Animal Production Research

Vol. 13, No. 4, 2024 (1-13)
doi: 10.22124/ar.2024.27637.1836
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of dietary L-glutamine on growth performance, blood parameters, carcass quality, and immune response in broiler chickens

Z. Biabani[1], H. Darmani Kuhi[2*]

1. Former MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(Received: 05-06-2024 – Revised: 10-11-2024 – Accepted: 22-11-2024)

Introduction: Glutamine represents approximately 30-35% of the total amount of nitrogen in the blood derived from amino acids. The role of glutamine as a nitrogen shuttle helps to protect against the toxic effects of high levels of ammonia in the blood. In addition, glutamine has vital and specific metabolic functions as a vehicle for carbon exchange between tissues, as a fuel for rapid cell division, and as a precursor of many naturally active molecules. It's a great example of how amino acids are used for different purposes in the metabolism and the immune system of the body. Glutamine, a conditionally essential amino acid, seems to be a key nutrient for the gut, as it may be a prominent source of vitality for the enterocytes. Glutamine appears to trigger an increase in the level of intestinal secretory immunoglobulin A, which is essential for mucosal defense. The investigation showed that the use of amino acid supplements in broiler diets improves the performance and the carcass characteristics. Glutamine is one of the most abundant amino acids in blood plasma and is involved in the building of muscle, and tissue, and gaining body weight. Researchers found that adding 10 g of L-glutamine per kg of food increased the weight gain and serum immunoglobulin A and G concentrations in broiler chickens. Therefore, an experiment was carried out in broiler chickens over 42 days of production to determine the effect of L-glutamine on broiler growth, carcass quality, and certain blood parameters.

Materials and methods: The experiment was conducted using 300 one-day-old male Ross 308 broiler chickens in a completely randomized design with five treatments and five replicates from the age of 1 to 42 days. The experimental treatments included were: the addition of zero, 0.25, 0.5, 0.75, and 1% of L-glutamine in corn-soybean meal-based diets supplemented with dietary fat. During the experimental period, average daily feed intake (DFI), body weight gain (BWG), and feed conversion ratio (FCR) were measured. At the end of the experiment, two birds were selected from each replicate and slaughtered after weighing, and the weight of the internal organs (thigh, breast, heart, liver, gizzard, fat pad, pancreas, bursa, spleen, and thymus) was measured. Blood samples were collected from two birds per replicate to determine the number of white blood cells (WBC), and heterophile to lymphocyte ratio (H/L). Blood samples were taken from the jugular vein in tubes without anticoagulant and then centrifuged (2000×g for 10 min) to obtain a serum. On the 42nd day of rearing, serum cholesterol (total cholesterol, low-density lipoprotein (LDL), and high-density lipoprotein (HDL)) and triglycerides were determined by calorimetric examination.

Results and discussion: Weight gain during the initial and growth periods was affected by L-glutamine supplementation (P<0.05). Despite higher feed intake for L-glutamine-supplemented diets during the initial period, this effect was significant only during the growth period (P<0.05). FCR and relative weight of internal organs, except liver weight, were not significantly different from the control group in the L-glutamine-supplemented chickens. The addition of 0.5% L-glutamine supplementation reduced cholesterol and triglyceride content and increased HDL in the blood of broilers (P<0.05). The H/L ratio in chickens that consumed L-

* Corresponding author: h.darmani@guilan.ac.ir

CC BY

glutamine was significantly lower than in the control group (P<0.05). L-glutamine has been reported to increase the activity of the intestinal enzyme Na-K ATPase, thereby indirectly increasing the absorption capacity of nutrients such as glucose and amino acids in the intestine. Researchers reported that L-glutamine increases the performance and feed intake of chickens by improving intestinal function and increasing digestibility. Expanding the villi of the small intestine can increase digestion and feed intake by increasing nutrient absorption and thus improving chicken performance. Improving the morphology of the digestive system is one of the possible mechanisms of the positive effect of L-glutamine on improving weight. Since glutamine stimulates anabolic conditions in the body and increases the amount of protein synthesis, therefore, along with muscle growth, it can increase the final body weight. Avian health is directly related to the immune system, and birds with adequate immune systems grow better. The majority of essential amino acids are recognized as critical resources for cytokine production and immune function.
Conclusions: Results from this study indicate that 0.5% dietary glutamine supplementation improved growth performance and had a positive effect on lipid metabolism-related blood parameters.
Keywords: L-Glutamine, Immune response, Broiler chicks, Growth performance, Carcass quality
Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of University of Guilan, Iran.
Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.
Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.
Funding: The authors received no specific funding for this project.

How to cite this article:

Biabani, Z., & Darmani Kuhi, H. (2024). Effect of dietary L-glutamine on growth performance, blood parameters, carcass quality, and immune response in broiler chickens. *Animal Production Research*, *13*(4), 1-13. doi: 10.22124/ar.2024.27637.1836

تحقیقات تولیدات دامی

سال سیزدهم/شماره چهارم/زمستان ۱۴۰۳ (۱۳-۱)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر ال-گلوتامین بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی، کیفیت لاشه و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی

زهرا بیابانی[۱]، حسن درمانی کوهی[۲*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۲)

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر افزودن ال-گلوتامین بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و کیفیت لاشه جوجه‌های گوشتی با استفاده از ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و پنج تکرار از سن ۱ تا ۴۲ روزگی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل افزودن سطوح صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد ال-گلوتامین به جیره‌های بر پایه ذرت-کنجاله سویا بودند. در طول دوره آزمایش، مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک برای هر تکرار اندازه‌گیری شدند. در پایان دوره، دو قطعه پرنده از هر تکرار انتخاب شدند و پس از توزین، کشتار و وزن اندام‌های داخلی اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری خون از دو قطعه جوجه در هر قفس به‌منظور ارزیابی تعداد گلبول‌های سفید، نسبت هتروفیل به لنفوسیت و فراسنجه‌های خونی در روز ۴۲ پرورش انجام شد. افزایش وزن در دوره‌های آغازین و رشد تحت تاثیر مکمل جیره‌ای ال-گلوتامین قرار گرفت ($P<۰/۰۵$). علی‌رغم بالاتر بودن مصرف خوراک برای جیره‌های مکمل شده با ال-گلوتامین در دوره آغازین، این اثر منحصراً در دوره رشد معنی‌دار شد ($P<۰/۰۵$). ضریب تبدیل خوراک و وزن نسبی اندام‌های داخلی به‌استثنای وزن کبد در جوجه‌های مکمل شده با ال-گلوتامین، تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نداشتند. افزودن ۰/۵ درصد مکمل ال-گلوتامین موجب کاهش محتوای کلسترول و تری‌گلیسیرید و افزایش HDL خون جوجه‌های گوشتی شد ($P<۰/۰۵$). نسبت هتروفیل به لنفوسیت در جوجه‌هایی که مکمل ال-گلوتامین مصرف کرده بودند به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه شاهد بود ($P<۰/۰۵$). به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف ۰/۵ درصد ال-گلوتامین در جیره دوره آغازین و رشد جوجه‌های گوشتی می‌تواند منجر به بهبود عملکرد آن‌ها شود.

واژه‌های کلیدی: ال-گلوتامین، پاسخ ایمنی، جوجه‌های گوشتی، عملکرد رشد، کیفیت لاشه

* نویسندهٔ مسئول: h.darmani@guilan.ac.ir

doi: 10.22124/ar.2024.27637.1836

مقدمه

تقاضای مصرف‌کنندگان برای تولیدات بدون آنتی‌بیوتیک موجب شده است که شرکت‌های طیور تجاری از آنتی-بیوتیک در تولیدات گوشتی استفاده نکنند. به همین دلیل، استفاده مکمل‌های جیره‌ای جایگزین در جیره‌های طیور تجاری مورد استقبال قرار گرفته است (Peek and Landman, 2011). گلوتامین، فراوان‌ترین اسیدآمینه موجود در گردش خون است و ۳۰ تا ۳۵ درصد نیتروژن اسیدآمینه پلاسما و ذخایر اسیدآمینه آزاد در بدن را تشکیل می‌دهد (Souba, 1993). گلوتامین دارای دو گروه آمینی، یکی با منشاء پیش‌ساز خود (گلوتامات) و دیگری از آمونیاک آزاد در گردش خون است. گلوتامین به‌عنوان شاتل نیتروژن از بدن در برابر سطوح بالای آمونیاک خون حفاظت می‌کند. گلوتامین به‌عنوان یک بافر عمل نموده، آمونیاک اضافی را گرفته و در مواقع لزوم از آن‌ها برای تشکیل اسیدآمینه‌های دیگر، قندهای آمینه، نوکلئوتیدها و اوره استفاده می‌کند (Newsholme *et al*., 1989). در مواقع تنش متابولیکی، گلوتامین از ماهیچه اسکلتی آزاد شده و به گردش خون وارد می‌شود تا به بافت‌هایی که نیاز دارند منتقل شود (Calder, 1994). بین ۲۰ اسیدآمینه، گلوتامین نقش مهم در سوخت و ساز اسیدآمینه‌ها و ایمنی در برابر عوامل بیماری‌زا بر عهده دارد. گلوتامین می‌تواند در همه سلول‌ها به‌عنوان پیش‌ماده‌ای برای تولید نیکوتین آمید، نوکلئوتیدها، آنتی‌اکسیدان‌ها و مسیرهای بی‌شمار بیوسنتتیک که در یکپارچگی سلول‌ها و عملکرد طبیعی آن‌ها نقش دارد، استفاده شود (Cruzat *et al*., 2014). دستگاه گوارش نسبت به دیگر اندام‌های بدن به گلوتامین بیشتری احتیاج دارد (Miller, 1999). در دستگاه گوارش، روده کوچک به مقدار بسیار زیادی گلوتامین مصرف می-کند. سلول‌های اپیتلیال که پوشاننده روده کوچک هستند گلوتامین را از راه لومن و یا از مسیر خون جذب نموده و به‌عنوان سوخت متابولیکی اصلی استفاده می‌کنند (Andrews and Griffiths, 2002). کاهش سطح گلوتامین موجب کاهش رشد انتروسیت‌ها می‌شود، ولی در حد کافی می‌تواند رشد و تکثیر سلولی *in vitro* را تحریک کند. گلوتامین در میتوکندری سلول‌های روده‌ای به گلوتامات و سپس به آلفا کتوگلوتارات که در چرخه کربس برای تولید ATP استفاده شده‌اند، تبدیل می‌شود (Newsholme *et al*., 1989). Yi *et al*. (2001b) نشان دادند که افزودن یک درصد گلوتامین به جیره جوجه بوقلمون‌ها در هفته اول دوره پرورش، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی را در مقایسه با تیمار شاهد (ذرت- سویا) بهبود داد. در تحقیقی، مصرف یک درصد مکمل گلوتامین موجب بهبود عملکرد و ارتقاء سیستم ایمنی شد (Soltan, 2009). گلوتامین توانست در سطح ۲۰ گرم بر کیلوگرم موجب افزایش وزن ۳/۰۹ درصدی جوجه‌های گوشتی نسبت به گروه شاهد شود و همچنین توانست ضریب تبدیل خوراک را بهبود بخشد (Martinez *et al*, 2012). Abdulkarimi *et al*. (2019) بیان کردند که گلوتامین در سطح پنج گرم بر کیلوگرم توانست موجب افزایش وزن و کاهش ضریب تبدیل خوراک شود. با توجه به محدود و متناقض بودن اطلاعات در اختیار در رابطه با تاثیر مکمل گلوتامین روی خصوصیات عملکردی جوجه‌های گوشتی، هدف از این پژوهش، بررسی اثر مکمل ال-گلوتامین بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی، کیفیت لاشه و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌مدت ۴۲ روز در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد. ارتفاع سالن از سطح دریا ۱۰- متر و منطقه دارای آب و هوای مرطوب است. سالن پرورش دارای ابعاد ۱۲ متر عرض، ۱۴ متر طول و ۲/۵ متر ارتفاع است. فضای داخل سالن به‌وسیله دیوار فلزی در ابعاد ۱/۵×۱ به ۲۵ پن جداگانه تقسیم شد. در این پژوهش از ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ (نر) با میانگین وزن یک روزگی ۰/۸۵±۴۴/۸ گرم استفاده شد. جوجه‌ها در پنج تیمار و پنج تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار تقسیم شدند. تیمارها بر اساس جیره غذایی به این صورت بودند: ۱) جیره بدون مکمل ال-گلوتامین (جیره شاهد)، ۲) جیره حاوی ۰/۲۵ درصد مکمل ال-گلوتامین، ۳) جیره حاوی ۰/۵ درصد مکمل ال-گلوتامین، ۴) جیره حاوی ۰/۷۵ درصد مکمل ال-گلوتامین و ۵) جیره حاوی ۱ درصد مکمل ال-گلوتامین. جیره‌های تهیه شده، ایزوانرژتیک و ایزوپروتئین بودند. اقلام خوراکی و ترکیب مواد مغذی جیره شاهد در جدول ۱ ارایه شده است. به موازات رعایت بهداشت و به‌منظور رفاه حال حیوانات آزمایشی و کاهش

تنش، دسترسی پرندگان به آب و غذا کاملاً آزاد بود. برنامه نوردهی به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اعمال شد. دمای سالن در هفته اول پرورش، ۳۴-۳۲ درجه سلسیوس بوده و پس از آن با گذشت هر دو روز، یک درجه از دمای سالن کاسته شد تا به ۲۲-۲۰ درجه سلسیوس در پایان دوره برسد. جیره‌های آزمایشی، بر اساس ذرت– کنجاله سویا مکمل شده با چربی به‌همراه سایر مواد خوراکی بر اساس احتیاجات سویه راس ۳۰۸ طی سه مرحله جیره آغازین (۱۰ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) با استفاده از نرم افزار UFFDA تنظیم و فرموله شدند. به‌منظور تامین و آماده‌سازی جیره-ها، ابتدا اقلام اصلی جیره که در این پژوهش ذرت و کنجاله سویا بودند با آسیاب چکشی خرد و آسیاب شدند. سپس، چربی و سایر اجزای کم مصرف جیره به آن اضافه شده و با یکدیگر مخلوط شدند. به‌منظور افزایش دقت در مخلوط کردن، ریزمغذی‌ها که شامل گلوتامین هم می‌شد، ابتدا به-طور جداگانه با هم مخلوط شدند و سپس با اقلام اصلی جیره (ذرت و کنجاله سویا) در میکسر افقی ریبونی ۵۰۰ لیتری گالوانیزه مجهز به الکتروگیربکس با توان موتور چهار اسب بخار (کمپانی خزر الکتریک، ساخت ایران) طی چندین مرحله با دقت مخلوط شدند (جدول ۱).

طی دوره‌های مختلف پرورش (آغازین، رشد، پایانی و کل دوره پرورش)، صفات عملکردی پرنده از نظر خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک مورد بررسی قرار گرفت. در پایان دوره پرورش (روز ۴۲)، پس از اعمال سه ساعت گرسنگی، دو پرنده نزدیک به میانگین وزن هر تکرار انتخاب، شماره‌گذاری، توزین و ذبح شدند. پرکنی بلافاصله انجام و وزن اندام‌های داخلی لاشه‌های حاصل با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در سن ۴۲ روزگی، از ورید بال یک قطعه پرنده به‌ازای هر قفس، با استفاده از لوله‌های آزمایش حاوی هپارین، خون‌گیری به-عمل آمد. برای شمارش تفریقی گلبول‌های سفید شامل تعداد لنفوسیت، مونوسیت، ائوزینوفیل، هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت از روش رنگ‌آمیزی گیمسا استفاده شد (Lucas and Jamros, 1961). در پایان با استفاده از میکروسکوپ نوری، انواع گلبول‌های سفید شمارش شد. در ۴۲ روزگی، از تعداد پنج قطعه جوجه از هر تیمار (یک قطعه جوجه از هر تکرار) با میانگین وزنی تیمار مربوطه به‌منظور تعیین فراسنجه‌های خونی (کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL، HDL، VLDL)، خون‌گیری به‌عمل آمد. به‌منظور جداسازی سرم، نمونه‌های خون با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و بعد از جداسازی سرم، مقادیر VLDL در سرم با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و کیت‌های شرکت پارس آزمون در آزمایشگاه تعیین شدند (Synder *et al*., 1984). به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده، ابتدا داده-ها به‌وسیله نرم افزار Excel مرتب شده و سپس از نرم افزار آماری SAS استفاده شد. داده‌ها بر اساس مدل خطی عمومی (GLM) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مقایسات میانگین مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه تیمارهای جیره‌ای برای دوره‌های رشدی مختلف در جدول ۲ و چگونگی پاسخ وابسته به سطح مصرف مکمل ال-گلوتامین (پاسخ وابسته به دوز) در رابطه با مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه برای کل دوره آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج مربوط به مقایسات میانگین مصرف خوراک نشان می‌دهد که اثر مربوط به مکمل ال-گلوتامین در دوره آغازین تمایل به معنی‌داری داشت و در دوره رشد معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و به‌لحاظ عددی، تیمارهای حاوی ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد ال-گلوتامین، دارای میانگین مصرف خوراک بالاتری نسبت به تیمار شاهد بودند. در تحقیق Alizade *et al*. (2015)، مکمل گلوتامین تا سطح یک درصد سبب افزایش مصرف خوراک شد که با تحقیق حاضر در توافق است. گزارش شده است که گلوتامین از راه ارتقای فعالیت آنزیم Na-K ATPase روده و در نتیجه، افزایش قابلیت جذب مواد مغذی همچون گلوکز و اسیدهای آمینه به‌طور غیرمستقیم مصرف خوراک را افزایش می‌دهد (Lin and Xiao, 2006).

جدول ۱- اجزای خوراک و ترکیب مواد مغذی جیره شاهد مورد استفاده در دوره های مختلف آزمایش

Table 1. Diet ingredients and nutrient composition of basal diet at different period of experiment

Ingredient (%)	Starter (1-10 d)	Grower (11-24 d)	Finisher (25-42 d)
Corn	53.53	58.4	62.3
Soybean meal (44%CP)	37.18	33.64	29.65
Fish meal	2	1	3.2
Soybean Oil	2.8	2.8	1.42
Dicalcium phosphate	1.54	1.47	0.96
$CaCO_3$	1.04	0.97	0.29
Common salt	0.36	0.22	0.245
DL-Methionine 99%	0.27	0.22	0.26
L-Lys Hcl 78%	0.24	0.2	0.1
L-Threonine 98%	0.11	0.07	0.06
Zeolite	0.43	0.36	0.25
Vit. Min. premix[1, 2]	0.5	0.5	0. 5
Sodium bicarbonate	-	0.15	0.15
Choline	-	0.05	0.05
Coccidiostat	-	0.05	0.05
Calculated analysis (%)			
AME_n (kcal/kg)	2900	2950	3050
Crude protein	22.23	20.46	18.59
Lysine	1.39	1.23	1.11
Methionine+cystine	1.04	0.94	0.87
Methionine	0.54	0.49	0.45
Threonine	0.94	0.84	0.74
Arginine	1.47	1.3	1.16
Tryptophan	0.22	0.2	0.18
Calcium	0.93	0.83	0.75
Available phosphorus	0.46	0.41	0.38
Sodium	0.16	0.16	0.16

[1, 2] Provided the following per kg of diet: vitamins 10000 (IU) A, 5000 (IU) D_3, 45 (IU) E, 3 mg K_3, 3 mg B_1, 9 mg B_2, 10 mg B_3, 30 mg B_5, 4 mg B_6, 0.02 mg B_{12}, 0.1 mg H and choline chloride 1000 mg. The mineral supplement per kilogram of diet contains 50 mg of iron, 100 mg of manganese, 85 mg of zinc, 10 mg of zinc.10 mg of copper, 1 mg of iodine, and 0.2 mg of selenium.

نتایج حاصل از مقایسات میانگین افزایش وزن روزانه تیمارهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر استفاده از گلوتامین در دوره‌های آغازین و رشد، معنی‌دار بود ($P<$۰/۰۵). علی‌رغم عدم معنی‌داری تفاوت افزایش وزن روزانه گروه شاهد با گروه‌های مکمل شده با ال-گلوتامین، میانگین وزنی گروه‌های مکمل شده با ال-گلوتامین در مقایسه با گروه شاهد هم در دوره پایانی و هم در کل دوره، بیشتر بود. در یک مطالعه، مصرف سطح پنج گرم گلوتامین به‌صورت جداگانه یا همراه با ۱۰۰ گرم گاما آمینوبوتیریک اسید موجب بهبود افزایش وزن در جوجه‌های گوشتی ۲۱ تا ۴۲ روزه شد (Dai *et al*., 2011). محققین بهبود افزایش وزن بدن پولت‌های بوقلمون تغذیه شده با جیره حاوی یک درصد گلوتامین را فقط در اولین هفته سنی گزارش کردند که با یافته‌های این آزمایش مطابقت داشت (Yi *et al*., 2001). در آزمایشی دیگر، مصرف سطوح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ گرم در کیلوگرم ترکیب گلوتامین و گلیسین موجب بهبود افزایش وزن شد (De-lian *et al*., 2009). چندین تحقیق بیان کردند که مصرف ۰/۵ درصد گلوتامین موجب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی می‌شود (Bartel and Batal, 2007; Murakami *et al*., 2007; Soltan, 2009). Qeshlaq Aliai *et al*. (2013) بیان کردند که بیش‌ترین مقدار افزایش وزن روزانه در جوجه‌هایی بود که سطوح ۰/۵ درصد گلوتامین را دریافت کرده بودند. با توجه به اینکه گلوتامین، شرایط آنابولیکی را در بدن تحریک و میزان ساخت پروتئین را افزایش می‌دهد، با رشد عضلات بیشتر می‌تواند موجب افزایش وزن نهایی بدن شود (Grimble, 2001). افزایش گلوتامین در بدن می‌تواند ساخت پروتئین را تحریک کرده و از تجزیه پروتئین عضلات بدن جلوگیری نماید و بدین ترتیب موجب افزایش وزن بدن پرنده شود (Calder, 1994; Tizard, 1996; Wilson, 1997; Wu, 2010). علی‌رغم پایین‌تر بودن ضرایب تبدیل خوراک در گروه‌های مکمل شده با گلوتامین در

مقایسه با گروه شاهد در تمامی دوره‌های پرورش، اثر مربوطه معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). هم‌راستا با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، Alizade *et al*. (2015) بیان داشتند که علی‌رغم عدم معنی‌داری، پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمارهای حاوی گلوتامین بود.

نتایج مربوط به مقایسات میانگین برای صفات لاشه (جدول ۳) نشان می‌دهد که اوزان نسبی ران، سینه، قسمت پشتی و بال تحت اثر مصرف سطوح مختلف ال-گلوتامین قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$). نتایج این آزمایش با تحقیق Qeshlaq Aliai *et al*. (2013) در ارتباط با معنی‌دار نبودن صفات ران و بال در توافق است. محققان بیان داشتند که گلوتامین بر وزن نسبی ران و بال تاثیری نداشت که در توافق با نتایج تحقیق حاضر است (Ohta *et al*.,1999; Uni *et al*.,2005; Kadam *et al*., 2008). Ayazi (2014) در ارتباط با تاثیر مصرف مکمل گلوتامین روی وزن سینه جوجه های گوشتی بیان کرد که اثر مکمل گلوتامین معنی‌دار نبود که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. Gholipour *et al*. (2019) بیان کردند که مصرف سطوح ۰/۵ درصد گلوتامین همراه با جیره بر پایه گندم توانست موجب معنی‌داری وزن سینه در جوجه-های گوشتی شود.

هیچ تفاوت معنی‌داری در اثر تیمارهای آزمایشی در بخش-های مختلف دستگاه گوارش و اندام‌های لنفاوی به‌جز کبد، مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). محققین بیان داشتند که وزن نسبی اندام‌های داخلی پرندگان از قبیل سنگدان، قلب و پانکراس تحت تاثیر گلوتامین قرار نگرفت که با تحقیق حاضر در توافق است (Qeshlaq Aliai *et al*., 2013). این محققین همچنین تفاوت معنی‌داری در وزن کبد مشاهده نکردند که با نتیجه تحقیق حاضر متناقض است.

اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن نسبی اندام‌های لنفاوی و اندام‌های داخلی در جدول ۴ نشان داده شده است. هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی برای وزن نسبی اندام‌های لنفاوی و اندام‌های داخلی به‌جز کبد، مشاهده نشد. طی تحقیقی بیان شد که وزن نسبی اندام‌های داخلی پرندگان از قبل سنگدان، قلب و پانکراس تحت تاثیر ال- گلوتامین قرار نگرفت که با نتایج تحقیق حاضر در توافق است (Qeshlaq Aliai *et al*., 2013). همچنین، در همان تحقیق، تفاوت معنی‌داری در وزن کبد مشاهده نشد. محققین گزارش کردند که ال-گلوتامین سبب تحریک رشد طحال و تیموس در جوجه‌های گوشتی می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر متناقض است (Sakamoto *et al*., 2006; Bartell and Batal, 2007).

مکمل جیره‌ای ال-گلوتامین سبب افزایش بیان ژن کبدی عواملی که در سوخت و ساز لیپید دخالت دارند، می‌شود (Qi *et al*., 2020). گلوتامین پیش‌ماده مهمی برای تولید دیگر متابولیت‌ها مثل آمینواسیدها (گلوتامات)، ترکیبات TCA (آلفا کتوگلوتارات) و نوکلئوتیدها (AMP، پورین‌ها و پیریمیدین‌ها) و همچنین، فعال‌سازی عملکرد چپرون‌ها (با میانجی پاسخ‌های پروتئین شوک حرارتی) و دفاع آنتی-اکسیدان (حدواسط گلوتاتیون) است.

جدول ۲- اثر افزودن مقادیر مختلف ال-گلوتامین به جیره بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشدی مختلف

Table 2. Effect of adding different amounts of L-glutamine to the diet on daily feed intake, weight gain, and feed conversion ratio depending at different growth periods

	Daily feed intake (g/bird/day)				Body weight gain (g/bird/day)				Feed conversion ratio (g/g)			
L-glutamine (% of diet)	Starter 1-10 d	Grower 11-24 d	Finisher 25-42 d	Whole period 1-42 d	Starter 1-10 d	Grower 11-24 d	Finisher 25-42 d	Whole period 1-42 d	Starter 1-10 d	Grower 11-24 d	Finisher 25-42 d	Whole period 1-42 d
0%	19.97	78.13^{bc}	215.86	105.08	15.66^{c}	52.43^{b}	117.16	65.33	1.27	1.48	1.84	1.62
0.25%	20.72	76.90^{c}	220.56	110.28	16.42^{bc}	52.87^{b}	121.18	70.24	1.26	1.45	1.82	1.57
0.5%	22.91	88.10^{a}	210.05	111.52	18.15^{ab}	60.35^{a}	118.23	69.08	1.26	1.46	1.77	1.51
0.75%	22.78	84.68^{ab}	219.49	111.14	18.33^{ab}	58.45^{a}	120.1	68.12	1.24	1.45	1.82	1.63
1%	22.92	85.79^{a}	217.85	110.14	18.56^{a}	56.63^{ab}	120.8	70.38	1.23	1.51	1.8	1.58
SEM	0.867	2.438	11.94	1.807	0.652	1.538	6.798	2.872	0.012	0.02	0.029	0.058
P-value	0.063	0.013	0.9734	0.121	0.015	0.005	0.9917	0.725	0.199	0.152	0.533	0.932
	Contrast											
Linear	0.0244	0.0480	0.9335	0.0107	0067	0.0138	0.7052	0.2132	0.0954	0.4459	0.2370	0.8046
Quadratic	0.2882	0.2883	0.8724	0.0514	0.2970	0.0255	0.9434	0.6391	0.8297	0.0254	0.4266	0.8366

[a-c] Means with different superscript letters at the same column differ significantly ($P< 0.05$).

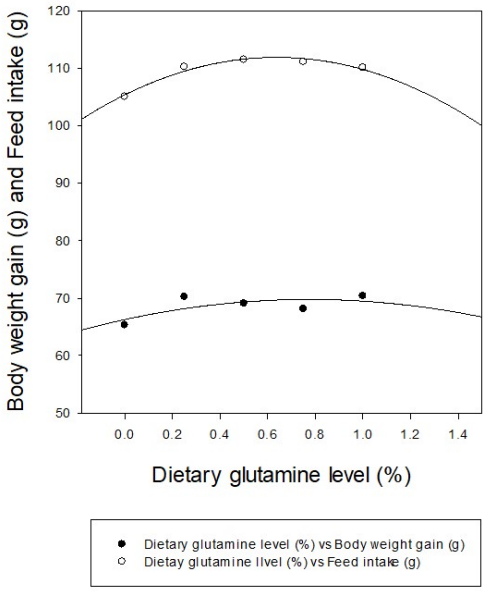

Fig. 1. Variation of body weight gain and feed intake response *versus* dietary L-glutamine levels

شکل ۱- تغییر پاسخ افزایش وزن و مصرف خوراک در مقابل سطوح جیره‌ای ال-گلوتامین

جدول ۳- اثر افزودن سطوح مختلف ال-گلوتامین بر وزن نسبی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 3. Effect of adding different levels of L-glutamine on the relative weight of broiler chicks at 42 days of age

L-glutamine (% of diet)	Carcass[1]	Breast[2]	Thigh[2]	Wing[2]	Back[2]
0%	64.25	38.08	29.10	8.06	24.76
0.25%	60.80	38.72	30.05	8.44	22.79
0.5%	62.44	39.64	29.53	7.37	23.46
0.75%	62.65	40.35	29.05	8.07	22.53
1%	62.49	39.95	29.4	7.83	22.82
SEM	1.02	1.041	0.605	0.286	0.721
P-value	0.242	0.532	0.775	0.471	0.203
			Contrast		
Linear	0.0664	0.1790	0.5489	0.8793	0.0261
Quadratic	0.1864	0.5576	0.6045	0.8681	0.2852

[1] Relative to live weight

[2] Relative to carcass weight

جدول ۴- اثر سطوح مختلف ال-گلوتامین بر وزن نسبی اندام‌های داخلی (درصد از وزن زنده)

Table 4. Effect of different levels of L-glutamine on the relative weight of internal organs (percentage of live weight)

L-glutamine (% of diet)	Bursa	Spleen	Thymus	Heart	Liver	Gizzard	Abdominal fat	Pancreas
0%	0.14	0.141	0.278	0.540	2.386[a]	1.574	1.51	0.251
0.25%	0.15	0.116	0.33	0.482	2.024[b]	1.602	1.36	0.246
0.5%	0.148	0.126	0.255	0.461	1.891[b]	1.608	1.08	0.237
0.75%	0.169	0.108	0.31	0.458	2.051[b]	1.506	1.14	0.244
1%	0.131	0.143	0.298	0.491	1.985[b]	1.532	1.15	0.214
SEM	0.025	0.011	0.031	0.024	0.093	0.007	0.19	0.012
P-value	0.88	0.17	0.50	0.13	0.01	0.86	0.50	0.25
					Contrast			
Linear	0.7460	0.1765	0.5725	0.0170	0.0004	0.8897	0.3277	0.2559
Quadratic	0.4502	0.0411	0.9743	0.0330	0.0148	0.7016	0.6245	0.4662

[a-b] Means with different superscript letters at the same column differ significantly ($P< 0.05$).

گلوتامین پیش‌ساز مهمی برای گلوکونئوژنز (فرآیند تولید گلوکز از مواد غیرکربوهیدرات) است که مسیر اصلی متابولیکی در کبد است و شرایط نگهداری سطح گلوکز خون را در گرسنگی و در نبود ذخایر گلایکوژن میسر می‌کند. در زمان بیماری‌های شدید، ماهیچه اسکلتی، اصلی‌ترین عرضه‌کننده گلوتامین است. این در حالی است که کبد، اصلی‌ترین مصرف‌کننده گلوتامین است (Bode *et al*., 2001; Karinch *et al*., 2001). ال-گلوتامین به‌عنوان یک اسیدآمینه کلیدی در سوخت و ساز نیتروژن شرکت دارد. مصرف گلوتامین در هپاتوسیت‌ها، تنظیم‌کننده فعالیت سیکل اوره، برای تبدیل گلوتامات به آمونیاک به‌وسیله ال-گلوتامیناز است. کبد تنظیم‌کننده pH خون و سم‌زدای آمونیاک از مسیر مصرف ال-گلوتامین در سیکل اوریک است (Haussinger and Schliess, 2007).

اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر برخی فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۵ نشان داده شده است. سطوح مختلف ال-گلوتامین، اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های سرم اندازه‌گیری شده داشت (P<۰/۰۵). سطوح مختلف ال-گلوتامین توانست سطح کلسترول، تری‌گلیسرید، VLDL، HDL و LDL را تحت تاثیر قرار دهد (P<۰/۰۵). ال-گلوتامین در جیره، میزان کلسترول کل، LDL، VLDL و تری‌گلیسرید را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد (P<۰/۰۵) و میزان HDL سرم به‌طور معنی‌داری در تیمار حاوی ۰/۵ درصد ال-گلوتامین افزایش یافت (P<۰/۰۵). مطالعات زیادی در مورد نقش اسید آمینه ال-گلوتامین در ارتباط با فراسنجه‌های خونی مرتبط با متابولیت‌های چربی در دسترس نیست و مطالعه حاضر از معدود گزارش‌های ارزیابی این بخش محسوب می‌شود، ولی در یک نگاه اجمالی می‌توان نتیجه گرفت که سطح ۰/۵ درصد ال-گلوتامین موجب کاهش کلسترول، تری‌گلیسرید، VLDL و LDL شد و هم‌چنین، به‌طور معنی‌داری موجب افزایش سطح HDL شد.

نتایج حاصل از شمارش گلبول‌های سفید خون در جدول ۶ نشان داده شده است. علی‌رغم تاثیر خیلی معنی‌دار افزودن ال-گلوتامین روی شمار گلبول‌های سفید و هم‌چنین، درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت (P<۰/۰۰۰۱)، اثر آن روی درصد مونوسیت و ائوزینوفیل معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

افزایش درصد لنفوسیت در هنگام استفاده از ۰/۵ درصد ال-گلوتامین در جیره با نتیجه پژوهش Soltan (2009) و Alizade *et al*. (2015) مطابقت داشت. این محققین گزارش کردند مکمل‌سازی جیره با ال-گلوتامین، شمار لنفوسیت را نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌دهد. نسبت هتروفیل به لنفوسیت، نشانگر قابل اطمینانی در رابطه مستقیم با میزان تنش در جوجه‌های گوشتی است (Gross and Siegel, 1983). کمتر بودن این نسبت پس از تنش ناشی از وزن‌کشی در پرندگانی که ال-گلوتامین دریافت نمودند، ممکن است نشان‌دهنده آثار سودمند این مکمل در هنگام بروز تنش‌های محیطی باشد. لنفوسیت‌ها تنها سلول‌هایی در بدن هستند که قادر به شناسایی و تفکیک شاخص‌های آنتی‌ژنیک مختلف هستند و با گیرنده‌های خاصی که بر سطح خود دارند، به‌طور اختصاصی عمل می‌کنند و نقش بسیار مهمی در ساز و کارهای ایمنی بدن دارند.

جدول ۵- اثر افزودن سطوح مختلف ال-گلوتامین بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 5. Effect of adding different levels of L-glutamine on blood parameters of broiler chickens at 42 days of age

L-Glutamine (% of diet)	Cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)	HDL (mg/dL)	VLDL (mg/dL)	LDL (mg/dL)
0%	129.04^{a}	75.24^{a}	37.52^{c}	15.04^{a}	76.47^{a}
0.25%	121.44^{c}	69.26^{b}	38.3^{c}	13.85^{b}	69.28^{b}
0.5%	116.46^{d}	57.46^{c}	42.08^{a}	11.49^{c}	62.88^{c}
0.75%	122.28^{bc}	67.28^{b}	41.26^{ab}	13.45^{b}	67.56^{b}
1%	125.56^{b}	70.22^{b}	40.12^{b}	14.04^{b}	71.38^{b}
SEM	1.142	1.524	0.529	0.304	1.275
P-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
			Contrast		
Linear	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Quadratic	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

[a-d] Means with different superscript letters at the same column differ significantly (P< 0.05).

گزارش شده است که تعداد هتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها بیشتر در شرایطی مانند تنش، بیماری‌ها و استفاده از برخی از داروها تغییر می‌کنند (Riddell, 1999). نسبت هتروفیل به لنفوسیت، شاخص مهمی در ارزیابی سطح ایمنی بدن است و هر چقدر این نسبت کمتر باشد به همین مقدار نیز سطح ایمنی بدن بالا بوده و احتمال مقاومت در مقابل عوامل بیماری‌زا افزایش می‌یابد (Sturkie, 1986). عوامل تنش‌زا با تحریک ترشح هورمون آدرنوکورتیکوتروپین و هورمون-های غدد فوق کلیوی موجب افزایش نسبی تعداد هتروفیل به لنفوسیت در طیور می‌شوند. بر این اساس، شمارش هتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها و تعیین نسبت هتروفیل به لنفوسیت در خون پرندگان به‌عنوان شاخصی برای تخمین میزان تنش نیز ذکر شده است (Sturkie, 2012). نتایج Calder and Yaqoob (1999) و Melis *et al*. (2004) نشان داد که گلوتامین به‌میزان بالایی به‌وسیله 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. نشان داده شده است که گلوتامین، عامل مهمی برای تکثیر لنفوسیت‌ها، تولید سیتوکین و فعالیت ترشحی و فاگوسیتوزی ماکروفاژها است (Newsholme, 2001). سوبسترای اولیه برای زنده‌مانی نوتروفیل گلوکز است، اما گلوکز تنها منبع انرژی متابولیت برای این سلول‌ها نیست. نوتروفیل‌ها در مقایسه با دیگر لکوسیت‌ها مانند ماکروفاژها و لنفوسیت‌ها به مقدار زیادی گلوتامین مصرف می‌کنند (Pithon-curi *et al*., 2002, 2004). مقدار زیادی از گلوتامین به گلوتامات، آسپارتات (با فعالیت چرخه کربس) و لاکتات در نوتروفیل‌ها تبدیل می-شود. در شرایط مناسب، دی اکسیدکربن، گلوتامین و گلوتامات، نقش مهمی را در تولید ترکیبات ضروری برای سوخت و ساز لکوسیت‌ها بر عهده دارند (Branzk *et al*., 2014). گلوتامین سبب افزایش تولید سوپراکسید در نوتروفیل‌ها می‌شود و این کار با تولید ATP و تنظیم بیان NADPH اکسیداز انجام می‌شود (Pithon-curi *et al*., 2002). گلوتامین از تغییرات در فعالیت NADPH اکسیداز و تولید سوپراکسید که به‌وسیله آدرنالین در نوتروفیل‌ها انجام می‌شود جلوگیری می‌کند (Garcia *et al*., 1999).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن ال-گلوتامین موجب افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی طی دوره‌های آغازین و رشد شد. افزودن ال-گلوتامین موجب افزایش خوراک در دوره رشد شد، ولی تاثیری روی ضریب تبدیل خوراک نداشت. سطح ۰/۵ درصد ال-گلوتامین موجب کاهش کلسترول و تری‌گلیسیرید سرم خون جوجه‌ها شد و سطح HDL را افزایش و LDL را کاهش داد. علی‌رغم معنی‌دار نبودن اثر مکمل ال-گلوتامین روی درصد مونوسیت و ائوزینوفیل، افزودن آن موجب کاهش معنی‌دار نسبت هتروفیل به لنفوسیت شد و هم‌چنین، اثر معنی‌دار بر درصد هتروفیل و لنفوسیت داشت. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف ۰/۵ درصد گلوتامین در جیره دوره‌های آغازین و رشد جوجه‌های گوشتی می‌تواند منجر به بهبود عملکرد آن‌ها شود.

جدول ۶- اثر سطوح مختلف ال- گلوتامین بر شمار و درصد گلبول‌های سفید خون جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی

Table 6. Effect of different levels of L-glutamine on the number and percentage of white blood cells in broiler chickens at 42 days old

L-glutamine (% of diet)	WBCs (mm^3)	H/L	Heterophile %	Lymphocyte %	Monocyte %	Eosinophil %
0%	23280^{a}	0.91^{a}	46^{a}	50.8^{c}	3	0.4
0.25%	19800^{b}	0.62^{b}	37^{b}	59.6^{b}	3.2	0.2
0.5%	16880^{d}	0.51^{b}	32.8^{c}	64^{a}	2.6	0.6
0.75%	18140^{cd}	0.59^{b}	36.2^{bc}	60.6^{ab}	2.8	0.6
1%	18440^{c}	0.60^{b}	36^{bc}	60^{b}	3.4	0.6
SEM	429.651	0.038	1.247	1.1798	0.4899	0.2366
P-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.7946	0.4864
	Contrast					
Linear	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.9900	0.7094
Quadratic	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3931	0.9900

[a-d] Means with different superscript letters at the same column differ significantly ($P< 0.05$). WBCs: White blood cells; H: Heterophile; L: Lymphocyte

فهرست منابع

Abdulkarimi, R., Shahir, M. H., & Daneshyar, M. (2019). Effects of dietary glutamine and arginine supplementation on performance, intestinal morphology and ascites mortality in broiler chickens reared under cold environment. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *32*(1), 110-117.

Alizade, A., Nasiri Moghadam, H., Hassan Abadi, A., Yaqoubfar, A., Hosseini, S. A., & Torghi, R. (2015). Effects of L-glutamine supplementation on performance and immune responses of broiler chickens. *Applied Research in Animal Science*, *5*(21), 67-80. [In Persian]

Andrews, F. J., & Griffiths, R. D. (2002). Glutamine: essential for immune nutrition in the critically ill. *British Journal of Nutrition*, *87*(1), 3-8. doi: 10.1079/bjn2001451

Ayazi, M. (2014). The effect of dietary glutamine supplementation on performance and blood parameter, carcass characteristics, quality and characteristics meat of broiler chickens under continuous heat stress condition. *International Journal of Farming and Allied Sciences, 3*(12), 1213-1219.

Bartell, S. M., & Batal, A. B. (2007). The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broilers. *Poultry Science*, *86*(9), 1940-1947. doi: 10.1093/ps/86.9.1940

Bode, B. P. (2001). Recent molecular advances in mammalian glutamine transport. *The Journal of Nutrition*, *131*(9), 2475S-2485S. doi: 10.1093/jn/131.9.2475S

Branzk, N., Lubojemska, A., Hardison, S. E., Wang, Q., Gutierrez, M. G., Brown, G. D., & Papayannopoulos, V. (2014). Neutrophils sense microbe size and selectively release neutrophil extracellular traps in response to large pathogens. *Nature Immunology*, *15*(11), 1017-1025. doi: 10.1038/ni.2987

Calder, P. C. (1994). Glutamine and the immune system. *Clinical Nutrition*, *13*, 2-8.

Calder, P. C., & Yaqoob, P. (1999). Glutamine and the immune system. *Amino Acids*, *17*, 227-241.

Cruzat, V. F., Pantaleão, L. C., Donato Jr, J., de Bittencourt Jr, P. I. H., & Tirapegui, J. (2014). Oral supplementations with free and dipeptide forms of L-glutamine in endotoxemic mice: effects on muscle glutamine-glutathione axis and heat shock proteins. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *25*(3), 345-352. doi: 10.1016/j.jnutbio.2013.11.009

Dai, S. F., Gao, F., Zhang, W. H., Song, S. X., Xu, X. L., & 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*(1-2), 51-60. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.03.005

Dai, S. F., Wang, L. K., Wen, A. Y., Wang, L. X., & Jin, G. M. (2009). Dietary glutamine supplementation improves growth performance, meat quality and colour stability of broilers under heat stress. *British Poultry Science*, *50*(3), 333-340. doi: 10.1080/00071660902806947

Ebadiasl, G. (2011). Effects of supplemental glutamine and glutamate on growth performance, gastrointestinal development, jejunum morphology and *Clostridium perfringens* count in caecum of broilers. *Second cycle, A2E. Uppsala: SLU, Dept. of Animal Nutrition and Management (until 231231)*.

Fasina, Y. O., Holt, P. S., Moran, E. T., Moore, R. W., Conner, D. E., & McKee, S. R. (2008). Intestinal cytokine response of commercial source broiler chicks to Salmonella typhimurium infection. *Poultry Science*, *87*(7), 1335-1346. doi: 10.3382/ps.2007-00526

Ferket, P. R., Uni, Z., Tako, E., Foye, O. T., & Oliveira, J. E. (2005). In ovo feeding nutrition: Impact on gene expression, gut development, and growth performance. In *The Annual Nutrition Conference. University of Arkansas, Rogers, AR*. Pp. 160-172.

Foye, O., Ferket, P., & Uni, Z. (2005a). The effects of in ovo feeding of arginine and/or beta-hydroxybeta-methylbutyrate (HMB) and carbohydrates on glycogen metabolism and growth in turkey poults. *Poultry Science, 84*(Suppl.), 9.

Foye, O., Ferket, P., & Uni, Z. (2005b). The effects of in ovo feeding of beta-hdroxy-beta-methylbutyrate (HMB) and arginine on jejunal expression and function in turkeys. *Poultry Science, 84*(Suppl.), 41.

Garcia, C., Pithon-Curi, T. C., de Lourdes Firmano, M., Pires de Melo, M., Newsholme, P., & Curi, R. (1999). Effects of adrenaline on glucose and glutamine metabolism and superoxide production by rat neutrophils. *Clinical Science (London, England: 1979)*, *96*(6), 549-555. doi: 10.1042/cs0960549

Gholipour, V., Chamani, M., Aghdam Shahryar, H., Sadeghi, A., & Aminafshar, M. (2019). Effects of dietary L-glutamine supplement on performance, characteristics of the carcase and intestinal morphometry in guinea fowl chickens (*Numida meleagris*). *Italian Journal of Animal Science*, *18*(1), 513-521. doi: 10.1080/18280051X.2018.1544856

Grimble, R. F. (2001). Nutritional modulation of immune function. *Proceedings of the Nutrition Society*, *60*(3), 389-397. doi: 10.1079/pns2001102

Gross, W. B., & Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases*, *27(*4) 972-979. doi: 10.2307/1590198

Häussinger, D., & Schliess, F. (2007). Glutamine metabolism and signaling in the liver. *Frontiers in Bioscience: a journal and virtual library*, *12*, 371-391. doi: 10.2741/2070

Kadam, M. M., Bhanja, S. K., Mandal, A. B., Thakur, R., Vasan, P., Bhattacharyya, A., & Tyagi, J. S. (2008). Effect of in ovo threonine supplementation on early growth, immunological responses and digestive enzyme activities in broiler chickens. *British Poultry Science*, *49*(6), 736-741. doi: 10.1080/00071660802469333

Karinch, A. M., Pan, M., Lin, C. M., Strange, R., & Souba, W. W. (2001). Glutamine metabolism in sepsis and infection. *The Journal of Nutrition*, *131*(9 Suppl), 2535S–1S. doi: 10.1093/jn/131.9.2535S

Keralapurath, M. M., Corzo, A., Pulikanti, R., Zhai, W., & Peebles, E. D. (2010). Effects of in ovo injection of L-carnitine on hatchability and subsequent broiler performance and slaughter yield. *Poultry Science*, *89*(7), 1497-1501. doi: 10.3382/ps.2009-00551

Khempaka, S., Okrathok, S., Hokking, L., Thukhanon, B., & Molee, W. (2011). Influence of supplemental glutamine on nutrient digestibility and utilization, small intestinal morphology and gastrointestinal tract and immune organ developments of broiler chickens. *International Journal of Animal and Veterinary Sciences*, *5*(8), 497-499.

Kitt, S. J., Miller, P. S., Lewis, A., & Fischer, R. L. (2002). Effects of glutamine on growth performance and small intestine villus height in weanling pigs. *Nebraska Swine Report*, 82. https://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine/82

Martinez, K. L. A., Leandro, N. S. M., Café, M. B., Stringhini, J. H., Araújo, I. C. S., & Andrade, M. A. (2012). Supplementation of glutamine in diets with ingredients from animal and vegetable sources for broiler chicks. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, *64*, 1707-1716.

Melis, G. C., ter Wengel, N., Boelens, P. G., & van Leeuwen, P. A. (2004). Glutamine: recent developments in research on the clinical significance of glutamine. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *7(*1), 59–70. doi: 10.1097/00075197-200401000-00011

Meng DeLian, M. D., Sun Chao, S. C., Yao JunHu, Y. J., Yang GongShe, Y. G., & Fang Jun, F. J. (2009). Effect of aspartate and glutamine on a part of the fatty traits and the levels of adipogenesis genes mRNA expression of broiler. *Scientia Agricultura Sinica.7*, 2513-2522.

Miller, A. L. (1999). Therapeutic considerations of L-glutamine: a review of the literature. *Alternative Medicine Review: a journal of clinical therapeutic*, *4*(4), 239-248.

Murakami, A. E., Sakamoto, M. I., Natali, M. R. M., Souza, L. M. G., & 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.

Mussini, F. J., Goodgame, S. D., Lu, C., Bradley, C. D., Fiscus, S. M., & Waldroup, P. W. (2012). A nutritional approach to the use of anticoccidial vaccines in broilers: glutamine utilization in critical stages of immunity acquisition. *International Journal of Poultry Science*, *11*(4), 243-246.

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

Newsholme, E. A., Newsholme, P., Curi, R., Crabtree, B., & Ardawi, M. S. M. (1989). Glutamine metabolism in different tissues: its physiological and pathological importance. *Perspectives in Clinical Nutrition*, *5(*1), 963-970.

Newsholme, P., Procopio, J., Lima, M. M. R., Pithon Curi, T. C., & Curi, R. (2003). Glutamine and glutamate—their central role in cell metabolism and function. *Cell Biochemistry and Function*, *21*(1), 1-9.

Ohta, Y., Tsushima, N., Koide, K., Kidd, M. T., & Ishibashi, T. (1999). Effect of amino acid injection in broiler breeder eggs on embryonic growth and hatchability of chicks. *Poultry Science*, *78*(11), 1493-1498. doi: 10.1093/ps/78.11.1493

Peek, H. W., & Landman, W. J. M. (2011). Coccidiosis in poultry: anticoccidial products, vaccines and other prevention strategies. *Veterinary Quarterly*, *31*(3), 143-161. doi: 10.1080/01652176.2011.605247

Pithon-Curi, T. C., De Melo, M. P., & Curi, R. (2004). Glucose and glutamine utilization by rat lymphocytes, monocytes and neutrophils in culture: a comparative study. *Cell Biochemistry and Function: Cellular Biochemistry and its Modulation by Active Agents or Disease*, *22*(5), 321-326. doi: 10.1002/cbf.1109

Priya, K. D., Selvaraj, P., Nanjappan, K., Jayachandran, S., & Visha, P. (2010). Oral supplementation of putrescine and l-glutamine on the growth performance, immunity, intestinal enzymes in the broiler chickens. *Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *6*(5), 250-254.

Qeshlaq Aliai, M., Galian, A., Bassami, M., & Haqparast, A. (2014). The effect of L-glutamine embryonic feeding and its addition to the diet on the performance, carcass characteristics and immune response of broiler chickens. *Research Journal of Poultry Science*, *2*, 63-73. [In Persian]

Qeshlaq Aliai, M., Galian, A., Bassami, M., Haqparast, A., Heravi Mousavi, (2013). The effect of intraegg injection of L-glutamine on growth performance before and after hatching, intestinal morphology and immune responses of broiler chickens. *Animal Science Research Journal, 24(*3), 65-79. [In Persian]

Qi, M., Wang, J., Li, J., Liao, S., Liu, Y., & Yin, Y. (2020). Dietary glutamine, glutamate, and aspartate supplementation improves hepatic lipid metabolism in post-weaning piglets. *Animal Nutrition*, *6*(2), 124-129. doi: 10.1016/j.aninu.2019.12.002

Riddell, D. R., Vinogradov, D. V., Stannard, A. K., Chadwick, N., & Owen, J. S. (1999). Identification and characterization of LRP8 (apoER2) in human blood platelets. *Journal of Lipid Research*, *40*(10), 1925-1930. doi: 10.1016/S0022-2275(20)34910-5

Sakamoto, M. I., Murakami, A. E., Silveira, T. G. V., Fernandes, J. I. M., & De Oliveira, C. A. L. (2006). Influence of glutamine and vitamin E on the performance and the immune responses of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *8*, 243-249. doi: 10.1590/S1516-635X2006000400007

Salmanzadeh, M., & Shahryar, H. A. (2013). Effects of dietary glutamine addition on growth performance, carcass characteristics and development of the gastrointestinal tract in Japanese quails. *Revue de Medecine Veterinaire*, *164(*10), 471-475.

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. doi: 10.3923/ijps.2009.60.68

Souba, W. W. (1993). Glutamine and cancer. *Annals of Surgery*, *218*(6), 715-728.

Sturkie, P. D. (1986). Anatomy of the circulatory system size of heart innervation of heart coronary arteries and veins. *Avian Physiology*, Fourth edition, Springer-Vrelag, New York, USA. P. 130.

Tizard, I. R. (2000). Veterinary immunology: an introduction. W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, USA.

Uni, Z., & Ferket, R. P. (2004). Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal*, *60*(1), 101-111. doi: 10.1079/WPS20038

Uni, Z., Ferket, P. R., Tako, E., & Kedar, O. (2005). In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poultry Science*, *84*(5), 764-770. doi: 10.1093/ps/84.5.764

Wilson, H. R. (1997). Effects of maternal nutrition on hatchability. *Poultry Science*, *76*(1), 134-143.

Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, *37*, 1-17. doi: 10.1007/s00726-009-0269-0

Wu, G. (2010). Functional amino acids in growth, reproduction, and health. *Advances in Nutrition*, *1*(1), 31-37. doi: 10.3945/an.110.1008

Wu, G., Meier, S. A., & Knabe, D. A. (1996). Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. *The Journal of Nutrition*, *126*(10), 2578-2584. doi: 10.1093/jn/126.10.2578

Yan, L., & Qiu-Zhou, X. (2006). Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, *256*(1-4), 389-394. doi: 10.1016/j.*aquaculture*.2006.02.011

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

Yi, G. F., Allee, G. L., Spencer, J. D., Frank, J. W., & 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.

Yi, G. F., Allee, G. L., Knight, C. D., & 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. doi: 10.1093/ps/84.2.283