



## Effects of energy levels and stocking density on growth performance, blood indices, intestinal morphology, and meat quality in Arian broiler chicken

Kamran Bahrampour<sup>1</sup> | Nazar Afzali<sup>2</sup> | Seyyed Javad Hosseini Vashan<sup>3</sup> |  
Mohmad Salarmoeini<sup>4</sup> | Kazem Yussefi Kelarikolaei<sup>5</sup>

1. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Recourse, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: [kamranbahrampour@birjand.ac.ir](mailto:kamranbahrampour@birjand.ac.ir)
2. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Recourse, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: [nafzali@birjand.ac.ir](mailto:nafzali@birjand.ac.ir)
3. Corresponding Author, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Recourse, University of Birjand, Birjand, Iran. E-mail: [jhosseiniv@birjand.ac.ir](mailto:jhosseiniv@birjand.ac.ir)
4. Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. E-mail: [salarmoeini@uk.ac.ir](mailto:salarmoeini@uk.ac.ir)
5. Department of Animal Science Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran. E-mail: [kysussefi@yahoo.com](mailto:kysussefi@yahoo.com)

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	<p>The aim of the present study was to evaluate the effect of dietary metabolizable energy levels (EL) and stocking density (SD) on growth performance, blood indices, jejunal morphology and meat quality in Arian broiler chickens. A total of 672 Arian one-day-old chicks were used in a completely randomized design with 2×4 factorial arrangement, including two stocking density (12, 16 birds/m<sup>2</sup>) and four energy levels (EL1: Arian recommendation energy level, EL2: 3.5% higher energy level for finisher2, EL3: 3.5% higher energy level for all periods, EL4: 3.5% higher starter, grower and finisher1 and 6.1% higher energy level for finisher2) with eight treatments and six replicates. The results showed that recommendation Arian catalogue energy level with 16 birds/m<sup>2</sup> decreased body weight gain in the finisher2 (42-36 days) and the whole period (1-42 days) and had highest feed conversion ratio in the finisher2 (P&lt;0.001). Increased energy level (EL3) significantly decreased feed intake in finisher2 period. The carcass efficiency, breast relative weight and abdominal fat as increased as energy levels enhanced. In HSD, EL2 compared to EL3 increased relative weigh of heart. Also, EL3 increased low-density lipoprotein and alanine transaminase concentration in HSD. Concentration of albumin, total protein and high-density lipoprotein were decreased by stock density, on the contrary, Superoxide dismutase and glutathione peroxidase increased (P&lt;0.05). The lowest height of villi was related to EL1 in HSD, and the highest villi height was observed in EL4 and low stock density. High energy level increased the villus width, the ratio of the villus height to the crypt depth (VH/CD) and the absorption area (P&lt;0.05). HSD significantly reduced villus height and width, VH/CD and absorption area of villus (P&lt;0.05). The interaction of energy level and SD did not affect any of the meat quality indicators. Furthermore, the findings of the present study showed there is no significant difference between 12 and 16 birds/m<sup>2</sup> during the whole of period. The HSD decreased the growth performance and had a negative effect on the feed conversion ratio, whereas improved the performance of Arian broiler chickens when increased the energy level by 3.5% in the finisher 2.</p>
<b>Article history:</b> Received: 25 May 2023 Received in revised form: 9 July 2023 Accepted: 14 July 2023 Published online: 21 June 2024	
<b>Keywords:</b> <i>Arian, Broiler,</i> <i>Energy,</i> <i>Stock density,</i> <i>Meat quality.</i>	

**Cite this article:** Bahrampour, K., Afzali, N. Hoeini Vashan, S. J., Salarmoeini, M. & Yussefi Kelarikolaei, 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: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.359172.653945>



© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.359172.653945>

### Extended Abstract

#### Introduction

During a rearing period, choosing the appropriate density per unit area is an important to achieve the

maximum possible profit. However if the chicken density increases too much, it will cause stress in and have a negative effects on the growth of birds. In the stress condition, the maintain requirement of the bird is increase. Therefore, the aim of this research was to investigate the effect of increasing the energy level of Arian broiler chickens in high stock (HSD) density on growth performance, blood indices, intestinal morphology and meat quality.

### Materials and Methods

In order to investigate the effect of Arian broiler chickens to different energy level in high stock density, an experiment was carried out in the form of a completely randomized with 2×4 factorial arrangement, including two stock density (12, 16 birds/m<sup>2</sup>) and four energy levels (EL1: Control (Arian recommendation: 2870-2950-3025-3025 kcal/kg for starter, grower, finisher1 and finisher2), EL2: 3.5% higher energy level for finisher2 (2870-2950-3025-3125 kcal/kg for starter, grower, finisher1 and finisher2), EL3: 3.5% higher for all periods (2970-3050-3125-3125 kcal/kg for starter, grower, finisher1 and finisher2), EL4: 3.5% higher starter, grower and finisher1 and 6.1% higher in finisher2 (2970-3050-3125-3200 kcal/kg for starter, grower, finisher1 and finisher2) with eight treatments and six replicates. Body weight gain (BWG) and feed intake (FI) were measured and feed conversion ratio (FCR) was calculated. At day 42, two broiler chicken was randomly selected, and after blood sampling slaughtered for carcass traits and meat quality. The left thigh was removed and used for meat quality test including water holding capacity, pH and Malondialdehyde concentration. To study the histomorphology of the intestine, approximately 4 cm long segment were separated from before Meckel's diverticulum. Data were subjected to an analysis of variance (ANOVA) using the General Linear Model (GLM) in the Minitab statistical software (Minitab 16). Analysis of variance was performed using a completely randomized design with a factorial arrangement of treatments. Statistical significance was considered at P<0.05.

### Results

The results showed that the interaction of EL and SD on FI was not significant in any period (P>0.05). Using the EL1 in HSD, had the highest FCR in the finisher2 (P<0.001), and also had the lowest amount of BWG in the finisher2 (36-42 days) and the whole period of rearing (P<0.05). The main effects showed that HSD significantly decreased feed consumption in the whole period (P<0.05) and increase in energy level (EL3 compared to EL1) decreased FI in the finisher2 (P<0.05). Compared to EL1, EL2 significantly increase carcass efficiency and relative weight of breast, liver, and spleen (P<0.05). HSD decreased the relative weight of Bursa Fabricius compared to low density (P<0.05). The lowest relative weight of the heart was observed for EL1 and HSD, and the highest relative weight was related to EL2 and HSD. Increasing the density (16 birds compared to 12 birds per square meter) decreased the concentration of Alb and total TP. The interaction effect of EL and SD on the TP concentration was significant (P>0.05) and EL2 had the highest total protein concentration in blood serum under low stock density. In HSD, EL2 compared to EL3 decreased blood low-density lipoprotein (LDL) concentration. The effect of different EL2 significantly increased Chol, TG and HDL concentrations. SD had no significant effect on Chol and TG (P>0.05), but it caused a decrease in HDL. The interaction effect of energy levels and population density shows that EL3 significantly increased LDL compared to EL2 at HSD (P<0.05). The use of EL2 diet increased the activity of aspartate aminotransferase (AST) enzyme (P<0.05). Also, EL2 and 16 birds/m<sup>2</sup> increased the activity of ALT enzyme (P<0.05). The interaction effect of EL and SD had no significant effect on the antioxidant index (P>0.05). But main effect showed increasing EL, significantly increased glutathione peroxidase (GPX) activity (P<0.05). Also, High stock density increased SOD and GPX enzyme activity (P<0.05). The lowest height of villi was related to EL1 in HSD, and the highest villi height was observed in EL4 and low stock density. High energy level increased the villus width, the ratio of the villus height to the crypt depth (VH/CD) and the absorption area (P<0.05). HSD significantly reduced villus height and width, VH/CD and absorption area of villus (P<0.05). The interaction of EL and SD did not affect none of the meat quality indicators. The main effects of energy level show that EL2 increased WHC compared to EL4 MDA concentration of meat increased in HSD (P<0.05).

### Conclusion

Therefore, the results of this research showed that the recommended ration of Arian catalog and the use of 16 birds/m<sup>2</sup> compared to 12 birds, caused a decrease in body weight in the finisher2 (36-42 days) and the entire period and increased the feed conversion ratio in the finisher2 in Arian broiler chickens. Increasing energy in other treatments prevented the decreasing trend of body weight gain. The increase in energy in the finisher2 and the increase in density in the whole period decreased feed intake. In the entire breeding period, the density of 12 and 16 bird/m<sup>2</sup> did not have a significant difference, and it can be suggested to breeders to use a density of 16 birds in order to obtain more profit.

## اثر سطح انرژی و تراکم گله بر عملکرد رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون، ریخت‌شناسی روده و کیفیت گوشت جوجه گوشتی آرین

کامران بهرامپور<sup>۱</sup>، نظر افزلی<sup>۲</sup>، سیدجواد حسینی و اشان<sup>۳</sup>، محمد سالارمعینی<sup>۴</sup> و کاظم یوسفی کلاریکلانی<sup>۵</sup>

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: [kamranbahrapour@birjand.ac.ir](mailto:kamranbahrapour@birjand.ac.ir)

۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: [nafzali@birjand.ac.ir](mailto:nafzali@birjand.ac.ir)

۳. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: [jhosseiniv@birjand.ac.ir](mailto:jhosseiniv@birjand.ac.ir)

۴. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: [salarmoini@uk.ac.ir](mailto:salarmoini@uk.ac.ir)

۵. گروه علوم دامی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: [kyussefi@yahoo.com](mailto:kyussefi@yahoo.com)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

### کلیدواژه‌ها:

آرین، انرژی، تراکم جمعیت، جوجه گوشتی، کیفیت گوشت.

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر سطح انرژی (EL) قابل سوخت و ساز و تراکم در واحد سطح بر عملکرد، شاخص‌های خونی، ریخت‌شناسی ژئوم و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی آرین بود. در این پژوهش از تعداد ۶۷۲ قطعه جوجه گوشتی آرین ترکیب دوجنس در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ شامل دو سطح تراکم (۱۲، ۱۶ پرنده در متر مربع) و چهار سطح انرژی (EL1: سطح انرژی توصیه شده آرین، EL2: ۳/۵ درصد انرژی بیشتر در دوره پایانی ۲، EL3: ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در تمام دوره‌ها، EL4: ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در دوره آغازین، رشد و پایانی ۱ و ۶/۱ درصد انرژی بالاتر در پایانی ۲) با ۸ تیمار و ۶ تکرار استفاده شد. نتایج نشان داد سطح انرژی توصیه شده آرین در شرایط تراکم جمعیت، کمترین مقدار افزایش وزن بدن را در دوره پایانی ۲ (۳۶-۴۲ روزگی) و کل دوره (۱-۴۲ روزگی) و بالاترین ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی ۲ را داشت ( $P < 0.001$ ). افزایش سطح انرژی (EL3) باعث کاهش مصرف خوراک در دوره پایانی ۲ گردید ( $P < 0.05$ ). افزایش سطح انرژی باعث افزایش بازده لاشه، وزن نسبی سینه و چربی محوطه شکمی گردید ( $P < 0.05$ ). در شرایط تراکم بالا EL2 نسبت به EL1 موجب افزایش وزن نسبی قلب گردید. همچنین، EL3 موجب افزایش غلظت لیپوپروتئین با چگالی پایین و آلانین آمینوترانسفراز گردید. افزایش تراکم باعث کاهش غلظت آلبومین و پروتئین کل، لیپوپروتئین با چگالی بالا و افزایش فعالیت سوپراکسیددیسموتاز و گلوکاتیون-پراکسیداز گردید ( $P < 0.05$ ). کمترین ارتفاع پرز مربوط به تیمار EL1 در شرایط تراکم بالای جمعیت بود و بیشترین ارتفاع پرز در گروه EL4 در شرایط تراکم پایین مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). افزایش سطح انرژی باعث افزایش عرض پرز، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریبت (VH/CD) و ناحیه جذبی گردید ( $P < 0.05$ ). تراکم بالای جمعیت ارتفاع و عرض پرز، VH/CD و سطح جذب پرز را کاهش داد ( $P < 0.05$ ). برهم کنش سطح انرژی و تراکم جمعیت بر هیچ یک از شاخص‌های کیفیت گوشت تأثیر نداشت. در کل یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد در کل دوره پرورش تفاوت معنی‌داری بین تراکم گله ۱۲ و ۱۶ پرنده در مترمربع نمی‌باشد، اما در هفته آخر پرورش تراکم بالا موجب کاهش روند رشد گردید و تأثیر منفی بر ضریب تبدیل خوراک داشت، که با افزایش ۳/۵ درصد سطح انرژی در دوره پایانی ۲، موجب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی آرین شد.

**استناد:** بهرامپور، کامران؛ افزلی، نظر؛ حسینی و اشان، سیدجواد؛ سالارمعینی، محمد و یوسفی کلاریکلانی، کاظم (۱۴۰۳). اثر سطح انرژی و تراکم گله بر عملکرد رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون، ریخت‌شناسی روده و کیفیت گوشت جوجه گوشتی آرین. نشریه علوم دامی ایران، ۵۵ (۲)، ۲۵۹-۲۸۲. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.359172.653945>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2023.359172.653945>

## مقدمه

در سال‌های اخیر با توجه به افزایش قیمت مواد خوراکی در سراسر جهان، بسیاری از شرکت‌های پرورشی توجه بیشتری به بازده خوراک نشان می‌دهند. در پرورش دام و طیور، تغذیه درست حیوانات می‌تواند باعث دستیابی به بهترین عملکرد تولید و بازده پرورش گردد (Geng *et al.*, 2022). مهمترین هدف هر پرورش دهنده دام و طیور استفاده از جیره متعادل برای کسب حداکثر سود است. یکی از عوامل مهم برای تولید یک محصول با کیفیت با حداقل هزینه، سطح انرژی جیره خوراکی است (Ahiwe *et al.*, 2018). شاخص‌های تغذیه‌ای شامل سطح انرژی جیره در تغذیه جوجه‌های گوشتی بسته به ژنتیک و سن تغییر می‌کند؛ به همین دلیل با توجه به پیشرفت‌های ژنتیکی جدید جوجه‌های گوشتی، انجام تحقیقاتی با نیازهای تغذیه‌ای متفاوت برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد سویه پرنده ضروری است (Shakouri & Malekzadeh, 2016). یکی از مزایای دانستن نیازهای تغذیه‌ای، بهینه‌سازی مصرف خوراک است؛ بر اساس فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیک حیوان، با هدف تامین مقدار لازم مواد مغذی برای پرنده در سن معین، از هدر رفتن خوراک یا پرخوری پرنده جلوگیری می‌شود (Bailey, 2020).

در ترکیب خوراک طیور، یکی از مهمترین احتیاجات انرژی است که بخش قابل توجهی از هزینه تامین خوراک را به خود اختصاص می‌دهد؛ برای تهیه یک جیره اقتصادی دانستن احتیاجات انرژی طیور در هر مرحله از دوره پرورش و همچنین شناخت در مورد انرژی سوخت و ساز مواد خوراکی ضروری می‌باشد (Kazemi & Eila, 2021). از طرفی انرژی نقش مهمی در کنترل مصرف خوراک ایفا می‌کند و در صورت توازن نامناسب جیره خوراکی ممکن است در تامین سایر احتیاجات پرنده از جمله پروتئین، مواد معدنی و ویتامینی تداخل ایجاد شود (Baghoyan, 2006). لذا برای بهبود کیفیت محصول نهایی و داشتن بهترین ضریب تبدیل خوراک، انتخاب سطح انرژی مطلوب در هنگام توازن جیره بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Dozier III *et al.*, 2006; Ghaffari *et al.*, 2007).

در طول پرورش، پرندگان ممکن است در معرض انواع مختلفی از تنش‌ها مانند تنش گرما و سرما، حمل و نقل، تراکم بالا و بیماری قرار گیرند (Lin *et al.*, 2000). یکی از این شرایط تنش‌زا، پرورش جوجه‌های گوشتی در تراکم بالا است. حداکثر تولید در سالن پرورش و انتخاب تراکم مناسب و بهینه در واحد سطح یکی از چالش‌های پرورش دهندگان می‌باشد. تراکم مناسب در واحد سطح، باعث کاهش هزینه تولید و افزایش سودآوری و تولید بیشتر می‌شود. همچنین عامل مهمی در راحتی، سلامت و عملکرد جوجه‌های گوشتی است (Sugiharto, 2022). از اثرات منفی تراکم بالای جمعیت می‌توان به افزایش آمونیاک محیط، کاهش دسترسی پرنده به آب و خوراک و کیفیت پایین هوا به دلیل عدم تبادل هوا در اطراف پرنده و همچنین کاهش تبادل حرارتی بدن پرنده با محیط اشاره کرد (Feddes *et al.*, 2002). عوامل زیادی مانند اندازه گله، تراکم، دما، روشنایی، خوراک، آب و غیره بر سرعت رشد، مصرف خوراک و تلفات جوجه‌های گوشتی و در نتیجه بر شاخص تولید تأثیر می‌گذارند (Esmail, 2013). در نتیجه، این عوامل موجب کاهش وزن بدن و در نهایت کاهش عملکرد پرنده و سود دهی خواهد شد (Kamel *et al.*, 2021). تراکم بالای جمعیت می‌تواند باعث افزایش مرگ و میر، بروز مشکلات پا، کاهش کیفیت زندگی پرندگان (Simitzis *et al.*, 2012) و کاهش کیفیت گوشت (Nasr *et al.*, 2021) شود. در هنگام تنش، بدن برای غلبه بر این شرایط به انرژی بیشتر نیاز دارد. عوامل تنش‌زا و گاز آمونیاک می‌توانند بر تولید ROS<sup>۱</sup> در میتوکندری تأثیر بگذارند و در نتیجه کارایی تولید انرژی و ساخت ATP<sup>۲</sup> را کاهش دهند (Shah *et al.*, 2020)، در نتیجه انرژی مورد نیاز برای رشد کاهش می‌یابد.

1.. Reactive oxygen species

2.. Adenosine triphosphate

انرژی قابل سوخت و ساز (ME) معیار استاندارد برای توصیف نیازهای انرژی پرنده است. در جیره جوجه‌های گوشتی، ME نقش مهمی ایفا می‌کند زیرا برای تجزیه، ساخت مواد مغذی، تامین احتیاجات نگهداری و تولید استفاده می‌شود (Abudabos *et al.*, 2014). در شرایط تنش حرارتی که به دنبال افزایش تراکم ایجاد می‌شود، سهم نسبی انرژی نگهداری به کل انرژی افزایش می‌یابد و پرنده با کاهش انرژی برای تولید و رشد روبه‌رو خواهد شد (Sakomura *et al.*, 2005). در بسیاری از تحقیقات از سال ۱۹۷۹ تاکنون گزارش شده است که افزایش انرژی سوخت و ساز به مقدار ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم جیره خوراکی تحت تنش حرارتی، افزایش وزن بدن را تا ۱۷ درصد و ضریب تبدیل خوراک را تا ۱۰ درصد بهبود بخشیده است (Teyssier *et al.*, 2022).

بنابراین شناخت احتیاجات در شرایط پرورشی مختلف برای یک پرورش اقتصادی و سودآور ضروری است. با توجه به فرایند به‌نژادی سویه آرین، هنوز اطلاعات کاملی از نیازمندی این سویه منتشر نشده است و انتخاب سطوح مناسب مواد مغذی می‌تواند در افزایش راندمان تولید این سویه ایرانی بسیار موثر باشد، لذا هدف پژوهش، ارزیابی سطوح بالاتر انرژی جیره در سطح ثابت سایر مواد مغذی جیره همزمان با افزایش تراکم گله بر عملکرد رشد، ریخت شناسی روده و پاسخ ایمنی بود.

## مواد و روش

این آزمایش در سالن تحقیقاتی گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند انجام شد. در این پژوهش از ۶۷۲ قطعه جوجه گوشتی یک روزه مخلوط دو جنس سویه آرین در یک دوره ۴۲ روزه استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ شامل چهار سطح انرژی (جدول ۱) و دو سطح تراکم (۱۲، ۱۶ پرنده در مترمربع) با ۸ تیمار و ۶ تکرار اجرا شد. پن‌های آزمایشی با ابعاد ۰/۸×۱/۲۵ متر دارای مساحت یک متر مربع بودند.

جدول ۱: سطوح انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم) استفاده شده در هر دوره پرورش

سطح انرژی	آغازین (۱-)	رشد (۱۵-۲۴ روزگی)	پایانی ۱ (۲۵-۳۵)	پایانی ۲ (۳۶-۴۲)
EL1	۲۸۷۰	۲۹۵۰	۳۰۲۵	۳۰۲۵
EL2	۲۸۷۰	۲۹۵۰	۳۰۲۵	۳۱۲۵
EL3	۲۹۷۰	۳۰۵۰	۳۱۲۵	۳۱۲۵
EL4	۲۹۷۰	۳۰۵۰	۳۱۲۵	۳۲۰۰

تغذیه جوجه‌های گوشتی در ۴ دوره آغازین (۱-۱۴ روزگی)، رشد (۱۵-۲۴ روزگی)، پایانی ۱ (۲۵-۳۵ روزگی) و پایانی ۲ (۳۶-۴۲ روزگی) انجام گردید. جیره آزمایشی بر پایه ذرت و کنجاله سویا بر مبنای دفترچه راهنمای آرین با استفاده از نرم افزار UFFDA تنظیم شد (جدول ۲). در طول دوره آزمایش، شرایط پرورشی شامل برنامه نوری، درجه حرارت و رطوبت مطابق پیشنهادات سویه آرین اعمال شد. واکسیناسیون مطابق با دستور دامپزشک طبق برنامه منطقه انجام شد. در طی دوره اجرای طرح آزمایشی، دسترسی به آب و خوراک آزاد بود. صفات عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن در طی چهار دوره آغازین، رشد، پایانی ۱ و پایانی ۲ رکوردداری شد و در نهایت ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید.

در پایان دوره آزمایش (۴۲ روزگی)، دو پرنده از هر تکرار انتخاب و از آنها از طریق ساهرگ بالا خونگیری (سیاهرگ زیر بال) شد. سپس پرندگان کشتار شدند و پس از کالبد گشائی، وزن لاشه و اندام‌های داخلی اندازه گیری شد. برای محاسبه بازده

لاشه، پس از کشتار پوست، پاها و محتویات درون شکمی جدا شد و راندمان لاشه براساس درصدی از وزن زنده محاسبه گردید. وزن نسبی اجزای لاشه شامل: وزن نسبی سینه، ران، قلب، کبد، طحال، بورس فابریوس و چربی ناحیه شکمی بر اساس درصدی از وزن زنده محاسبه شد. نمونه‌های خون گرفته شده در یک لوله آزمایش حاوی ماده ضدانعقاد خون (EDTA) ریخته شد و غلظت آلومین (Alb)، پروتئین کل (TP)، لیپیدهای خونی و میزان فعالیت آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز<sup>۲</sup> (AST) و آلانین آمینوترانسفراز<sup>۳</sup> (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).

$$LDL (mg/dl) = Total\ Cholesterol - HDL - (Triglyceride/5) \quad \text{رابطه ۱}$$

مقداری از نمونه خون در لوله فاقد ماده ضدانعقاد خون ریخته شد و غلظت گلوکاتایون پراکسیداز<sup>۴</sup> (GPx) و سوپراکسیددیسموتاز<sup>۵</sup> (SOD) با استفاده از کیت شرکت کیازست تعیین شد. برای سنجش اکسایش لیپیدهای خون با روش Yoshioka و همکاران (۱۹۷۹)، غلظت مالون دی آلدئید پلاسمای خون تعیین شد. برای سنجیدن غلظت مالون دی آلدئید پلاسمای، رنگ ارغوانی حاصل از واکنش این مولکول با تیوباربیتوریک اسید در شرایط اسیدی و دمای بالا با دستگاه فتومتر یونیکوی (آمریکا) در طول موج ۵۳۵ نانومتر با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد (Yoshioka et al., 1979). در زمان کشتار (۴۲ روزگی) از ناحیه ژژنوم پرندگان (۱۰ سانتی‌متر قبل از زائده مکل)، قطعات ۴ سانتی‌متری برداشته و پس از شست و شو با سرم فیزیولوژی، در فرمالین ۱۰ درصد قرار داده شد. هر نمونه از محور طولی روده بریده و در ظرف نمونه‌گیری حاوی پارافین قرار گرفت. پس از رنگ آمیزی با اتوزین و هماتوکسیلین از مقاطع عرضی برش داده شد و با میکروسکوپ نوری طول پرز، عرض پرز و عمق کریپت اندازه‌گیری شد (Brudnicki et al., 2017). همچنین سطح جذب پزرهای ژژنوم با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Prakatur et al., 2019).

$$\text{رابطه ۲} \quad (2) \quad \text{میانگین عرض پزرها} \times \text{میانگین طول پزرها} = \text{سطح جذب پزر}$$

برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت گوشت شامل ظرفیت نگهداری آب<sup>۶</sup> (WHC)، پتانسیل هیدروژن (pH) و اکسیداسیون لیپید در ۴۲ روزگی بطور تصادفی دو پرند از هر تکرار کشتار و ماهیچه ران سمت چپ برداشته شد. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی در فریزر با دمای ۲۰- قرار گرفتند و ۱۴ روز بعد از کشتار اقدام به انجام آزمایش‌های کیفیت گوشت شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت گوشت ابتدا نمونه‌ها یخ‌زدایی گردید، 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 اندازه‌گیر شد. برای بررسی WHC یک گرم از نمونه گوشت از ماهیچه کشنده پهن ران را در کاغذ صافی پیچیده و در لوله‌های فالكون ۱۵ میلی‌لیتری به مدت ۴ دقیقه با دور ۱۵۰۰ rpm در سانتریفیوژ قرار گرفت. نمونه پس از سانتریفیوژ با پارچه کتان خشک و وزن گردید، پس از توزین، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت و سپس دوباره وزن شد. در نهایت با استفاده از رابطه ۳ درصد WHC محاسبه شد (Castellini et al., 2002).

1. Ethylenediamine tetra acetic acid
2. Aspartate transaminase
3. Alanine transaminase
4. Glutathione peroxidase
5. Superoxide dismutase
6. eosin
7. hematoxylin
8. Water Holding Capacity

رابطه ۳)  $100 \times \left[ \frac{\text{وزن اولیه (گرم)}}{\text{وزن بعد از آون (گرم)}} - \text{وزن بعد از سانتریفیوژ (گرم)} \right] = \text{ظرفیت نگهداری آب}$   
 برای اندازه‌گیری اکسیداسیون لیپید، یک گرم نمونه گوشت جدا شد و با استفاده از دستگاه اولتراسونیک عصاره‌گیری گردید. پس از عبور از کاغذ صافی با محلول تیوباربیتوریک اسید (TBA) ترکیب و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام بن‌ماری (دمای ۹۰°C) قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۵۰۰ rpm سانتریفیوژ شد و نمونه بدست آمده با طول موج ۵۲۰ نانومتر دستگاه اندازه‌گیری جذب نوری خوانش شد و پس از انتقال نتایج حاصل به منحنی استاندارد، غلظت MDA تعیین شد (Placer et al., 1966).

به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار MiniTab نسخه ۱۶ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از مدل عمومی GLM برای مدل زیر تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  انجام گرفت.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

رابطه ۴)

در این رابطه،  $Y_{ijk}$ : مقدار هر مشاهده؛  $\mu$ : میانگین جمعیت؛  $e_{ijk}$ : اثر خطای آزمایشی؛  $\alpha_i$ : اثر سطح انرژی؛  $\beta_j$ : اثر سطح تراکم؛  $(\alpha\beta)_{ij}$ : اثر متقابل انرژی و تراکم است.

جدول ۲. اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

	پایانی ۱ (۲۵-۲۵)		پایانی ۲ (۲۶-۴۲ روزگی)		رشد (۱۵-۲۴ روزگی)		آغازین (۱-۱۴ روزگی)		
	۳۰۲۵	۳۱۲۵	۳۰۲۵	۳۱۲۵	۲۹۵۰	۳۰۵۰	۲۹۷۰	۲۸۷۰	سطح انرژی (کیلوکالری بر کیلوگرم خوراک)
مواد خوراکی									
دانه ذرت	۶۴/۳۵	۶۲/۰۴	۶۵/۴۷	۶۴/۰۱	۵۸/۰۹	۶۰/۵۳	۵۴/۰۲	۵۶/۳۲	
کنجاله سویا ۴۵٪	۳۲/۸۳	۳۰/۲۲	۲۸/۶۹	۲۸/۹۵	۳۶/۱۷	۳۲/۸۳	۳۹/۳۸	۳۸/۹۹	
روغن سویا	۲/۴۸	۱/۵۱	۱/۵۰	۳/۴۱	۱/۳۲	۲/۴۸	۲/۲۳	۰/۳۳	
کربنات کلسیم	۱/۰۱	۰/۹۱	۱/۰۰	۰/۹۱	۱/۰۱	۰/۹۵	۱/۰۱	۱/۰۱	
دی‌کلسیم فسفات	۱/۹۴	۱/۶۹	۱/۹۸	۱/۷۰	۱/۸۱	۱/۹۴	۱/۹۲	۱/۹۲	
نمک	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	
سدیم بیکربنات	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	
ترکیب مکمل معدنی و ویتامینی	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	
دی‌آل‌متیونین	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۲۳	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۲۹	
لیزین هیدروکلرید	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۴	
کولین کلراید	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	
ترکیب شیمیایی (%)									
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۲۸۷۰	۲۹۷۰	۲۹۵۰	۳۰۵۰	۳۰۲۵	۳۱۲۵	۳۱۲۵	۳۲۰۰	
پروتئین خام (%)	۲۲/۳	۲۲/۳	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۱۸/۶	۱۸/۶	۱۸/۰۰	
آرژنین (%)	۱/۴۲	۱/۴۲	۱/۳۴	۱/۳۴	۱/۳۴	۱/۱۷	۱/۱۷	۱/۱۳	
لیزین (%)	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۱۶	۱/۱۶	۱/۱۶	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۳	
متیونین+سیستئین (%)	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۲	
ترئونین (%)	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۹	
تریئوفان (%)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۰	
کلسیم (%)	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	
فسفر قابل دسترس (%)	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	

هر کیلوگرم از مکمل معدنی حاوی ۳۹۶۸۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۲۸۸۰ میلی‌گرم روی، ۴۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۳۹۶ میلی‌گرم ید و ۸۰ میلی‌گرم سلنیوم بود. هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی نیز حاوی ۳۶۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D<sub>3</sub>، ۱۴۴۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E و ۱۴۴۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین K<sub>3</sub> بود.

المللی ویتامین E، ۷۰۰ میلی‌گرم ویتامین B1، ۲۶۴۰ میلی‌گرم ویتامین B2، ۳۹۲۰ میلی‌گرم ویتامین B3، ۱۱۷۶ میلی‌گرم ویتامین B6، ۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین B9، ۶ میلی‌گرم ویتامین B12، ۴۰ میلی‌گرم بیوتین، و ۴۰۰ میلی‌گرم BHT بود.

## نتایج و بحث

### عملکرد

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در دوره آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر متقابل انرژی و تراکم جمعیت بر مصرف خوراک روزانه در هیچ یک از دوره‌ها معنی‌داری نبود. استفاده از سطح انرژی توصیه شده دفترچه راهنمای پرورش آرین در شرایط تراکم بالا، کمترین میزان افزایش وزن روزانه را در دوره پایانی ۲ و کل دوره داشت ( $P < 0.05$ ). همچنین بالاترین ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی ۲ در این تیمار مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تراکم جمعیت پس از ۳۵ روزگی باعث کاهش وزن روزانه گردید. تنش ایجاد شده در اثر تراکم جمعیت باعث تنش اکسیداتیو می‌شود و هنگامی که پرندگان در معرض تنش مزمن قرار می‌گیرند، گوارش و جذب مواد مغذی (فعالیت‌های فیزیولوژیکی تغذیه‌ای پرنده) مختل می‌شود و در نهایت موجب کاهش وزن نهایی بدن در پایان دوره می‌شود (Aslam et al., 2021). بطور مشابه گزارش شد تراکم جمعیت ( $40 \text{ kg/m}^2$ ) بالاتر در مقایسه با تراکم پایین ( $28 \text{ kg/m}^2$ ) و باعث کاهش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن در جوجه‌های گوشتی شد (Abudabos et al., 2013). در پژوهشی دیگر گزارش شد پرورش جوجه‌های گوشتی در تراکم پایین ( $24 \text{ kg/m}^2$ ) نسبت به تراکم بالا ( $30 \text{ kg/m}^2$ ) موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن گردید (Costa et al., 2021). استفاده از چهار سطح تراکم (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ پرنده در مترمربع) در پرورش جوجه گوشتی نشان داد پرورش ده پرنده در هر مترمربع بیشترین نرخ رشد را همراه داشت ولی ۱۷ پرنده در مترمربع بیشترین بازده اقتصادی را در پی دارد (Gholami et al., 2020b). اثرات اصلی نشان داد تراکم بالاتر بطور معنی‌داری سبب کاهش مصرف خوراک در کل دوره گردید ( $P < 0.05$ ). استفاده از ۱۶ پرنده در مترمربع، افزایش وزن و مصرف خوراک را در ۳۵ و ۴۲ روزگی کاهش داد (Henrique et al., 2017). استفاده از تراکم ۱۸ پرنده نسبت به ۹ پرنده در مترمربع، تأثیر منفی بر مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک داشت (Karimi et al., 2022) که این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر در دوره پایانی ۲ مطابقت دارد. در نتیجه، تراکم بهینه در واحد سطح یک عامل مهم و تأثیرگذار بر راحتی، سلامت و عملکرد پرندگان است (Houshmand et al., 2012).

نتایج این تحقیق نشان داد که سطح انرژی (EL1) در شرایط تراکم بالا، وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک را پس از ۳۵ روزگی تحت تأثیر قرار داد و افزایش سطح انرژی در تیمارهای EL2، EL3 و EL4 در شرایط تراکم بالا از تنزل افزایش وزن روزانه و بالا رفتن ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی ۲ جلوگیری کرد. تنظیم انرژی جیره جوجه‌های گوشتی نقش مهمی در تعادل انرژی مصرفی برای نگهداری و تولید دارد (Zhao & Kim, 2017). در شرایط تنش‌زا برای حفظ هموستاز، انرژی یک پرنده باید بطور بهینه بین عملکردهای فیزیولوژیکی مانند تنظیم دمای بدن، رشد و تولید مثل تقسیم شود (Yang et al., 2015). یکی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن در هنگام تنش، فعال شدن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-فوق کلیه می‌باشد که در نهایت باعث ترشح گلوکوکورتیکوئیدها می‌گردد (Liu et al., 2015). این محصول نقش کلیدی در تنظیم هموستاز بدن در هنگام بروز تنش دارد (Chrousos & Kino, 2007)، از طرفی با تحریک اشتها در سیستم عصبی مرکزی موجب افزایش تمایل جوجه‌ها به مصرف جیره‌های پرانرژی و افزایش جذب مواد مغذی می‌شوند (Adam & Epel, 2007; Yuan et al., 2008). تحقیقات بسیاری گزارش دادند تمایل به خوراک چرب و پرانرژی در هنگام بروز تنش افزایش می‌یابد (Teyssier et

1. Hypothalamic-pituitaryadrenal
2. Glucocorticoids
3. Central nervous system



(*al.*, 2022). در شرایط تنش، هیپوتالاموس سینگال‌های مغز، سیستم گردش خون و دستگاه گوارش را در جهت تنظیم تغذیه و تعادل انرژی یکپارچه می‌کند (Lu *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2017). در قسمت هسته کمانی هیپوتالاموس دو جمعیت نورونی وجود دارد که با تولید پروتئین مرتبط با آگوتی موجب افزایش اشتها، تنظیم متابولیسم و مصرف انرژی می‌گردد (Boswell *et al.*, 2002). پژوهش‌های متعددی گزارش کردند که افزایش غلظت انرژی جیره با استفاده از چربی و روغن می‌تواند عملکرد رشد را در شرایط تنش گرمایی بهبود دهد (Attia *et al.*, 2018; Attia *et al.*, 2011; Ghazalah *et al.*, 2008). در پژوهشی از دو سطح انرژی قابل متابولیسم (۲۹۰۰ و ۳۲۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) در شرایط تراکم جمعیت (۱۰، ۱۴ و ۱۸ پرنده در مترمربع) استفاده کرد. نتایج آن‌ها نشان داد تراکم گله تأثیری بر عملکرد رشد در کل دوره نداشت ولی افزایش انرژی جیره باعث بهبود افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Nogueira *et al.*, 2013).

پژوهش‌های متعددی به بررسی سطح انرژی در شرایط بدون تنش انجام گردید و نتایج آن‌ها گزارش کرد، افزایش سطح انرژی جیره طیور باعث افزایش وزن بدن و بهبود ضریب تبدیل غذایی در جوجه گوشتی آرین گردید (Zahiraddini *et al.*, 2006; Zamani *et al.*, 2001). در پژوهشی دیگر، کارومی و همکاران (۲۰۱۹) در دوره آغازین (۰-۲۱ روزگی) از سطوح انرژی ۲۸۶۰، ۲۹۹۰، ۳۱۲۰، ۳۲۴۷ کیلوکالری بر کیلوگرم خوراک و برای دوره پایانی (۲۲-۳۵ روزگی) از سطوح انرژی ۲۸۸۶، ۳۰۴۱، ۳۲۰۴، ۳۳۵۷ کیلوکالری بر کیلوگرم خوراک در جوجه گوشتی راس استفاده کردند و نتایج آن‌ها نشان داد استفاده از سطح ۳۱۲۰ کیلوکالری انرژی برای دوره آغازین و ۳۲۰۴ کیلوکالری انرژی برای دوره پایانی باعث بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی می‌شود (Karomy *et al.*, 2019). در پژوهش حاضر، اثرات اصلی نشان داده شد افزایش سطح انرژی (EL3 نسبت به EL1) باعث کاهش مصرف خوراک در دوره پایانی (۳۶-۴۲ روزگی) گردید ( $P < 0.05$ ).

جدول ۳. تاثیر سطح انرژی و تراکم گله بر عملکرد رشد جوجه گوشتی آرین

مصرف خوراک روزانه (گرم در هر پرنده)		افزایش وزن روزانه (گرم در هر پرنده)					ضریب تبدیل خوراک (گرم خوراک بر گرم افزایش وزن)							
آغازین	رشد	پایانی	پایانی ۲	کل دوره	آغازین	رشد	پایانی ۱	پایانی ۲	کل دوره	آغازین	رشد	پایانی ۱	پایانی ۲	کل دوره
سطح انرژی														
۲۸/۹	۵۷/۳	۱۳۰/۲	۱۶۷/۳ <sup>a</sup>	۹۶/۵	۲۰/۴	۳۵/۳	۷۴/۷	۷۴/۶	۴۷/۵	۱/۳۸	۱/۶۲	۱/۷۵	۲/۲۷	۲/۰۵
۲۸/۶	۵۹/۵	۱۲۷/۶	۱۶۸/۳ <sup>a</sup>	۹۵/۳	۲۰/۷	۳۶/۴	۶۸/۷	۹۱/۸	۴۸/۸	۱/۳۸	۱/۵۶	۱/۸۷	۱/۸۶	۱/۹۵
۲۶/۹	۵۲/۲	۱۲۸/۸	۱۵۳/۸ <sup>b</sup>	۹۵/۵	۱۹/۶	۳۶/۷	۷۳/۶	۸۵/۱	۴۸/۳	۱/۳۸	۱/۴۲	۱/۷۶	۱/۹۰	۱/۹۶
۲۷/۳	۵۲/۱	۱۲۹/۱	۱۶۲/۳ <sup>ab</sup>	۹۴/۲	۲۰/۱	۳۶/۶	۷۵/۲	۸۳/۷	۴۹/۷	۱/۳۶	۱/۴۳	۱/۷۲	۱/۹۶	۱/۹۲
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۴۵	۲/۴۱	۳/۸۴	۲/۷۴	۱/۷۰	۰/۹۹	۱/۹۹	۳/۸۱	۰/۵۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۵۶	۰/۰۷۱	۰/۰۳۶
تراکم جمعیت														
۲۷/۸	۵۴/۴	۱۲۹/۷	۱۶۱/۴	۹۷/۳ <sup>a</sup>	۲۰/۱	۳۵/۰ <sup>b</sup>	۷۶/۶	۸۶/۹	۴۸/۲	۱/۳۸	۱/۵۳	۱/۷۹	۱/۸۹	۲/۰۱
۲۷/۷	۵۶/۲	۱۲۸/۱	۱۶۴/۶	۹۳/۵ <sup>b</sup>	۲۰/۲	۳۷/۵ <sup>a</sup>	۷۳/۶	۸۰/۷	۴۹/۰	۱/۳۷	۱/۴۹	۱/۷۶	۲/۱۰	۱/۹۴
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۳۴	۱/۷۰	۲/۷۱	۱/۹۴	۱/۲۰	۰/۷۰	۱/۴۱	۲/۶۹	۰/۳۷	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲
برهکنش سطح انرژی و تراکم جمعیت														
سطح انرژی × تراکم جمعیت														
۲۸/۲	۵۴/۶	۱۳۲/۱	۱۷۰/۵	۹۸/۹	۲۰/۳	۳۳/۸	۷۳/۵	۸۹/۷ <sup>a</sup>	۴۹/۰ <sup>abc</sup>	۱/۴۰	۱/۶۱	۱/۸۰	۱/۹۱ <sup>b</sup>	۲/۰۲
۲۸/۴	۵۵/۸	۱۲۶/۰	۱۶۲/۷	۹۴/۵	۲۰/۶	۳۵/۴	۷۰/۳	۸۵/۲ <sup>a</sup>	۴۷/۹ <sup>abc</sup>	۱/۳۸	۱/۴۹	۱/۸۱	۱/۹۳ <sup>b</sup>	۱/۹۷
۲۷/۱	۵۲/۴	۱۳۱/۲	۱۵۰/۲	۹۸/۹	۱۹/۹	۳۶/۵	۶۹/۶	۸۷/۵ <sup>a</sup>	۴۶/۶ <sup>bc</sup>	۱/۳۶	۱/۴۲	۱/۸۹	۱/۸۲ <sup>b</sup>	۲/۰۵
۲۷/۴	۵۴/۶	۱۲۹/۴	۱۶۲/۳	۹۶/۶	۱۹/۷	۳۴/۳	۷۷/۱	۸۵/۲ <sup>a</sup>	۴۹/۱ <sup>abc</sup>	۱/۳۹	۱/۵۹	۱/۶۸	۱/۹۱ <sup>b</sup>	۱/۹۷

1. Arcuate nucleus

2. Agouti-related protein

مصرف خوراک روزانه (گرم در هر پرنده)					افزایش وزن روزانه (گرم در هر پرنده)					ضریب تبدیل خوراک (گرم خوراک بر گرم افزایش وزن)				
کل دوره	پایانی ۲	پایانی ۱	رشد	آغازین	کل دوره	پایانی ۲	پایانی ۱	رشد	آغازین	کل دوره	پایانی ۲	پایانی ۱	رشد	آغازین
سطح انرژی	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۶۹	۳/۴۱	۵/۴۳	۳/۸۷	۲/۴۱	۰/۶۴	۱/۴۰	۲/۸۲	۵/۳۸	۰/۷۴	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۵
سطح معنی‌داری														
سطح انرژی	۰/۰۶۶	۰/۰۸۲	۰/۹۷۲	۰/۰۰۲	۰/۸۱۸	۰/۳۴۴	۰/۷۳۳	۰/۰۹۷	۰/۰۲۵	۰/۰۴۵	۰/۹۹۳	۰/۰۵۷	۰/۲۷۱	۰/۰۹۲
تراکم جمعیت	۰/۸۱۶	۰/۴۵۶	۰/۶۷۸	۰/۲۸۲	۰/۰۳۲	۰/۸۵۶	۰/۰۱۹	۰/۶۳۵	۰/۱۱۰	۰/۱۲۲	۰/۷۵۵	۰/۵۴۵	۰/۵۰۷	۰/۰۶۷
سطح انرژی × تراکم جمعیت	۰/۹۵۵	۰/۲۷۰	۰/۸۸۳	۰/۱۲۷	۰/۳۳۹	۰/۷۰۰	۰/۴۶۴	۰/۱۳۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۶۶۶	۰/۰۶۲	۰/۰۷۹	۰/۱۵۴

a-c: حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) است.

سطوح انرژی: (۱) شاهد (کاتالوگ آرین)، (۲) ۳/۵ درصد انرژی بیشتر در دوره پایانی ۲، (۳) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در تمام دوره‌ها، (۴) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در دوره آغازین، رشد و پایانی ۱ و ۶/۱ درصد انرژی بالاتر در پایانی ۲.

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر بازده لاشه، وزن نسبی اجزای لاشه و وزن نسبی اندام‌های داخلی در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر سطوح مختلف انرژی بر وزن نسبی لاشه، سینه، کبد و طحال معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). سطح انرژی EL2 جیره در مقایسه با EL1، افزایش راندمان لاشه و وزن نسبی سینه، کبد و طحال را به همراه داشت ( $P < 0.05$ ). تراکم بالای جمعیت (۱۶ پرنده در مترمربع) بطور معنی‌داری باعث کاهش وزن نسبی بورس فابریسیوس در مقایسه با تراکم پایین گردید ( $P < 0.05$ ). اثرات اصلی سطوح انرژی و تراکم بر سایر قسمت‌های بدن اثر نداشتند ( $P > 0.05$ ). برهم کنش سطوح مختلف انرژی و تراکم جمعیت بر وزن نسبی قلب معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). کمترین وزن نسبی قلب مربوط به تیمار تغذیه شده با سطح انرژی پیشنهادی کاتالوگ و تراکم بالای پرنده بود و بیشترین وزن نسبی در پرندگان تغذیه شده با جیره EL2 و تراکم بالا بود.

پژوهشگران گزارش دادند، تغییر سطح انرژی و پروتئین جیره خوراکی جوجه‌های گوشتی تأثیر مستقیم بر وزن نسبی اجزای لاشه دارد (Dairo *et al.*, 2010). استفاده از روغن در جیره، برای افزایش سطح انرژی باعث افزایش فعالیت متابولیسمی می‌گردد و می‌تواند نقش مهمی در افزایش وزن نسبی کبد داشته باشد (Al-Marzooqi & Leeson, 2000). همچنین پرندگانی که با جیره غذایی حاوی انرژی بالاتر تغذیه شدند، چربی شکمی بالاتری را داشتند. افزایش سطح انرژی باعث رسوب چربی در ناحیه شکم یا چربی لاشه می‌شود (Ghaffari *et al.*, 2007; Hong *et al.*, 2022; Summers *et al.*, 1992). اگر انرژی دریافتی طیور بیش از نیاز به نگهداری و تولید باشد، بیان ژن هورمون آدیپونکتین در بافت چربی شکم افزایش می‌یابد و انرژی اضافی به صورت چربی در ناحیه شکم رسوب می‌کند (Tahmoorespur *et al.*, 2010). افزایش انرژی جیره باعث افزایش درصد وزن لاشه شد، اما بر وزن نسبی ران تأثیری نداشت (Maiorka *et al.*, 2005). برخلاف نتایج این پژوهش، گزارش شده است تغییر سطح انرژی سوخت و ساز تأثیری بر وزن نسبی لاشه، سینه، ران، قلب، چربی و طحال در جوجه‌های گوشتی نداشت (Downs *et al.*, 2006; Hidalgo *et al.*, 2004; Hussein *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2015).

در پژوهش حاضر به جز بورس فابریسیوس، وزن نسبی سایر اجزای لاشه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ( $P < 0.05$ ). در پژوهش‌هایی مشاهده شد که پرنده در شرایط تراکم جمعیت دارای وزن لاشه و وزن سینه کمتری می‌باشد (Kryeziu *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019). همچنین تراکم جمعیت سبب کاهش بازده لاشه و اجزای لاشه می‌گردد

(Madilindi *et al.*, 2018). که با نتایج این تحقیق همخوانی نداشت. مشابه نتایج پژوهش حاضر، در تحقیقات دیگر نیز بازده لاشه و صفات لاشه تحت تأثیر تراکم جمعیت قرار نگرفت (Khosravinia, 2015; Ravindran *et al.*, 2006). تفاوت در یافته‌های مطالعات مختلف در مورد تأثیر تراکم بر صفات لاشه می‌تواند به دلایلی مانند سویه پرند، جیره خوراکی و افزودنی‌های جیره، نوع بستر یا سایر عوامل مرتبط با محیط پرورش باشد (Thema *et al.*, 2022). به وضوح مشخص می‌باشد که تنش بر اندام‌های مرتبط با ایمنی از جمله بورس فابریسیوس تأثیر منفی می‌گذارد. در این مطالعه نیز تراکم بالای جمعیت باعث کاهش وزن بورس گردید. که هم‌راستا با یافته‌هایی است که بیان می‌دارد وزن بورس فابریسیوس به دلیل افزایش تنش فیزیولوژیکی کاهش می‌یابد (Li *et al.*, 2019; Simitzis *et al.*, 2012).

جدول ۴. تأثیر سطح انرژی و تراکم گله بر بازده لاشه، وزن نسبی اجزای لاشه (درصدی از وزن زنده) جوجه گوشتی آرین

لاشه	سینه	ران	قلب	کبد	طحال	بورس فابریسیوس	چربی شکمی	
سطح انرژی								
۱	۱۹/۳۶ <sup>b</sup>	۱۷/۳۴	۰/۵۴۹	۲/۶۲۰ <sup>b</sup>	۰/۰۹۷ <sup>b</sup>	۰/۱۳۵	۰/۲۵۰ <sup>b</sup>	۵۸/۹۵ <sup>b</sup>
۲	۲۱/۹۶ <sup>a</sup>	۱۷/۴۴	۰/۵۸۹	۲/۶۴۵ <sup>b</sup>	۰/۰۹۳ <sup>b</sup>	۰/۱۳۳	۰/۲۶۴ <sup>b</sup>	۶۰/۹۸ <sup>a</sup>
۳	۲۰/۵۴ <sup>ab</sup>	۱۷/۱۳	۰/۶۰۴	۲/۸۲۳ <sup>a</sup>	۰/۱۰۴ <sup>ab</sup>	۰/۱۳۷	۰/۵۷۵ <sup>a</sup>	۵۹/۶۰ <sup>ab</sup>
۴	۲۰/۳۴ <sup>ab</sup>	۱۷/۴۲	۰/۶۱۲	۲/۷۳۶ <sup>ab</sup>	۰/۱۱۵ <sup>a</sup>	۰/۱۳۷	۰/۵۱۶ <sup>a</sup>	۵۹/۷۵ <sup>ab</sup>
خطای استاندارد میانگین								
	۰/۴۶۹	۰/۱۴۴	۰/۰۱۲	۰/۰۳۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶۹	۰/۰۴۸۷	۳/۰۷
تراکم جمعیت								
۱۲	۲۰/۲۳	۱۷/۳۵	۰/۵۹۵	۲/۷۰۰	۰/۰۹۹	۰/۱۴۵ <sup>a</sup>	۱/۳۷۲	۵۹/۵۴
۱۶	۲۰/۸۷	۱۷/۳۲	۰/۵۸۲	۲/۷۱۳	۰/۱۰۵	۰/۱۲۵ <sup>b</sup>	۱/۴۳۱	۶۰/۱۰
خطای استاندارد میانگین								
	۰/۳۳۲	۰/۱۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۲۶۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴۹	۰/۰۳۴	۰/۲۱۷
برهمکنش سطح انرژی و تراکم جمعیت								
سطح انرژی × تراکم جمعیت								
۱	۱۹/۱۳	۱۷/۶۴	۰/۵۶۶ <sup>ab</sup>	۲/۵۸۹	۰/۰۹۲	۰/۱۴۷	۱/۲۲۲	۵۹/۲۶
۲	۲۱/۴۵	۱۷/۴۲	۰/۵۶۲ <sup>ab</sup>	۲/۵۷۲	۰/۰۸۷	۰/۱۵۴	۱/۲۴۵	۶۰/۰۶
۳	۲۰/۱۴	۱۷/۱۰	۰/۶۲۰ <sup>a</sup>	۲/۸۸۷	۰/۰۹۸	۰/۱۴۵	۱/۴۹۳	۵۹/۵۶
۴	۲۰/۱۹	۱۷/۲۵	۰/۶۳۳ <sup>a</sup>	۲/۷۵۲	۰/۱۲۲	۰/۱۳۵	۱/۵۲۷	۵۹/۲۹
۱	۱۹/۵۸	۱۷/۰۵	۰/۵۳۳ <sup>b</sup>	۲/۶۵۱	۰/۱۰۱	۰/۱۲۲	۱/۲۷۸	۵۸/۶۴
۲	۲۲/۴۷	۱۷/۴۶	۰/۶۱۶ <sup>a</sup>	۲/۷۱۸	۰/۰۹۹	۰/۱۱۲	۱/۲۸۳	۶۱/۹۰
۳	۲۰/۹۵	۱۷/۱۷	۰/۵۸۹ <sup>ab</sup>	۲/۷۶۰	۰/۱۱۱	۰/۱۲۸	۱/۶۵۷	۵۹/۶۳
۴	۲۰/۴۹	۱۷/۵۹	۰/۵۹۲ <sup>ab</sup>	۲/۷۲۰	۰/۱۰۸	۰/۱۳۸	۱/۵۰۴	۶۰/۲۱
خطای استاندارد میانگین								
	۰/۶۶۴	۰/۲۰۳	۰/۰۱۷	۰/۰۵۳۵	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۹۸	۰/۰۶۹	۰/۴۳۸
سطح معنی‌داری								
سطح انرژی	۰/۰۰۲	۰/۴۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۹۴۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
تراکم جمعیت	۰/۱۷۴	۰/۸۰۳	۰/۲۸۵	۰/۷۴۳	۰/۲۹۶	۰/۰۰۵	۰/۲۳۱	۰/۱۵۷
سطح انرژی × تراکم جمعیت	۰/۹۴۶	۰/۱۳۴	۰/۰۱۹	۰/۰۷۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۳	۰/۵۹۳	۰/۱۳۸

a-c: حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) است.

سطوح انرژی: ۱) شاهد (کاتالوگ آرین)، ۲) ۳/۵ درصد انرژی بیشتر در دوره پایانی ۲، ۳) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در تمام دوره‌ها، ۴) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در دوره آغازین، رشد و پایانی ۱ و ۶/۱ درصد انرژی بالاتر در پایانی ۲.

## شاخص‌های خونی

نتایج اثر سطح انرژی و تراکم جمعیت بر شاخص‌های خونی در جدول ۵ نشان داده شده است. سطوح مختلف انرژی جیره بر غلظت Alb و TP خون تأثیر نداشت ( $P>0.05$ ). اثر تراکم جمعیت بر غلظت Alb و TP معنی‌دار بود ( $P<0.05$ ). افزایش تراکم (۱۶ پرنده نسبت به ۱۲ پرنده در متر مربع) باعث کاهش غلظت Alb و TP کل شد. اثر متقابل سطوح مختلف انرژی و تراکم جمعیت بر میزان TP معنی‌دار بود ( $P>0.05$ ) و EL2 در شرایط تراکم پایین، بالاترین غلظت پروتئین کل را در سرم خون داشت.

اثر متقابل سطح انرژی و تراکم جمعیت بر غلظت LDL خون تفاوت معنی‌داری نشان داد ( $P<0.05$ ) و در تراکم بالای جمعیت، سطح انرژی EL2 نسبت به EL3 موجب کاهش غلظت LDL خون گردید. اثر سطوح مختلف انرژی بر غلظت TG، Chol و لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) معنی‌دار بود ( $P<0.05$ ). افزایش سطح انرژی باعث افزایش چربی خون شد و EL2 به طور قابل توجهی غلظت TG، Chol و HDL را افزایش داد. تراکم جمعیت بر TG و Chol تأثیر معنی‌داری نداشت ( $P>0.05$ ) اما باعث کاهش HDL گردید ( $P<0.05$ ). اثر متقابل سطوح انرژی و تراکم جمعیت نشان می‌دهد که EL3 نسبت به EL2 در تراکم ۱۶ پرنده در متر مربع بطور معنی‌داری موجب افزایش LDL گردید ( $P<0.05$ ). استفاده از جیره EL2 فعالیت آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز (AST) را افزایش داد ( $P<0.05$ ). اثر متقابل سطوح انرژی و تراکم جمعیت نشان می‌دهد که استفاده از EL2 و ۱۶ پرنده در متر مربع فعالیت آنزیم ALT را افزایش داد ( $P<0.05$ ).

برهمکنش سطح انرژی و تراکم جمعیت بر شاخص آنتی‌اکسیدانی اثر معنی‌داری نداشت. با افزایش انرژی جیره، فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز (GPX) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P<0.05$ ), اما سطوح مختلف انرژی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و غلظت مالون دی‌آلدئید (MDA) معنی‌دار نبود ( $P>0.05$ ). تراکم جمعیت موجب افزایش فعالیت آنزیم SOD و GPX گردید ( $P<0.05$ ).

در مطالعه حاضر، اثر متقابل انرژی و تراکم جمعیت بر غلظت Alb و TP تأثیری نداشت. اما هر دو به طور قابل توجهی در تراکم بالا جمعیت کاهش یافتند که ممکن است با وضعیت فیزیولوژیکی و رشد مرتبط باشد (Limdi & Hyde, 2003). کاهش غلظت Alb در شرایط تراکم جمعیت به این معنی است که قابلیت گوارش‌پذیری پروتئین کاهش یافته و به دنبال آن دسترسی به پیش‌سازهای اسید آمینه برای ساخت پروتئین را کاهش می‌دهد. تنش مکانیسم‌های طبیعی بیولوژیکی و فیزیولوژیکی را در سلول‌های زنده تغییر می‌دهد و باعث اختلال در عملکرد و تهدید بقای ارگانیسم می‌شود (Nawaz *et al.*, 2021). در پژوهشی گزارش شد که تراکم جمعیت بالا به طور قابل توجهی بر TP تأثیر می‌گذارد اما تأثیری بر غلظت Alb ندارد (Gholami *et al.*, 2020a). در مطالعات پیشین گزارش شده است که غلظت Alb و TP خون در تراکم بالای پرورش جوجه گوشتی کاهش یافت (Abudabos *et al.*, 2013; Mahmoud & El-Rayes, 2016; Thema *et al.*, 2022). تنش حرارتی مزمن باعث کاهش غلظت Alb و TP در جوجه‌های گوشتی شد (A. Ahmed-Farid *et al.*, 2021) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. بطور مشابه گزارش شده است تراکم جمعیت اثری بر نشانگرهای بیوشیمیایی مانند پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین، نسبت آلبومین به گلوبولین ندارد (Waiz *et al.*, 2022).

در مطالعه حاضر، غلظت TG، Chol و HDL تحت تأثیر برهم‌کنش انرژی و تراکم جمعیت قرار نگرفت. LDL به طور قابل توجهی با EL3 در مقایسه با EL2 در شرایط تراکم بالای جمعیت افزایش یافت. اثر اصلی انرژی نشان داد EL3 نسبت به EL2 باعث افزایش پروفایل لیپیدی سرم می‌شود. که پژوهش‌های متعددی این نتایج را تایید می‌کنند (Ge *et al.*, 2019; Hu *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2018; Siri-Tarino, 2011). تراکم جمعیت غلظت HDL را کاهش داد. تراکم جمعیت به طور قابل توجهی بر سطوح تری‌گلیسیرید، VLDL، HDL تأثیر می‌گذارد، اما بر غلظت کلسترول تام، LDL، نسبت LDL/HDL تأثیری ندارد (Gholami *et al.*, 2020a). در پژوهش دیگری، غلظت کلسترول و تری‌گلیسیرید تحت تأثیر تراکم بالای جمعیت قرار نگرفت (Son *et al.*, 2022). در مقابل گزارش شده است تراکم بالای جمعیت موجب افزایش غلظت کلسترول گردید (Qaid *et al.*, 2016).

میزان فعالیت آنزیم ALT و AST عمدتاً به عنوان نشانگرهای زیستی موثر برای شناسایی آسیب‌های بافتی، به ویژه در کبد استفاده می‌شوند. در این پژوهش فعالیت آنزیم ALT افزایش یافت و نشان داد که تراکم بالای جمعیت می‌تواند باعث تخریب بافت و باعث اثرات منفی در پرندگان شود. اما فعالیت آنزیم AST تغییری نمود. مشابه با نتایج پژوهش حاضر، مطالعات بسیاری گزارش کردند که فعالیت آنزیم AST سرم تحت تأثیر شرایط تنش‌زا قرار نمی‌گیرد (Aslam et al., 2021; A. Ahmed-Farid et al., 2021; He et al., 2019; Wan et al., 2017).

در مطالعه حاضر، فعالیت آنزیم SOD و GPX با افزایش تراکم جمعیت افزایش یافت. SOD یک آنزیم القایی است و عوامل محیطی مانند تنش‌ها می‌توانند فعالیت SOD را بسته به شرایط و گونه‌های پرنده افزایش یا کاهش دهند. در شرایط تنش، تولید رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد و بدن قادر به مهار ROS نیست. در نتیجه، تعادل پرواکسیدانت-آنتی‌اکسیدان مختل شده و باعث آسیب سلولی و بافتی می‌شود (Jaeschke, 1995). شرایط تنش‌زا می‌تواند به دلایل مختلفی مانند جیره خوراکی نامناسب و ضعیف (کمبود مواد معدنی و ویتامین‌ها و غیره)، شرایط محیطی تنش‌زا و بیماری ایجاد شود. و این موارد می‌تواند باعث تحریک تولید رادیکال‌های آزاد در میتوکندری شود (Surai, 2016). در پژوهشی گزارش داد با افزایش تراکم جمعیت (۲۶ پرنده در مقابل ۱۶ پرنده) فعالیت آنزیم SOD بصورت خطی کاهش یافت ولی مقدار کورتیکوسترون افزایش یافت (Son et al., 2022). مطالعات پیشین نشان دادند تراکم جمعیت جوجه‌های گوشتی اثری بر فعالیت آنزیم SOD نداشت (Gogary & Abo EL-Maaty, 2020).

جدول ۵. تاثیر سطح انرژی و تراکم گله بر شاخص‌های خونی جوجه گوشتی آرین در ۴۲ روزگی

آنزیم‌های کبدی		شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی			پروفایل اسیدهای چرب					
ALT (U/I)	AST (U/I)	MDA (ng/ml)	GPX (U/ml)	SOD (U/ml)	LDL (mg/dl)	HDL (mg/dl)	TG (mg/dl)	Chol (mg/dl)	TP (mg/dl)	Alb (mg/dl)
تیمارهای آزمایشی										
سطح انرژی										
۷/۱۵	۲۳/۸ <sup>b</sup>	۱/۸۲۱	۲۰۸/۷ <sup>b</sup>	۱۲۵/۳	۶۳/۱۴	۴۴/۲۸ <sup>ab</sup>	۶۵/۰۸ <sup>ab</sup>	۱۲۰/۵ <sup>b</sup>	۳/۲۱۵	۶/۵۸۴
۶/۶۴	۲۵۶/۰ <sup>a</sup>	۱/۹۴۸	۲۳۳/۶ <sup>a</sup>	۱۳۶/۲	۶۱/۸۵	۴۳/۲۷ <sup>b</sup>	۵۹/۰۵ <sup>b</sup>	۱۲۲/۳ <sup>b</sup>	۳/۱۹۷	۶/۶۹۸
۸/۴۴	۲۴۴/۸ <sup>ab</sup>	۱/۸۴۰	۲۱۲/۸ <sup>b</sup>	۱۳۳/۴	۶۹/۸۱	۵۰/۲۷ <sup>a</sup>	۷۳/۸۸ <sup>a</sup>	۱۳۸/۵ <sup>a</sup>	۳/۳۵۲	۷/۱۴۰
۷/۳۹	۲۳۰/۰ <sup>b</sup>	۱/۸۳۹	۲۸۴/۲ <sup>a</sup>	۱۳۵/۷	۶۳/۲۳	۴۶/۶۰ <sup>ab</sup>	۶۹/۴۸ <sup>a</sup>	۱۲۴/۰ <sup>b</sup>	۳/۱۸۸	۶/۷۳۰
خطای استاندارد میانگین‌ها										
-/۵۶	۵/۴۵۳	-/۰۸۰	۱۱/۶۹	۷/۰۱۷	۱/۹۵۳	۱/۷۶۱	۲/۵۰۵	۳/۱۸۵	-/۰۷۱	۰/۲۰۹
تراکم جمعیت										
۵/۹۶	۲۴۰/۸	۱/۸۳۰	۲۲۱/۱ <sup>b</sup>	۱۳۳/۷ <sup>b</sup>	۶۴/۲۷	۴۸/۳۱ <sup>a</sup>	۶۹/۳۰	۱۲۷/۸	۳/۳۳۸ <sup>a</sup>	۷/۰۸۳ <sup>a</sup>
۸/۸۵	۲۴۰/۱	۱/۸۹۳	۲۶۸/۶ <sup>a</sup>	۱۴۱/۶ <sup>a</sup>	۶۴/۷۵	۴۳/۸۹ <sup>b</sup>	۶۴/۴۴	۱۲۴/۹	۳/۱۳۸ <sup>b</sup>	۶/۴۹۴ <sup>b</sup>
خطای استاندارد میانگین‌ها										
-/۳۹۵	۳/۸۵۶	-/۰۵۷	۸/۲۶۷	۴/۹۶۲	۱/۲۸۱	۱/۲۴۵	۱/۷۷۱	۲/۲۵۲	-/۰۵۰	۰/۱۴۸
برهمکنش سطح انرژی و تراکم جمعیت										
سطح انرژی × تراکم جمعیت										
۴/۶۹ <sup>c</sup>	۲۳۲/۷	۱/۹۴۹	۱۵۹/۴	۱۲۱/۲	۶۲/۳۰ <sup>abc</sup>	۴۷/۴۳	۶۷/۲۴	۱۲۰/۴	۳/۳۳۷	۶/۶۷۴
۶/۰۳ <sup>c</sup>	۲۵۳/۳	۱/۸۹۲	۲۵۵/۸	۱۲۲/۴	۶۸/۳۳ <sup>ab</sup>	۴۴/۴۵	۵۸/۴۲	۱۳۰/۲	۳/۲۷۴	۷/۱۸۱
۶/۰۳ <sup>c</sup>	۲۳۹/۹	۱/۷۱۶	۲۰۹/۰	۱۲۵/۷	۶۷/۹۴ <sup>ab</sup>	۵۴/۱۸	۷۷/۸۹	۱۳۹/۹	۳/۴۶۱	۷/۷۷۵
۷/۱۱ <sup>bc</sup>	۲۲۷/۱	۱/۷۶۴	۲۶۰/۰	۱۲۵/۶	۵۸/۵۱ <sup>bc</sup>	۴۷/۲۰	۷۳/۶۴	۱۲۰/۴	۳/۱۷۹	۶/۶۹۸
۹/۶۱ <sup>ab</sup>	۲۲۸/۹	۱/۶۹۳	۲۵۸/۱	۱۲۹/۳	۶۳/۹۸ <sup>abc</sup>	۴۱/۱۳	۶۲/۹۲	۱۲۰/۶	۳/۰۹۳	۶/۴۹۴

آنزیم‌های کبدی		شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی			پروفایل اسیدهای چرب						
ALT (U/l)	AST (U/l)	MDA (ng/ml)	GPX (U/ml)	SOD (U/ml)	LDL (mg/dl)	HDL (mg/dl)	TG (mg/dl)	Chol (mg/dl)	TP (mg/dl)	Alb (mg/dl)	
											تیمارهای آزمایشی
											سطح انرژی
۷/۲۷ <sup>bc</sup>	۳۴۸/۷	۲/۰۰۴	۲۹۱/۴	۱۵۰/۱	۵۵/۳۸ <sup>c</sup>	۴۲/۰۸	۵۹/۶۸	۱۱۴/۴	۳/۰۱۹	۶/۳۱۶	۱۶ ۲
۱۰/۸۷ <sup>a</sup>	۳۴۹/۸	۱/۹۶۴	۲۱۶/۵	۱۴۱/۰	۷۱/۶۸ <sup>a</sup>	۴۶/۳۵	۶۹/۸۶	۱۳۷/۱	۳/۲۴۳	۶/۵۰۵	۱۶ ۳
۷/۶۶ <sup>abc</sup>	۳۳۲/۹	۱/۹۱۳	۳۰۸/۵	۱۴۵/۹	۶۷/۹۴ <sup>ab</sup>	۴۵/۹۹	۶۵/۳۱	۱۲۷/۶	۳/۱۹۸	۶/۷۶۲	۱۶ ۴
											خطای استاندارد میانگین‌ها
۰/۷۹۱	۷/۷۱۲	۰/۱۱۳	۱۶/۵۳۳	۹/۹۲۴	۲/۷۶۲	۲/۴۹۰	۳/۵۴۲	۴/۵۰۴	۰/۱۰۱	۰/۲۹۶	سطح معنی‌داری
											سطح انرژی
۰/۱۵۶	۰/۰۰۲	۱/۶۶۹	۰/۰۰۱	۰/۶۶۷	۰/۰۲۲	۰/۰۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۳۳۵	۰/۲۶۴	تراکم جمعیت
۰/۰۰۱	۰/۹۰۳	۰/۴۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۸۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۵۶	۰/۳۷۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	سطح انرژی × تراکم جمعیت
۰/۰۱۰	۰/۳۹۵	۰/۱۳۷	۰/۰۶۱	۰/۷۹۱	۰/۰۰۱	۰/۴۹۸	۰/۵۰۰	۰/۰۸۵	۰/۳۱۴	۰/۰۸۴	

a-c: حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) است. ALB: آلبومین، TP: پروتئین کل، Chol: کلسترول، AST: آسپارات آمینوترانسفراز، ALT: آلانین آمینوترانسفراز، SOD: سوپراکسید دیسموتاز، GPX: گلوکاتاتیون پراکسیداز، MDA: مالون‌دی‌آلدئید. سطوح انرژی: (۱) شاهد (کاتالوگ آرین)، (۲) ۳/۵ درصد انرژی بیشتر در دوره پایانی ۲، (۳) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در تمام دوره‌ها، (۴) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در دوره آغازین، رشد و پایانی ۱ و ۶/۱ درصد انرژی بالاتر در پایانی ۲.

## ریخت شناسی روده

نتایج اثر سطح انرژی و تراکم جمعیت بر ریخت‌شناسی ژنوم در جدول ۶ نشان داده شده است. برهم‌کنش سطح انرژی و تراکم جمعیت بر ارتفاع پرز معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). کمترین ارتفاع پرز مربوط به EL1 در شرایط تراکم بالای جمعیت بود و بیشترین ارتفاع پرز در گروه EL4 در شرایط تراکم پایین مشاهده شد. اثر اصلی سطوح مختلف انرژی بر عرض پرز، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریبت (VH/CD) و ناحیه جذبی اثر داشت. با افزایش سطح انرژی جیره عرض پرز، VH/CD و ناحیه جذبی افزایش یافتند. اثر تراکم بر ارتفاع، عرض و عمق کریبت روده معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). تراکم بالای جمعیت به طور قابل توجهی ارتفاع و عرض پرز، VH/CD و سطح جذب پرز را کاهش داد ( $P < 0.05$ ). مطابق با نتایج پژوهش حاضر گزارش کردند که تراکم بالای جمعیت ارتفاع و عرض پرز را کاهش می‌دهد (Abudabos *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر گزارش شد، تنش ناشی از تراکم جمعیت موجب کاهش ارتفاع پرزهای دوازدهه، عرض پرزهای ژنوم و کاهش ارتفاع و عرض پرزهای ایلئوم در خوک گردید (Li *et al.*, 2020)، که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

دستگاه گوارش یکی از حساس‌ترین اندام‌ها به عوامل محیطی نامطلوب است و روده کوچک چون محل اصلی گوارش و جذب مواد مغذی می‌باشد حفظ سلامت آن حائز اهمیت است (Mazzoni *et al.*, 2022). ارتفاع بلندتر پرزهای روده، نشان دهنده سلامت دستگاه گوارش است که باعث افزایش راندمان جذب در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Alfaro *et al.*, 2007). بسیاری از مطالعات نشان دادند که تنش گرمایی باعث تغییرات ماکرو و میکروسکوپی در سیستم گوارش طیور می‌شود، که این تغییرات می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد پرنده داشته باشد (Mazzoni *et al.*, 2022). تنش محیطی می‌تواند با ایجاد اختلال در اتصال پاتوژن‌ها به گیرنده‌های سطح اپیتلیال و مهار رشد پرزهای روده باعث برهم زدن در یکپارچگی بافت اپیتلیال روده شود (Burkholder *et al.*, 2008). تنش گرمایی باعث کاهش تولید آنزیم‌های گوارشی در مجرای روده و کاهش جمعیت باکتری‌های مفید (لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم) در روده می‌گردد، به دنبال آن جمعیت باکتری‌های مضر مانند کلی‌فرم‌ها و

کلستریدیوم افزایش خواهد یافت (Burkholder *et al.*, 2008). این تغییرات بر رشد پرزهای روده تأثیر منفی می‌گذارد و قابلیت هضم خوراک و عملکرد را کاهش می‌دهد (Ahmad *et al.*, 2022). برخلاف نتایج این تحقیق گزارش شد که تراکم جمعیت تأثیر قابل توجهی بر ارتفاع پرز، عمق کریپت و VH/CD نداشت (Altaf *et al.*, 2019). یافته‌های این پژوهش نشان داد تنش ناشی از تراکم بالا، روند رشد و نمو پرزهای روده را مختل کرد، اما افزایش سطح انرژی ریخت‌شناسی روده را بهبود بخشید. سوخت و ساز انرژی نقش حیاتی در ترمیم و بازسازی بافت‌ها دارد. آدنوزین تری فسفات (ATP) منبع اصلی انرژی سلولی در فرآیندهای زیستی متعددی است (Liu *et al.*, 2020). افزایش ATP سلولی می‌تواند به برآوردن نیازهای انرژی بالا مرتبط با افزایش ساخت، میتوز و ترمیم و بازسازی بافت کمک کند (Shyh-Chang *et al.*, 2013). شواهد بسیاری نشان داده‌اند که وضعیت بیوانرژژیک سلول‌ها ارتباط نزدیکی با ترمیم بافت دارد (Liu *et al.*, 2020). مهاجرت و تکثیر سلولی برای ترمیم بافت حیاتی است (Guo & DiPietro, 2010). لذا افزایش سطح انرژی و ظرفیت بیوانرژژیک، سلول‌ها را از حالت استراحت خارج کرده و فعالیت آن‌ها را تقویت می‌کند (Shyh-Chang *et al.*, 2013).

جدول ۶. تاثیر سطح انرژی و تراکم گله بر ریخت‌شناسی ژژنوم جوجه گوشتی آرین در ۴۲ روزگی

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع پرز (میکرومتر)	عرض پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت	سطح مقطع پرز (میکرومتر مربع)
سطح انرژی					
۱	۱۲۹۱	۱۳۹/۱ <sup>b</sup>	۱۰۲/۰	۱۲/۶۸ <sup>b</sup>	۵۶۴/۶ <sup>b</sup>
۲	۱۳۶۶	۱۴۲/۷ <sup>ab</sup>	۱۰۰/۲	۱۳/۶۶ <sup>a</sup>	۶۱۲/۲ <sup>a</sup>
۳	۱۳۶۹	۱۴۴/۷ <sup>a</sup>	۱۰۰/۵	۱۳/۶۳ <sup>a</sup>	۶۲۱/۶ <sup>a</sup>
۴	۱۴۲۲	۱۴۰/۰ <sup>ab</sup>	۱۰۲/۲	۱۳/۹۲ <sup>a</sup>	۶۲۵/۲ <sup>a</sup>
خطای استاندارد میانگین‌ها					
	۱۰/۶۰	۱/۱۴۲	۱/۱۴۸	۰/۱۵۳	۷/۳۵۰
تراکم جمعیت					
۱۲	۱۳۸۳	۱۴۶/۳ <sup>a</sup>	۱۰۲/۶ <sup>a</sup>	۱۳/۴۴	۶۳۴/۹ <sup>a</sup>
۱۶	۱۳۴۱	۱۳۶/۹ <sup>b</sup>	۹۹/۸ <sup>b</sup>	۱۳/۵۰	۵۷۶/۸ <sup>b</sup>
خطای استاندارد میانگین‌ها					
	۷/۴۹۹	۱/۰۲۶	۰/۸۱۲	۰/۱۰۸	۵/۱۹۷
برهمکنش سطح انرژی و تراکم جمعیت					
سطح انرژی × تراکم جمعیت					
۱	۱۳۳۳ <sup>c</sup>	۱۴۵/۳	۱۰۴/۰	۱۲/۶۵	۶۰۸/۱
۲	۱۳۹۷ <sup>abc</sup>	۱۴۴/۳	۱۰۱/۷	۱۳/۷۶	۶۳۳/۸
۳	۱۳۶۶ <sup>bc</sup>	۱۵۱/۰	۱۰۱/۳	۱۳/۴۹	۶۴۷/۲
۴	۱۴۳۴ <sup>a</sup>	۱۴۴/۷	۱۰۳/۵	۱۳/۸۷	۶۵۱/۶
۱	۱۳۴۹ <sup>d</sup>	۱۳۲/۸	۱۰۰/۰	۱۲/۷۰	۵۲۱/۱
۲	۱۳۳۶ <sup>c</sup>	۱۴۱/۰	۹۸/۷	۱۳/۵۶	۵۹۱/۵
۳	۱۳۷۳ <sup>abc</sup>	۱۳۸/۳	۹۹/۷	۱۳/۸۷	۵۹۶/۰
۴	۱۴۱۰ <sup>ab</sup>	۱۳۵/۳	۱۰۱/۰	۱۳/۹۷	۵۹۸/۸
خطای استاندارد میانگین‌ها					
	۱۴/۹۹۷	۲/۰۵۳	۱/۶۲۴	۰/۲۱۶	۱۰/۳۹۴
سطح معنی‌داری					
سطح انرژی					
	۰/۰۰۱	۰/۰۲۸	۰/۴۸۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
تراکم جمعیت					
	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۶۹۵	۰/۰۰۱
سطح انرژی × تراکم جمعیت					
	۰/۰۲۴	۰/۰۹۷	۰/۹۰۹	۰/۷۲۷	۰/۱۵۵

a-c: حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) است.

سطوح انرژی: (۱) شاهد (کاتالوگ آرین)، (۲) ۳/۵ درصد انرژی بیشتر در دوره پایانی ۲، ۳، ۴) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در تمام دوره‌ها، (۴) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در دوره آغازین، رشد و پایانی ۱ و ۶/۱ درصد انرژی بالاتر در پایانی ۲.

### کیفیت گوشت

نتایج کیفیت گوشت در جدول ۷ نشان داده شده است. برهم کنش سطح انرژی و تراکم جمعیت بر pH، WHC و MDA (هیچ یک از شاخص‌های کیفیت گوشت) تأثیر نداشت. اثرات اصلی سطح انرژی نشان می‌دهد که EL2 باعث افزایش WHC نسبت به EL4 گردید ( $P < 0.05$ ). اثر تراکم جمعیت بر WHC و pH معنی‌دار نبود اما غلظت MDA گوشت در تراکم بالای جمعیت افزایش یافت. ظرفیت نگهداری آب (WHC) به توانایی گوشت برای حفظ آب خود یا اضافه شده از طریق پردازش و ذخیره سازی اشاره دارد. WHC گوشت تازه در جوجه‌های گوشتی مهم است زیرا بر بازده محصول برای پرورش دهندگان و کیفیت بافت برای مصرف‌کنندگان تأثیر می‌گذارد (Bowker et al., 2014). بیشتر آب در ماهیچه‌ها یا داخل میوفیبریل‌ها، بین میوفیبریل‌ها و بین میوفیبریل‌ها و غشای سلولی (سارکولما)، بین سلول‌های ماهیچه‌ای و بین دسته‌های عضلانی (گروه سلول‌های عضلانی) نگهداری می‌شود. هنگامی که پرند کشتار می‌شود، مقدار WHC می‌تواند بسته به ژنتیک و تغذیه که تأثیر مستقیم بر رشد، ترکیب و فیزیولوژی عضله دارد، تحت تأثیر قرار گیرد (Bowker, 2017). میوزین فراوان‌ترین پروتئین در ماهیچه است و پس از مرگ با تسریع متابولیسم عضلانی و کاهش شدید pH به سمت دناتوره شدن می‌رود. انقباض و نزدیک شدن رشته‌های میوزین به یکدیگر موجب کاهش فاصله شبکه‌های میوفیلانمنت<sup>۱</sup> و خروج مایع میان بافتی می‌گردد (Bowker, 2017). در این پژوهش افزایش انرژی جیره (EL4) موجب کاهش WHC شد. تحقیقات نشان دادند سرعت و میزان متابولیسم انرژی پس از مرگ و مقدار گلیکوژن کبد و خون نقش مهمی بر کیفیت گوشت دارد (Sterten et al., 2010; Wang et al., 2013). مسیر دقیق آن مشخص نیست ولی احتمالاً افزایش انرژی و چربی جیره خوراکی با ایجاد اختلال در عملکردهای فیزیولوژیکی و مسیرهای متابولیکی، کاهش WHC را به همراه داشت.

در این پژوهش pH گوشت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. اندازه‌گیری pH با هدف تعیین اسیدیته در محصولات غذایی انجام می‌شود. pH گوشت بر ساختار و حلالیت پروتئین تأثیر می‌گذارد و این پروتئین مقادیر ظرفیت نگهداری آب، سختی بافت گوشت، رنگ و ماندگاری را تعیین می‌کند (Van Laack et al., 2000). در میان طیف وسیعی از عوامل مهم مؤثر بر کیفیت گوشت، pH یکی از پذیرفته‌شده‌ترین شاخص‌های شیمیایی است که بر کیفیت گوشت تأثیر می‌گذارد (El Rammouz et al., 2004). به دلیل تسریع گلیکولیز بی‌هوازی در عضله بعد از کشتار، PH عضله می‌تواند به سرعت کاهش یابد بعبارت دیگر، طی فرآیند گلیکولیز، گلیکوژن به اسید لاکتیک در ماهیچه تبدیل شده (Zhang et al., 2012)، که مجموعه‌ای از واکنش‌های شیمیایی به سرعت pH را کاهش دهد (Young et al., 2004). گلیکولیز پس از مرگ منجر به تجمع H<sup>+</sup> ناشی از هیدرولیز آدنوزین تری فسفات (ATP) در عضله می‌شود (Wang et al., 2009)، که عمدتاً توسط دو آنزیم حیاتی از جمله پیرووات کیناز و لاکتات دهیدروژناز کنترل می‌شود، که پیرووات را به لاکتات تبدیل می‌کند. گلیکولیز سریع پس از مرگ در حالی که دمای لاشه هنوز بالاست منجر به افت سریع pH، دناتوره شدن پروتئین، رنگ کم‌رنگ گوشت، کاهش WHC و بافت ضعیف می‌شود (Wilhelm et al., 2010).

در مطالعه‌ای اثر سه سطح تراکم ۸، ۱۰ و ۱۲ پرند در متر مربع نشان داد که تراکم جمعیت تأثیر معنی داری بر pH و ظرفیت نگهداری آب در جوجه‌های گوشتی ندارد (Mardewi et al., 2019). در مطالعه دیگری پژوهشگران، اثر تراکم ۱۶، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۶ قطعه پرند در هر متر مربع را نشان دادند pH گوشت تحت تأثیر تراکم جمعیت قرار نگرفت ولی با افزایش تراکم، غلظت شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی گوشت کاهش و غلظت MDA گوشت افزایش یافت، که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. مقدار WHC در تراکم ۲۳ پرند به طور معنی داری بیشتر از ۱۶ بود (Son et al., 2022). مالون دی آلدئید (MDA) یکی از فراوان‌ترین آلدئیدهایی است که در طی اکسیداسیون ثانویه لیپید تولید می‌شود و همچنین بیشترین استفاده را به عنوان



نشانگر اکسیداسیون دارد (Barriuso *et al.*, 2013). وجود لیپیدهای اکسید شده در جیره غذایی انسان‌ها و حیوانات منجر به افزایش مواد واکنش دهنده اسید تیوباربیتوریک (TBARS) در پلاسما و بافت می‌شود (Ruban, 2009). اکسیداسیون میوگلوبین اکسیداسیون لیپیدها را افزایش می‌دهد که باعث افزایش تولید MDA و کاهش ماندگاری و کیفیت گوشت می‌شود (Wang *et al.*, 2009; Zaboli *et al.*, 2019)

جدول ۷. تاثیر سطح انرژی و تراکم گله بر کیفیت گوشت ران جوجه گوشتی آرین در ۴۲ روزگی

تیمارهای آزمایشی	ظرفیت نگهداری آب (درصد)	pH	مالون‌دی‌آلدهید (ng/g)
سطح انرژی			
۱	۵۶/۷۴ <sup>ab</sup>	۵/۵۸	۲/۰۹۰
۲	۵۹/۸۰ <sup>a</sup>	۵/۷۳	۲/۰۵۵
۳	۵۸/۱۳ <sup>ab</sup>	۵/۷۰	۲/۰۴۶
۴	۵۶/۲۹ <sup>b</sup>	۵/۷۰	۲/۰۸۴
خطای استاندارد میانگین‌ها			
	۰/۰۹۰۵	۰/۰۳۵	۰/۱۱۹
تراکم جمعیت			
۱۲	۵۸/۰۴	۵/۷۱	۱/۹۰۸ <sup>b</sup>
۱۶	۵۷/۴۳	۵/۶۹	۲/۲۳۰ <sup>a</sup>
خطای استاندارد میانگین‌ها			
	۰/۰۶۴	۰/۰۲۵	۰/۰۸۴
برهمکنش سطح انرژی و تراکم جمعیت			
سطح انرژی × تراکم جمعیت			
۱۲ ۱	۵۶/۰۸	۵/۷۰	۱/۷۸۴
۱۲ ۲	۵۹/۷۴	۵/۶۷	۱/۸۸۲
۱۲ ۳	۵۸/۸۵	۵/۷۲	۱/۹۶۸
۱۲ ۴	۵۷/۵۷	۵/۷۴	۱/۹۹۷
۱۶ ۱	۵۷/۴۶	۵/۷۵	۲/۳۹۵
۱۶ ۲	۵۹/۸۶	۵/۶۵	۲/۲۲۹
۱۶ ۳	۵۷/۴۱	۵/۶۷	۲/۱۲۵
۱۶ ۴	۵۵/۰۱	۵/۷۳	۲/۱۷۱
خطای استاندارد میانگین‌ها			
	۱/۲۸۰	۰/۰۴۹	۰/۴۶۸
سطح معنی‌داری			
سطح انرژی			
	۰/۰۳۹	۰/۸۵۴	۰/۹۹۲
تراکم جمعیت			
	۰/۵۰۴	۰/۶۱۲	۰/۰۱۰
سطح انرژی × تراکم جمعیت			
	۰/۴۳۲	۰/۴۳۸	۰/۵۰۸

a-c: حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) است.

سطوح انرژی: ۱) شاهد (کاتالوگ آرین)، ۲) ۳/۵ درصد انرژی بیشتر در دوره پایانی ۲، ۳) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در تمام دوره‌ها، ۴) ۳/۵ درصد انرژی بالاتر در دوره آغازین، رشد و پایانی ۱ و ۶/۱ درصد انرژی بالاتر در پایانی ۲.

تحقیقات محدودی روی سطوح مختلف انرژی روی کیفیت گوشت انجام شده است. استفاده از سطوح انرژی ۳۰۸۰ و ۳۱۸۰ در دوره پایانی در جیره جوجه‌های گوشتی نشان داد که سطوح مختلف انرژی بر WHC و pH پس از کشتار تأثیر معنی‌داری نداشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Hussein *et al.*, 2020). در تحقیقی دیگر، سه سطح انرژی (۲۸۵۰، ۲۹۵۰ و ۳۰۰۰؛ ۲۷۰۰، ۲۸۰۰ و ۲۸۵۰ و ۲۶۵۰ و ۲۷۵۰ و ۲۸۰۰ به ترتیب برای دوره آغازین، رشد و پایانی نشان داد که سطوح مختلف انرژی بر شاخص‌های کیفی گوشت از جمله pH در جوجه‌های گوشتی تأثیری نداشت (Bromfield *et al.*, 2021).

همچنین در تحقیق دیگر گزارش شد که سطوح مختلف انرژی بر کیفیت گوشت بز (Abdullah & Musallam, 2007) و خوک (Matthews *et al.*, 2003) تأثیر ندارد.

### نتیجه گیری کلی

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد، جیره پیشنهادی کاتالوگ آراین و استفاده از ۱۶ پرند در مترمربع نسبت به ۱۲ پرند، موجب کاهش وزن بدن در دوره پایانی ۲ (۳۶-۴۲ روزگی) و کل دوره و افزایش ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی ۲ در جوجه‌های گوشتی آراین می‌شود. افزایش انرژی در سایر تیمارها از روند کاهشی افزایش وزن بدن جلوگیری کرد. افزایش انرژی در دوره پایانی ۲ و افزایش تراکم در کل دوره باعث کاهش مصرف خوراک گردید. در کل دوره پرورش تراکم ۱۲ و ۱۶ جوجه گوشتی آراین در مترمربع تفاوت معنی‌داری نداشت و می‌توان به پرورش دهندگان پیشنهاد کرد جهت به دست آوردن سود بیشتر از تراکم ۱۶ پرند در واحد سطح با سطح مناسب انرژی استفاده نمایند.

### تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد.

### منابع

- زمانی، پویا؛ زرافروز، فریبرز و رضایزدی، کامران (۱۳۸۰). مقایسه اثر سطوح مختلف انرژی متابولیسمی و پروتئین خام جیره بر عملکرد جوجه های گوشتی آراین. *علوم و صنایع کشاورزی* (۱۳۸۵)، دوره (۲۰)، شماره (۲) صفحه (۳-۱۴).
- ظهیرالدینی، همایون؛ میرایی آشتیانی، سیدرضا، شیوازاد، محمود و نیکخواه، علی (۱۳۸۰). اثر غلظت انرژی و مواد مغذی جیره بر عملکرد جوجه های آمیخته گوشتی آراین. *نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۵ (۲)، ۱۲۵-۱۳۵.
- کاظمی، ماهان و ایلا، نیما (۱۴۰۰). تعیین سطح بهینه انرژی قابل متابولیسم جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸. *دانش و پژوهش علوم دامی*، ۱۱(۱)، ۴۵-۵۷.
- کریمی، مصیب؛ اسماعیلی‌پور، امیدعلی، مظهری، مژگان و دوماری، حسین (۱۴۰۱). تأثیر آویشن خشک شده بر عملکرد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای پرورش. *پژوهش‌های علوم دامی ایران*. doi: 10.22067/ijasr.2022.78413.1097

### REFERENCES

- 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.
- Abdullah, A. Y., & Musallam, H. S. (2007). Effect of different levels of energy on carcass composition and meat quality of male black goats kids. *Livestock Science*, 107(1), 70-80.
- 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.
- 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.
- Adam, T. C., & Epel, E. S. (2007). Stress, eating and the reward system. *Physiology Behavior*, 91(4), 449-458.
- Ahiwe, E. U., Omede, A. A., Abdallah, M. B., & Iji, P. A. (2018). Managing dietary energy intake by broiler chickens to reduce production costs and improve product quality. *Animal Husbandry and Nutrition*, 115, 145.
- 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.

- Al-Marzooqi, W., & Leeson, S. (2000). Effect of dietary lipase enzyme on gut morphology, gastric motility, and long-term performance of broiler chicks. *Poultry Science*, 79(7), 956-960.
- 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.
- 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.
- 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.
- Attia, Y. A., Al-Harhi, M. A., & Sh. Elnaggar, A. (2018). Productive, physiological and immunological responses of two broiler strains fed different dietary regimens and exposed to heat stress. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 686-697.
- Attia, Y. A., Hassan, R. A., Tag El-Din, A. E., & Abou-Shehema, B. M. (2011). Effect of ascorbic acid or increasing metabolizable energy level with or without supplementation of some essential amino acids on productive and physiological traits of slow-growing chicks exposed to chronic heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*, 95(6), 744-755.
- Baghoyan, L. (2006). Determination of energy-protein ratio (EPR) in broilers diet in southern climate environment. *PhD Diss. Armenian Agrarian State University*.
- Bailey, C. A. (2020). Chapter 21 - Precision poultry nutrition and feed formulation. In F. W. Bazer, G. C. Lamb, & G. Wu (Eds.), *Animal Agriculture* (pp. 367-378). Academic Press.
- Barriuso, B., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2013). A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. *European Food Research and Technology*, 236, 1-15.
- Boswell, T., Li, Q., & Takeuchi, S. (2002). Neurons expressing neuropeptide Y mRNA in the infundibular hypothalamus of Japanese quail are activated by fasting and co-express agouti-related protein mRNA. *Brain research, Molecular Brain Research*, 100(1-2), 31-42.
- Bowker, B. (2017). Chapter 4 - Developments in Our Understanding of Water-Holding Capacity. In M. Petracci & C. Berri (Eds.), *Poultry Quality Evaluation* (pp. 77-113). Woodhead Publishing.
- 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.
- Bromfield, J. I., Hoffman, L. C., Horyanto, D., & Soumeh, E. A. (2021). Enhancing growth performance, organ development, meat quality, and bone mineralisation of broiler chickens through multi-enzyme super-dosing in reduced energy diets. *Animals*, 11(10), 2791.
- 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).
- 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.
- 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.
- Chrousos, G. P., & Kino, T. (2007). Glucocorticoid action networks and complex psychiatric and/or somatic disorders. *Stress*, 10(2), 213-219.
- 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.
- Dairo, F., Adesehinwa, A., Oluwasola, T., & Oluyemi, J. (2010). High and low dietary energy and

- protein levels for broiler chickens. *African Journal of Agricultural Research*, 5(15), 2030-2038.
- 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.
- Downs, K., Lien, R., Hess, J., Bilgili, S., & Dozier III, W. (2006). The effects of photoperiod length, light intensity, and feed energy on growth responses and meat yield of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(3), 406-416.
- Dozier III, W., Price, C., Kidd, M., Corzo, A., Anderson, J., & Branton, S. (2006). Growth performance, meat yield, and economic responses of broilers fed diets varying in metabolizable energy from thirty to fifty-nine days of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(3), 367-382.
- El-Gogary, M., & Abo EL-Maaty, H. (2020). Impact of zinc supplementation and stocking density on performance, physiological and immune responses in broiler chickens. *Journal of Animal and Poultry Production*, 11(3), 95-102.
- 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.
- Esmail, S. H. (2013). Factors affecting feed intake of chickens. *World Poultry*, 29(1), 15-17.
- Feddes, J., Emmanuel, E., & Zuidhof, M. (2002). Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science*, 81(6), 774-779.
- Ge, X., Wang, A., Ying, Z., Zhang, L., Su, W., Cheng, K., Feng, C., Zhou, Y., Zhang, L., & Wang, T. (2019). Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. *Poultry Science*, 98(2), 887-895.
- Geng, A. L., Zhang, Q. Q., Chang, C., Wang, H. H., Chu, Q., Zhang, J., Yan, Z. X., & Liu, H. G. (2022). Dietary metabolizable energy and crude protein levels affect the performance, egg quality and biochemical parameters of a dual-purpose chicken. *Animal Biotechnology*, 1-10.
- Ghaffari, M., Shivazad, M., Zaghari, M., & Taherkhani, R. (2007). Effects of different levels of metabolizable energy and formulation of diet based on digestible and total amino acid requirements on performance of male broiler. *International Journal of Poultry Science*, 6, 276-279.
- Ghazalah, A., Abd-Elsamee, M., & Ali, A. (2008). Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm. *International Journal of Poultry Science*, 7(4), 355-359.
- 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.
- Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafschar, M. (2020b). Effects of stocking density and environmental conditions on performance, immunity, carcass characteristics, blood constitutes, and economical parameters of cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 524-535.
- Guo, S. a., & DiPietro, L. A. (2010). Factors affecting wound healing. *Journal of dental research*, 89(3), 219-229.
- 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.
- 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.
- Hidalgo, M., Dozier III, W., Davis, A., & Gordon, R. (2004). Live performance and meat yield

- responses of broilers to progressive concentrations of dietary energy maintained at a constant metabolizable energy-to-crude protein ratio. *Journal of Applied Poultry Research*, 13(2), 319-327.
- Hong, J. S., Yoo, J., Cho, H. M., Wickramasuriya, S. S., Macelline, S. P., & Heo, J. M. (2022). Dietary effect of energy levels on growth performance and carcass characteristics of White Pekin duck over 21 days. *Journal of Animal Science and Technology*, 64(3), 471.
- 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.
- Hu, X., Li, X., Xiao, C., Kong, L., Zhu, Q., & Song, Z. (2021). Effects of dietary energy level on performance, plasma parameters, and central AMPK levels in stressed broilers. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 681858.
- Hussein, E., Suliman, G., Alowaimer, A., Ahmed, S., Abd El-Hack, M., Taha, A., & Swelum, A. (2020). Growth, carcass characteristics, and meat quality of broilers fed a low-energy diet supplemented with a multienzyme preparation. *Poultry Science*, 99(4), 1988-1994.
- Jaeschke, H. (1995). Mechanisms of oxidant stress-induced acute tissue injury. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 209(2), 104-111.
- Kamel, N., Hady, M., Ragaa, N., & Mohamed, F. (2021). Effect of nucleotides on growth performance, gut health, and some immunological parameters of broiler chicken exposed to high stocking density. *Livestock Science*, 253, 104703.
- Karimi, M., Esmailipour, 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*, (In Persian).
- Karomy, A. S., Habib, N. H., & Kasim, S. A. (2019). Influence of Different Levels of Crude Protein and Metabolizable Energy on Production Performance of Ross Broiler. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 9(18).
- Kazemi, M., & Eila, N. (2021). Determining the optimum metabolizable energy of diets of ROSS 308 broiler chicks. *Animal Science Knowledge and Research Journal*, 1400(1), 45-57 (In Persian).
- Khan, T. J., Kuerban, A., Razvi, S. S., Mehanna, M. G., Khan, K. A., Almulaiky, Y. Q., & Faidallah, H. M. (2018). In vivo evaluation of hypolipidemic and antioxidative effect of 'Ajwa' (*Phoenix dactylifera* L.) date seed-extract in high-fat diet-induced hyperlipidemic rat model. *Biomed Pharmacother*, 107, 675-680.
- Khosravinia, H. (2015). Effect of dietary supplementation of medium-chain fatty acids on growth performance and prevalence of carcass defects in broiler chickens raised in different stocking densities. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(1), 1-9.
- Kryeziu, A. J., Kamberi, M., Muji, S., Mestani, N., & Berisha, S. (2018). Carcass traits of broilers as affected by different stocking density and sex. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(6), 1097-1103.
- Li, W., Wei, F., Xu, B., Sun, Q., Deng, W., Ma, H., Bai, J., & Li, S. (2019). Effect of stocking density and alpha-lipoic acid on the growth performance, physiological and oxidative stress and immune response of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(12), 1914.
- 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.
- Limdi, J., & Hyde, G. (2003). Evaluation of abnormal liver function tests. *Postgraduate Medical Journal*, 79(932), 307-312.
- Lin, H., Du, R., & Zhang, Z. (2000). Peroxide status in tissues of heat-stressed broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(10), 1373-1376.
- Liu, H., Du, Y., St-Pierre, J.-P., Bergholt, M. S., Autebage, H., Wang, J., Cai, M., Yang, G., Stevens, M. M., & Zhang, S. (2020). Bioenergetic-active materials enhance tissue regeneration by modulating cellular metabolic state. *Science Advances*, 6(13), eaay7608.

- Liu, L., Wang, X., Jiao, H., Zhao, J., & Lin, H. (2015). Glucocorticoids inhibited hypothalamic target of rapamycin in high fat diet-fed chicks. *Poultry Science*, 94(9), 2221-2227.
- Lu, Q., Yang, Y., Jia, S., Zhao, S., Gu, B., Lu, P., He, Y., Liu, R. X., Wang, J., Ning, G., & Ma, Q. Y. (2018). SRC1 Deficiency in Hypothalamic Arcuate Nucleus Increases Appetite and Body Weight. *Journal of Molecular Endocrinology*.
- Madilindi, M., Mokobane, A., Letwaba, P., Tshilate, T., Banga, C., Rambau, M., Bhebhe, E., & Benyi, K. (2018). Effects of sex and stocking density on the performance of broiler chickens in a sub-tropical environment. *South African Journal of Animal Science*, 48(3), 459-468.
- Mahmoud, R., & El-Rayes, T. (2016). Effect of stocking density and probiotic supplementation on broiler performance. *Journal of Animal and Poultry Production*, 7(12), 491-497.
- Maiorka, A., Dahlke, F., Penz, A., & Kessler, A. d. M. (2005). Diets formulated on total or digestible amino acid basis with different energy levels and physical form on broiler performance. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7, 47-50.
- 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*,
- Matthews, J., Higbie, A., Southern, L., Coombs, D., Bidner, T., & Odgaard, R. (2003). Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 81(1), 191-196.
- Mazzoni, M., Zampiga, M., Clavanzani, 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.
- 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.
- Nawaz, A. H., Amoah, K., Leng, Q. Y., Zheng, J. H., Zhang, W. L., & Zhang, L. (2021). Poultry response to heat stress: Its physiological, metabolic, and genetic implications on meat production and quality including strategies to improve broiler production in a warming world. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 699081.
- Nogueira, W., Velásquez, P., Furlan, R. L., & Macari, M. (2013). Effect of dietary energy and stocking density on the performance and sensible heat loss of broilers reared under tropical winter conditions. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15, 53-57.
- Placer, Z. A., Cushman, L. L., & Johnson, B. C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical Biochemistry*, 16(2), 359-364.
- 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.
- Qaid, M., Albatshan, H., Shafey, T., Hussein, E., & Abudabos, A. (2016). Effect of stocking density on the performance and immunity of 1-to 14-d-old broiler chicks. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18, 683-692.
- Ravindran, V., Thomas, D. V., Thomas, D. G., & Morel, P. C. (2006). Performance and welfare of broilers as affected by stocking density and zinc bacitracin supplementation. *Animal Science Journal*, 77(1), 110-116.
- Ruban, S. (2009). Lipid peroxidation in muscle foods-an overview. *Global Veterinaria*, 3(6), 509-513.
- Sakomura, N., Longo, F., Oviedo-Rondon, E., Boa-Viagem, C., & Ferraudo, A. (2005). Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poultry Science*, 84(9), 1363-1369.
- Shah, S. W. A., Chen, D., Zhang, J., Liu, Y., Ishfaq, M., Tang, Y., & Teng, X. (2020). The effect of ammonia exposure on energy metabolism and mitochondrial dynamic proteins in chicken thymus: through oxidative stress, apoptosis, and autophagy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 206, 111413.

- Shakouri, M. D., & Malekzadeh, M. (2016). Responses of broiler chickens to the nutrient recommendations of NRC (1994) and the Ross broiler management manual. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29(2), 91-98.
- Shyh-Chang, N., Zhu, H., De Soysa, T. Y., Shinoda, G., Seligson, M. T., Tsanov, K. M., Nguyen, L., Asara, J. M., Cantley, L. C., & Daley, G. Q. (2013). Lin28 enhances tissue repair by reprogramming cellular metabolism. *Cell*, 155(4), 778-792.
- Simitzis, P., Kalogeraki, E., Goliomytis, M., Charismiadiou, M., Triantaphyllopoulos, K., Ayoutanti, A., Niforou, K., Hager-Theodorides, A., & Deligeorgis, S. (2012). Impact of stocking density on broiler growth performance, meat characteristics, behavioural components and indicators of physiological and oxidative stress. *British Poultry Science*, 53(6), 721-730.
- Siri-Tarino, P. W. (2011). Effects of diet on high-density lipoprotein cholesterol. *Current Atherosclerosis Reports*, 13, 453-460.
- Sohail, M., Rahman, Z., Ijaz, A., Yousaf, M., Ashraf, K., Yaqub, T., Zaneb, H., Anwar, H., & Rehman, H. (2011). Single or combined effects of mannan-oligosaccharides and probiotic supplements on the total oxidants, total antioxidants, enzymatic antioxidants, liver enzymes, and serum trace minerals in cyclic heat-stressed broilers. *Poultry Science*, 90(11), 2573-2577.
- 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.
- Sterten, H., Oksbjerg, N., Frøystein, T., Ekker, A. S., & Kjos, N. P. (2010). Effects of fasting prior to slaughter on pH development and energy metabolism post-mortem in *M. longissimus dorsi* of pigs. *Meat Science*, 84(1), 93-100.
- Sugiharto, S. (2022). Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens-a comprehensive review. *Archives Animal Breeding*, 65(1), 21-36.
- Summers, J., Spratt, D., & Atkinson, J. (1992). Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy, and protein level. *Poultry Science*, 71(2), 263-273.
- Surai, P. F. (2016). Antioxidant systems in poultry biology: superoxide dismutase. *Journal of Animal Research and Nutrition*, 1(1), 8.
- Tahmoorespur, M., Ghazanfari, S., & Nobari, K. (2010). Evaluation of adiponectin gene expression in the abdominal adipose tissue of broiler chickens: feed restriction, dietary energy, and protein influences adiponectin messenger ribonucleic acid expression. *Poultry Science*, 89(10), 2092-2100.
- Teyssier, J.-R., Brugaletta, G., Sirri, F., Dridi, S., & Rochell, S. J. (2022). A review of heat stress in chickens. Part II: Insights into protein and energy utilization and feeding. *Frontiers in Physiology*, 1521.
- Thema, K. K., Mnisi, C. M., & Mlambo, V. (2022). Stocking density-induced changes in growth performance, blood parameters, meat quality traits, and welfare of broiler chickens reared under semi-arid subtropical conditions. *PLoS One*, 17(10), e0275811.
- 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.
- Waiz, H., Meena, N., Chavhan, D., & Tosawada, K. (2022). Impact of Stocking Density on Broiler Chicken Performance, Blood Biochemistry, and Carcass Attributes in an Intensive Rearing System. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 12(4), 803-812.
- 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.
- Wang, R., Pan, X., & Peng, Z. (2009). Effects of heat exposure on muscle oxidation and protein functionalities of pectoralis majors in broilers. *Poultry Science*, 88(5), 1078-1084.
- 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.

- Wang, X. J., Xu, S. H., Liu, L., Song, Z. G., Jiao, H. C., & Lin, H. (2017). Dietary fat alters the response of hypothalamic neuropeptide Y to subsequent energy intake in broiler chickens. *Journal of Experimental Biology*, 220(Pt 4), 607-614.
- Wilhelm, A. E., Maganhini, M. B., Hernández-Blazquez, F. J., Ida, E. I., & Shimokomaki, M. (2010). Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat. *Food Chemistry*, 119(3), 1201-1204.
- Yang, J., Liu, L., Sheikhhahmadi, A., Wang, Y., Li, C., Jiao, H., Lin, H., & Song, Z. (2015). Effects of Corticosterone and Dietary Energy on Immune Function of Broiler Chickens. *PLoS One*, 10(3), e0119750.
- Yoshioka, T., Kawada, K., Shimada, T., & Mori, M. (1979). Lipid peroxidation in maternal and cord blood and protective mechanism against activated-oxygen toxicity in the blood. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 135(3), 372-376.
- Young, O., West, J., Hart, A., & Van Otterdijk, F. (2004). A method for early determination of meat ultimate pH. *Meat science*, 66(2), 493-498.
- Yuan, L., Lin, H., Jiang, K. J., Jiao, H. C., & Song, Z. G. (2008). Corticosterone administration and high-energy feed results in enhanced fat accumulation and insulin resistance in broiler chickens. *British Poultry Science*, 49(4), 487-495.
- Zaboli, G., Huang, X., Feng, X., & Ahn, D. U. (2019). How can heat stress affect chicken meat quality?—a review. *Poultry Science*, 98(3), 1551-1556.
- Zahiraddini, H., Mirai Ashtiani, S. R., shivazad, M., & Nikkhah, A. (2001). Impact of Dietary Energy and Nutrients Concentration on the Performance of Arian Broiler Chicks [Research]. *Journal Title*, 5(2), 125-135 (In Persian).
- Zamani, P., Zarafroz, F., & Reza Yazdi, K. (2006). 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.
- Zhao, P. Y., & Kim, I. H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science*, 96(5), 1341-1347.