Animal Production Research
Vol. 14, No. 1, 2025 (77-100)
doi: 10.22124/ar.2025.28565.1851
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872
University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of arginine supplementation and stocking density on growth performance, intestinal morphology, blood indices, and meat quality of Arian and Ross broiler chickens

K. Bahrampour, S. J. Hosseini-Vashan*

Department of Animal and Poultry Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

(Received: 30-09-2024 – Revised: 02-01-2025 – Accepted: 06-01-2025 – Available online: 28-03-2025)

Abstract

Introduction: Many variables must be considered in broiler production to achieve maximum profits. The selection of an appropriate broiler strain and optimal stocking density are among the key factors for maximizing economic returns. Today, several strains such as Ross, Arian, Cobb, and Arbor Acres are available in the Iranian market, each with specific rearing guidelines based on their genetic modifications. Maintaining an optimal stocking density throughout the production cycle is economically important. The study therefore compared the Iranian Arian strain and the Ross strain with different stocking densities (12 and 16 birds per square metre, respectively). Higher density can lead to stress, and arginine plays a critical role in the urea cycle and protein synthesis. It serves as a precursor for the production of polyamines, creatine, and especially nitric oxide (NO). In conditions of environmental stress, such as heat or oxidative stress, the role of arginine is even more important because of its role in the formation of NO. Therefore, in addition to broiler strain and stocking density, the study included the use of arginine.

Materials and methods: A total of 448 one-day-old chicks (224 Arian and 224 Ross) of both sexes were used in a 42-day feeding trial. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 2×2×2 factorial arrangement with two broiler strains (Arian and Ross), two stocking densities (12 and 16 birds/ square metre), and two levels of dietary arginine (100 and 130% of the Arian catalog recommendation). There were eight treatments with five replicates. Experimental diets were formulated for four phases: starter, grower, finisher 1, and finisher 2. Feed intake and body weight gain were recorded during the starter, grower, finisher 1, and finisher 2 periods. The feed conversion ratio (FCR) was calculated. At the end of the experiment (42 days), two birds were randomly selected from each replicate for blood sampling from the wing vein to measure blood parameters. To evaluate intestinal morphology, two birds from each pen were slaughtered at 42 days. A 4-cm section was taken from the jejunum (10 cm before Meckel's diverticulum) and fixed in 10% formalin after washing with physiological saline. To measure meat quality traits including water holding capacity (WHC), pH, drip loss (DL), and cooking loss (CL), two birds were randomly selected from each replicate at 42 days, and the left thigh muscle was collected. Data were analyzed using MiniTab 16 software. Data were analyzed using the general linear model (GLM), and treatment means were compared using Tukey's test at $P<0.05$.

Results and discussion: The results showed that the Ross strain had a higher feed intake than the Arian strain ($P<0.05$). High stocking density significantly reduced feed intake throughout the entire period ($P<0.05$). In the starter phase, the use of 130% of the recommended arginine level increased feed intake compared to the 100% level ($P<0.05$). Ross strain chicks receiving 130% arginine also had a higher feed intake. The average daily weight gain of the Ross strain was significantly higher than that of the Arian strain during the grower phase and over the entire period ($P<0.05$). Stocking density reduced the average daily weight gain in the finisher 1, finisher 2, and

* Corresponding author: jhosseiniv@birjand.ac.ir

entire periods (P<0.05). The use of 130% arginine improved daily weight gain in these phases (P<0.05). Ross broilers reared at a density of 12 birds per square meter exhibited the highest daily weight gain during the finisher 2 phase compared to the Ross and Arian strains at 16 birds per square meter (P<0.05). Ross chicks receiving 130% arginine had higher daily weight gains than those receiving 100% arginine (P<0.05). In the finisher 2 and overall periods, broilers raised at a density of 16 birds per square meter and fed 100% arginine had the lowest daily weight gain compared to other treatments (P<0.05). Both Ross and Arian broilers reared at high stocking density and fed 100% arginine had the lowest daily weight gain. The FCR of the Arian strain in the starter phase was lower than that of the Ross strain. High stocking density improved FCR in the starter phase, but it increased FCR in the finisher 2 and overall periods (P<0.05). The use of 130% arginine significantly improved FCR in broilers (P<0.05). In the finisher 1 and overall periods, Arian broilers reared at low stocking density had better FCR than those at high density. In the finisher 2 phase, Ross broilers reared at low stocking density had better FCR than those at high density. The results indicated that rearing both Ross and Arian strains at low stocking density improved FCR. In the finisher 1 phase, the lowest FCR was observed in the Ross strain fed 100% arginine and the Arian strain fed 130% arginine. Over the entire period, Arian broilers fed 100% arginine had the highest FCR compared to other levels. The interaction of stocking density × arginine showed that the highest FCR was observed in birds reared at 16 birds per square meter and fed 100% arginine. The interaction of strain × stocking density × arginine had a significant effect on FCR in the finisher 1 phase (P<0.05), with the lowest FCR observed in the Arian strain, reared at 12 birds per square meter, and fed 130% arginine. Increased stocking density reduced albumin and total protein concentrations and increased blood glucose concentration (P<0.05). Higher stocking density significantly reduced albumin concentration in both Ross and Arian strains compared to Arian birds reared at lower density. The interaction of strain × stocking density × arginine significantly affected total protein concentration (P<0.05), with the highest level observed in the Ross strain reared at 12 birds per square meter and fed 130% arginine. High stocking density increased cholesterol concentration (P<0.05). The 130% arginine level reduced cholesterol concentration compared to 100% arginine (P<0.05). Increased stocking density also raised AST concentration (P<0.05). Ross broilers had greater villus width and absorption surface area (P<0.05). High stocking density reduced villus length, width, and absorption surface area (P<0.05). The highest absorption surface area was observed in the Ross strain reared at 12 birds per square meter and fed 100% arginine, while the lowest was in the Arian strain reared at 16 birds per square meter and fed 100% arginine (P<0.05). Higher stocking density reduced water-holding capacity and increased cooking loss (P<0.05). Increased arginine levels improved water-holding capacity and reduced cooking loss (P<0.05).

Conclusions: Overall, the results of this study indicated that the Ross strain had higher feed intake and daily weight gain compared to the Arian strain, though their feed conversion ratios did not significantly differ. Stocking density harmed performance indices during the late and overall phases of the trial. The Ross strain showed a better response to arginine supplementation at high stocking densities than the Arian strain. The use of arginine supplementation can mitigate the negative effects of high stocking density and improve broiler performance.

Keywords: Arginine, Stocking density, Broiler, Growth performance, Intestinal morphology

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 Birjand, 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 financial support from the Vice Chancellor for Research, University of Birjand, to conduct this project.

Acknowledgment: The authors would like to express their gratitude to the Vice Chancellor for Research of University of Birjand and colleagues from the Department of Animal Science of this university for their support.

How to cite this article:

Bahrampour, K., & Hosseini-Vashan, S. J. (2025). Effect of arginine supplementation and stocking density on growth performance, intestinal morphology, blood indices, and meat quality of Arian and Ross broiler chickens. *Animal Production Research*, *14*(1), 77-100. doi: 10.22124/ar.2025.28565.1851

تحقیقات تولیدات دامی

سال چهاردهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۴ (۱۰۰-۷۷)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر مکمل‌سازی آرژنین و تراکم جمعیت بر عملکرد رشد، ریخت‌شناسی روده، شاخص‌های خونی و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی آرین و راس

کامران بهرامپور، سیدجواد حسینی واشان*

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷ – تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۱/۰۸)

چکیده

مطالعه حاضر به‌منظور مقایسه عملکرد جوجه‌های گوشتی سویه آرین و راس و بررسی مکمل آرژنین بر عملکرد رشد، ریخت-شناسی روده، شاخص‌های خونی و کیفیت گوشت در شرایط تراکم جمعیت انجام شد. در این آزمایش از ۲۲۴ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه آرین و ۲۲۴ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس استفاده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲ با استفاده از دو سویه جوجه (آرین و راس) و دو سطح تراکم (۱۲ و ۱۶ پرنده در متر مربع) و دو سطح اسیدآمینه آرژنین (۱۰۰ و ۱۳۰ درصد پیشنهاد کاتالوگ آرین) با هشت تیمار و پنج تکرار اجرا شد. آثار متقابل نشان داد پرندگان هر دو سویه راس و آرین در تراکم بالا و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین، کمترین میزان افزایش وزن روزانه را داشتند ($P<۰/۰۵$). در دوره پایانی ۱، کمترین ضریب تبدیل خوراک در گروه سویه آرین، تراکم پایین و سطح ۱۳۰ درصد آرژنین مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). تراکم بالا موجب کاهش غلظت آلبومین و پروتئین کل و افزایش غلظت گلوکز، کلسترول و فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز شد ($P<۰/۰۵$). غلظت کلسترول در هر دو سویه با افزایش تراکم، بالا رفت ولی در گروهی که سطح بالای آرژنین استفاده شد، کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). ارتفاع، عرض پرز و سطح جذب روده در تراکم بالای پرورش، کاهش یافت. آثار متقابل نشان داد کمترین سطح جذب پرز در سویه آرین، تراکم ۱۶ و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). تراکم بالای جمعیت موجب کاهش ظرفیت نگهداری آب و افزایش افت ناشی از پخت شد و در مقابل، افزایش درصد آرژنین سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش افت ناشی از پخت شد ($P<۰/۰۵$). به‌طور کلی، نتایج نشان داد سویه راس نسبت به آرین، افزایش وزن روزانه و مصرف خوراک روزانه بالاتری نشان داد. تراکم بالای جمعیت در هر دو سویه، تاثیر منفی بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده، کیفیت گوشت و بعضی از شاخص‌های خونی داشت.

واژه‌های کلیدی: آرژنین، تراکم جمعیت، جوجه گوشتی، عملکرد رشد، ریخت‌شناسی روده

* نویسندهٔ مسئول: jhosseiniv@birjand.ac.ir

doi: 10.22124/ar.2025.28565.1851

مقدمه

امروزه صنعت طیور از پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه ژنتیک، تغذیه، محیط پرورش و راهکارهای مدیریت بهره‌مند شده است. متخصصان ژنتیک، ویژگی‌های مرتبط با رفاه و سلامت را به‌عنوان اجزای مهم برنامه‌های انتخاب ژنتیکی در نظر گرفته‌اند و می‌توان بیان کرد پرندگان پرورش یافته با تولید بالا در سیستم مدرن امروز، سالم‌تر از طیور سی سال پیش هستند، اما این افزایش تولید به این معنا است که پرندگان به مرزهای فیزیولوژیکی خود نزدیک‌تر شده‌اند و کارشناسان باید کنترل قابل توجهی بر عوامل پرورش شامل تغذیه، محیط و غیره داشته باشند (Korver, 2023). در این مسیر، چالش‌های متعددی وجود دارند که هدف کلی آن‌ها، افزایش و بهینه‌سازی بهره‌وری تولید با تکیه بر حفظ استانداردهای بهداشت و رفاه حیوانات است (Hafez and Attia, 2020). یکی از این موارد مهم و تاثیرگذار برای داشتن یک دوره پرورش سودآور، انتخاب سویه مناسب جوجه گوشتی است.

بر اساس آمارهای رسمی مجوزهای جوجه‌ریزی مرغداران کشور، بیشترین سهم جوجه مورد استفاده از ابتدای سال ۱۴۰۳ تاکنون مربوط به سویه‌های راس (۵۱/۳۱ ٪)، آرین (۲۸/۸۴ ٪)، پلاس (۹/۸۸ ٪) و کاب (۹/۶۴ ٪) بوده است (Henwork, 2024). عمدتاً هر سویه دستورالعمل مدیریتی و تغذیه‌ای مخصوص به خود را برای دستیابی به بیشترین عملکرد ارائه می‌دهد (Manafi Azar *et al.*, 2008). یکی از سویه‌های مهم جوجه‌های موجود در بازار ایران، سویه آرین است. ورود مرغ لاین به بازار ایران در دهه هفتاد شمسی اتفاق افتاد و تا به امروز، پرورش آن با چالش‌های فراوانی روبه‌رو بوده است. هم‌اکنون سویه آرین توانسته سهم قابل توجهی از بازار را در اختیار داشته باشد. عمدتاً پرورش‌دهندگان توجه ویژه‌ای به عملکرد سویه‌های موجود در بازار دارند و بر اساس تجربه و مشورت با سایر پرورش‌دهندگان سعی می‌کنند سویه مناسبی را در جهت افزایش سود پایان دوره انتخاب کنند (Jahanian Najafabadi *et al.*, 2019). عوامل مختلفی شامل سن مرغ مادر، شرایط پرورش، شرایط نگهداری تخم‌مرغ، شرایط جوجه‌کشی و حمل و نقل به‌طور مستقیم بر کیفیت جوجه یک‌روزه و در نتیجه، عملکرد رشد تاثیر خواهند گذاشت (Ilemobayo *et al.*, 2024). در مطالعات متعددی، تاثیرپذیری شاخصه‌های عملکرد رشد شامل سرعت رشد، مصرف خوراک و بازده غذایی از ژنوتیپ‌های گوناگون سویه‌های مختلف جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Malone *et al.*, 1979; Merkley *et al.*, 1980; Acar *et al.*, 1991; Smith and Pesti, 1998; Gonzales *et al.*, 1999; Sarker *et al.*, 2002; Corzo *et al.*, 2005; Sterling *et al.*, 2006; Zhao *et al.*, 2009; Danisman and Gous, 2010; Saki *et al.*, 2010; Hossain *et al.*, 2011; Mussini, 2012;; Badamasi *et al.*, 2014; Amao *et al.*, 2015; Li, 2017).

یکی دیگر از شاخصه‌های مهم در پرورش، انتخاب تراکم مناسب در واحد سطح است، که یکی از ابزارهای مدیریتی مهم در پرورش طیور است. تعیین تراکم بهینه برای دستیابی به بیشترین تولید و بهره‌وری در واحد سطح، از چالش‌های اساسی پرورش‌دهندگان است. مطالعات نشان داده‌اند که انتخاب تراکم مناسب، می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید، افزایش سودآوری و بهبود عملکرد پرندگان منجر شود (Dozier *et al.*, 2005; 2006). تراکم بهینه جمعیت در واحد سطح، مستقیماً بر رفاه، سلامت و عملکرد پرندگان تأثیر می‌گذارد (El-Gogary *et al.*, 2015; Tong *et al.*, 2019). تراکم بالای جمعیت ممکن است مشکلاتی همچون افزایش غلظت آمونیاک، کاهش دسترسی پرندگان به منابع آب و غذا و کاهش کیفیت هوای داخل سالن‌ها به‌دلیل کاهش تبادل هوای مناسب را به‌همراه داشته باشد (Feddes *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2020). این شرایط می‌تواند منجر به کاهش تبادل گرمای بدن پرنده با محیط شود که نتیجه آن، کاهش مصرف خوراک، کاهش وزن بدن و در نهایت، افت عملکرد رشد پرنده است (Parsons *et al.*, 1995; Estevez, 2022). تراکم زیاد می‌تواند باعث افزایش میزان مرگ و میر، بروز مشکلات مربوط به سلامت پا، کاهش کیفیت گوشت و زندگی پرنده شود که همگی از پیامدهای تنش‌های محیطی ناشی از تراکم بالا هستند (Simitzis *et al.*, 2012; Zuidhof *et al.*, 2014; Honaker *et al.*, 2023).

آرژنین، به‌عنوان یک اسید آمینه ضروری، نقش مهمی در ساخت پروتئین ایفا می‌کند و همچنین به‌عنوان پیش‌ماده‌ای برای تولید پلی‌آمین‌ها، کراتین و به‌ویژه نیتریک اکسید (NO) مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیتریک اکسید در فرآیندهای زیستی متعددی دخالت دارد، از جمله شل کردن عضلات صاف عروق، محدود کردن تولید پلاکت‌ها، اتساع عروق، و تنظیم جریان خون و فشار خون

Wideman and Chapman, 2004; Khajali and Wideman, 2010). با توجه به اینکه چرخه اوره در پرندگان وجود ندارد، تأمین اسیدآمینه آرژنین به‌وسیله جیره خوراکی ضروری است (Khajali and Wideman, 2010). در شرایط تنش، به‌ویژه تنش‌های محیطی مانند گرما یا تنش اکسیداتیو، نقش آرژنین به‌دلیل تولید نیتریک اکسید، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. استفاده از آرژنین در جیره موجب بهبود سوخت و ساز و عملکرد رشد در شرایط تنش کوکسیدیوز می‌شود (Jahanian, 2009; Yazdanabadi *et al.*, 2020). آرژنین پاسخ به تنش را مستقیماً از مسیر تولید نیتریک اکسید و اورنیتین تعدیل می‌کند (Le Floc'h *et al.*, 2004). نیتریک اکسید با خاصیت گشادکنندگی عروق، می‌تواند به بهبود گردش خون و افزایش رساندن مواد مغذی و اکسیژن به سلول‌ها کمک کند و در نتیجه، تنش اکسیداتیو را کاهش دهد. همچنین، آرژنین به‌عنوان یک منبع حیاتی برای ساخت نیتریک اکسید، می‌تواند در بهبود عملکرد ایمنی و کاهش التهاب در طیور در شرایط تنش مؤثر باشد. جوجه‌های گوشتی قادر به ساخت کافی آرژنین نیستند و نیاز به تأمین این اسید آمینه از راه خوراک دارند، بنابراین آرژنین یک اسید آمینه ضروری در تغذیه محسوب می‌شود (Perez-Carbajal *et al.*, 2010). نیاز به آرژنین می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند میزان ساخت و تجزیه پروتئین و تولید ترکیبات متابولیکی قرار گیرد (Ball *et al.*, 2007). در نتیجه، تأمین کافی آرژنین در شرایط تنش می‌تواند به بهبود وضعیت سلامت و افزایش کارآیی جوجه‌های گوشتی کمک کند. با توجه به تأثیر مثبت این اسید آمینه بر تنظیم فشار خون، کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود پاسخ ایمنی، استفاده مناسب از آرژنین در رژیم غذایی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای مقابله با آثار منفی شرایط تنش مورد توجه قرار گیرد. بر این اساس، این مطالعه با هدف بررسی سطح بالاتر اسید آمینه آرژنین و مقایسه عملکرد دو سویه آرین و راس در شرایط تراکم بالا انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سالن تحقیقاتی گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند انجام شد. در این پژوهش از ۲۲۴ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه آرین و ۲۲۴ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه راس، مخلوط دو جنس، در یک دوره ۴۲ روزه استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲ با استفاده از دو سویه جوجه (آرین و راس) و دو سطح تراکم (۱۲ و ۱۶ پرنده در متر مربع) و دو سطح اسید آمینه آرژنین (۱۰۰ و ۱۳۰ درصد پیشنهاد کاتالوگ آرین) با هشت تیمار و پنج تکرار اجرا شد. پن‌های آزمایشی با ابعاد ۱/۲۵×۰/۸ متر دارای مساحت یک متر مربع بودند. جیره‌های آزمایشی در چهار دوره آغازین، رشد، پایانی ۱ و پایانی ۲ بر اساس جداول استاندارد احتیاجات غذایی جوجه گوشتی آرین با استفاده از نرم افزار UFFDA تهیه شد (جدول ۱). اسید آمینه آرژنین با خلوص ۹۸/۵ درصد از شرکت نوجان (Best Amino, Biotech CO., LTD, SHENYANG, LIAONING, CHINA) تهیه شد. در طول دوره آزمایش، شرایط پرورشی شامل درجه حرارت و رطوبت مطابق پیشنهادات سویه آرین اعمال شد. نور سالن پرورش تا سن ۳۰ روزگی به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی بود. از ۳۰ روزگی تا انتهای دوره، روزانه ۲۰ ساعت روشنایی و ۴ ساعت تاریکی اعمال شد. در طول دوره پرورش، دسترسی پرنده به آب و خوراک آزاد بود. واکسیناسیون مطابق با دستور دامپزشک طبق برنامه منطقه انجام شد. صفات عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن طی چهار دوره آغازین، رشد، پایانی ۱ و پایانی ۲ ثبت شد و در نهایت، ضریب تبدیل غذایی محاسبه شد. در پایان دوره آزمایش (۴۲ روزگی)، برای بررسی شاخص‌های خونی، دو پرنده از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و از سیاهرگ بال خون‌گیری انجام شد. نمونه‌های خون گرفته شده در یک لوله آزمایش حاوی ماده ضدانعقاد خون (EDTA) ریخته شد و غلظت آلبومین (Alb)، گلوکز (Glu)، پروتئین کل (TP)، لیپیدهای خونی و میزان فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و دستگاه طیف سنجی خودکار (جسان چم ۲۰۰، ساخت ایتالیا) تعیین شد. برای اندازه‌گیری غلظت لیپوپروتئین با دانسیته پایین (LDL) از فرمول زیر استفاده شد (Dansethakul *et al.*, 2015):

$$\text{LDL (mg/dL)} = \text{Total Cholesterol} - \text{HDL} - (\text{Triglyceride}/5)$$

برای تعیین غلظت گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) و سوپراکسیددیسموتاز (SOD)، مقداری از نمونه خون در لوله فاقد ماده ضدانعقاد خون ریخته شد و با استفاده از

کیت شرکت کیازیست و دستگاه طیف‌سنجی خودکار (Technicon RA 1000, Bayer, NY, USA)، غلظت آن‌ها اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های ریخت‌شناسی روده، در ۴۲ روزگی، دو پرنده از هر پن کشتار شد. از ناحیه ژژنوم (۱۰ سانتی‌متر قبل از زائده مِکِل)، قطعه‌ای چهار سانتی‌متری برداشته شد و پس از شست و شو با سرم فیزیولوژی در فرمالین ۱۰ درصد قرار داده شد. هر نمونه از محور طولی روده بریده شد و در پارافین قرار گرفت. پس از رنگ‌آمیزی با ائوزین و هماتوکسیلین از مقاطع عرضی برش داده شد و طول پرز، عرض پرز و عمق کریپت با میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شد (Brudnicki *et al.*, 2017). همچنین، سطح جذبی پرزهای ژژنوم با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Prakatur *et al.*, 2019):

جذب سطح پرز = 2π × (میانگین طول پرزها) × (میانگین عرض پرزها/2)

برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت گوشت شامل ظرفیت نگهداری آب (WHC)، پتانسیل هیدروژن (pH) و درصد افت خونابه (DL) و درصد افت در نتیجه پخت (CL) در ۴۲ روزگی به‌طور تصادفی دو پرنده از هر تکرار کشتار شده و ماهیچه ران سمت چپ برداشته شد. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سلسیوس قرار گرفتند و ۱۴ روز بعد از کشتار، اقدام به انجام آزمایش‌های کیفیت گوشت شد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت گوشت ابتدا نمونه‌ها یخزدایی شدند و جهت تعیین pH، پنج گرم نمونه گوشت با ۲۵ میلی‌لیتر ترکیب و با هموژنایزر ترکیب شد و پس از عبور از کاغذ استریل صافی با pH متر (Professional Meter PP-50، Sartorius Company، آلمان) اندازه‌گیری شد. برای بررسی WHC، یک گرم از نمونه گوشت را در کاغذ صافی پیچیده و در لوله‌های فالکون ۱۵ میلی‌لیتری به‌مدت چهار دقیقه با دور ۱۵۰۰ rpm در سانتریفیوژ قرار گرفت. نمونه پس از سانتریفیوژ با پارچه کتان خشک و وزن شد. پس از توزین، نمونه به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و سپس، دوباره وزن شد. در نهایت، درصد WHC با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Castellini *et al.*, 2002):

WHC = (وزن بعد از آون (گرم) - وزن بعد سانتریفیوژ(گرم)) / وزن اولیه (گرم) ×۱۰۰

برای اندازه‌گیری درصد افت خونابه، یک قطعه گوشت حدوداً با ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر مربع از ماهیچه راست درونی ران (Gracilis) برداشته شده و وزن شد (وزن اولیه) و در پوشش پنبه‌ای قرار داده شد. سپس، نمونه مورد نظر در پاکت پلاستیکی گذاشته شد. نمونه مورد نظر به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت، رطوبت گوشت به‌آرامی به‌وسیله پارچه کتانی گرفته شد و دوباره وزن شد (Christensen, 2003).

درصد افت خونابه = (وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم)) / وزن اولیه (گرم) ×۱۰۰

برای اندازه‌گیری درصد افت در نتیجه پخت، یک سانتی‌متر مربع از گوشت به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شد و پس از آن به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد و سپس به‌آرامی با پارچه کتان خشک و دوباره وزن شد (Bertram *et al.*, 2003).

درصد افت پخت = (وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم)) / وزن اولیه (گرم) ×۱۰۰

برای محاسبه شاخص ماندگاری (RS) و شاخص کارآیی تولید اروپایی (EPEF) به‌ترتیب از روابط زیر استفاده شد:

RS (%) = ۱۰۰ - [(تعداد پرنده اولیه/تعداد تلفات) ×۱۰۰]

EPEF = (شاخص ماندگاری (٪) × وزن بدن (کیلوگرم)) / ضریب تبدیل ×۱۰۰

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار MiniTab نسخه ۱۶ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از مدل خطی عمومی GLM برای مدل زیر تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد: تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد جوجه-های گوشتی در دوره آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. مصرف خوراک روزانه بین دو سویه آرین و راس در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره، تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$) و سویه راس، مقدار مصرف خوراک بیشتری نسبت به سویه آرین داشت. تراکم جمعیت بالا در کل دوره به‌طور معنی‌داری موجب کاهش مصرف خوراک شد ($P<۰/۰۵$). استفاده از سطح ۱۳۰ درصد اسیدآمینه آرژنین در دوره آغازین موجب افزایش مصرف خوراک نسبت به سطح ۱۰۰ درصد شد ($P<۰/۰۵$). اثر متقابل سویه × تراکم

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1. Ingredients and nutrient composition of experimental diets

	Period							
	Starter (1-14 d)		Grower (15-24 d)		Finisher 1 (25-35 d)		Finisher 2 (36-42 d)	
Arginine Level (%)	100%	130%	100%	130%	100%	130%	100%	130%
Ingredients								
Corn	57.36	56.48	62.72	64.10	66.91	66.73	67.60	68.41
Soybean meal	38.22	38.62	32.72	31.10	28.23	28.06	26.17	25.12
Soybean oil	0.20	0.28	0.59	0.33	1.02	1.00	2.53	2.36
CaCo3	1.01	1.01	0.93	0.93	0.85	0.85	0.85	0.85
DCP	1.92	1.92	1.72	1.74	1.52	1.52	1.54	1.55
NaCl	0.26	0.26	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
NaHCO3	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vit and Min permix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
DL-Met	0.22	0.22	0.19	0.20	0.17	0.17	0.16	0.17
L-Lys HCL	0.12	0.09	0.13	0.18	0.30	0.30	0.15	0.18
Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L- Arginine	0	0.42	0	0.42	0	0.37	0	0.36
Calculated composition (%)								
Metabolizable energy (kcal/kg)	2870	2870	2950	2950	3025	3025	3125	3125
Crude protein	21.50	22.03	19.5	19.78	18.00	18.63	17.00	17.36
Arginine (%)	1.37	1.78	1.20	1.56	1.09	1.42	1.03	1.34
Lysine (%)	1.18	1.18	1.07	1.07	1.10	1.10	0.93	0.93
Methionine + Cystine (%)	0.59	0.59	0.55	0.53	0.51	0.51	0.49	0.48
Threonine (%)	0.72	0.72	0.65	0.63	0.59	0.59	0.56	0.55
Tryptophan (%)	0.25	0.25	0.22	0.21	0.19	0.19	0.18	0.18
Ca (%)	0.96	0.96	0.87	0.87	0.78	0.78	0.78	0.78
Available phosphorus (%)	0.48	0.48	0.44	0.44	0.39	0.39	0.39	0.39

[1] Each kilogram of the mineral supplement contained 39,680 mg of manganese, 20,000 mg of iron, 33,880 mg of zinc, 4,000 mg of copper, 396 mg of iodine, and 80 mg of selenium. Additionally, each kilogram of the vitamin supplement contained 3,600,000 IU of vitamin A, 800,000 IU of vitamin D_3, 14,400 IU of vitamin E, 700 mg of vitamin B_1, 2,640 mg of vitamin B_2, 3,920 mg of vitamin B_3, 1,176 mg of vitamin B_6, 400 mg of vitamin B_9, 6 mg of vitamin B_{12}, 40 mg of biotin, and 400 mg of BHT.

جمعیت، تراکم جمعیت × آرژنین و سویه × تراکم جمعیت × آرژنین هیچ اثر معنی‌داری بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف پرورشی نشان ندادند (P>۰/۰۵). اثر متقابل سویه × آرژنین بر مصرف خوراک روزانه در کل دوره پرورش معنی‌دار بود و جوجه‌های سویه راس که سطح ۱۳۰ درصد اسیدآمینه آرژنین را دریافت کرده بودند مصرف خوراک بیشتری داشتند.

میانگین افزایش وزن روزانه بدن در دو سویه آرین و راس در دوره رشد و کل دوره، تفاوت معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). سویه راس، افزایش وزن روزانه بالاتری نسبت به سویه آرین نشان داد که در دوره رشد و کل دوره به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (P<۰/۰۵). تراکم جمعیت در دوره آغازین و رشد، تاثیر معنی‌داری بر افزایش وزن روزانه نداشت، ولی در دوره پایانی ۱، پایانی ۲ و کل دوره، تراکم بالاتر سبب کاهش میانگین افزایش وزن روزانه شد (P<۰/۰۵). سطوح اسید آمینه آرژنین در دوره‌های آغازین، پایانی ۱، پایانی ۲ و کل دوره، تاثیر معنی‌داری بر میانگین افزایش وزن روزانه نشان دادند (P<۰/۰۵). استفاده از سطح ۱۳۰ درصد اسیدآمینه آرژنین سبب بهبود افزایش وزن روزانه شد.

اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت در دوره پایانی ۲ دارای تفاوت معنی‌داری بود (P<۰/۰۵). پرورش سویه راس در تراکم ۱۲ پرنده در متر مربع دارای بیشترین افزایش وزن روزانه در دوره پایانی ۲ نسبت به گروه راس و آرین با تراکم ۱۶ پرنده در متر مربع بود (P<۰/۰۵). اثر متقابل سویه × اسید آمینه آرژنین در دوره پایانی ۲، اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). سویه راس دریافت‌کننده سطح ۱۳۰ درصد آرژنین نسبت به سطح ۱۰۰ درصد دارای افزایش وزن روزانه بالاتری بود (P<۰/۰۵). اثر متقابل تراکم جمعیت × آرژنین در دوره پایانی ۲ و کل دوره، تفاوت معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). در دوره پایانی ۲ و کل دوره، جوجه‌های پرورش یافته در تراکم جمعیت ۱۶ پرنده

و سطح ۱۰۰ درصد اسیدآمینه آرژنین، کمترین میانگین افزایش وزن روزانه را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند ($P<۰/۰۵$). اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت × آرژنین بر میانگین افزایش وزن روزانه در کل دوره معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و در سایر دوره‌ها، این اثر معنی‌دار نبود. پرندگان هر دو سویه راس و آرین پرورش یافته در تراکم بالا که سطح ۱۰۰ درصد اسیدآمینه آرژنین را دریافت کرده بودند، از کمترین مقدار افزایش وزن روزانه برخوردار بودند.

ضریب تبدیل خوراک بین دو سویه آرین و راس در دوره آغازین، تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). نتایج نشان داد ضریب تبدیل خوراک سویه آرین در دوره آغازین نسبت به سویه راس کمتر بود. تراکم جمعیت در دوره‌های آغازین، پایانی ۲ و کل دوره، اثر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک داشت ($P<۰/۰۵$). تراکم جمعیت بالا در دوره آغازین سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک شد و در دوره پایانی ۲ و کل دوره، تراکم بالا سبب افزایش ضریب تبدیل خوراک شد ($P<۰/۰۵$). اثر اصلی اسید آمینه آرژنین در دوره‌های آغازین، رشد و پایانی ۱، اثر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی نشان نداد ($P>۰/۰۵$)، ولی در دوره پایانی ۲ و کل دوره، استفاده از سطح ۱۳۰ درصد اسید آمینه آرژنین در جیره موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در مقایسه با سطح ۱۰۰ درصد شد ($P<۰/۰۵$). اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت در دوره‌های آغازین و رشد، اثری بر ضریب تبدیل خوراک نداشت ولی در دوره پایانی ۱ و کل دوره، سویه آرین پرورش یافته در تراکم پایین نسبت به تراکم بالا، ضریب تبدیل خوراک کمتری داشت. در دوره پایانی ۲، سویه راس پرورش یافته در تراکم پایین نسبت به تراکم بالا، ضریب تبدیل خوراک بهتری داشت. نتایج نشان داد پرورش هر دو سویه راس و آرین در تراکم پایین موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک شد. اثر متقابل سویه × آرژنین در دوره‌های آغازین، رشد و پایانی ۲ بر ضریب تبدیل خوراک معنی‌دار نبود، اما در دوره پایانی ۱ و کل دوره، تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). کمترین ضریب تبدیل در دوره پایانی ۱ در سویه راس و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین و سویه آرین و سطح ۱۳۰ درصد آرژنین مشاهده شد. در کل دوره، پرورش سویه آرین که سطح ۱۰۰ درصد اسیدآمینه آرژنین را دریافت کرده بود نسبت به سایر سطوح، ضریب تبدیل خوراک بالاتری داشت. اثر متقابل تراکم جمعیت × آرژنین در دوره‌های آغازین، رشد و پایانی ۱، تاثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک نشان نداد، ولی در دوره پایانی ۲ و کل دوره، این اثر معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و بیشترین ضریب تبدیل خوراک در پرندگان پرورش یافته در تراکم ۱۶ پرنده که سطح ۱۰۰ درصد اسید آمینه آرژنین را دریافت کرده بودند مشاهده شد. اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت × آرژنین بر ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی ۱ معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و کمترین ضریب تبدیل خوراک در سویه آرین، تراکم ۱۲ پرنده در متر مربع و سطح ۱۳۰ درصد آرژنین مشاهده شد. نتایج نشان داد سویه راس در دوره رشد و کل دوره، افزایش وزن روزانه بالاتری نسبت به سویه آرین داشت. همچنین، مصرف خوراک سویه راس در دوره آغازین، رشد و کل دوره بالاتر بود. اثر اصلی ضریب تبدیل خوراک بین دو سویه تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در پژوهشی روی صفات عملکردی سویه آرین و راس، نشان داده شد که در دوره آغازین، وزن بدن و مصرف خوراک سویه آرین بالاتر از سویه راس بود و ضریب تبدیل خوراک، تفاوت معنی‌داری بین دو سویه نشان نداد (Zamani *et al.*, 1385)، که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در همین راستا گزارش شد که ضریب تبدیل خوراک بین دو سویه راس و آربورایکرز تفاوت معنی‌داری نداشت (Moradi Shahrbabak *et al.*, 2016). در پژوهشی، عملکرد سویه آرین و راس نسبت به تنش گرمایی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد سویه راس، وزن بدن کمتری داشت ولی ضریب تبدیل دو سویه تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (Khajavi *et al.*, 2002). در پژوهشی، اثر سطوح مختلف تفاله زیتون بر دو سویه تجاری آرین و راس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد میانگین ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن در سویه راس بهتر از سویه آرین بود، اما مصرف خوراک بین دو سویه آرین و راس یکسان بود (Kiahosseini *et al.*, 2014). در یک مطالعه، عملکرد جوجه‌های گوشتی از شش سویه راس، آربورایکرز، کاب، لوهمن، هوبارد و آرین را هنگام تغذیه از یک جیره غلیظ مقایسه شد و تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص تولید مشاهده نشد. همچنین، در همان مطالعه، تفاوت افزایش وزن جوجه‌های آرین با جوجه‌های آربورایکرز، راس و کاپ معنی‌دار نبود. ضریب تبدیل جوجه-های آرین، تفاوت معنی‌داری با جوجه‌های آربورایکرز، راس، کاپ و هوبارد نداشت (Shariatmadari *et al.*, 2005).

جدول ۲- اثر تراکم جمعیت و آرژنین بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی آرین و راس

Table 2. Effect of stocking density and arginine on growth performance of Arian and Ross broiler chickens

	Daily feed intake (g/bird)					Daily body weight gain (g/bird)					Feed conversion ratio				
	1-14	15-24	25-35	36-42	1-42	1-14	15-24	25-35	36-42	1-42	1-14	15-24	25-35	36-42	1-42
Strain															
Arian	21.55 b	82.26 b	108.6	155.6	81.85 b	15.71	54.33 b	64.79	78.65	48.46 b	1.384 b	1.506	1.690	1.969	1.699
Ross	23.54 a	87.71 a	110.9	156.9	83.90 a	16.04	59.13 a	66.15	80.24	49.87 a	1.471 a	1.487	1.678	1.966	1.683
SEM	0.353	1.716	2.377	4.647	0.690	0.200	1.288	1.149	1.969	0.347	0.019	0.017	0.020	0.036	0.010
Stock density (bird/m^2)															
12	22.70	86.81	111.2	161.6	84.59 a	15.63	58.03	67.42 a	84.62 a	50.54 a	1.467 a	1.499	1.660	1.897 b	1.674 b
16	22.39	83.16	108.3	150.9	81.16 b	16.12	55.43	63.52 b	74.27 b	47.79 b	1.388 b	1.495	1.708	2.038 a	1.707 a
SEM	0.353	1.716	2.377	4.647	0.690	0.200	1.288	1.149	1.969	0.347	0.019	0.017	0.020	0.036	0.010
Arginine (%)															
100	22.00 b	84.36	106.7	155.1	82.00	15.49 b	56.20	63.74 b	75.78 b	47.86 b	1.423	1.504	1.689	2.060 a	1.722 a
130	23.09 a	85.62	112.7	157.4	83.75	16.26 a	57.26	67.20 a	83.11 a	50.46 a	1.432	1.498	1.679	1.875 b	1.660 b
SEM	0.353	1.716	2.377	4.647	0.690	0.200	1.288	1.149	1.969	0.347	0.019	0.017	0.020	0.036	0.010
Strain × Stock density × Arginine															
Arian 12 100	20.62	77.33	111.0	167.7	83.31	15.09	52.71	65.72	85.24	48.80ab	1.371	1.466	1.735 a	1.977	1.708
Arian 12 130	22.50	88.23	108.1	153.9	82.48	15.81	57.85	70.28	75.59	50.92 a	1.470	1.528	1.528 b	1.958	1.620
Arian 16 100	21.10	82.14	104.6	153.7	81.50	15.68	53.34	59.66	72.01	45.55 b	1.344	1.241	1.753 a	2.148	1.816
Arian 16 130	21.96	81.34	110.5	147.0	80.12	16.27	53.43	63.49	81.76	48.55ab	1.352	1.491	1.744 a	1.795	1.651
Ross 12 100	22.78	91.69	108.3	164.8	85.47	14.85	61.20	67.53	88.10	51.20 a	1.539	1.509	1.608ab	1.872	1.670
Ross 12 130	24.90	90.00	117.2	160.2	87.11	16.76	60.38	66.16	89.55	51.25 a	1.487	1.493	1.771 a	1.781	1.700
Ross 16 100	23.50	86.27	103.0	134.4	77.73	16.34	57.56	62.03	57.78	45.90 b	1.439	1.502	1.663ab	2.245	1.693
Ross 16 130	22.98	82.89	115.2	168.6	85.31	16.19	57.38	68.89	85.54	51.13 a	1.417	1.446	1.672ab	1.966	1.668
SEM	0.705	3.341	4.754	9.294	1.380	0.400	2.575	2.298	3.939	0.695	0.038	0.034	0.039	0.072	0.020
P-value															
Strain	0.001	0.034	0.495	0.835	0.046	0.268	0.015	0.409	0.573	0.008	0.004	0.439	0.683	0.948	0.268
Stock density	0.537	0.145	0.406	0.114	0.002	0.095	0.165	0.024	0.001	0.001	0.009	0.872	0.103	0.010	0.027
Arginine	0.040	0.608	0.85	0.738	0.085	0.012	0.568	0.043	0.015	0.001	0.763	0.538	0.703	0.001	0.001
Strain × Stock density × Arginine	0.424	0.313	0.691	0.242	0.110	0.105	0.442	0.180	0.542	0.038	0.274	0.458	0.004	0.475	0.691

[a-c] Different letters within each column indicate significant differences(P<0.05). SEM: Standard error of the means

تراکم بالای جمعیت در دوره پایانی ۱، پایانی ۲ و کل دوره تاثیر منفی بر افزایش وزن روزانه داشت. در کل دوره، تراکم بالا موجب کاهش مصرف خوراک شد. افزایش تراکم جمعیت در دوره آغازین موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک و در دوره پایانی ۲ و کل دوره سبب افزایش ضریب تبدیل خوراک شد. پرندگان در طول پرورش ممکن است در معرض انواع تنش مانند تنش گرمایی و سرمایی، تنش ناشی از حمل و نقل، تراکم بالا و بیماری قرار گیرند (Lin *et al.*, 2006). تنش، عملکرد سامانه ایمنی طیور را به‌خطر می‌اندازد و بنابراین، حساسیت پرندگان را در برابر عفونت‌ها افزایش داده و میزان مرگ و میر را افزایش می‌دهد (Habibian *et al.*, 2014; Akhavan-Salamat and Ghasemi, 2016). تنش ناشی از تراکم جمعیت باعث اختلال در فعالیت‌های فیزیولوژیکی تغذیه‌ای پرنده می‌شود و در نهایت موجب کاهش رشد پرنده خواهد شد (Aslam *et al.*, 2021). پژوهشگران از سه سطح تراکم جمعیت (۲۸، ۳۷ و ۴۰ کیلوگرم وزن نهایی پرنده بر متر مربع) استفاده کردند و گزارش کردند که تراکم اثر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی نداشت (Abudabos *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر از دو سطح ۱۰ و ۱۶ پرنده در متر مربع استفاده شد و عدم تأثیر تراکم جمعیت بر صفات عملکردی گزارش شد (Jamalpor *et al.*, 2021). در مطالعه‌ای، گزارش شد که تراکم ۱۶ نسبت به ۱۰ پرنده در هر متر مربع پس از ۳۵ روزگی موجب کاهشی شدن روند افزایش وزن روزانه شد و روی مصرف خوراک و ضریب تبدیل دوره پایانی تاثیر منفی گذاشت (Bahrampour *et al.*,2024).

در یک پژوهش، گزارش شد تراکم جمعیت بالاتر (۲۴۰ kg/m) در مقایسه با تراکم پایین (۲۲۸kg/m و ۲۳۷kg/m) باعث کاهش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن در جوجه‌های گوشتی شد (Abudabos *et al.*, 2014). در پژوهشی دیگر، گزارش شد پرورش جوجه‌های گوشتی در تراکم پایین (۲۲۴ kg/m) نسبت به تراکم بالا (۲۳۰ kg/m)

موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن شد (Costa *et al.*, 2021). استفاده از چهار سطح تراکم (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ پرنده در متر مربع) در پرورش جوجه گوشتی نشان داد پرورش ۱۰ پرنده در هر متر مربع، بیشترین نرخ رشد را همراه داشت ولی، ۱۷ پرنده در متر مربع بیشترین بازده اقتصادی را در پی داشت (Gholami *et al.*, 2020a). استفاده از ۱۶ پرنده در متر مربع، افزایش وزن و مصرف خوراک را در ۳۵ و ۴۲ روزگی کاهش داد (Henrique *et al.*, 2017). استفاده از تراکم ۱۸ پرنده نسبت به نه پرنده در متر مربع، تاثیر منفی بر مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک داشت (Karimi *et al.*, 2022). در نتیجه، تراکم بهینه در واحد سطح، یک عامل مهم و تأثیرگذار بر راحتی، سلامت و عملکرد پرندگان است (Houshmand *et al.*, 2012).

آثار اصلی نشان داد که استفاده از آرژنین موجب بهبود افزایش وزن روزانه شد. اثر متقابل این عامل با تراکم جمعیت نشان داد که افزایش آرژنین جیره، اثر منفی تراکم را کاهش می‌دهد. همچنین، استفاده از آرژنین در کل دوره موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک در هر دو سویه شد. با توجه به عدم وجود سیکل اوره در طیور، عوامل متعددی در سوخت و ساز آرژنین و بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با سطوح بالاتر آرژنین دخیل هستند. آرژنین، یک اسید آمینه ضروری است که عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را افزایش می‌دهد. استفاده از این اسید آمینه در ساختار پروتئین بدن ضروری است و ملزم به تأمین آن از منابع خارجی است (Emadi *et al.*, 2011). آرژنین نقش مهمی در تحریک ترشح هورمون‌های متابولیک و افزایش ساخت پروتئین و مصرف غذا دارد (Davila *et al.*, 1987)، در نتیجه قادر است موجب بهبود عملکرد رشد گردد. آرژنین ساخت DNA و تکثیر سلولی را از راه افزایش تولید اورنیتین افزایش می‌دهد (Davila *et al.*, 1987). علاوه بر این، آرژنین نقش بسزایی در کاهش التهاب ناشی از محیط نامطلوب پرورش دارد. استفاده از مکمل اسید آمینه آرژنین می‌تواند سبب کاهش تخریب عضله شود و موجب تسریع بازسازی در مرحله التهاب شود (Gottardo *et al.*, 2017). گزارش شده است که مکمل آرژنین با کاهش بیان ژن‌های پیش‌التهابی در روده کوچک و بهبود غلظت پلی‌آمین‌ها، منجر به افزایش تقسیم سلولی، تولید پروتئین و رشد بافت می‌شود (Tan *et al.*, 2014).

مطابق با نتایج پژوهش حاضر گزارش شد که در سطوح بالاتر از توصیه NRC، آرژنین می‌تواند عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد (Li *et al.*, 2007). در پژوهشی، نشان داده شد که استفاده از سطح ۸۵ درصد مکمل آرژنین برای عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در شرایط چالش با کوکسیدیوز (ایمریا) کافی نیست و سطوح بالاتر (۱۲۵ و ۱۵۰ درصد) موجب بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل جوجه‌ها شد (Yazdanabadi *et al.*, 2020). همچنین، در پژوهشی دیگر، اثر مثبت استفاده از مکمل غذایی آرژنین بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در شرایط تنش با گونه‌های *Eimeria* گزارش شد (Tan *et al.*, 2014). در پژوهشی، از دو سطح آرژنین ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد احتیاجات در شرایط تراکم بالای جمعیت استفاده شد که نتایج نشان داد افزودن آرژنین به جیره جوجه‌های گوشتی در شرایط تراکم بالای جمعیت باعث بهبود ضریب تبدیل و کاهش چربی لاشه شد و در کل، اثر مثبتی بر ظرفیت تحمل تنش پرندگان ایفا کرد (Srinongkote *et al.*, 2004). در پژوهشی، گزارش شد مصرف مکمل آرژنین بالاتر از NRC (سطح پیشنهادی کاتالوگ=۰/۷۱۴ درصد، دو و چهار درصد) در جیره مرغ تخم‌گذار باعث افزایش معنی‌دار درصد تولید و توده تخم‌مرغ در کل دوره آزمایش شد (Youssef *et al.*, 2015). در پژوهشی دیگر، از چهار سطح اسید آمینه ال-آرژنین (۱۰۰، ۱۵۳، ۱۶۸ و ۱۸۳ درصد) به‌مدت ۱۰ روز در دوره آغازین در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده شد. نتایج نشان داد سطح ۱۶۸ درصد باعث بهبود افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک شد (Adibmoradi *et al.*, 2014). در پژوهشی از اسیدآمینه آرژنین به‌صورت تزریق درون تخم‌مرغی استفاده شد و نتایج نشان داد درصد جوجه‌درآوری و وزن یک روزگی جوجه‌ها افزایش یافت (Abdolalizadeh Alvanegh *et al.*, 2017).

با این حال، چندین مطالعه دیگر بهبودی در عملکرد رشد را هنگام استفاده از مکمل آرژنین در مواجه با چالش NE (Dao *et al.*, 2022) و کوکسیدیوز (Castro *et al.*, 2020) گزارش کرده‌اند. بعضی مطالعات گزارش کردند که استفاده از آرژنین تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های عملکردی جوجه‌های گوشتی (Liu *et al.*, 2019; Fathima *et al.*, 2024) و ماهی (Ahmed and Khan, 2004) نداشت.

شاخص‌های خونی: نتایج مربوط به اثر سویه، آرژنین و تراکم جمعیت بر شاخص‌های خونی در جدول ۳ نشان داده شده

است. اثر اصلی سویه و آرژنین هیچ اثر معنی‌داری بر غلظت آلبومین، پروتئین کل و گلوکز نداشت ($P>۰/۰۵$). تراکم جمعیت تاثیر معنی‌داری بر غلظت آلبومین، پروتئین کل و گلوکز داشت و افزایش تراکم باعث کاهش غلظت آلبومین و پروتئین و افزایش غلظت گلوکز سرم خون شد ($P<۰/۰۵$). اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت بر پروتئین کل و گلوکز، تأثیر معنی‌داری نداشت، اما بر غلظت آلبومین معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و افزایش تراکم جمعیت در هر دو سویه راس و آرین موجب کاهش معنی‌دار غلظت آلبومین نسبت به پرندگان سویه آرین پرورش یافته در تراکم کمتر شد. اثر متقابل سویه × آرژنین بر هیچ‌یک از غلظت‌های آلبومین، پروتئین کل و گلوکز معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). اثر متقابل تراکم جمعیت × آرژنین تأثیر معنی‌داری بر آلبومین و گلوکز نداشت ($P>۰/۰۵$)، اما بر غلظت پروتئین کل معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و افزایش سطح آرژنین به ۱۳۰ درصد در تراکم ۱۲ پرنده در متر مربع باعث افزایش غلظت پروتئین کل نسبت به تراکم بالای جمعیت شد. اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت × آرژنین تأثیر معنی‌داری بر غلظت آلبومین و گلوکز نداشت ($P>۰/۰۵$)، اما بر غلظت پروتئین کل معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و بیشترین مقدار آن در سویه راس با تراکم ۱۲ پرنده در متر مربع و سطح ۱۳۰ درصد آرژنین مشاهده شد. آثار اصلی سویه تفاوت معنی‌داری بر لیپیدهای خونی ایجاد نکرد ($P>۰/۰۵$). اثر اصلی تراکم جمعیت و اسید آمینه آرژنین بر غلظت تری‌گلیسیرید، HDL و LDL معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). تراکم بالای جمعیت موجب افزایش غلظت کلسترول شد ($P<۰/۰۵$). سطح ۱۳۰ درصد اسید آمینه آرژنین نسبت به سطح ۱۰۰ درصد، کاهش کلسترول را به دنبال داشت ($P<۰/۰۵$). اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت و سویه × آرژنین بر هیچ‌یک از غلظت‌های لیپیدهای خونی معنی‌دار نبود. اثر متقابل تراکم جمعیت × آرژنین بر غلظت تری‌گلیسیرید، HDL و LDL تفاوت معنی‌داری نداشت، اما بر غلظت کلسترول معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و افزایش تراکم در سطح ۱۰۰ درصد آرژنین، بیشترین غلظت کلسترول را نشان داد. اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت × آرژنین بر غلظت تری‌گلیسیرید و HDL معنی‌دار نبود، اما بر غلظت کلسترول و LDL معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). کمترین مقدار کلسترول در سویه راس در تراکم پایین و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین مشاهده شد و بیشترین مقدار کلسترول در سویه آرین تراکم ۱۶ و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین مشاهده شد. کمترین مقدار LDL در سویه راس در تراکم بالا و سطح ۱۳۰ درصد آرژنین و بیشترین مقدار کلسترول در سویه راس با تراکم ۱۶ و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین مشاهده شد. آثار اصلی سویه و اسید آمینه آرژنین بر آنزیم‌های کبدی معنی‌دار نبود. تراکم جمعیت بر ALT، SOD و GPx تأثیری نداشت، اما بر غلظت AST معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و افزایش تراکم جمعیت باعث افزایش غلظت AST شد. اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت، سویه × آرژنین، تراکم جمعیت × آرژنین و سویه × تراکم جمعیت × آرژنین بر هیچ‌یک از غلظت‌های آنزیم‌های کبدی معنی‌دار نبود.

تراکم جمعیت موجب کاهش آلبومین و پروتئین کل شد و افزایش غلظت گلوکز، کلسترول و AST را به‌همراه داشت. میزان فعالیت آنزیم ALT و AST عمدتاً به‌عنوان نشانگرهای زیستی موثر برای شناسایی آسیب‌های بافتی، به‌ویژه در کبد استفاده می‌شوند. در این پژوهش، فعالیت آنزیم ALT افزایش یافت و نشان داد که تراکم بالای جمعیت می‌تواند باعث تخریب بافت و بروز آثار منفی در پرندگان شود، اما فعالیت آنزیم AST تغییری ننمود. مشابه با نتایج پژوهش حاضر، مطالعات بسیاری گزارش کردند که فعالیت آنزیمAST سرم تحت تأثیر شرایط تنش‌زا قرار نمی‌گیرد (Sohail *et al.*, 2012; Gholami *et al.*, 2020b; Aslam *et al.*, 2021; Son *et al.*, 2022). برخی از مطالعات گزارش کرده‌اند که تنش گرمایی، فعالیت آنزیم ALT پلاسما را در جوجه‌های گوشتی افزایش می‌دهد (Wan *et al.*, 2017; He *et al.*, 2019; A. Ahmed-Farid *et al.*, 2021).

غلظت گلوکز خون تحت تأثیر عوامل زیادی می‌تواند تغییر کند. افزایش تراکم جمعیت به سبب ایجاد تنش، موجب افزایش غلظت کورتیکوسترون می‌شود. با افزایش غلظت کورتیکوسترون در خون، غلظت گلوکز نیز بالا می‌رود (Antar *et al.*, 2020). علاوه بر این، افزایش غلظت گلوکوکورتیکوئید همراه با افزایش غلظت کورتیکوسترون موجب زیاد شدن نرخ گلوکونئوژنز کبدی و به‌دنبال آن، افزایش غلظت گلوکز در گردش را موجب می‌شود (Wang *et al.*, 2013). همچنین، کاهش استفاده از گلوکز، کاهش تولید انرژی و کاهش رشد، دلیل دیگری بر افزایش گلوکز خون است (Lin *et al.*, 2004; Scanes, 2016).

جدول ۳- اثر تراکم جمعیت و آرژنین بر شاخص‌های خونی جوجه‌های گوشتی آرین و راس در ۴۲ روزگی

Table 3. Effect of stocking density and arginine on blood indices of Arian and Ross broiler chickens at 42 days

				Blood lipids				Liver enzymes		Antioxidant indices	
	Alb (mg/dl)	TP (mg/dl)	Glu (mg/dl)	Chol (mg/dl)	TG (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	AST (U/l)	ALT (U/l)	SOD (U/ml)	GPx (U/ml)
Strain											
Arian	2.319	3.564	179.2	133.9	68.62	44.16	76.31	280.1	4.401	131.9	227.8
Ross	2.412	3.544	177.8	125.1	72.75	45.66	67.50	269.1	4.715	128.4	251.6
SEM	0.042	0.033	4.503	3.065	3.213	2.480	3.321	8.145	0.236	5.581	13.61
Stock density (bird/m^2)											
12	2.539 ^{a}	3.671 ^{a}	168.1 ^{b}	123.1 ^{b}	66.96	45.71	68.72	259.3 ^{b}	4.414	129.3	239.0
16	2.192 ^{b}	3.437 ^{b}	188.9 ^{a}	135.8 ^{a}	74.40	44.11	75.09	289.9 ^{a}	4.702	131.1	240.5
SEM	0.042	0.033	4.503	3.065	3.213	2.480	3.321	8.145	0.236	5.581	13.61
Arginine (%)											
100	2.324	3.548	183.4	134.5 ^{a}	69.86	47.75	75.55	281.6	4.703	137.7	134.8
130	2.407	3.560	173.6	124.5 ^{b}	71.50	42.07	68.26	289.9	4.413	122.6	244.6
SEM	2.042	0.033	4.503	3.065	3.213	2.480	3.321	8.145	0.236	5.581	13.61
Strain × Stock density × Arginine											
Arian 12 100	2.600	3.760 ^{a}	164.2	132.6 ^{abc}	60.14	46.20	76.87 ^{ab}	279.4	4.042	138.4	227.7
Arian 12 130	2.553	3.678 ^{ab}	174.6	117.7 ^{bc}	66.10	35.10	77.31 ^{ab}	255.1	4.523	118.1	250.9
Arian 16 100	1.982	3.308 ^{c}	199.2	148.6 ^{a}	79.92	49.75	73.45 ^{ab}	197.6	4.882	146.3	206.6
Arian 16 130	2.140	3.510 ^{abc}	178.8	136.9 ^{abc}	68.31	45.60	77.61 ^{ab}	288.3	4.157	124.8	226.1
Ross 12 100	2.483	3445 ^{bc}	169.0	110.9 ^{c}	71.83	50.68	59.11 ^{b}	256.3	4.747	140.9	203.5
Ross 12 130	2.520	3.803 ^{a}	164.7	131.4 ^{abc}	69.78	50.85	61.59 ^{b}	246.4	4.343	119.6	273.9
Ross 16 100	2.230	3.680 ^{ab}	201.3	145.8 ^{ab}	67.56	44.38	92.77 ^{a}	292.8	5.140	125.2	301.6
Ross 16 130	2.414	3.250 ^{c}	176.2	112.1 ^{c}	81.81	36.73	56.51 ^{b}	280.7	4.630	128.0	227.6
SEM	0.084	0.067	9.006	6.130	6.427	4.959	6.929	16.29	0.473	11.16	27.21
P-value											
Strain	0.132	0.685	0.830	0.052	0.373	0.674	0.073	0.347	0.358	0.663	0.228
Stock density	0.001	0.001	0.003	0.007	0.115	0.654	0.188	0.014	0.396	0.819	0.940
Arginine	0.176	0.803	0.134	0.031	0.722	0.118	0.133	0.239	0.394	0.069	0.615
Strain × Stock density × Arginine	0.807	0.001	0.698	0.003	0.075	0.303	0.033	0.713	0.419	0.432	0.080

$^{a-c}$ Different letters within each column indicate significant differences (P<0.05). SEM: Standard error of the means

Alb: Albumin, TP: Total protein, Glu: Glucose, Chol: Cholesterol, TG: Triglyceride, HDL: High density lipoprotein, LDL: Low density lipoprotein, AST: Aspartate Aminotransferase, ALT: Alanine aminotransferase, SOD: Superoxide dismutase. GPx: Glutathione peroxidase.

در این پژوهش، افزایش سطح آرژنین موجب کاهش غلظت کلسترول شد. در همین راستا، محققین گزارش کردند افزایش سطح این اسید آمینه موجب کاهش غلظت کلسترول و تری‌گلسرید شد (Ebrahimi *et al.*, 2013; Ebrahimi *et al.*, 2014). با افزودن آرژنین به جیره جوجه-های گوشتی، کاهش غلظت کلسترول پلاسمای خون گزارش شده است (Emadi *et al.*, 2011). در پژوهشی، از سطوح آرژنین به‌صورت تزریق درون تخم‌مرغی استفاده شد و نتایج نشان داد غلظت کلسترول تحت تاثیر آرژنین کاهش یافت. آرژنین با افزایش هورمون‌های تیروئیدی می‌تواند موجب کاهش غلظت کلسترول شود (Abdolalizadeh Alvanegh *et al.*, 2017). در یک مطالعه، سطوح مختلف آرژنین قابل هضم بر غلظت پروتئین کل، تری‌گلیسیرید، گلوکز، AST، ALT، کلسترول و آلبومین سرم خون، اثر معنی‌داری نداشت (Hassanabadi *et al.*, 2015) که با بخشی از نتایج این پژوهش، مشابه است.

ریخت‌شناسی روده: نتایج مربوط به اثر سویه، آرژنین و تراکم جمعیت بر ریخت‌شناسی ژژنوم روده در جدول) نشان داده شده است. اثر اصلی سویه بر شاخص‌های عرض پرز و سطح جذب دو سویه آرین و راس، اختلاف معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵) و در سویه راس، عرض پرز و سطح جذب بیشتر بود. تراکم جمعیت بر ارتفاع، عرض و سطح جذب پرز روده تاثیر گذاشت (P<۰/۰۵). تراکم بالای جمعیت موجب کاهش ارتفاع پرز، عرض پرز و سطح جذب شد. اثر اصلی سطوح اسیدآمینه آرژنین بر ارتفاع پرز، عرض پرز، عمق کریپت، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت و سطح جذب پرزهای روده، اثری نداشت. اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت، سویه × آرژنین و تراکم جمعیت × آرژنین بر هیچ-یک از شاخص‌های ریخت‌شناسی روده، تاثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت × آرژنین بر ارتفاع پرز، عرض پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت پرزهای روده، تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین

ناحیه سطح جذب پرز روده مربوط به سویه راس با تراکم ۱۲ پرنده در متر مربع و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین بود و کمترین مقدار در سویه آرین با تراکم ۱۶ و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین مشاهده شد.

عملکرد و سلامت بدن مستقیماً با سلامت روده مرتبط است. پرزهای روده در جذب مواد مغذی و مایعات ایفای نقش می‌کنند، همچنین از تهاجم عوامل بیماری‌زا و سموم مضر نیز جلوگیری می‌کنند (Awad *et al.*, 2018). اپیتلیوم روده به‌طور مداوم با تکثیر انتروسیت در کریپت‌ها و انتقال به نوک پرزها، تجدید و بازسازی می‌شود. عوامل عفونی یا غیرعفونی ممکن است منجر به آسیب مخاط و کوتاه شدن پرزهای روده شود (Iji *et al.*, 2001; Adji *et al.*, 2019). اختلال در رشد و بازسازی پرزهای روده می‌تواند بر فرآیندهای جذب در روده تأثیر منفی بگذارد و افزایش وزن را در حیوانات مبتلا به بیماری یا زیر تنش مختل کند (Awad *et al.*, 2008). در این پژوهش، مشاهده شد سویه راس دارای عرض پرز و سطح جذب پرز روده بیشتری نسبت به سویه آرین است. عوامل متعددی از جمله سن، نوع خوراک و افزودنی‌ها و عوامل محیطی بر ریخت‌شناسی پرزهای روده تأثیر دارند (Creamer, 1964).

ریخت‌شناسی پرز روده به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی رشد، سلامت و عملکرد روده در نظر گرفته می‌شود که بر گوارش و جذب مواد مغذی و به‌دنبال آن بر عملکرد رشد پرنده تاثیر خواهد داشت (Wang and Peng, 2008). در این پژوهش، ارتفاع پرز، عمق کریپت و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت، تفاوت معنی‌داری نداشت که ناشی از یکسان بودن کلیه شرایط پرورشی و تغذیه‌ای بین دو سویه است. در پژوهشی، شاخص‌های ریخت‌شناسی روده بین دو سویه

جدول ۴- اثر تراکم جمعیت و آرژنین و بر ریخت‌شناسی ژژنوم روده جوجه‌های گوشتی آرین و راس در ۴۲ روزگی

Table 4. Effect of stocking density and arginine on the morphology of the jejunum of Arian and Ross broiler chickens at 42 days

	Villus height (µm)	Villus width (µm)	Crypt depth (µm)	Villus height: Crypt depth	Absorption surface (square micrometer)
Strain					
Arian	1332	141.9 [b]	158.0	8.56	593.5 [b]
Ross	1349	153.2 [a]	172.2	8.18	650.9 [a]
SEM	19.35	2.725	7.221	0.382	15.76
Stock density (bird/m^2)					
12	1377 [a]	152.6 [a]	173.6	8.10	660.8 [a]
16	1304 [b]	142.5 [b]	156.6	8.64	583.6 [b]
SEM	16.35	2.725	7.221	0.382	15.76
Arginine (%)					
100	1332	145.5	158.4	8.68	610.0
130	1349	149.7	171.7	8.05	634.4
SEM	19.35	2.725	7.22	0.382	15.76
Strain × Stock density × Arginine					
Arian 12 100	1338	139.7	159.4	8.43	586.4 [ab]
Arian 12 130	1381	156.5	157.5	8.85	676.5 [ab]
Arian 16 100	1293	136.6	141.9	9.13	554.1 [b]
Arian 16 130	1315	134.9	173.1	7.82	557.1 [b]
Ross 12 100	1438	158.8	187.5	7.81	718.7 [a]
Ross 12 130	1350	155.6	190.0	7.30	661.5 [ab]
Ross 16 100	1258	146.9	145.0	9.36	580.6 [ab]
Ross 16 130	1349	151.7	166.3	8.24	642.7 [ab]
SEM	38.70	5.45	14.44	0.765	31.53
P-value					
Strain	0.538	0.007	0.177	0.495	0.017
Stock density	0.013	0.015	0.108	0.328	0.002
Arginine	0.536	0.287	0.206	0.255	0.283
Strain × Stock density × Arginine	0.081	0.099	0.728	0.612	0.030

[a-b] Different letters within each column indicate significant differences (P<0.05). SEM: Standard error of the means

آرین و راس مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد عرض پرز و سطح مقطع جذب پرز ژژنوم و ایلئوم در سویه آرین بیشتر از راس بود. تفاوت معنی‌داری بین داده‌های ارتفاع پرز در هیچ‌یک از قسمت‌های روده و عمق کریپت در ددنوم و ژژنوم بین دو سویه مشاهده نشد (Samadian *et al.*, 2023)، که با بخشی از نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تراکم بالای جمعیت، تأثیر منفی بر ساختار پرزهای روده‌ای، به‌ویژه کاهش ارتفاع و عرض آن‌ها، داشته است. این یافته با مطالعات قبلی مبنی بر کاهش طول پرزها در شرایط تراکم بالا همخوانی دارد (Abudabos *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2020). تراکم بالای جمعیت به‌عنوان یک عامل تنش‌زا باعث اختلال در عملکرد روده و افزایش نفوذپذیری آن به عوامل بیماری‌زا می‌شود (Song *et al.*, 2014). کاهش ارتفاع پرزها به‌عنوان شاخصی از سلامت روده، نشان‌دهنده کاهش سطح جذب مواد مغذی و افزایش آسیب‌پذیری روده است (Alfaro *et al.*, 2007). این امر با توجه به اهمیت روده کوچک در گوارش و جذب مواد مغذی می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر عملکرد کلی پرنده تأثیر بگذارد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که عوامل تنش‌زا مانند تراکم بالا و تنش گرمایی با ایجاد اختلال در تعادل میکروبی روده و کاهش تولید آنزیم‌های گوارشی، باعث تغییرات ساختاری در روده و کاهش ارتفاع پرزها می‌شوند (Burkholder *et al.*, 2008; Mazzoni *et al.*, 2022). این تغییرات به نوبه خود بر قابلیت گوارش خوراک و عملکرد کلی پرنده، تأثیر منفی می‌گذارند (Ahmad *et al.*, 2022). با این حال، برخی مطالعات، تأثیری از تراکم جمعیت بر ساختار پرزهای روده‌ای گزارش نکرده‌اند (Altaf *et al.*, 2019)؛ این تفاوت‌ها ممکن است به عوامل مختلفی مانند نژاد پرنده، سن، رژیم غذایی و شدت تنش مرتبط باشد.

از اثر متقابل سویه، تراکم و آرژنین می‌توان چنین برداشت کرد که افزودن اسید آمینه آرژنین موجب افزایش سطح جذب پرز در سویه راس پرورش یافته در تراکم بالا شد و به‌نوعی، اثر منفی تنش را کاهش داده است. در پژوهشی، محققین از چهار سطح اسید آمینه ال-آرژنین (۱۰۰، ۱۵۳، ۱۶۸ و ۱۸۳ درصد) در دوره آغازین به‌مدت ۱۰ روز در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده کردند و نتایج نشان داد افزایش سطح آرژنین باعث بهبود شاخص‌های ریخت-شناسی روده شد (Adibmoradi *et al.*, 2014). در پژوهشی، از ۰/۶ درصد آرژنین در جیره بچه خوک‌ها استفاده شد و نتایج نشان داد مکمل آرژنین، طول پرزها را در دوازدهه، ژژنوم و دئودنوم افزایش داده است، اما نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت تحت تأثیر قرار نگرفت (Wu *et al.*, 2010). پژوهشگران گزارش کردند استفاده از یک درصد آرژنین در جیره به‌مدت هفت روز در خوک‌های ۲۱ روزه موجب افزایش وزن نسبی روده کوچک و ارتفاع پرزهای دوازدهه، ژژنوم و دئودنوم شد (Yao *et al.*, 2011). آرژنین با فعال کردن مسیر سیگنالی mTOR (افزایش سطوح فسفرافزایی شده، فسفریله S6K1 mTOR و EBP1۴) در انتروسیت روده موجب تجمع پروتئین در یاخته‌های روده‌ای شده و در نهایت، افزایش تولید پروتئین را در پی دارد. همچنین، آرژنین با کاهش یاخته‌های القا شده با باکتری لیپوپلی‌ساکاریدی، تجزیه پروتئین را افزایش می‌دهد (Tan *et al.*, 2010). از سوی دیگر، آرژنین سبب کاهش سطوح TLR4 و فسفر فسفریله NFκB در یاخته-های تیمار شده با LPS شده و بدین ترتیب اثرگذاری‌های محافظتی علیه آسیب القا شده به‌وسیله LPS بر آنتروسیت-ها از مسیر سیگنالی mTOR و TLR4 دارد (Tan *et al.*, 2010). احتمالاً آرژنین از راه تحریک مسیر نیتریک اکساید سینتتاز (Jobgen *et al.*, 2006)، ساخت پلی‌آمین‌ها (Khajali and Wideman, 2010) و مسیر هورمون رشد (Floyd *et al.*, 1966)، تأثیر خود را بر رشد اعمال می‌کند.

کیفیت گوشت: نتایج مربوط به اثر سویه، آرژنین و تراکم جمعیت بر کیفیت گوشت در جدول ۵ نشان داده شده است. اثر اصلی سویه بر شاخص‌های کیفیت گوشت، تأثیر نداشت. اثر اصلی تراکم جمعیت بر ظرفیت نگهداری آب و افت در نتیجه پخت، معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و افزایش تراکم باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب و افزایش افت در نتیجه پخت شد. اثر اصلی آرژنین بر ظرفیت نگهداری آب و افت در نتیجه پخت، تاثیر داشت ($P<۰/۰۵$) و افزایش آرژنین باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش افت در نتیجه پخت شد.

اثر متقابل سویه × تراکم جمعیت بر pH، افت در نتیجه پخت و افت خونابه معنی‌دار نبود، اما بر ظرفیت نگهداری آب، اثر معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). سویه آرین پرورش یافته در تراکم بالا، کمترین ظرفیت نگهداری آب را نشان داد که نسبت به تراکم پایین این سویه، تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). اثر متقابل تراکم جمعیت × آرژنین بر

ظرفیت نگهداری آب و pH، اثر معنی‌داری نشان نداد، ولی بر شاخص افت در نتیجه پخت (Cooking loss, CL) و افت خونابه (Dripping loss, DL) معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و بیشترین مقدار DL و CL در پرندگان پرورش یافته در تراکم بالا و سطح ۱۰۰ درصد آرژنین مشاهده شد. اثر متقابل سویه × آرژنین و سویه × تراکم جمعیت × آرژنین بر هیچ‌یک از شاخص‌های کیفیت گوشت اثر نداشت.

نتایج این پژوهش نشان داد افزایش تراکم جمعیت دارای آثار منفی بر شاخص‌های کیفیت گوشت است. ظرفیت نگهداری آب در تراکم بالا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و افت در نتیجه پخت افزایش نشان داد. سویه آرین نسبت به سویه راس حساسیت بیشتری نسبت به تراکم جمعیت نشان داد و ظرفیت نگهداری آب در این سویه در تراکم بالا کاهش یافت. ظرفیت نگهداری آب (WHC) به‌عنوان شاخصی از توانایی بافت گوشت برای حفظ آب تعریف می‌شود. این شاخص در گوشت، اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا بر بازده تولید و کیفیت محصول نهایی تأثیرگذار است (Bowker *et al.*, 2014).

آب موجود در بافت عضلانی عمدتاً در فضای داخل و بین سلولی ذخیره می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که WHC تحت تأثیر عوامل متعدد از جمله ساختار پروتئینی عضله، pH، دما و شرایط پیش و پس از کشتار قرار دارد. کاهش WHC می‌تواند موجب افت کیفیت گوشت از جمله کاهش آبدار بودن و سفتی بافت شود (Pas *et al.*, 2004). شرایط تنش‌زا در طول پرورش می‌توانند به‌عنوان عاملی موثر در کاهش WHC عمل کند (Shakeri and Le, 2022). اندازه‌گیری پتانسیل هیدروژن (pH) با هدف تعیین اسیدیته در محصولات غذایی انجام می‌شود.

جدول ۵- اثر تراکم جمعیت و آرژنین و بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی آرین و راس

Table 5. Effect of stocking density and arginine on meat quality of Arian and Ross broiler chickens

	Water holding capacity	pH 30 min	pH 24 h	Cooking loss (%)	Dripping loss (%)
Strain					
Arian	61.24	6.08	5.70	31.59	110.97
Ross	60.87	6.09	5.71	31.32	11.44
SEM	0.406	0.019	0.021	0.272	0.270
Stock density (bird/m^2)					
12	61.80 [a]	6.08	5.72	30.12 [b]	10.92
16	60.31 [b]	6.10	5.69	32.79 [a]	11.49
SEM	0.406	0.019	0.021	0.272	0.270
Arginine (%)					
100	60.41 [b]	6.09	5.70	32.08 [a]	11.48
130	61.70 [a]	6.08	5.71	30.83 [b]	10.93
SEM	0.406	0.019	0.021	0.272	0.270
Strain × Stock density × Arginine					
Arian 12 100	61.32	6.05	5.74	30.04	10.37
Arian 12 130	64.20	6.06	5.70	30.06	10.96
Arian 16 100	60.02	6.13	5.64	34.19	12.50
Arian 16 130	59.41	6.08	5.71	32.06	10.02
Ross 12 100	60.20	6.14	5.70	30.32	10.87
Ross 12 130	61.48	6.06	5.72	30.05	11.47
Ross 16 100	60.10	6.06	5.70	33.75	12.17
Ross 16 130	61.70	6.12	5.71	31.14	11.26
SEM	0.813	0.039	0.042	0.544	0.540
P-value					
Strain	0.528	0.609	0.834	0.487	0.222
Stock density	0.016	0.520	0.454	0.001	0.148
Arginine	0.035	0.609	0.707	0.003	0.161
Strain × Stock density × Arginine	0.112	0.123	0.320	0.904	0.320

[a-b] Different letters within each column indicate significant differences ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که کاهش pH پس از کشتار عمدتاً در نتیجه فرآیند گلیکولیز بی‌هوازی رخ می‌دهد. در این فرآیند، گلیکوژن موجود در عضله به اسید لاکتیک تبدیل شده که منجر به کاهش pH و در نهایت، تغییرات در ویژگی‌های گوشت مانند ظرفیت نگهداری آب، سختی بافت و رنگ می‌شود (Van Laack *et al.*, 2000). سرعت و شدت گلیکولیز پس از کشتار تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط پیش از کشتار، روش‌های کشتار و شرایط نگهداری لاشه قرار دارد. تنش‌های وارده بر حیوان قبل از کشتار، مانند تنش گرمایی یا تراکم جمعیت، می‌تواند با تسریع گلیکولیز و افزایش تولید اسید لاکتیک، تأثیر منفی بر کیفیت گوشت بگذارد (Zhang *et al.*, 2012).

همچنین، این تنش‌ها منجر به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد (ROS) و تغییرات در سطح هورمون‌های تنش‌زا مانند کورتیکوسترون می‌شوند (Puvadolpirod and Thaxton, 2000; El Rammouz *et al.*, 2004) که به‌نوبه خود بر سوخت و ساز سلول‌های بافت عضله و کیفیت گوشت تأثیر می‌گذارند. بنابراین، کاتابولیسم پروتئین‌ها در شرایط تنش‌زا، به‌ویژه تحت تأثیر هورمون کورتیکوسترون، می‌تواند منجر به کاهش کیفیت گوشت و کاهش ماندگاری آن شود. از این رو، کنترل دقیق شرایط محیطی و کاهش تنش‌های وارده بر حیوان قبل از کشتار، از جمله راهکارهای بهبود کیفیت گوشت و افزایش ماندگاری آن محسوب می‌شود. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که افزایش تراکم جمعیت از ۸ به ۱۲ پرنده در هر متر مربع، تأثیری بر برخی از شاخص‌های کیفی گوشت جوجه‌های گوشتی از جمله pH و ظرفیت نگهداری آب نداشته است (Mardewi *et al.*, 2019). تأثیر طیف گسترده‌تری از تراکم‌های جمعیت (۱۶، ۱۸، ۲۱، ۲۳ و ۲۶ پرنده در هر متر مربع) بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی به‌وسیله پژوهشگران مختلف بررسی شده و گزارش شده است که pH گوشت تحت تأثیر تراکم جمعیت قرار نگرفت، اما ظرفیت نگهداری آب در تراکم ۲۳ پرنده به‌طور معنی‌داری کمتر از تراکم ۱۶ پرنده بود (Son *et al.*, 2022). در پژوهشی، سه تراکم ۱۴، ۱۸ و ۲۰ در دو سویه راس و آربراکرز بررسی شد و نتایج نشان داد تراکم بالای جمعیت موجب افزایش CL و DL گوشت شد (Nasr *et al.*, 2021)، که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. تراکم ۱۰ تا ۱۶ پرنده در متر مربع بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی سویه‌های تجاری Ross 308، Cobb 500 و Hybro PG تأثیری نداشت (Moreira *et al.*, 2004). شاخص‌های CL و DL عمدتاً با WHC دارای همبستگی منفی است و افزایش آن‌ها، کاهش مواد مغذی گوشت را در پی دارد (Jeong *et al.*, 2020). این شاخص کیفیت گوشت بستگی به توانایی پروتئین‌های میوفیبریلار گوشت برای نگهداری آب در ماتریس کلاژن دارد (Lawson, 2004). استفاده از سطح بالاتر اسید آمینه آرژنین در جیره موجب بهبود WHC و CL شد. در مطالعه‌ای از چهار سطح مکمل آرژنین (۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ درصد توصیه NRC) استفاده شد و نشان داده شد که افزایش آرژنین موجب کاهش CL و افرایش روشنی گوشت شد، اما تاثیر معنی‌داری بر pH-45min و pH-24h و DL نداشت (Jiao *et al.*, 2010). نشان داده شده است که مکمل آرژنین باعث افزایش محتوای چربی عضلانی عضله سینه اردک می‌شود (Wu *et al.*, 2011). همچنین، اثر کاهشی آرژنین بر نیروی برشی و pH گوشت جوجه‌های گوشتی مشاهده شده است (Ebrahimi *et al.*, 2015). اسید آمینه آلفا ال آرژنین برای رشد جوجه-های گوشتی ضروری است و نسبت مناسب لیزین به آرژنین منجر به بهبود شاخص‌های کیفیت گوشت و بافت گوشت می‌شود و احتمال می‌رود مسیر AMPK/Sirt1 ممکن است واسطه این اثر باشد (Wu *et al.*, 2022). بر اساس گزارش‌ها، مکمل ال-آرژنین می‌تواند تراکم استخوان و گوشت بدون چربی را بدون کمک به رسوب چربی در جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ افزایش دهد (Castro *et al.*, 2019). ال-آرژنین موجب بهبود ساختار و رشته‌های الیاف عضلانی می‌شود و در نتیجه، کیفیت گوشت را نیز بهبود می‌بخشد. نتایج مطالعات بیان ژن و تجزیه و تحلیل nNOS تولید شده نشان می‌دهد که این اثر به‌وسیله مسیر NO/AMPK/PGC-1α واسطه می‌شود، اما یافتن ساز و کارهای زیربنایی این آثار مستلزم مطالعه بیشتر است (Sun *et al.*, 2023).

شاخص کارآیی تولید اروپایی (EPEF) و شاخص ماندگاری (SR): نتایج مربوط به اثر سویه، آرژنین و تراکم جمعیت بر EPEF و SR در جدول ۶ نشان داده شده است. اثر اصلی سویه بر EPEF و SR معنی‌دار بود (P<۰/۰۵).

سویه راس دارای شاخص EPEF و SR بالاتری نسبت به سویه آرین بود (P<۰/۰۵) (شکل ۱ و ۲). تراکم جمعیت بر EPEF تاثیر معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) و تراکم جمعیت بالا موجب کاهش این شاخص شد (شکل ۳). اثر اصلی اسید آمینه آرژنین و آثار متقابل سه عامل بر این

شاخص‌ها، معنی‌دار نبود. تاثیرپذیری سویه راس در تراکم بالا نسبت به مکمل آرژنین نسبت به سویه آرین بهتر بود. استفاده از مکمل آرژنین می‌تواند آثار منفی ناشی از تراکم بالا را کاهش دهد و موجب بهبود عملکرد پرورش شود.

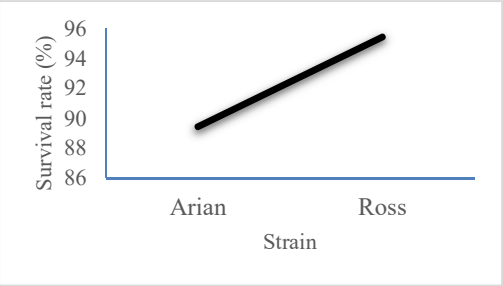

Fig. 1. Survival rate of Arian and Ross broilers

شکل ۱- درصد ماندگاری جوجه‌های گوشتی آرین و راس

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد سویه راس نسبت به سویه آرین دارای مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه بیشتری است، اما ضریب تبدیل آن‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت. تراکم جمعیت بر شاخص‌های عملکردی پایان دوره و کل دوره تاثیر منفی داشت.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه بیرجند و همکاران گروه علوم دامی این دانشگاه به‌جهت حمایت مادی و معنوی اعلام می‌دارند.

جدول ۶- اثر تراکم جمعیت و آرژنین بر شاخص کارآیی تولید اروپایی و درصد ماندگاری جوجه‌های گوشتی آرین و راس

Table 6. Effect of stocking density and arginine on European Production Efficiency Factor (EPEF) and Survival Rate (%) of Arian and Ross broiler chickens

	European Production Efficiency Factor	Survival Rate (%)
Strain		
Arian	239.8 [b]	89.45 [b]
Ross	282.9 [a]	95.44 [a]
SEM	5.279	1.939
Stock density (bird/m$^{2)}$		
12	269.6 [a]	91.15
16	253.2 [b]	93.75
SEM	5.279	1.939
Arginine (%)		
100	258.7	92.58
130	264.1	92.32
SEM	5.279	1.939
Strain × Stock density × Arginine		
Arian 12 100	246.5	87.50
Arian 12 130	244.4	87.50
Arian 16 100	232.9	93.75
Arian 16 130	235.5	89.6
Ross 12 100	301.0	93.75
Ross 12 130	286.4	95.83
Ross 16 100	254.3	95.31
Ross 16 130	290.0	96.88
SEM	10.558	3.877
P-value		
Strain	0.001	0.039
Stock density	0.038	0.352
Arginine	0.477	0.925
Strain × Stock density × Arginine	0.140	0.707

[a-b] Different letters within each column indicate significant differences (P<0.05). SEM: Standard error of the means

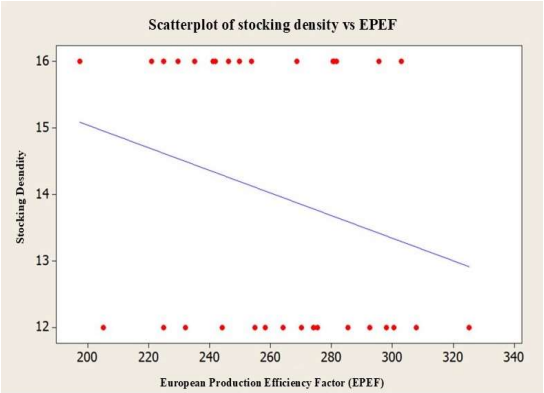

Fig. 3. Effect of stocking density on European Production Efficiency Factor

شکل ۳- اثر تراکم جمعیت بر شاخص کارآیی تولید اروپایی

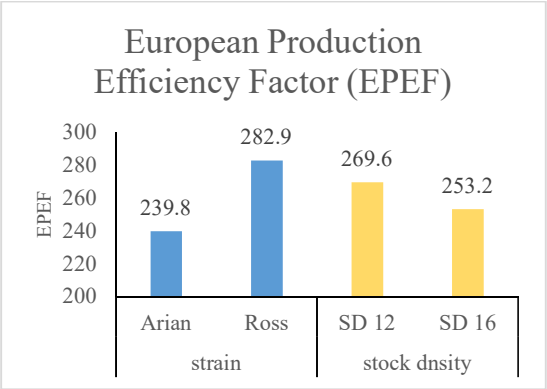

Fig. 2. Effect of stocking density and strain on European Production Efficiency Factor (EPEF)

شکل ۲- اثر تراکم جمعیت و سویه بر شاخص کارآیی تولید اروپایی

فهرست منابع

A. Ahmed-Farid, O., Salah, A. S., Nassan, M. A., & El-Tarabany, M. S. (2021). Effects of chronic thermal stress on performance, energy metabolism, antioxidant activity, brain serotonin, and blood biochemical indices of broiler chickens. *Animals*, *11*(9), 2554. doi: 10.3390/ani11092554

Abdolalizadeh Alvanegh, F., Ebrahimi, M., & Daghigh Kia, H. (2017). Effect of in ovo injection of different ratios of L-arginine to L-lysine on body growth, muscle production, and blood metabolites concentration of day old Ross broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science*, *48*(2), 207-217. doi: 10.22059/ijas.2017.221665.653484 [In Persian]

Abudabos, A. M., Saleh, F., Lemme, A., & Zakaria, H. A. (2014). The relationship between guanidino acetic acid and metabolisable energy level of diets on performance of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *13*(3), 3269. doi: 10.4081/ijas.2014.3269

Abudabos, A. M., Samara, E. M., Hussein, E. O., Al-Ghadi, M. a. Q., & Al-Atiyat, R. M. (2013). Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *12*(1), e11. doi: 10.4081/ijas.2013.e11

Acar, N., Moran Jr, E., & Bilgili, S. (1991). Live performance and carcass yield of male broilers from two commercial strain crosses receiving rations containing lysine below and above the established requirement between six and eight weeks of age. *Poultry Science*, *70*(11), 2315-2321.

Adibmoradi, M., Ebrahimi, M., Zare Shahneh, A., Shivazad, M., Ansari Pirsaraei, Z., Tebianian, M., & Nourijelyani, K. (2014). The effects of L-arginine on growth, small intestine, and immune system of broilers in starter period. *Iranian Journal of Animal Science*, *45*(3), 223-233. doi: 10.22059/ijas.2014.53778 [In Persian]

Adji, A. V., Plumeriastuti, H., Ma'Ruf, A., & Legowo, D. (2019). Histopathological alterations of ceca in broiler chickens (*Gallus gallus*) exposed to chronic heat stress. *World's Veterinary Journal*, *3*, 211-217. doi: 10.36380/scil.2019.wvj27

Ahmad, R., Yu, Y.-H., Hsiao, F. S.-H., Su, C.-H., Liu, H.-C., Tobin, I., Zhang, G., & Cheng, Y.-H. (2022). Influence of heat stress on poultry growth performance, intestinal inflammation, and immune function and potential mitigation by probiotics. *Animals*, *12*(17), 2297. doi: 10.3390/ani12172297

Ahmed, I., & Khan, M. A. (2004). Dietary arginine requirement of fingerling Indian major carp, Cirrhinus mrigala (Hamilton). *Aquaculture Nutrition*, *10*(4), 217-225. doi: 10.1111/j.1365-2095.2004.00293.x

Akhavan-Salamat, H., & Ghasemi, H. A. (2016). Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. *Tropical Animal Health and Production*, *48*, 181-188. doi: 10.1007/s11250-015-0941-1

Alfaro, D., Silva, A., Borges, S., Maiorka, F., Vargas, S., & Santin, E. (2007). Use of Yucca schidigera extract in broiler diets and its effects on performance results obtained with different coccidiosis control methods. *Journal of Applied Poultry Research*, *16*(2), 248-254. doi: 10.1093/japr/16.2.248

Altaf, M., Mahmud, A., & Mehmood, S. (2019). Effects of supplemented growth promoters on performance and intestinal morphology in broilers reared under different stocking densities. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *21*. doi: 10.1590/1806-9061-2019-1073

Amao, S., Ojedapo, L., & Oso, O. (2015). Evaluation of two commercial broiler strains differing in efficiency of feed utilization. *Journal of New Sciences*, *14*.

Antar, R. I., Shosha, S. M., Elazab, M. E., & Esmail, R. S. (2020). Genetic and hormonal difference between high growth rate breed (Cobb broiler chicken) and low growth rate breed (native Fayoumi chicken). *Benha Veterinary Medical Journal*, *39*(1), 28-33. doi: 10.21608/bvmj.2020.36634.1229

Aslam, M. A., İpek, E., Riaz, R., Özsoy, Ş. Y., Shahzad, W., & Güleş, Ö. (2021). Exposure of broiler chickens to chronic heat stress increases the severity of white striping on the pectoralis major muscle. *Tropical Animal Health and Production*, *53*, 1-10. doi: 10.1007/s11250-021-02950-6

Awad, W., Ghareeb, K., & Böhm, J. (2008). Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a synbiotic containing *Enterococcus faecium* and oligosaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*, *9*(11), 2205-2216. doi: 10.3390/ijms9112205

Awad, W. A., Hess, C., & Hess, M. (2018). Re-thinking the chicken–Campylobacter jejuni interaction: a review. *Avian Pathology*, *47*(4), 352-363. doi: 10.1080/03079457.2018.1475724

Badamasi, A., Ibrahim, H., & Yahaya, H. (2014). Comparative evaluation of feed conversion efficiency and mortality rate of two broiler strains under the same dietary conditions. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, *6*(1), 5-7. doi: 10.19026/ijava.6.5609

Bahrampour, K., Hosseini-Vashan, S. J., Afzali, N., Salarmoeini, M., & Yosefi, K. (2024). Effects of energy levels and stocking density on growth performance, blood indices, intestinal morphology, and meat quality in Arian broiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science*, *55*(2), 259-282. doi: 10.22059/ijas.2023.359172.653945 [In Persian]

Ball, R. O., Urschel, K. L., & Pencharz, P. B. (2007). Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. *The Journal of Nutrition*, *137*(6 Suppl. 2), 1626s-1641s. doi: 10.1093/jn/137.6.1626S

Bertram, H. C., Whittaker, A. K., Andersen, H. J., & Karlsson, A. H. (2003). pH dependence of the progression in NMR T 2 relaxation times in post-mortem muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(14), 4072-4078. doi: 10.1021/jf020968+

Bowker, B., Hawkins, S., & Zhuang, H. (2014). Measurement of water-holding capacity in raw and freeze-dried broiler breast meat with visible and near-infrared spectroscopy. *Poultry Science*, *93*(7), 1834-1841. doi: 10.3382/ps.2013-03651

Brudnicki, A., Brudnicki, W., Szymeczko, R., Bednarczyk, M., Pietruszynska, D., & Kirkillo-Stacewicz, K. (2017). Histo-Morphometric adaptation in the small intestine of broiler chicken, after embryonic exposure to galactosides. *Journal of Animal & Plant Sciences*, *27*(4), 1075-1082.

Burkholder, K., Thompson, K., Einstein, M., Applegate, T., & Patterson, J. (2008). Influence of stressors on normal intestinal microbiota, intestinal morphology, and susceptibility to Salmonella enteritidis colonization in broilers. *Poultry Science*, *87*(9), 1734-1741. doi: 10.3382/ps.2008-00107

Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, *60*(3), 219-225. doi: 10.1016/s0309-1740(01)00124-3

Castro, F., Su, S., Choi, H., Koo, E., & Kim, W. (2019). L-Arginine supplementation enhances growth performance, lean muscle, and bone density but not fat in broiler chickens. *Poultry Science*, *98*(4), 1716-1722. doi: 10.3382/ps/pey504

Castro, F. L., Teng, P.-Y., Yadav, S., Gould, R. L., Craig, S., Pazdro, R., & Kim, W. K. (2020). The effects of L-Arginine supplementation on growth performance and intestinal health of broiler chickens challenged with Eimeria spp. *Poultry Science*, *99*(11), 5844-5857. doi: 10.1016/j.psj.2020.08.017

Christensen, L. B. (2003). Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science*, *63*(4), 469-477. doi: 10.1016/s0309-1740(02)00106-7

Corzo, A., Kidd, M. T., Burnham, D. J., Miller, E. R., Branton, S. L., & Gonzalez-Esquerra, R. (2005). Dietary amino acid density effects on growth and carcass of broilers differing in strain cross and sex. *Journal of Applied Poultry Research*, *14*(1), 1-9. doi: 10.1093/japr/14.1.1

Costa, H., Vaz, R., Silva, M., Rodrigues, K., Sousa, L., Bezerra, L., Ribeiro, M., Barbosa, A., Almeida, J., & Oliveira, M. (2021). Performance and meat quality of broiler chickens reared on two different litter materials and at two stocking densities. *British Poultry Science*, *62*(3), 396-403. doi: 10.1080/00071668.2020.1864810

Creamer, B. (1964). Variations in small-intestinal villous shape and mucosal dynamics. *British Medical Journal*, *2*(5421), 1371. doi: 10.1136/bmj.2.5421.1371

Danisman, R., & Gous, R. (2010). Effect of dietary protein on the allometric relationships between some carcass portions and body protein in three broiler strains. *South African Journal of Animal Science*, *41*, 194-208. doi: 10.4314/sajas.v41i3.2

Dansethakul, P., Thapanathamchai, L., Saichanma, S., Worachartcheewan, A., & Pidetcha, P. (2015). Determining a new formula for calculating low-density lipoprotein cholesterol: data mining approach. *Excli Journal*, *14*, 478-483. doi: 10.17179/excli2015-162

Dao, H. T., Sharma, N. K., Daneshmand, A., Kumar, A., Bradbury, E. J., Wu, S.-B., & Swick, R. A. (2022). Supplementation of reduced protein diets with L-arginine and L-citrulline for broilers challenged with subclinical necrotic enteritis. 1. Growth, carcass yield, and intestinal lesion scores. *Animal Production Science*, *62*(13), 1236-1249. doi: 10.1071/AN21393

Davila, D., Brief, S., Simon, J., Hammer, R. E., Brinster, R., & Kelley, K. (1987). Role of growth hormone in regulating T-Dependent immune events in aged, nude, and transgenic rodents. *Journal of Neuroscience Research*, *18*(1), 108-116. doi: 10.1002/jnr.490180118

Ebrahimi, M., Shahneh, A. Z., Shivazad, M., Pirsaraei, Z. A., Tebianian, M., Adibmoradi, M., & Nourijelyani, K. (2013). An evaluation of the effect of feeding L-arginine on growth performance, carcass traits and blood parameters in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science*, *44*(2), 157-166. doi: 10.22059/ijas.2013.35565 [In Persian]

Ebrahimi, M., Zare Shahneh, A., Shivazad, M., & Ansari Pirsaraei, Z. (2015). The effects of feeding high levels of L-arginine at the starter period on meat production and its quality, and blood parameters in broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science*, *46*(2), 169-179. doi: 10.22059/ijas.2015.55648 [In Persian]

Ebrahimi, M., Zare Shahneh, A., Shivazad, M., Ansari Pirsaraei, Z., Tebianian, M., Adibmoradi, M., & Nourijelyani, K. (2014). The effects of L-arginine supplement on growth, meat production, and fat deposition in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science*, *44*(2), 157-166. doi: 10.22059/ijas.2013.35565 [In Persian]

El Rammouz, R., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Babile, R., & Fernandez, X. (2004). Breed differences in the biochemical determinism of ultimate pH in breast muscles of broiler chickens- a key role of AMP deaminase? *Poultry Science*, *83*(8), 1445-1451. doi: 10.1093/ps/83.8.1445

Emadi, M., Jahanshiri, F., Kaveh, K., Hair-Bejo, M., Ideris, A., & Alimon, A. (2011). Nutrition and immunity: the effects of the combination of arginine and tryptophan on growth performance, serum parameters and immune response in broiler chickens challenged with infectious bursal disease vaccine. *Avian Pathology*, *40*(1), 63-72. doi: 10.1080/03079457.2010.539590

Fathima, S., Al Hakeem, W. G., Shanmugasundaram, R., & Selvaraj, R. K. (2024). Effect of arginine supplementation on the growth performance, intestinal health, and immune responses of broilers during necrotic enteritis challenge. *Poultry Science*, *103*(7), 103815. doi: 10.1016/j.psj.2024.103815

Floyd, J., Fajans, S. S., Conn, J. W., Knopf, R. F., & Rull, J. (1966). Stimulation of insulin secretion by amino acids. *The Journal of Clinical Investigation*, *45*(9), 1487-1502. doi: 10.1172/JCI105456

Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafschar, M. (2020a). Effects of stocking density and climate region on performance, immunity, carcass characteristics, blood constitutes, and economical parameters of broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *49*. doi: 10.37496/rbz4920190049

Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafschar, M. (2020b). Effects of stocking density and environmental conditions on performance, immunity, carcase characteristics, blood constitutes, and economical parameters of cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *19*(1), 524-535. doi: 10.1080/1828051X.2020.1757522

Gonzales, E., Buyse, J., Sartori, J. R., Loddi, M. M., & Decuypere, E. (1999). Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 2. Relationship between the thyroid and somatotropic axes with growth rate and mortality. *Poultry Science*, *78*(4), 516-521. doi: 10.1093/ps/78.4.516

Gottardo, E. T., Burin Junior, Á. M., Lemke, B. V., Silva, A. M., Busatta Pasa, C. L., & Muller Fernandes, J. I. (2017). Immune response in *Eimeria sp.* and *E. coli* challenged broilers supplemented with amino acids. *Australian Journal of Veterinary Sciences*, *49*(3), 175-184. doi: 10.4067/S0719-81322017000300175

Habibian, M., Ghazi, S., Moeini, M. M., & Abdolmohammadi, A. (2014). Effects of dietary selenium and vitamin E on immune response and biological blood parameters of broilers reared under thermoneutral or heat stress conditions. *International Journal of Biometeorology*, *58*, 741-752. doi: 10.1007/s00484-013-0654-y

Hafez, H. M., & Attia, Y. A. (2020). Challenges to the poultry industry: current perspectives and strategic future after the COVID-19 outbreak. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*, 516. doi: 10.3389/fvets.2020.00516

Hassanabadi, A., Nasiri Moghadam, H., & Golian, A. (2015). ffects of different levels of digestible arginine and protein in starter diets containing ideal amino acids ratio on performance, carcass traits and serum parameters in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *7*(2), 139-152. doi: 10.22067/ijasr.v7i2.51524 [In Persian]

He, S., Li, S., Arowolo, M. A., Yu, Q., Chen, F., Hu, R., & He, J. (2019). Effect of resveratrol on growth performance, rectal temperature and serum parameters of yellow-feather broilers under heat stress. *Animal Science Journal*, *90*(3), 401-411. doi: 10.1111/asj.13161

Henrique, C. d. S., Oliveira, A. F. G., Ferreira, T. S., Silva, E. S., de Mello, B., Andrade, A. d. F., Martins, V., de Paula, F. O., Garcia, E. d. M., & Bruno, L. D. G. (2017). Effect of stocking density on performance, carcass yield, productivity, and bone development in broiler chickens Cobb 500®. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*, *38*(4 Suppl. 1), 2705-2717. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n4SUPLp2705

Henwork. (2024). https://www.henwork.com/priceAndAnalysis/jooje-rizi/production

Hossain, M., Suvo, K., & Islam, M. (2011). Performance and economic suitability of three fast-growing broiler strains raised under farming condition in Bangladesh. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, *1*, 37-43. doi: 10.3329/ijarit.v1i1-2.13931

Houshmand, M., Azhar, K., Zulkifli, I., Bejo, M., & Kamyab, A. (2012). Effects of prebiotic, protein level, and stocking density on performance, immunity, and stress indicators of broilers. *Poultry Science*, *91*(2), 393-401. doi: 10.3382/ps.2010-01050

Iji, P., Saki, A., & Tivey, D. (2001). Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 1. Intestinal weight and mucosal development. *British Poultry Science*, *42*(4), 505-513. doi: 10.1080/00071660120073151

Ilemobayo, J., Berger, M., Gutierrez, M., & Tomori, A. (2024). Factors Influencing Chick Quality in Broilers: A Comprehensive Review. doi: 10.13140/RG.2.2.34371.17442

Jahanian, R. (2009). Immunological responses as affected by dietary protein and arginine concentrations in starting broiler chicks. *Poultry Science*, *88*(9), 1818-1824. doi: 10.3382/ps.2008-00386

Jahanian Najafabadi, H., Zamani, P., Ighani, V., Reza Yazdi, K., & Zarafrouz, F. (2019). Evaluation the effect of diets formulated according to the Arian and Ross strains catalogue on performance and carcass characteristics of broilers. *Animal Sciences Journal*, *31*(121), 275-302. doi: 10.22092/asj.2018.110276.1479 [In Persian]

Jamalpor, F., Salari, S., & Abdanan Mehdizadeh, S. (2021). Effect of feed form and stock density on performance assessed and some behavioral parameters assessed by image processing, in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science*, *52(3)*, 141-152. doi: 10.22059/ijas.2021.318838.653814 [In Persian]

Jeong, S.-B., Kim, Y. B., Lee, J.-W., Kim, D.-H., Moon, B.-H., Chang, H.-H., Choi, Y.-H., & Lee, K.-W. (2020). Role of dietary gamma-aminobutyric acid in broiler chickens raised under high stocking density. *Animal Nutrition*, *6*(3), 293-304. doi: 10.1016/j.aninu.2020.03.008

Jiao, P., Guo YuMing, G. Y., Yang Xin, Y. X., & Long FangYu, L. F. (2010). Effects of dietary arginine and methionine levels on broiler carcass traits and meat quality. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *9*(11), 1546-1551. doi: 10.3923/javaa.2010.1546.1551

Jobgen, W. S., Fried, S. K., Fu, W. J., Meininger, C. J., & Wu, G. (2006). Regulatory role for the arginine–nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *17*(9), 571-588. doi: 10.1016/j.jnutbio.2005.12.001

Karimi, M., Esmaeilipour, O., Mazhari, M., & doomary, h. (2022). The effect of thyme (Thymus vulgaris) on growth performance, blood metabolites, and meat quality of broilers at high stocking density. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *15*(3), 351-367. doi: 10.22067/ijasr.2022.78413.1097 [In Persian]

Khajali, F., & Wideman, R. (2010). Dietary arginine: metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships. *World's Poultry Science Journal*, *66*(4), 751-766. doi: 10.1017/S0043933910000711

Khajavi, M., Rahimi, S., Kamali, M. A., & Zuhair, H. M. (2002). The effect of food restriction on the immune system of broiler chickens of two strains, Ross and Arian, under heat stress. M.Sc thesis of animal science, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran. [In Persian]

Kiahosseini, M., Hosseni, S., Mehdizadeh, S. M., Lotfolahian, H., & Dastar, B. (2014). The effect of different levels of olive pule on the performance of Ross and Arian commercial broiler hybrides. Master's thesis, Department of Animal Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. [In Persian]

Korver, D. R. (2023). Review: Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. *Animal*, *17*, 100755. doi: 10.1016/j.animal.2023.100755

Lawson, M. A. (2004). The role of integrin degradation in post-mortem drip loss in pork. *Meat Science*, *68*(4), 559-566. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.05.019

Le Floc'h, N., Melchior, D., & Obled, C. (2004). Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. *Livestock Production Science*, *87*(1), 37-45. doi: 10.1016/j.livprodsci.2003.09.005

Li, C. (2017). Growth and development of two broiler strains with low protein and crystalline amino acid supplemented diets. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College. doi: 10.31390/gradschool_theses.4365

Li, P., Yin, Y.-L., Li, D., Kim, S. W., & Wu, G. (2007). Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, *98*(2), 237-252. doi: 10.1017/S000711450769936X

Li, X., Xiong, X., Wu, X., Liu, G., Zhou, K., & Yin, Y. (2020). Effects of stocking density on growth performance, blood parameters and immunity of growing pigs. *Animal Nutrition*, *6*(4), 529-534. doi: 10.1016/j.aninu.2020.04.001

Lin, H., Decuypere, E., & Buyse, J. (2004). Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (Gallus gallus domesticus): 1. Chronic exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, *139*(4), 737-744. doi: 10.1016/j.cbpc.2004.09.013

Lin, H., Sui, S., Jiao, H., Buyse, J., & Decuypere, E. (2006). Impaired development of broiler chickens by stress mimicked by corticosterone exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, *143*(3), 400-405. doi: 10.1016/j.cbpa.2005.12.030

Liu, S., Tan, J., Hu, Y., Jia, X., Kogut, M. H., Yuan, J., & Zhang, H. (2019). Dietary l-arginine supplementation influences growth performance and B-cell secretion of immunoglobulin in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *103*(4), 1125-1134. doi: 10.1111/jpn.13110

Malone, G., Chaloupka, G., Merkley, J., & Littlefield, L. (1979). Evaluation of Five Commercial Broiler Crosses: 1. Grow-Out Performance. *Poultry Science*, *58*(3), 509-515. doi: 10.3382/ps.0580509

Manafi Azar, Q., Akhavan, M. H. A., Jahangir, & Mehdi, F. (2008). Comparison growth and carcass traits of commercial broiler strains in Iran. *Pajouhesh & Sazandegi 78*, 88-94. [In Persian]

Mardewi, N., Rukmini, N., Rejeki, I., & Astiti, N. (2019). The effect of cage density on the quality of broiler chicken meat. Journal of Physics: Conference Series,

Mazzoni, M., Zampiga, M., Clavenzani, P., Lattanzio, G., Tagliavia, C., & Sirri, F. (2022). Effect of chronic heat stress on gastrointestinal histology and expression of feed intake-regulatory hormones in broiler chickens. *Animal*, *16*(8), 100600. doi: 10.1016/j.animal.2022.100600

Merkley, J., Weinland, B., Malone, G., & Chaloupka, G. (1980). Evaluation of five commercial broiler crosses: 2. Eviscerated yield and component parts. *Poultry Science*, *59*(8), 1755-1760. doi: 10.3382/ps.0591755

Moradi Shahrbabak, M., Zaghari, M., & Riahi, M. (2016). Comparison of performance of broiler chickens of four genetic combinations of Arian strain. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran. [In Persian]

Moreira, J., Mendes, A. A., Roça, R. d. O., Garcia, E. A., Naas, I. d. A., Garcia, R. G., & Paz, I. C. L. d. A. (2004). Effect of stocking density on performance, carcass yield and meat quality in broilers of different commercial strains. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *33*(6), 1506-1519.

Mussini, F. J. (2012). Comparative response of different broiler genotypes to dietary nutrient levels. Department of Poultry Science, University of Arkansas, Fayetteville, USA.

Nasr, M. A., Alkhedaide, A. Q., Ramadan, A. A., Abd-El Salam, E. H., & Hussein, M. A. (2021). Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poultry Science*, *100*(11), 101442. doi: 10.1016/j.psj.2021.101442

Pas, M. T., Everts, M., & Haagsman, H. (2004). Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality. CABI publishing.

Perez-Carbajal, C., Caldwell, D., Farnell, M., Stringfellow, K., Pohl, S., Casco, G., Pro-Martinez, A., & Ruiz-Feria, C. (2010). Immune response of broiler chickens fed different levels of arginine and vitamin E to a coccidiosis vaccine and Eimeria challenge. *Poultry Science*, *89*(9), 1870-1877. doi: 10.3382/ps.2010-00753

Prakatur, I., Miskulin, M., Pavic, M., Marjanovic, K., Blazicevic, V., Miskulin, I., & Domacinovic, M. (2019). Intestinal morphology in broiler chickens supplemented with propolis and bee pollen. *Animals*, *9*(6), 301. doi: 10.3390/ani9060301

Puvadolpirod, S., & Thaxton, J. (2000). Model of physiological stress in chickens 1. Response parameters. *Poultry Science*, *79*(3), 363-369. doi: 10.1093/ps/79.3.363

Saki, A., Momeni, M., Tabatabaei, M., Ahmadi, A., Rahmati, M., Matin, H. H., & Janjan, A. (2010). Effect of feeding programs on broilers Cobb and Arbor Acres plus performance. *International Journal of Poultry Science*, *9*(8), 795-800. doi: 10.3923/ijps.2010.795.800

Samadian, F., Karimi Torshizi, M. A., & Eivakpour, A. (2023). A Comparison between Performance, Tibia Bone Characteristics and Intestinal Morphology in Ross 308 and Arian Broilers. *Research on Animal Production*, *14*(40), 70-77. doi: 10.61186/rap.14.40.70 [In Persian]

Sarker, M., Islam, M., Ahmed, S., & Alam, J. (2002). Profitability and meat yield traits of different fast growing broiler strains in Winter. *Journal of Biological Science*, *2*, 361-363. doi: 10.3923/jbs.2002.361.363

Scanes, C. G. (2016). Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio. *Poultry Science*, *95*(9), 2208-2215. doi: 10.3382/ps/pew137

Shakeri, M., & Le, H. H. (2022). Deleterious effects of heat stress on poultry production: Unveiling the benefits of betaine and polyphenols. *Poultry*, *1*(3), 147-156. doi: 10.3390/poultry1030013

Shariatmadari, F., Rezaei, M. J., & Lotfolahian, H. (2005). Comparing production traits performances of commercial broiler chickens in Iran. *Pajouhesh & Sazandegi*, *67*, 68-74. [In Persian]

Smith, E., & Pesti, G. (1998). Influence of broiler strain cross and dietary protein on the performance of broilers. *Poultry Science*, *77*, 276-281. doi: 10.1093/ps/77.2.276

Sohail, M., Hume, M., Byrd, J., Nisbet, D., Ijaz, A., Sohail, A., Shabbir, M., & Rehman, H. (2012). Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poultry Science*, *91*(9), 2235-2240. doi: 10.3382/ps.2012-02182

Son, J., Kim, H.-J., Hong, E.-C., & Kang, H.-K. (2022). Effects of stocking density on growth performance, antioxidant status, and meat quality of finisher broiler chickens under high temperature. *Antioxidants*, *11*(5), 871. doi: 10.3390/antiox11050871

Song, J., Xiao, K., Ke, Y., Jiao, L., Hu, C., Diao, Q., Shi, B., & Zou, X. (2014). Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry Science*, *93*(3), 581-588. doi: 10.3382/ps.2013-03455

Srinongkote, S., Smriga, M., & Toride, Y. (2004). Diet supplied with L-lysine and L-arginine during chronic stress of high stock density normalizes growth of broilers. *Animal Science Journal*, *75*(4), 339-343. doi: 10.1111/j.1740-0929.2004.00195.x

Sterling, K. G., Pesti, G. M., & Bakalli, R. I. (2006). Performance of Different Broiler Genotypes Fed Diets with Varying Levels of Dietary Crude Protein and Lysine. *Poultry Science*, *85*(6), 1045-1054. doi: 10.1093/ps/85.6.1045

Sun, L., Xu, L., Zhao, L., Dou, L., Hou, Y., Wang, C., Jin, Y., & Su, L. (2023). Dietary L-arginine supplementation influences the muscle fiber characteristics and meat quality of Mongolian sheep through the NO/AMPK/PGC-1α pathway. *Food Bioscience*, *52*, 102446. doi: 10.1016/j.fbio.2023.102446

Tan, B., Yin, Y., Kong, X., Li, P., Li, X., Gao, H., Li, X., Huang, R., & Wu, G. (2010). L-Arginine stimulates proliferation and prevents endotoxin-induced death of intestinal cells. *Amino Acids*, *38*, 1227-1235. doi: 10.1007/s00726-009-0334-8

Tan, J., Liu, S., Guo, Y., Applegate, T. J., & Eicher, S. D. (2014). Dietary L-arginine supplementation attenuates lipopolysaccharide-induced inflammatory response in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, *111*(8), 1394-1404. doi: 10.1017/S0007114513003863

Van Laack, R., Liu, C.-H., Smith, M., & Loveday, H. (2000). Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science*, *79*(7), 1057-1061. doi: 10.1093/ps/79.7.1057

Wan, X., Jiang, L., Zhong, H., Lu, Y., Zhang, L., & Wang, T. (2017). Effects of enzymatically treated Artemisia annua L. on growth performance and some blood parameters of broilers exposed to heat stress. *Animal Science Journal*, *88*(8), 1239-1246. doi: 10.1111/asj.12766

Wang, J., & Peng, K. (2008). Developmental morphology of the small intestine of African ostrich chicks. *Poultry Science*, *87*(12), 2629-2635. doi: 10.3382/ps.2008-00163

Wang, S., Li, C., Xu, X., & Zhou, G. (2013). Effect of fasting on energy metabolism and tenderizing enzymes in chicken breast muscle early postmortem. *Meat Science*, *93*(4), 865-872. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.11.053

Wideman, R., & Chapman, M. (2004). Nω-Nitro-L-Arginine Methyl Ester (L-NAME) amplifies the pulmonary hypertensive response to endotoxin in broilers. *Poultry Science*, *83*(3), 485-494. doi: 10.1093/ps/83.3.485

Wu, L., Fang, Y., & Guo, X. (2011). Dietary L-arginine supplementation beneficially regulates body fat deposition of meat-type ducks. *British Poultry Science*, *52*(2), 221-226. doi: 10.1080/00071668.2011.559452

Wu, X., Ruan, Z., Gao, Y., Yin, Y., Zhou, X., Wang, L., Geng, M., Hou, Y., & Wu, G. (2010). Dietary supplementation with L-arginine or N-carbamylglutamate enhances intestinal growth and heat shock protein-70 expression in weanling pigs fed a corn-and soybean meal-based diet. *Amino Acids*, *39*, 831-839. doi: 10.1007/s00726-010-0538-y

Wu, Y.-y., Dai, Y.-j., Xiao, K., Wang, X., Wang, M.-m., Huang, Y.-y., Guo, H.-x., Li, X.-f., Jiang, G.-z., & Liu, W.-b. (2022). Effects of different dietary ratio lysine and arginine on growth, muscle fiber development and meat quality of Megalobrama amblycephala. *Aquaculture Reports*, *26*, 101322. doi: 10.1016/j.psj.2022.102072

Yao, K., Guan, S., Li, T., Huang, R., Wu, G., Ruan, Z., & Yin, Y. (2011). Dietary L-arginine supplementation enhances intestinal development and expression of vascular endothelial growth factor in weanling piglets. *British Journal of Nutrition*, *105*(5), 703-709. doi: 10.1017/S000711451000365X

Yazdanabadi, F. I., Moghaddam, G., Nematollahi, A., Daghighkia, H., & Sarir, H. (2020). Effect of arginine supplementation on growth performance, lipid profile, and inflammatory responses of broiler chicks challenged with coccidiosis. *Preventive Veterinary Medicine*, *180*, 105031. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105031

Youssef, S., Shaban, S., & Inas, I. I. (2015). Effect of l-arginine supplementation on productive, reproductive performance, immune response and gene expression in two local chicken strains: 1-egg production, reproduction performance and immune response. *Egyptian Poultry Science Journal*, *35*, 573-590.

Zamani, P., Zarafroz, F., & Reza Yazdi, K. (1385). Comparison of the effect of different levels of metabolic energy and crude protein in the diet on the performance of Arian broiler chickens. *Agricultural Sciences and Industries*, *20*(2), 3-14. [In Persian]

Zhang, G., Yang, Z., Zhang, Q., Yang, W., & Jiang, S. (2012). A multienzyme preparation enhances the utilization of nutrients and energy from pure corn and wheat diets in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, *21*(2), 216-225. doi: 10.3382/japr.2010-00288

Zhao, J., Chen, J., Zhao, G., Zheng, M., Jiang, R., & Wen, J. (2009). Live performance, carcass composition, and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. *Poultry Science*, *88*(12), 2575-2584. doi: 10.3382/ps.2009-00245