانویه آنتی‌بادی (برپایه log_2) در پاسخ به تزریق گلبول قرمز گوسفندی

درصد افزودن مکمل گلوتامین به جیره	تیتر اولیه آنتی‌بادی (روز ۳۲)			تیتر ثانویه آنتی‌بادی (روز ۳۹)		
	آنتی‌بادی تام	IgM *	IgY **	آنتی‌بادی تام	IgM	IgY
صفر	۳/۱۸[c]	۲/۰۰[b]	۱/۱۸	۳/۸۲[c]	۱/۴۰	۲/۴۲[b]
۰/۵	۴/۸۷[ab]	۳/۰۰[a]	۱/۸۷	۵/۹۰[ab]	۲/۳۳	۳/۵۷[a]
۱	۵/۶۲[a]	۳/۴۰[a]	۲/۲۲	۶/۶۹[a]	۲/۵۸	۴/۱۱[a]
۱/۵	۴/۳۷[b]	۲/۸۷[a]	۱/۵۰	۵/۲۵[b]	۱/۷۷	۳/۴۸[a]
خطای معیار میانگین	۰/۳۰۱۳	۰/۲۷۹۴	۰/۳۱۰۶	۰/۳۶۰۵	۰/۳۷۲۹	۰/۳۳۷۴
P-value	۰/۰۰۰۸	۰/۰۲۵۳	۰/۱۵۳۳	۰/۰۰۰۷	۰/۱۶۴۳	۰/۰۲۶۲
مقایسه اورتوگونال پلی‌نومیال (P-value)						
خطی	۰/۰۰۷۶	۰/۰۳۲۳	۰/۳۷۲۳	۰/۰۰۸۵	۰/۴۳۳۳	۰/۰۲۹۷
درجه دوم	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۸۳	۰/۰۴۲۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۹۱	۰/۰۲۱۵

[a-c] در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف لاتین مشابه نیستند، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

* ایمونوگلوبولین M

** ایمونوگلوبولین Y

هرچند به‌نظر می‌رسد تاکنون تحقیقی در مورد اثر مکمل گلوتامین بر تیتر آنتی‌بادی علیه برونشیت عفونی و گامبورو انجام نشده، یافته‌های این پژوهش در مورد نیوکاسل با نتایج سلطان (۲۰۰۹) هم‌خوانی داشت که بیان نمود مکمل گلوتامین تیتر آنتی‌بادی علیه ویروس بیماری نیوکاسل را افزایش داد. هم راستا با نتایج تحقیق پیش‌رو، بارتل و باتال (۲۰۰۷) نشان دادند غلظت IgG (که در طیور به‌عنوان IgY نیز نام‌گذاری شده) و IgA سرم در جوجه‌های گوشتی که یک درصد گلوتامین دریافت کردند، افزایش یافت. بر اساس یافته‌های یه و همکاران (۲۰۰۱)، افزودن گلوتامین به جیره موش نسبت $CD4^+$ (سلول‌های T کمکی) به $CD8^+$ (سلول‌های T سلول کُش) را افزایش داد که احتمالاً نشان می‌دهد اثر تحریک‌کنندگی این مکمل بر تکثیر سلول‌های دسته اول بیش از دسته دوم است. تولید IgG نیز وابسته به سلول‌های T کمکی است و معیاری برای سنجش پاسخ این سلول‌ها محسوب می‌شود (ماترز و کاف، ۲۰۰۴)تقویت پاسخ اولیه و ثانویه آنتی‌بادی تام (شامل IgY و IgM) در پرندگانی که یک درصد مکمل گلوتامین مصرف کردند احتمالاً حاکی از آن است که گلوتامین در بیوسنتز آنتی‌بادی‌ها حائز اهمیت بوده یا دست‌کم برای عملکرد و پاسخ مناسب سلول‌های T کمکی مشتق شده از تیموس مورد نیاز است. اثر افزودن مکمل گلوتامین به جیره بر وزن نسبی اندام‌های لنفی شامل طحال، بورس فابریسیوس و تیموس جوجه‌های گوشتی در سنین ۲۱ و ۴۲ روزگی در جدول ۶ نشان داده شد. در پایان هفته سوم دوره پرورش، اثر مکمل گلوتامین بر وزن نسبی تیموس معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). همچنین روند تغییر وزن تیموس و طحال در پاسخ به گلوتامین جیره از نوع درجه دوم بود (P<۰/۰۵)؛ یعنی، این دو شاخص در پرندگانی که تا حداکثر ۱ درصد مکمل گلوتامین دریافت نمودند، افزایش و سپس کاهش یافت. وزن بورس فابریسیوس تحت تأثیر گلوتامین قرار نگرفت؛ با این حال، بیشترین وزن نسبی این اندام در تیمار دارای ۱ درصد گلوتامین مشاهده شد. در پایان هفته ششم، اثر استفاده از مکمل گلوتامین بر وزن نسبی طحال معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). وزن نسبی این اندام در پرندگانی که در دوره آغازین ۱ درصد گلوتامین دریافت کردند، بیشتر از تیمار شاهد بود (P<۰/۰۵). استفاده از ۱/۵ درصد گلوتامین وزن طحال را کاهش داد، هرچند که نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. وزن نسبی بورس فابریسیوس و تیموس تحت تأثیر مکمل گلوتامین قرار نگرفت؛ با این حال، بیشترین وزن نسبی این‌دو اندام در تیمار دارای ۱ درصد گلوتامین مشاهده شد.

جدول ٦- تأثیر افزودن مکمل گلوتامین به جیره بر وزن نسبی اندام‌های لنفی (برحسب درصدی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی

درصد افزودن مکمل گلوتامین به جیره	طحال		بورس فابریسیوس		تیموس	
	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی	۲۱ روزگی	۴۲ روزگی
صفر	۰/۱۵۳	۰/۱۳۷[b]	۰/۲۵۵	۰/۱۶۳	۰/۲۸۷[bc]	۰/۲۴۲
۰/۵	۰/۱۸۳	۰/۱۵۰[ab]	۰/۲۶۷	۰/۱۸۵	۰/۳۶۵[b]	۰/۲۵۵
۱	۰/۱۸۷	۰/۱۸۲[a]	۰/۲۸۰	۰/۲۰۵	۰/۴۷۱[a]	۰/۳۰۲
۱/۵	۰/۱۴۲	۰/۱۳۱[b]	۰/۲۲۷	۰/۱۶۰	۰/۲۴۵[c]	۰/۲۳۷
خطای معیار میانگین	۰/۰۱۶۹	۰/۰۱۱۳	۰/۰۳۶۹	۰/۰۲۵۸	۰/۰۲۹۵	۰/۰۳۸۱
P-value	۰/۲۱۸۴	۰/۰۳۴۳	۰/۷۷۷۰	۰/۶۰۱۷	۰/۰۰۸۰	۰/۶۲۳۵
مقایسه اورتوگونال پلی‌نومیال (P-value)						
خطی	۰/۶۹۹۷	۰/۷۶۷۸	۰/۶۷۹۶	۰/۹۳۰۹	۰/۷۸۱۶	۰/۸۵۲۰
درجه دوم	۰/۰۴۷۴	۰/۰۱۵۴	۰/۳۹۶۸	۰/۲۲۶۴	۰/۰۰۲۰	۰/۳۲۹۴

[a- c] در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف لاتین مشابه نیستند، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

بر اساس یافته های این آزمایش، استفاده از حداکثر یک درصد مکمل گلوتامین در جیره، سبب بهبود معنی‌دار وزن نسبی طحال و تیموس شد. به‌طور مشابه، ساکاموتو و همکاران (۲۰۰۶) و بارتل و باتال (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که گلوتامین به‌ترتیب رشد طحال و تیموس را در جوجه‌های گوشتی تحریک نمود. کارایی سیستم ایمنی بدون توسعه مناسب اندام‌های مرتبط با آن امکان‌پذیر نیست. در پژوهش حاضر بهبود توسعه اندام‌های سیستم ایمنی به دنبال افزودن گلوتامین با بهبود کارکرد این اندام‌ها در قالب تولید آنتی‌بادی هم‌خوانی داشت.

مقایسات اورتوگونال پلی‌نومیال نشان داد که اثرگذاری مکمل گلوتامین بر بسیاری از فراسنجه‌های مرتبط با سیستم ایمنی از نوع درجه دوم بود. یعنی با افزایش سطح گلوتامین از ۱ به ۱/۵ درصد نه تنها روند بهبود ادامه نیافت، بلکه کاهش این فراسنجه‌ها نیز مشاهده شد. این پدیده ممکن است نشانگر سمیت‌زایی مکمل گلوتامین در سطح بالاتر از یک درصد باشد (اوتل و باتل، ۲۰۰۷)، که با تأثیر منفی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی و ممانعت از توسعه اندام‌های سیستم ایمنی، پاسخ‌های ایمونولوژیکی را نیز تضعیف نمود.

به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن یک درصد مکمل گلوتامین به جیره در ۲۱ روز ابتدایی دوره پرورش، سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی شد. این اثر احتمالاً به دلیل توسعه بهتر روده کوچک و بهبود فعالیت آنزیم های گوارشی پرندگان بود. همچنین مکمل‌سازی جیره با گلوتامین تا سطح یک درصد احتمالاً از طریق بهبود رشد و توسعه اندام‌های لنفی پاسخ‌های ایمنی سلولی و هومورال جوجه‌های گوشتی را تقویت نمود. پیشنهاد می شود تحقیقات بیشتری به منظور بررسی دقیق تر نحوه اثرگذاری این مکمل در بدن پرندگان و نیز تولید تجاری و مقرون صرفه آن در صنعت پرورش طیور صورت گیرد.

منابع

Adjei, A.A., Matsumoto, Y., Oku, T., Hiroi Y. and Yamamoto, S. (1994). Dietary arginine and glutamine combination improves survival in septic mice. Nutrition Research, 14(10): 1591-1599.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2006). Official methods of analysis. 18th ed. Washington, DC.

Bartell, S.M. and Batal, A.B. (2007). The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broiler. Poultry Science, 86(9): 1940-1947.

Calder, P.C. and Yaqoob, F. (1999). Glutamine and the immune system. Amino acids, 17(3): 227-241.

Corrier, D.E. and Deloach, J.R. (1990). Evaluation of cell mediated, cutaneous basophil hypersensitivity in young chickens by an interdigital skin test. Poultry Science, 69(3): 403-408.

Dai, S.F., Gao F., Zhang W.H., Song S.X., Xu, X.L. and Zhou, G.H. (2011). Effects of dietary glutamine and gamma-aminobutyric acid on performance, carcass characteristics and serum parameters in broilers under circular heat stress. Animal Feed Science and Technology, 168(1): 51-60.

Devi-Priya, K., Selvaraj, P., Nanjappan, K., Jayachandran, S. and Visha, P. (2010). Oral supplementation of putrescine and L-glutamine on the growth performance, immunity, intestinal enzymes in the broiler chickens. Tamil Nadu Journal Veterinary and Animal Sciences, 6(5): 250-254.

Ebadiasl, G. (2011). Effects of supplemental glutamine and glutamate on growth performance, gastrointestinal development, jejunum morphology and *Clostridium perfringens* count in caecum of broilers. MSc Thesis, Swedish University of Agricultural Science, Upsala, Sweden.

Gross, W.B. and Siegel, H.S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. Avian diseases, 27(4): 972-979.

Hao, Y., Gu, X.H. and Wang, X.L. (2012). Overexpression of heat shock protein 70 and its relationship to intestine under acute heat stress in broilers: 1. intestinal structure and digestive function. Poultry Science, 91(4): 781-789.

Helton, W.S., Jacobs, D.O., Bonner-Weir, S., Bueno, B., Smith, R.J. and Wilmore, D.W. (1990). Effects of glutamine-enriched parenteral nutrition on the exocrine pancreas. Journal of Parenteral and Enternal Nutrition 14(4): 344-352.

Kidd, M.T., Peebles, E.D., Whitmarsh, S.K., Yeatman, J.B. and Wideman, R.F. Jr. (2001). Growth and immunity of broiler chicks as affected by dietary arginine. Poultry Science, 80(11):1535-1542.

Lin, Y. and Xiao, Q.Z. (2006). Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). Aquaculture, 256:389-394.

Lucas, A.M. and Jamroz, C. (1961). Atlas of avian hematology. Agriculture Monograph 25. USDA, Washington, DC.

Marquardt, W.W., Synder, D.B., Savage, P.K., Kdavil, S.K. and Yancey, F.S. (1984). Antibody response to Newcastle disease virus given by two different routes as measured by ELISA and Hemagglutination-Inhibition test and associated tracheal immunity. Avian Diseases, 29(1): 71-79.

Mathers, A.R. and Cuff, C.F. (2004). Role of interleukin 4 (IL-4) and IL-10 in serum Immunoglobulin G antibody responses following mucosal or systemic reovirus infection. Journal of Virology, 78(7): 3352-3360.

Melis, G.C., ter Wengel N., Boelens P.G. and van Leeuwen P.A.M. (2004). Glutamine: recent developments in research on the clinical significance of glutamine. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 7(1): 59-70.

Murakami, A.E., Sakamoto, M.I., Natali, M.R.M., Souza, L.M.G. and Franco, J.R.G. (2007). Supplementation of glutamine and vitamin E on the morphometry of the intestinal mucosa in broiler chickens. Poultry Science, 86(3): 488-495.

National Research Council. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th revised ed. National Academy Press, Washington, DC.

Newsholme, P. (2001). Why is L-glutamine metabolism important to cells of the immune system in health post-immune, surgery, or infection? Journal of Nutrition, 131(9): 2515-2522.

Panigrahi, P., Gewolb, I.H., Bamford, P. and Horvath, K. (1997). Role of glutamine in bacterial transcytosis and epithelial cell injury. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 21(2): 75-80.

Pithon-Curi, T.C., Schumacher, R.I., Freitas, J.J., Lagranha, C., Newsholme, P., Palanch, A.C., Doi, S.Q. and Curi, R. (2003). Glutamine delays spontaneous apoptosis in neutrophils. American Journal of Physiology: Cell Physiology, 284(6): 1355-1361.

Sakamoto, K., Hirose, H., Onizuka, A., Hayashi, M., Futamura, N., Kawamura, Y. and Ezaki, T. (2000). Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. Journal of Surgical Research, 94(2): 99-106.

SAS Institute. (2002). SAS user's guide: statistics. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

Soltan, M.A. (2009). Influence of dietary glutamine supplementation on growth performance, small intestinal morphology, immune response and some blood parameters of broiler chickens. International Journal of Poultry Science, 8(1): 60-68.

Van Der Zijpp, A.J. and Leenstra, F.R. (1980). Genetic analysis of the humoral immune response of White Leghorn chicks. Poultry Science, 59(7): 1363-1369.

Wu, G., Meier, S.A. and Knabe, D.A. (1996). Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. Journal of Nutrition, 126(10): 2578-2584.

Yeh, C.L., Lin, M.T., Lo, P.N. and Chen, W.J. (2001). Effects of glutamine-supplemented total parental nutrition on cytokine production and T cell proliferation. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 25(5): 269-274.

Yi, G.F., Allee, G.L., Frank, J.W., Spencer, J.D. and Touchette, K.J. (2001a). Impact of glutamine, menhaden fish meal and spray-dried plasma on the growth performance and intestinal morphology of broilers. Poultry Science, 80(Suppl.1): 201. (Abstr.833).

Yi, G.F., Allee, G.L., Knight, C.D. and Dibner, J.J. (2005). Impact of glutamine and Oasis hatchling supplement on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broilers vaccinated and challenged with *Eimeria maxima*. Poultry Science, 84(2): 283-293.

Yi, G.F., Allee, G.L., Spencer, J.D., Frank, J.W. and Gaines, A.M. (2001b). Impact of glutamine, menhaden fish meal and spray-dried plasma on the growth performance and intestinal morphology of turkey poults. Poultry Science, 80(Suppl.1): 201. (Abstr.834).