



Research Paper

Effect of different dietary metabolizable energy and crude protein levels on the performance and carcass traits of native Azerbaijani turkeys between 17 and 24 weeks of age.

AbbasAli Baghban-Shahabaddeyan^{1*}, Houshang Lotfollahian², Alireza Dehnad³, Mehdi Morsali¹, Zohreh Seyedi⁴

1. MSc, Animal Science Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), East Azerbaijan, I.R. Iran. Email: abbasalibaghban@gmail.com

2. Assistant Professor, Animal Science Research Institute, I.R. Iran. Email: houlotf@yahoo.com

3. Assistant Professor of Microbial Biotechnology, Biotechnology Department, East Azerbaijan Research and Education Center for Agricultural and Natural Resources, Razi Vaccine and Serum Research Institute, AREEO, Tabriz, I.R. Iran. Email: dehnadbio@gmail.com

4. Ph.D Student in Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. . Email: zohrehseyedy@birjand.ac.ir

*Corresponding author: AbbasAli Baghban-Shahabaddeyan Email: abbasalibaghban@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 17 June 2026
Accepted: 13 September 2026
Published online: Summer 2026

Keywords: Carcass traits, Crude protein, Energy and protein utilization efficiency, Metabolizable energy, Native Azerbaijan turkey

ABSTRACT

This study demonstrated that the responses of native Azerbaijan turkeys to dietary metabolizable energy and crude protein levels varied according to growth stage and the trait evaluated. At 17–20 weeks of age, increasing dietary energy significantly reduced energy utilization efficiency, whereas increasing dietary crude protein significantly decreased feed intake. Most other performance and carcass traits were unaffected, although dietary energy significantly influenced wing yield. At 21–24 weeks of age, dietary energy significantly affected energy utilization efficiency and feed cost per kilogram of weight gain, while dietary crude protein significantly influenced protein utilization efficiency and breast yield. No significant energy × protein interactions were observed for the evaluated traits at either growth stage. Based on these findings, dietary levels of 3.050 kcal metabolizable energy/kg and 17% crude protein for turkeys aged 17–20 weeks, and 3.130 kcal metabolizable energy/kg and 12.7% crude protein for turkeys aged 21–24 weeks, are proposed as stage-specific recommendations under the conditions of this study. Further research evaluating growth performance, feed costs, carcass composition, and essential amino acid adequacy is needed to validate the economic benefits of these dietary recommendations and establish the precise nutritional requirements of native Azerbaijan turkeys.

Cite this article: Baghban-Shahabaddeyan, A.A., Lotfollahian, H., Dehnad, A., Morsali, M. & Seyedi, Z. (2026). Effect of different dietary metabolizable energy and crude protein levels on the performance and carcass traits of native Azerbaijani turkeys between 17 and 24 weeks of age. *Journal of Livestock Research*, 8 (2), 178-199. DOI: 10.22077/jlr.2026.3475.1042

Publisher: The University of Birjand Press.

DOI: <https://doi.org/10.22077/jlr.2026.3475.1042>

Extended Abstract

Introduction

The nutritional requirements of turkeys change with age, making appropriate dietary energy and protein levels important for maintaining optimal growth performance and feed efficiency. Dietary energy affects feed intake and nutrient utilization, while protein is essential for tissue growth and body development. The requirements for these nutrients may vary depending on the growth stage and characteristics of the turkey population. Most nutritional studies have focused on commercial turkey strains, and their recommendations may not be directly applicable to native populations. Native Azerbaijan turkeys may differ from commercial strains in growth rate, body size, and carcass characteristics. However, limited information is available on the appropriate dietary energy and protein levels for these turkeys during the growing period. Therefore, evaluating the effects of different dietary energy and protein levels is important for improving nutrient utilization and production efficiency. The present study was conducted to investigate the effects of different levels of dietary metabolizable energy and crude protein on growth performance and carcass traits of native Azerbaijan turkeys from 17 to 24 weeks of age.

Methods

The experiment was conducted to evaluate the effects of different dietary metabolizable energy and crude protein levels on the performance and carcass traits of native Azerbaijani turkeys. Performance parameters, including live body weight, body weight gain, feed intake, feed conversion ratio, energy and protein utilization efficiencies, and feed cost per kilogram of body weight gain, were measured or calculated. At two age stages, two birds (one male and one female) with body weights close to the group average were selected from each replicate and slaughtered after 12 h of feed withdrawal. Carcass traits included carcass weight, dressing percentage, breast and thigh weights and percentages, wing weight, internal organ weights, and abdominal fat percentage. Data were analyzed using the GLM procedure of SAS version 9, based on a completely randomized design with a 3×3 factorial arrangement. The main effects of dietary metabolizable energy and crude protein, as well as their interaction, were evaluated. Mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test when treatment effects were significant. Statistical significance was declared at $P < 0.05$.

Results

The effects of dietary metabolizable energy and crude protein levels on the performance and carcass traits of native Azerbaijani turkeys were evaluated at 17–20 and 21–24 weeks of age. During weeks 17–20, dietary energy level significantly affected energy utilization efficiency, whereas crude protein level significantly influenced feed intake. Increasing dietary energy reduced energy utilization efficiency, while higher crude protein levels were associated with lower feed intake. During weeks 21–24, dietary energy significantly affected energy utilization efficiency and feed cost per kilogram of body weight gain, while crude protein level significantly influenced protein utilization efficiency. Body weight gain and feed conversion ratio were not significantly affected by dietary energy or crude protein levels during either period. Most carcass traits remained unaffected by dietary treatments at both ages, although dietary energy significantly influenced wing percentage during weeks 17–20. During weeks 21–24, dietary crude protein significantly affected breast percentage, with the intermediate protein level producing a higher value than the lowest level. No significant energy $\times$ protein interaction was observed for performance or carcass traits in either period. Overall, the results indicate that increasing dietary energy or crude protein did not consistently improve growth performance or carcass yield, highlighting the importance of balancing nutrient supply with the nutritional requirements of native Azerbaijani turkeys.

Conclusion

The results indicated that the responses of native Azerbaijan turkeys to dietary metabolizable energy and crude protein levels depended on growth stage, with no significant interaction between these factors. Diets containing 3.050 kcal/kg metabolizable energy and 17% crude protein for 17–20-week-old turkeys, and 3.130 kcal/kg metabolizable energy and 12.7% crude protein for 21–24-week-old turkeys, are recommended as proposed dietary levels; however, further studies are needed to confirm their economic superiority.

Keywords: Carcass traits, Crude protein, Energy and protein utilization efficiency, Metabolizable energy, Native Azerbaijan turkey

Author Contributions

“Conceptualization, and methodology A.B.-S., H.L., A.D., and M.M.; software and formal analysis, H.L., A.D. Z.S. and M.M.; review and editing, validation, A.B.B.-S., H.L., A.D. and M.M.; investigation, Z.S. and A.B.B.-S.; resources, A.B.B.-S.; data curation, Z.S. and A.B.B.-S.; writing—original draft preparation, Z.S.; visualization and supervision, A.B.B.-S., H.L., A.D. and M.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.” All authors contributed to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Conflict of interest

The authors have no competing interests.

Acknowledgment

We extend our gratitude and appreciation to the Animal Science Research Institute of Iran, the National Turkey Research Station (Tatar Arasbaran), and the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of East Azerbaijan Province for their support..

تأثیر سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر عملکرد و صفات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سنین ۱۷ تا ۲۴ هفتگی

عباسعلی باغبان شاه‌آبادی^۱، هوشنگ لطف‌اللهیان^۲، علیرضا دهناد^۳، مهدی مرسلی^۱، زهره سیدی^۴

۱- کارشناس ارشد پژوهشی، علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، آذربایجان شرقی، ایران.

۲- استادیار پژوهشی، گروه تغذیه دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور.

۳- استادیار پژوهشی، گروه میکروبیولوژی، مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی.

۴- دانشجوی دکتری تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

*نویسنده مسئول: abbasiabaghshbani@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر عملکرد، راندمان مصرف انرژی، پروتئین و صفات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با سه سطح انرژی و سه سطح پروتئین خام، در دو مرحله سنی ۱۷ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۲۴ هفتگی، روی بوقلمون‌های نر و ماده اجراء شد. نتایج نشان داد که در سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی، افزایش سطح انرژی جیره موجب کاهش معنی‌دار راندمان مصرف انرژی شد؛ همچنین، افزایش سطح پروتئین خام موجب کاهش معنی‌دار خوراک مصرفی گردید، اما بیشتر صفات عملکردی تحت تأثیر این عوامل قرار نگرفتند. در این مرحله، سطح انرژی بر درصد وزن دو بال اثر معنی‌دار داشت. در سن ۲۰ تا ۲۴ هفتگی، افزایش سطح انرژی موجب کاهش راندمان مصرف انرژی شد و سطح پروتئین خام نیز راندمان مصرف پروتئین و درصد وزن سینه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل انرژی و پروتئین بر صفات عملکردی و لاشه معنی‌دار نبود. بر اساس یافته‌های پژوهش، جیره حاوی ۳۰۵۰ کیلوکالری انرژی سوخت و ساز در هر کیلوگرم و ۱۷ درصد پروتئین خام برای سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی، و جیره حاوی ۳۱۳۰ کیلوکالری انرژی سوخت و ساز در هر کیلوگرم و ۱۲/۷ درصد پروتئین خام برای سن ۲۰ تا ۲۴ هفتگی، به‌عنوان سطوح پیشنهادی قابل طرح هستند. تأیید برتری اقتصادی این سطوح و تعیین دقیق احتیاجات تغذیه‌ای این پرندگان به بررسی‌های تکمیلی نیاز دارد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۲

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۵

واژگان کلیدی:

انرژی سوخت‌وساز، بوقلمون بومی آذربایجان، پروتئین خام، راندمان مصرف انرژی و پروتئین، صفات لاشه

استناد: باغبان شاه‌آبادی، یان، عباسعلی، لطف‌اللهیان، هوشنگ، دهناد، علیرضا، مرسلی، مهدی، و سیدی، زهره (۱۴۰۵). تأثیر سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر عملکرد و صفات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سنین ۱۷ تا ۲۴ هفتگی. *مجله تحقیقات دام و طیور*، دوره ۸، شماره ۲، ۱۷۸-۱۹۹.

DOI: 10.22077/jlr.2026.3475.1042

مقدمه

دوره سنی ۱۷ تا ۲۴ هفتگی بوقلمون از نظر تغذیه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا در این مرحله همچنان تغییرات قابل توجهی در وزن بدن، سرعت رشد و مصرف خوراک مشاهده می‌شود. از سوی دیگر، احتیاجات تغذیه‌ای بوقلمون با پیشرفت سن تغییر می‌کند و تراکم انرژی و پروتئین جیره باید متناسب با مرحله رشد تنظیم شود (Aviagen Turkeys, 2020). بنابراین، تأمین مناسب انرژی و پروتئین در این دوره می‌تواند نقش مهمی در بهبود مصرف خوراک، بازده استفاده از مواد مغذی و عملکرد رشد و همچنین کنترل هزینه‌های خوراک داشته باشد. از این رو، تعیین تراکم مناسب انرژی و پروتئین جیره متناسب با مرحله رشد می‌تواند در دستیابی به عملکرد مطلوب و بهبود بازده اقتصادی پرورش بوقلمون مؤثر باشد (Panda et al., 2009; Zhang et al., 2024). انرژی سوخت و ساز یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده تراکم غذایی جیره است و می‌تواند بر مصرف خوراک و نحوه استفاده از مواد مغذی برای نگهداری و رشد تأثیر بگذارد. با این حال، افزایش تراکم انرژی الزاماً موجب افزایش متابولیسم نمی‌شود و پاسخ پرنده به انرژی جیره می‌تواند تحت تأثیر میزان سایر مواد مغذی، مرحله رشد و شرایط پرورش قرار گیرد. در همین راستا، Wilson و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که کاهش ۵۰ و ۷۰ کیلوکالری انرژی سوخت و ساز در هر کیلوگرم جیره، در صورت استفاده از یک افزودنی صرفه‌جوی انرژی، تا ۱۸ هفتگی موجب تغییر معنی‌دار در وزن بدن، عملکرد و بازده سینه و ران بدون استخوان بوقلمون‌های نر نشد؛ با این حال، تنها در سطح کاهش ۷۰ کیلوکالری بر کیلوگرم، ضریب تبدیل غذایی بهبود یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که پاسخ بوقلمون به تغییر تراکم انرژی جیره می‌تواند در شاخص‌های مختلف عملکردی متفاوت باشد و ارزیابی سطح انرژی تنها بر اساس افزایش وزن، برای تعیین سطح مناسب جیره کافی نیست. در کنار انرژی، پروتئین و اسیدهای آمینه از عوامل اساسی مؤثر بر رشد و تشکیل بافت‌های بدن هستند. احتیاجات پرنده به پروتئین در طول دوره رشد ثابت نیست و با تغییر سرعت رشد و ترکیب بدن تغییر می‌کند. گزارش کردند با بررسی سطح پروتئین جیره در بوقلمون‌های در حال رشد نشان دادند که پاسخ پرنده به پروتئین جیره در مراحل مختلف رشد متفاوت است. در آزمایش دوم این مطالعه، بوقلمون‌های BUT و Hybrid Converter از ۱۴ تا ۱۷ هفتگی تحت سطوح مختلف پروتئین قرار گرفتند و با افزایش دریافت پروتئین، افزایش وزن بهبود یافت، در حالی که کاهش غلظت پروتئین جیره با کاهش مصرف خوراک همراه بود. این یافته‌ها اهمیت تنظیم سطح پروتئین جیره متناسب با مرحله رشد را نشان می‌دهد. از نظر تغذیه‌ای، انرژی و پروتئین از عوامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد رشد هستند و سطح هر یک می‌تواند بر مصرف خوراک، افزایش وزن و کارایی استفاده از مواد مغذی تأثیر بگذارد (Gous et al., 2024) Sell و همکاران (۱۹۸۵) در بوقلمون‌های نر نشان دادند که سطوح انرژی سوخت و ساز و پروتئین جیره به‌طور مستقل بر عملکرد پرنده اثر می‌گذارند و افزایش هر یک از این دو عامل با بهبود افزایش وزن و کارایی خوراک همراه بود؛ همچنین، افزایش تراکم انرژی موجب کاهش مقدار پروتئین مصرفی به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن شد. بنابراین، در ارزیابی تراکم مواد مغذی جیره، در نظر گرفتن هم‌زمان سطوح انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام می‌تواند در تبیین پاسخ رشد و کارایی خوراک پرنده اهمیت داشته باشد. اهمیت تنظیم مناسب انرژی و پروتئین جیره زمانی بیشتر می‌شود که پاسخ پرنده علاوه بر عملکرد رشد، از نظر صفات لاشه نیز ارزیابی شود. وزن و بازده لاشه و سهم قسمت‌های با ارزش اقتصادی، از جمله سینه و ران، از شاخص‌های مهم ارزیابی پاسخ تغذیه‌ای بوقلمون هستند. نتایج نیز نشان داد که تغییر تراکم انرژی جیره می‌تواند بدون تغییر معنی‌دار در وزن بدن و برخی صفات لاشه، موجب تغییر در کارایی خوراک شود. بنابراین، ارزیابی هم‌زمان شاخص‌های عملکردی و صفات لاشه می‌تواند در تعیین سطح مناسب انرژی و پروتئین جیره اهمیت داشته باشد (Wilson et al., 2025).

از سوی دیگر، نتایج حاصل از سویه‌های تجاری الزاماً قابل تعمیم مستقیم به سایر جمعیت‌های بوقلمون نیست. بخش قابل توجهی از مطالعات تغذیه‌ای جدید در بوقلمون روی سویه‌های تجاری انجام شده است؛ به‌عنوان نمونه، Gous و همکاران (۲۰۲۴) از سویه‌های BUT و Hybrid Converter استفاده کردند و Wilson و همکاران (۲۰۲۵) نیز پاسخ بوقلمون‌های نر تجاری را بررسی کردند. تفاوت در سرعت رشد، اندازه بدن، الگوی ذخیره بافتی و ترکیب لاشه می‌تواند موجب تفاوت در پاسخ جمعیت‌های مختلف به تراکم انرژی و پروتئین جیره شود. از این رو، استفاده از توصیه‌های تغذیه‌ای حاصل از سویه‌های تجاری برای بوقلمون‌های بومی، بدون انجام مطالعات اختصاصی، ممکن است احتیاجات واقعی این پرندگان را به‌طور کامل مشخص نکند. بوقلمون‌های بومی آذربایجان از نظر ویژگی‌های رشد و تولیدی با سویه‌های تجاری تفاوت دارند و اطلاعات تجربی درباره پاسخ آن‌ها به سطوح

مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام، به‌ویژه در مرحله ۱۷ تا ۲۴ هفتگی و از نظر صفات لاشه، محدود است. از این‌رو، تعیین سطح مناسب این دو ماده مغذی باید بر اساس پاسخ همان جمعیت و با در نظر گرفتن هم‌زمان شاخص‌های عملکردی و صفات لاشه انجام شود. ارزیابی مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در کنار وزن و بازده لاشه و وزن قطعات مختلف آن می‌تواند تصویر جامع‌تری از پاسخ بوقلمون‌های بومی به تغییر تراکم انرژی و پروتئین جیره فراهم کند. بنابراین، با توجه به محدود بودن اطلاعات درباره احتیاجات تغذیه‌ای بوقلمون‌های بومی آذربایجان در مرحله ۱۷ تا ۲۴ هفتگی، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر عملکرد رشد و صفات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سنین ۱۷ تا ۲۴ هفتگی انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات بوقلمون کشور، وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، واقع در نزدیکی روستای تاتار ارسباران و در مجاورت رودخانه ارس، در فاصله ۳۰ کیلومتری شهرستان خداآفرین و ۱۳۸ کیلومتری شهرستان جلفا انجام شد. در این آزمایش، ۳۷۸ قطعه بوقلمون بومی آذربایجان، شامل پرندگان نر و ماده که از گله تکثیری اصلی بوقلمون بومی آذربایجان انتخاب شده بودند، مورد استفاده قرار گرفت. پرندگان در قالب ۹ تیمار آزمایشی، سه تکرار برای هر تیمار و ۱۴ قطعه در هر واحد آزمایشی و در قالب آزمایش فاکتوریل ۳×۳ در طرح کاملاً تصادفی مورد آزمایش قرار گرفتند. عوامل آزمایشی شامل سه سطح انرژی سوخت و ساز و سه سطح پروتئین خام جیره بود. دوره آزمایش ۵۶ روز، از سن ۱۷ تا ۲۴ هفتگی در نظر گرفته شد و جیره‌های آزمایشی در دو مرحله سنی ۱۷ تا ۲۰ و ۲۱ تا ۲۴ هفتگی در اختیار پرندگان قرار گرفتند. در مرحله اول آزمایش (۱۷ تا ۲۰ هفتگی)، سه سطح انرژی سوخت و ساز شامل ۲۷۳۶، ۳۰۴۰ و ۳۳۴۴ کیلوکالری در کیلوگرم جیره و سه سطح پروتئین خام شامل ۱۴/۸۹، ۱۶/۴۶ و ۱۵/۶۷ درصد در نظر گرفته شد. در مرحله دوم آزمایش (۲۱ تا ۲۴ هفتگی)، سه سطح انرژی سوخت و ساز شامل ۲۸۲۲، ۳۱۳۵ و ۳۴۴۹ کیلوکالری در کیلوگرم جیره و سه سطح پروتئین خام شامل ۱۲/۶۴، ۱۳/۹۷ و ۱۳/۳۰ درصد در نظر گرفته شد. بوقلمون‌های بومی آذربایجان در طول دوره آزمایش با جیره‌های آزمایشی متناسب با مرحله سنی تغذیه شدند. جیره‌های آزمایشی بر اساس مقادیر توصیه‌شده در جداول احتیاجات غذایی بوقلمون (NRC، ۱۹۹۴)، با استفاده از مواد خوراکی عمده شامل ذرت و کنجاله سویا و به کمک نرم‌افزار UFFDA فرموله شدند. جیره‌ها به‌صورت آردی تهیه و در اختیار پرندگان قرار گرفتند.

سطوح انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره‌های آزمایشی با توجه به سطح مبنای تعیین‌شده بر اساس توصیه‌های (۱۹۹۴) NRC و با اعمال تغییرات موردنظر در سطوح انرژی و پروتئین تنظیم شدند. سطوح مورد استفاده در جیره‌های آزمایشی بر اساس تجربیات حاصل از مطالعات و استفاده از این جیره‌ها در تغذیه بوقلمون بومی و با هدف بررسی اثر تغییر سطوح انرژی و پروتئین جیره تعیین شدند. در طول اجراء آزمایش، اصول مدیریتی و پرورشی مربوط به پرورش بوقلمون رعایت شد و اقدامات بهداشتی و واکسیناسیون مورد نیاز مطابق برنامه معمول گله انجام گرفت. پیش از شروع هر یک از مراحل آزمایش، نمونه‌برداری از جیره‌های آزمایشی انجام شد و درصد پروتئین خام، انرژی خام، چربی خام، الیاف خام و خاکستر جیره‌ها در آزمایشگاه تغذیه دام و طیور مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور با استفاده از روش‌های استاندارد انجمن شیمی‌دانان رسمی آمریکا (AOAC, 1990) اندازه‌گیری شد. ترکیب مواد خوراکی و نتایج آنالیز شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در مراحل سنی ۱۷ تا ۲۰ و ۲۱ تا ۲۴ هفتگی به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در بوقلمون بومی در سنین ۱۷ تا ۲۰ هفتگی.

Table 1- Feed ingredients and chemical composition of the experimental diets for indigenous turkeys from 17 to 20 weeks of age.

مواد خوراکی(درصد) Feed (%) ingredients	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5	تیمار ۶ Treatment 6	تیمار ۷ Treatment 7	تیمار ۸ Treatment 8	تیمار ۹ Treatment 9
ذرت Corn	56.8	54.5	56	66.41	64.21	63.88	61	60.81	61
سبوس گندم Wheat bran	8.5	8	8	0.99	0.98	0.99	5	3.99	4
کنجاله سویا Soybean meal	16.2	20	18	11.93	16.23	13.35	17	20.93	19.4
گندم Wheat	8	8	8	7.95	5.9	8.11	5	4.98	5
کنجاله گلوتن Corn gluten meal	0.5	0.5	0.5	3.98	4.23	3.96	0.5	0.5	0.5
پودر یونجه Alfalfa meal	3	3	3	1.49	0.98	1.98	3.5	3.49	0.5
روغن سویا Soybean oil	0.5	0.5	0.5	4.47	4.52	4.55	3.6	2.79	3.2
پودر صدف Oyster shell meal	0.7	0.7	0.7	0.8	0.89	0.89	0.7	0.7	0.6
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	0.5	0.6	0.5	0.89	0.98	0.89	0.9	0.9	0.90
بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
مکمل معدنی **Mineral premix	0.30	0.30	0.3	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3	0.30
مکمل ویتامینه *Vitamin premix	0.30	0.30	0.3	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3	0.30
نمک Salt	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
دی ال - متیونین DL- Methionine	0	0.02	0.02	0	0	0.2	0.01	0	0
ال - لایزین L-Lysine	0.05	0.05	0.04	0.17	0.17	0.3	0.09	0	0
شن شسته Washed sand	4.33	3.21	3.82	0	0	0	1.78	0	0.98
مواد مغذی محاسبه شده (درصد) Calculated nutrient composition (%)									
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2736	2736	2736	3344	3344	3344	3040	3040	3040

ادامه جدول ۱

	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5	تیمار ۶ Treatment 6	تیمار ۷ Treatment 7	تیمار ۸ Treatment 8	تیمار ۹ Treatment 9
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	14.89	16.46	15.68	14.89	16.46	15.68	14.89	16.46	15.68
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.59	0.65	0.62	0.59	0.65	0.62	0.59	0.65	0.62
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.29	0.32	0.3	0.29	0.32	0.3	0.29	0.32	0.3
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.23	0.25	0.24	0.23	0.25	0.24	0.23	0.25	0.24
لایزین (درصد) Lysine (%)	0.72	0.8	0.76	0.72	0.8	0.76	0.72	0.8	0.76
متیونین + سیستین (درصد) Methionine + cystine (%)	0.5	0.55	0.52	0.5	0.55	0.52	0.5	0.55	0.52
تریپتوفان (درصد) Tryptophan (%)	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14
قیمت (ریال) روز Daily cost (IRR)	18550	19430	18980	21300	22240	22500	20790	21240	20980

*هر ۲/۵ کیلوگرم مکمل ویتامینی شامل: ویتامین A ۹۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D₃ ۲۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E ۱۸۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین K₃ ۲۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B₁ ۱۷۵۰ میلی گرم، ویتامین B₂ ۶۶۰۰ میلی گرم، ویتامین B₃ ۹۸۰۰ میلی گرم، ویتامین B₅ ۲۹۶۵۰ میلی گرم، ویتامین B₆ ۲۹۴۰ میلی گرم، ویتامین B₉ ۱۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B₁₂ ۱۵ میلی گرم، بیوتین ۱۰۰ میلی گرم، کولین کلراید ۲۵۰۰۰۰ میلی گرم، آنتی اکسیدان ۱۰۰۰ میلی گرم.

**هر ۲/۵ کیلوگرم مکمل مواد معدنی شامل منگنز ۹۹۲۰۰ میلی گرم، آهن ۵۰۰۰۰ میلی گرم، روی ۸۴۷۰۰ میلی گرم، مس ۱۰۰۰۰ میلی گرم، ید ۹۹۰ میلی گرم، سلنیوم ۲۰۰ میلی گرم، کولین کلراید ۲۵۰۰۰۰ میلی گرم.

*Each 2.5 kg of the vitamin premix contained 9,000,000 IU of vitamin A, 2,000,000 IU of vitamin D₃, 18,000 IU of vitamin E, 2,000 mg of vitamin K₃, 1,750 mg of vitamin B₁, 6,600 mg of vitamin B₂, 9,800 mg of vitamin B₃, 29,650 mg of vitamin B₅, 2,940 mg of vitamin B₆, 1,000 mg of vitamin B₉, 15 mg of vitamin B₁₂, 100 mg of biotin, 250,000 mg of choline chloride, and 1,000 mg of antioxidant.

**Each 2.5 kg of the mineral premix contained 99,200 mg of manganese, 50,000 mg of iron, 84,700 mg of zinc, 10,000 mg of copper, 990 mg of iodine, 200 mg of selenium, and 250,000 mg of choline chloride.

جدول ۲- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در بوقلمون بومی در سنین ۲۱ تا ۲۴ هفتگی.

Table 2- Feed ingredients and chemical composition of the experimental diets for indigenous turkeys from 21 to 24 weeks of age.

مواد خوراکی (درصد) Feed ingredients (%)	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5	تیمار ۶ Treatment 6	تیمار ۷ Treatment 7	تیمار ۸ Treatment 8	تیمار ۹ Treatment 9
ذرت Corn	48.5	47	54.8	72.54	70.19	67.76	64	62	63
سبوس گندم Wheat bran	12	12	10	0.99	0.99	1.96	6	7	8.5
کنجاله سویا Soybean meal	8	12	8.8	7.95	8.7	6.87	10	13.3	11
گندم Wheat	20	18	15	6.96	6.92	9.82	9	8	8
کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal	0.5	0.5	1	2.58	4.45	3.54	0.5	0.5	0.5
پودر یونجه Alfalfa meal	3.5	3.5	3.5	0.99	0.99	2.95	3	3	3
روغن سویا Soybean oil	1.9	0.2	1	5.27	5.04	5.01	3.9	4	4
پودر صدف Oyster shell meal	0.5	0.5	0.6	0.79	0.79	0.59	0.6	0.6	0.5
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	0.1	0.8	0.3	0.70	0.79	0.39	0.4	0.5	0.4
بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
مکمل معدنی **Mineral premix	0.30	0.30	0.3	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3	0.30
مکمل ویتامینه *Vitamin premix	0.30	0.30	0.3	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3	0.30
نمک Salt	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
دی ال - متیونین DL-Methionine	0	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0
ال - لایزین L-Lysine	0.12	0.3	0.3	0.3	0.23	0.2	0.07	0.07	0.07
شن شسته Washed sand	3.96	4.08	3.77	0	0	0	1.61	0.11	0.11
مواد مغذی محاسبه شده (درصد) Calculated nutrient composition (%)									
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal/kg)	2821.5	2821.5	2821.5	3448.5	3448.5	3448.5	3135	3135	3135
(درصد) پروتئین خام Crude protein (%)	12.64	13.97	13.3	12.64	13.97	13.3	12.64	13.97	13.3
(درصد) کلسیم Calcium (%)	0.5	0.55	0.52	0.5	0.55	0.52	0.5	0.55	0.52

ادامه جدول ۲

فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.25	0.28	0.27	0.25	0.28	0.27	0.25	0.28	0.27
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.23	0.25	0.24	0.23	0.25	0.24	0.23	0.25	0.24
لازین (درصد) Lysine (%)	0.59	0.65	0.62	0.59	0.65	0.62	0.59	0.65	0.62
متیونین + سیستین (درصد) Methionine + cystine (%)	0.41	0.45	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.45	0.43
تریپتوفان (درصد) Tryptophan (%)	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.12
روز (ریال) قیمت Daily cost (IRR)	17930	18960	18140	21020	21290	20100	19620	20420	20020

*هر ۲/۵ کیلوگرم مکمل ویتامینی شامل: ویتامین A ۹۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D₃ ۲۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E ۱۸۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین K₃ ۲۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B₁ ۱۷۵۰ میلی گرم، ویتامین B₂ ۶۶۰۰ میلی گرم، ویتامین B₃ ۹۸۰۰ میلی گرم، ویتامین B₅ ۲۹۶۵۰ میلی گرم، ویتامین B₆ ۲۹۴۰ میلی گرم، ویتامین B₉ ۱۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B₁₂ ۱۵ میلی گرم، بیوتین ۱۰۰ میلی گرم، کولین کلراید ۲۵۰۰۰۰ میلی گرم، آنتی اکسیدان ۱۰۰۰ میلی گرم.

**هر ۲/۵ کیلوگرم مکمل مواد معدنی شامل منگنز ۹۹۲۰۰ میلی گرم، آهن ۵۰۰۰۰ میلی گرم، روی ۸۴۷۰۰ میلی گرم، مس ۱۰۰۰۰ میلی گرم، ید ۹۹۰ میلی گرم، سلنیوم ۲۰۰ میلی گرم، کولین کلراید ۲۵۰۰۰۰ میلی گرم.

*Each 2.5 kg of the vitamin premix contained: vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D₃, 2,000,000 IU; vitamin E, 18,000 IU; vitamin K₃, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,750 mg; vitamin B₂, 6,600 mg; vitamin B₃, 9,800 mg; vitamin B₅, 29,650 mg; vitamin B₆, 2,940 mg; vitamin B₉, 1,000 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; biotin, 100 mg; choline chloride, 250,000 mg; and antioxidant, 1,000 mg.

**Each 2.5 kg of the mineral premix contained: manganese, 99,200 mg; iron, 50,000 mg; zinc, 84,700 mg; copper, 10,000 mg; iodine, 990 mg; selenium, 200 mg; and choline chloride, 250,000 mg.

صفات عملکردی

در طول دوره آزمایش، صفات عملکردی شامل وزن زنده، افزایش وزن بدن، خوراک مصرفی، ضریب تبدیل غذایی، راندمان مصرف انرژی، راندمان مصرف پروتئین و هزینه خوراک به‌ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن اندازه‌گیری یا محاسبه شدند. ارزیابی این صفات با هدف بررسی پاسخ عملکردی بوقلمون‌های بومی آذربایجان به سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره انجام شد.

افزایش وزن بدن و وزن نهایی: وزن اولیه پرندگان در ابتدای هر دوره پرورشی ثبت شد و وزن‌کشی به‌صورت هفتگی تا پایان آزمایش ادامه یافت. وزن‌کشی با استفاده از ترازویی با دقت ۰/۱ گرم انجام شد. برای کاهش تأثیر محتویات دستگاه گوارش بر وزن بدن، پرندگان پیش از وزن‌کشی به مدت ۴ تا ۵ ساعت از دسترسی به خوراک محروم شدند. افزایش وزن بدن در هر دوره از تفاضل وزن بدن در پایان و ابتدای همان دوره محاسبه شد. همچنین، در پایان دوره آزمایش و پیش از کشتار، تمام پرندگان هر واحد آزمایشی به‌صورت جداگانه توزین شدند و میانگین وزن نهایی پرندگان هر واحد آزمایشی محاسبه و ثبت شد.

خوراک مصرفی: مقدار خوراک ارائه‌شده به پرندگان به‌صورت روزانه توزین و ثبت شد. خوراک باقی‌مانده در پایان هر هفته، هم‌زمان با وزن‌کشی پرندگان، جمع‌آوری و توزین شد. خوراک مصرفی هفتگی از تفاضل مقدار خوراک ارائه‌شده و خوراک باقی‌مانده محاسبه شد.

ضریب تبدیل غذایی: ضریب تبدیل غذایی در هر دوره پرورشی از تقسیم مقدار خوراک مصرفی بر افزایش وزن بدن در همان دوره محاسبه شد. مقدار کمتر این شاخص نشان‌دهنده مصرف خوراک کمتر به‌ازاء واحد افزایش وزن بدن است.

راندمان مصرف انرژی و پروتئین: به‌منظور ارزیابی کارایی استفاده از انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره، راندمان مصرف انرژی و راندمان مصرف پروتئین بر اساس نسبت افزایش وزن بدن به مقدار انرژی سوخت و ساز و پروتئین مصرف‌شده محاسبه شدند (Kamran et al., 2008). برای محاسبه این شاخص‌ها، مقدار انرژی و پروتئین مصرفی بر اساس خوراک مصرفی و غلظت انرژی

سوخت و ساز و پروتئین خام جیره تعیین شد. در تفسیر این شاخص‌ها، مقدار بیشتر نشان‌دهنده افزایش وزن بیشتر به‌ازای واحد انرژی یا پروتئین مصرف‌شده است. ارزیابی کارایی استفاده از مواد مغذی باید با توجه به تعریف شاخص، ترکیب جیره و احتیاجات تغذیه‌ای پرندگان انجام شود (National Research Council, 1994).

$$\text{راندمان مصرف انرژی} = \frac{\text{افزایش وزن بدن (گرم)} \times 100}{\text{کیلوکالری انرژی سوخت و ساز مصرفی}}$$

$$\text{راندمان مصرف پروتئین} = \frac{\text{افزایش وزن بدن (گرم)} \times 100}{\text{گرم پروتئین مصرفی}}$$

هزینه خوراک به‌ازای هر کیلوگرم افزایش وزن: این شاخص با استفاده از مقدار خوراک مصرفی، قیمت خوراک و میزان افزایش وزن بدن در هر دوره محاسبه شد. برای این منظور، هزینه کل خوراک مصرف‌شده بر افزایش وزن بدن تقسیم شد و نتیجه بر حسب ریال به‌ازای هر کیلوگرم افزایش وزن بیان شد.

صفات لاشه

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات لاشه، در دو مرحله سنی مورد مطالعه، عملیات کشتار و تجزیه لاشه انجام شد. از هر تکرار، دو پرنده شامل یک قطعه نر و یک قطعه ماده با وزن بدنی نزدیک به میانگین وزن گروه انتخاب شدند. پرندگان انتخاب‌شده پس از ۱۲ ساعت محرومیت از خوراک ذبح شدند. پس از پرکنی و تخلیه محتویات دستگاه گوارش، وزن لاشه و اجزاء آن شامل سینه، ران‌ها، بال‌ها، چربی حفره بطنی، قلب، کبد و سنگدان اندازه‌گیری شد. ارزیابی وزن و نسبت اجزای لاشه بر مبنای وزن زنده پیش از کشتار یا وزن لاشه، متناسب با شاخص مورد بررسی، انجام شد؛ این شیوه گزارش‌دهی در مطالعات ارزیابی صفات لاشه بوقلمون نیز به کار رفته است (Batkowska et al., 2026).

وزن لاشه: وزن لاشه پس از کسر بخش‌های حذف‌شده شامل پرها، خون، سر، پاها و امعا و احشا از وزن زنده پرنده تعیین شد.
درصد لاشه قابل مصرف: پس از پرکنی و قطع پاها، امعا و احشا و چربی حفره بطنی از لاشه خارج شدند. پس از تخلیه محتویات سنگدان، لاشه توزین شد. در تعریف لاشه قابل مصرف در این پژوهش، قلب، کبد، سنگدان خالی، گردن و پشت نیز منظور شدند. درصد لاشه قابل مصرف بر اساس نسبت وزن لاشه قابل مصرف به وزن زنده پرنده پیش از کشتار محاسبه شد.

اجزای خوراکی حفره بطنی: اجزاء خوراکی حفره بطنی شامل قلب، کبد و سنگدان خالی بودند. وزن هر اندام به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد و درصد آن از تقسیم وزن اندام بر وزن زنده پرنده پیش از کشتار و ضرب حاصل در ۱۰۰ به دست آمد.

چربی حفره بطنی: چربی حفره بطنی پس از جداسازی از اطراف دستگاه گوارش و نواحی مربوطه، به‌صورت جداگانه توزین شد. درصد چربی حفره بطنی از نسبت وزن چربی به وزن زنده پرنده پیش از کشتار، ضرب در ۱۰۰، محاسبه شد.

درصد وزن سینه: برای تفکیک اجزاء لاشه، سینه بر اساس روش (Hahn & Spindler, 2002) از لاشه جدا و توزین شد. درصد وزن سینه از نسبت وزن سینه به وزن لاشه قابل مصرف، ضرب در ۱۰۰، محاسبه شد.

درصد وزن ران و بال‌ها: ران و بال‌ها نیز بر اساس روش (Hahn & Spindler, 2002) از لاشه جدا و توزین شدند. درصد وزن ران از تقسیم وزن ران‌ها بر وزن لاشه قابل مصرف و ضرب حاصل در ۱۰۰ محاسبه شد.

تلفات: تلفات پرندگان در طول دوره آزمایش به‌صورت روزانه ثبت شد. در طول دوره آزمایش، تلفات قابل‌توجهی مشاهده نشد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های جمع‌آوری‌شده ابتدا در نرم‌افزار Excel ثبت و پس از بررسی اولیه، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹ و رویه مدل خطی عمومی (GLM) در قالب آزمایش فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شدند. اثرات اصلی سطوح انرژی سوخت و

ساز و پروتئین خام جیره و اثر متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارها، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. سطح معنی‌داری ۵ درصد در نظر گرفته شد (SAS Institute Inc., 2011). مدل آماری به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + P_j + (EP)_{ij} + e_{ijk}$$

مقدار هر مشاهده (Y_{ijk})، میانگین جامعه (μ)، اثر مربوط به عامل انرژی (E_i) و $i =$ اثر مربوط به عامل پروتئین (P_j) و $j =$ اثر متقابل انرژی و پروتئین (EP_{ij})، اثر خطای آزمایشی (e_{ijk}).

یافته‌های پژوهش و بحث

صفات عملکردی

پس از اجرای آزمایش، داده‌های مربوط به صفات عملکردی و صفات لاشه در سنین مورد مطالعه تجزیه و تحلیل آماری شدند. صفات عملکردی شامل خوراک مصرفی، افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، انرژی سوخت و ساز مصرفی، پروتئین مصرفی، راندمان مصرف انرژی، راندمان مصرف پروتئین و هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن بود. صفات لاشه نیز شامل درصد لاشه، درصد لاشه قابل مصرف، درصد وزن سینه، ران‌ها، بال‌ها، گردن و پشت، کبد، قلب و سنگدان خالی بود.

عملکرد و راندمان مصرف انرژی و پروتئین در سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز، پروتئین خام و اثر متقابل انرژی $\times$ پروتئین بر صفات عملکردی بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که سطح انرژی سوخت و ساز جیره بر خوراک مصرفی، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی و راندمان مصرف پروتئین اثر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). در مقابل، اثر سطح انرژی سوخت و ساز بر راندمان مصرف انرژی معنی‌دار بود ($P = 0.024$). به طوری که راندمان مصرف انرژی از ۴/۹ در تیمار E_1 به ۳/۹ در تیمار E_3 کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که راندمان مصرف انرژی در تیمار E_1 به طور معنی‌داری بیشتر از E_3 بود، درحالی که تیمار E_2 با هیچ‌یک از تیمارهای E_1 و E_3 تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، اثر سطح انرژی سوخت و ساز بر هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن معنی‌دار نبود ($P = 0.077$)، اگرچه از نظر عددی هزینه خوراک از ۷/۱۴۶۰۸۴ ریال در E_1 به ۶/۱۶۹۶۷۷ ریال در E_3 افزایش یافت. سطح پروتئین خام جیره نیز بر خوراک مصرفی اثر معنی‌دار داشت ($P = 0.024$)، درحالی که بر افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، راندمان مصرف انرژی، راندمان مصرف پروتئین و هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن اثر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). خوراک مصرفی در تیمار P_1 (۵۰۸۲/۲ گرم) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار P_3 (۴۸۲۸/۴ گرم) بود، درحالی که تیمار P_2 (۴۹۶۸/۹ گرم) با هیچ‌یک از تیمارهای P_1 و P_3 تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین، اگرچه کاهش عددی خوراک مصرفی با افزایش سطح پروتئین جیره از P_1 به P_3 مشاهده شد، این کاهش بین تمام سطوح پروتئین از نظر آماری معنی‌دار نبود. اثر متقابل سطح انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر خوراک مصرفی، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، راندمان مصرف انرژی، راندمان مصرف پروتئین و هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن معنی‌دار نبود ($P > 0.05$)؛ جدول ۳). بنابراین، در دامنه سطوح مورد مطالعه، شواهد آماری کافی برای وجود اثر متقابل بین انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر صفات عملکردی بوقلمون‌های بومی آذربایجان مشاهده نشد.

در پژوهش حاضر، افزایش سطح انرژی سوخت و ساز جیره تأثیر معنی‌داری بر خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی بوقلمون‌های بومی آذربایجان نداشت، اما راندمان مصرف انرژی را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. نبود اثر معنی‌دار انرژی جیره بر خوراک مصرفی با نتایج (Mehdizadeh et al., 2016) مغایرت داشت؛ آنان گزارش کردند که افزایش سطح انرژی جیره موجب کاهش معنی‌دار خوراک مصرفی مرغ‌های تخم‌گذار بومی شد. باین‌حال، نبود اثر معنی‌دار انرژی جیره بر ضریب تبدیل غذایی در پژوهش حاضر با نتایج این مطالعه همخوانی داشت. در مقابل، گزارش کردند که افزایش انرژی جیره موجب کاهش خوراک

مصرفی و بهبود ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های گوشتی شد (Yang et al., 2026). این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که پاسخ مصرف خوراک و کارایی استفاده از مواد مغذی به افزایش تراکم انرژی جیره لزوماً در شرایط مختلف یکسان نیست. به علاوه، تنظیم مصرف خوراک بر اساس تراکم انرژی جیره همواره دقیق و قابل پیش‌بینی نیست و عواملی مانند شرایط پرورش و ویژگی‌های پرنده می‌توانند بر این پاسخ تأثیر بگذارند (Classen, 2017). یکی از یافته‌های مهم پژوهش حاضر، کاهش معنی‌دار راندمان مصرف انرژی با افزایش سطح انرژی جیره بود، درحالی‌که افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی به‌طور معنی‌داری تغییر نکردند. این نتیجه نشان می‌دهد که افزایش سطح انرژی جیره در شرایط آزمایش حاضر با بهبود متناسب شاخص راندمان مصرف انرژی همراه نبود. از نظر فیزیولوژیک، احتمال دارد بخشی از انرژی اضافی به‌جای مشارکت در رشد، صرف فرآیندهای متابولیکی و تولید حرارت یا به‌صورت ذخایر انرژی در بدن نگهداری شده باشد؛ بااین‌حال، این تبیین صرفاً یک احتمال است و تأیید آن به اندازه‌گیری مستقیم تولید حرارت و ترکیب بدن نیاز دارد. همچنین، تفسیر دقیق این تغییر به تعریف و نحوه محاسبه شاخص راندمان مصرف انرژی وابسته است.

نتایج مربوط به راندمان مصرف انرژی در پژوهش حاضر با برخی مطالعات پیشین تفاوت داشت. برای مثال، (Sell et al., 1985) گزارش کردند که افزایش انرژی جیره موجب بهبود رشد و کارایی خوراک شد، درحالی‌که انرژی مصرفی به‌ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن تغییر معنی‌داری نداشت. همچنین، (Veldkamp et al., 2005) بهبود ضریب تبدیل غذایی را با افزایش سطح انرژی جیره گزارش کردند. تفاوت نتایج این مطالعات با پژوهش حاضر ممکن است به تفاوت در شاخص‌های ارزیابی شده، دامنه سطوح انرژی، نسبت انرژی به پروتئین جیره، ژنوتیپ و شرایط محیطی مربوط باشد. در همین راستا، (Salmon, 1986) نشان داد که پاسخ عملکردی بوقلمون‌ها به تراکم مواد مغذی و نسبت انرژی به پروتئین جیره وابسته است (Veldkamp et al., 2005). نیز بر نقش شرایط دمایی محیط در پاسخ بوقلمون‌ها به سطح انرژی جیره تأکید کردند. بنابراین، هنگام مقایسه نتایج مطالعات مختلف، علاوه بر سطح انرژی جیره، باید شرایط پرورش و ویژگی‌های پرندگان نیز در نظر گرفته شوند.

در پژوهش حاضر، سطح پروتئین خام جیره تنها بر خوراک مصرفی اثر معنی‌دار داشت و بر افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، راندمان مصرف انرژی، راندمان مصرف پروتئین و هزینه خوراک به‌ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن تأثیر معنی‌داری نشان نداد. خوراک مصرفی در بالاترین سطح پروتئین خام کمتر از پایین‌ترین سطح آن بود. این پاسخ از نظر جهت تغییر با نتایج برخی مطالعات انجام‌شده روی طیور متفاوت است؛ برای مثال، (Shim et al., 2013) در مرغ‌های تخم‌گذار و (Gous et al., 2024) در بوقلمون‌های در حال رشد گزارش کردند که جیره‌های دارای پروتئین کمتر با خوراک مصرفی پایین‌تر همراه بودند. این تفاوت ممکن است ناشی از تفاوت در مرحله رشد، ترکیب جیره، دامنه سطوح پروتئین و شرایط آزمایش باشد؛ بااین‌حال، تعیین علت دقیق این اختلاف‌ها بدون مقایسه جزئیات روش‌شناختی مطالعات امکان‌پذیر نیست.

عدم مشاهده اثر معنی‌دار سطح پروتئین خام بر افزایش وزن و سایر صفات عملکردی ممکن است نشان‌دهنده آن باشد که سطوح پروتئین مورد استفاده، در شرایط این آزمایش، تفاوت قابل تشخیصی در پاسخ عملکردی پرندگان ایجاد نکرده‌اند. یکی از توضیحات احتمالی این نتیجه، تأمین نسبی احتیاجات پروتئینی و اسیدهای آمینه ضروری در سطوح مختلف جیره است. در این زمینه، (Aderibigbe et al., 2024) نشان دادند که در صورت تأمین اسیدهای آمینه ضروری، کاهش پروتئین خام جیره می‌تواند بدون افت عملکرد رشد و بازده گوشت در جوجه‌های گوشتی انجام شود. بااین‌حال، ازآنجاکه پاسخ به پروتئین و اسیدهای آمینه ممکن است بین گونه‌ها و مراحل رشد متفاوت باشد، تعمیم این یافته به بوقلمون‌های بومی آذربایجان باید با احتیاط صورت گیرد. همچنین، تأیید کفایت پروتئین جیره در پژوهش حاضر مستلزم بررسی ترکیب اسیدهای آمینه و مقایسه آن با احتیاجات تغذیه‌ای پرندگان است. از نظر اقتصادی، اگرچه هزینه خوراک به‌ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن با افزایش سطح انرژی جیره از نظر عددی افزایش یافت، این تغییر از نظر آماری معنی‌دار نبود. بنابراین، داده‌های پژوهش حاضر شواهد کافی برای نتیجه‌گیری درباره تفاوت قطعی هزینه خوراک بین سطوح انرژی فراهم نمی‌کنند. همچنین، ازآنجاکه سطح پروتئین خام نیز اثر معنی‌داری بر این شاخص نداشت، نمی‌توان بر اساس نتایج حاضر برتری اقتصادی قطعی یکی از سطوح پروتئین را اعلام کرد. ارزیابی دقیق‌تر مزیت اقتصادی تیمارها به بررسی هم‌زمان هزینه مواد اولیه، عملکرد تولیدی و درآمد حاصل از محصول نیاز دارد.

در نهایت، اثر متقابل انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر هیچ‌یک از صفات عملکردی بررسی‌شده معنی‌دار نبود. این نتیجه نشان می‌دهد که در دامنه سطوح مورد مطالعه، شواهد آماری کافی برای تشخیص اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد

بو قلمون‌های بومی آذربایجان وجود نداشت. با این حال، معنی‌دار نبودن اثر متقابل الزاماً به معنای نبود هرگونه ارتباط زیستی میان انرژی و پروتئین جیره نیست؛ زیرا تشخیص چنین اثری می‌تواند به دامنه تیمارها، تعداد تکرارها و توان آماری آزمایش وابسته باشد. از این رو، بررسی دامنه‌های متفاوت انرژی و پروتئین، همراه با ارزیابی دقیق‌تر تعادل مواد مغذی، می‌تواند در پژوهش‌های آینده به روشن‌تر شدن پاسخ عملکردی این پرندگان کمک کند.

جدول ۳- اثرات سطوح مختلف انرژی و پروتئین بر عملکرد و راندمان مصرف انرژی و پروتئین در بو قلمون‌های بومی آذربایجان در سن (۱۷ تا ۲۰ هفته).
Table 3- Effects of different dietary energy and protein levels on performance and energy and protein utilization efficiency in native Azerbaijan turkeys (17–20 weeks of age).

عوامل (اثرات اصلی) Factors (main effects)	خوراک مصرفی (گرم) Feed intake (g)	افزایش وزن (گرم) Weight gain (g)	ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio (FCR)	راندمان مصرف انرژی (کیلوکالری بر کیلوگرم) Energy utilization efficiency (kcal/kg)	راندمان مصرف پروتئین (درصد) Protein utilization efficiency(%)	هزینه خوراک برای هر کیلوگرم افزایش وزن (ریال) Feed cost per kg of weight gain (Rials)
انرژی Energy						
E1	4951.3	664.5	7.69	4.9 ^a	0.9	146084.7
E2	4959.5	704.9	7.17	4.7 ^{ab}	0.9	150389.6
E3	4968.7	659.7	7.70	3.9 ^b	0.8	169677.6
SEM	59.157	33.358	0.366	0.233	0.045	7300.921
سطح معنی‌داری (p.value)	0.979	0.585	0.513	0.024	0.651	0.077
پروتئین Protein						
P1	5082.2 ^a	718.0	7.29	4.7	0.9	147444.7
P2	4968.9 ^{ab}	611.1	8.24	4.1	0.8	171071.4
P3	4828.4 ^b	700.0	7.03	4.8	0.9	147635.9
SEM	59.157	33.358	0.366	0.233	0.045	7300.921
سطح معنی‌داری (p.value)	0.024	0.078	0.072	0.078	0.059	0.053
اثرات متقابل Interactions						
(E1P1) ۱	5011.1	736.5	7.10	5.4	1.0	131616.7
(E1P2) ۲	5052.3	579.2	8.92	4.2	0.7	169261.1
(E1P3) ۳	4790.5	677.8	7.07	5.2	0.7	137376.4
(E2P1) ۴	4991.2	643.5	7.79	4.2	0.9	161920.1
(E2P2) ۵	5016.2	652.7	7.71	4.3	0.8	161672.7
(E2P3) ۶	4871.3	818.5	6.01	5.5	1.0	127575.9
(E3P1) ۷	5244.3	774.0	6.99	4.4	1.0	148797.2
(E3P2) ۸	4838.3	601.5	8.10	3.7	0.8	182280.3
(E3P3) ۹	4823.5	603.7	8.00	3.7	0.8	177955.4
SEM	102.464	57.778	0.634	0.403	0.078	12645.565
سطح معنی‌داری (p.value)	0.209	0.089	0.217	0.156	0.172	0.171

E1، E2 (شاهد) و E3 به ترتیب حاوی ۲۳۹۴، ۲۶۶۰ و ۲۹۲۶ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی سوخت و سازجیره است. P1، P2 (شاهد) و P3 به ترتیب حاوی ۲۵/۲۷، ۲۶/۶، ۲۷/۹۳ درصد پروتئین خام جیره است.

E1, E2 (control), and E3 diets contained 2,394, 2,660, and 2,926 kcal/kg of metabolizable energy (ME), respectively. The crude protein (CP) content of the P1, P2 (control), and P3 diets was 25.27%, 26.6%, and 27.93%, respectively.

صفات لاشه در سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف انرژی و پروتئین جیره بر صفات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج، سطح انرژی سوخت و ساز جیره تأثیر معنی‌داری بر درصد وزن لاشه، لاشه قابل مصرف، سینه، دو ران، گردن و پشت، کبد، قلب و سنگدان خالی نداشت ($P > 0.05$). در مقابل، اثر سطح انرژی سوخت و ساز بر درصد وزن دو بال معنی‌دار بود ($P = 0.037$). به‌طوری‌که درصد وزن دو بال در تیمار E_1 با تیمارهای E_2 و E_3 تفاوت معنی‌دار داشت، درحالی‌که بین تیمارهای E_2 و E_3 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. سطح پروتئین خام جیره نیز تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌یک از صفات مورد بررسی لاشه، شامل درصد وزن لاشه، لاشه قابل مصرف، سینه، دو ران، دو بال، گردن و پشت، کبد، قلب و سنگدان خالی نداشت ($P > 0.05$). همچنین، اثر متقابل سطح انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر هیچ‌یک از صفات لاشه معنی‌دار نبود ($P > 0.05$; جدول ۴). بنابراین، تغییر هم‌زمان سطوح انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره اثر معنی‌داری بر صفات لاشه بوقلمون‌های مورد مطالعه نداشت.

عدم مشاهده اثر معنی‌دار سطوح انرژی جیره بر بیشتر صفات لاشه نشان می‌دهد که تغییر تراکم انرژی در محدوده مورد مطالعه، تأثیر محسوسی بر بازده لاشه و توزیع نسبی بیشتر قطعات آن نداشته است. این یافته با نتایج پژوهش (Sell et al., 1985) همخوانی دارد؛ به‌طوری‌که این پژوهشگران گزارش کردند ترکیب لاشه و بازده قطعات آن تنها به میزان اندکی تحت تأثیر غلظت انرژی سوخت و ساز و پروتئین جیره قرار می‌گیرد. همچنین، (Wilson et al., 2025) گزارش کردند که کاهش سطح انرژی جیره، در حضور یک افزودنی صرفه‌جویی‌کننده در انرژی، تأثیر معنی‌داری بر بازده سینه و ران بدون استخوان بوقلمون نداشت. در مجموع، این نتایج نشان می‌دهند که تغییر سطح انرژی جیره در شرایط خاص آزمایشی ممکن است، با وجود تأثیر بر برخی شاخص‌های عملکردی، تغییرات محدودی در بعضی از صفات لاشه ایجاد کند. به نظر می‌رسد در شرایط آزمایش حاضر، تغییر سطوح انرژی جیره در محدوده مورد بررسی، به تغییر معنی‌دار بیشتر صفات لاشه منجر نشده است. تفاوت در شرایط محیطی و سطح انرژی جیره می‌تواند بر پاسخ صفات لاشه اثرگذار باشد؛ به‌طوری‌که Veldkamp و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند اثر سطح انرژی جیره بر برخی صفات لاشه بوقلمون به شرایط دمایی محیط وابسته است. همچنین، عوامل ژنتیکی، شرایط پرورش و تغذیه از عوامل مؤثر بر ویژگی‌های لاشه و گوشت طیور محسوب می‌شوند (Baéza et al., 2022). در تأیید نقش ژنوتیپ نیز، با بررسی مطالعات مربوط به جمعیت‌های مختلف بوقلمون، تفاوت معنی‌داری را در بسیاری از صفات مرتبط با لاشه و کیفیت گوشت میان جمعیت‌ها گزارش کردند (Salgado Pardo et al., 2023). اثر معنی‌دار سطح انرژی جیره بر درصد وزن دو بال، در حالی که سایر صفات لاشه تحت تأثیر قرار نگرفتند، نشان می‌دهد که پاسخ اجزاء مختلف لاشه به تغییر سطح انرژی یکسان نبوده است. از آنجا که این تفاوت با تغییر معنی‌دار درصد وزن لاشه و لاشه قابل مصرف همراه نبود، نمی‌توان آن را به‌تنهایی نشانه بهبود بازده کلی لاشه تلقی کرد. همچنین، عدم تأثیر معنی‌دار سطح پروتئین جیره بر صفات لاشه با نتایج مطالعات پیشین همخوانی دارد (Sell et al., 1985). گزارش کردند که ترکیب لاشه و بازده قطعات آن تنها به میزان محدودی تحت تأثیر غلظت انرژی و پروتئین جیره قرار می‌گیرد. به‌طور مشابه، نشان دادند که سطح پروتئین خام جیره تأثیر معنی‌داری بر بازده فرآوری لاشه بوقلمون نداشت (Veldkamp et al., 2017). احتمالاً در دامنه پروتئینی مورد مطالعه، تأمین احتیاجات تغذیه‌ای پرندگان برای رشد بافتی موجب شده است که افزایش بیشتر پروتئین خام جیره تغییر معنی‌داری در صفات لاشه ایجاد نکند. همچنین، عدم معنی‌داری اثر متقابل انرژی $\times$ پروتئین نشان می‌دهد که در دامنه تیمارهای مورد بررسی، شواهد آماری کافی برای وجود اثر تعاملی این دو عامل بر صفات لاشه مشاهده نشد. بنابراین، تغییرات مشاهده‌شده در صفات لاشه را نمی‌توان به اثر متقابل معنی‌دار انرژی و پروتئین نسبت داد.

جدول ۴- اثرات سطوح مختلف انرژی و پروتئین بر خصوصیات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان سن (۱۷ تا ۲۰ هفته).

Table 4- Effects of different dietary energy and protein levels on carcass characteristics of native Azerbaijan turkeys (17–20 weeks of age).

عوامل (اثرات اصلی) Factors (main effects)	درصد وزن لاشه قابل مصرف (درصد) Carcass weight (%)	درصد وزن سینه (درصد) Breast weight (%)	درصد وزن دو ران (درصد) Two-thigh weight (%)	درصد وزن دو بال (درصد) Two-wing weight (%)	درصد وزن گردن و پشت (درصد) Neck and back weight (%)	درصد وزن کبد (درصد) Liver weight (%)	درصد وزن قلب (درصد) Heart weight (%)	درصد وزن سنگدان خالی (درصد) Empty gizzard weight (%)
انرژی Energy								
E1	75.17	70.09	25.11	18.95	8.47 ^b	11.53	2.06	3.51
E2	75.30	70.75	24.90	19.04	9.01 ^a	11.85	1.97	3.50
E3	75.81	71.43	25.06	19.35	9.00 ^a	11.93	2.02	3.60
SEM	0.321	0.518	0.308	0.191	0.155	0.215	0.068	0.102
سطح معنی‌داری (p.value)	0.349	0.214	0.888	0.315	0.037	0.391	0.613	0.744
پروتئین Protein								
P1	75.33	70.44	24.68	19.20	8.72	11.69	2.07	3.62
P2	75.43	70.55	24.96	19.00	8.82	11.71	2.00	3.59
P3	75.51	71.28	25.43	19.15	8.94	11.91	1.98	3.40
SEM	0.321	0.518	0.308	0.191	0.155	0.215	0.068	0.102
سطح معنی‌داری (p.value)	0.925	0.427	0.252	0.758	0.628	0.733	0.660	0.267
اثرات متقابل Interactions								
(E1P1) ۱	74.97	69.77	24.67	18.89	8.23	11.84	2.17	3.49
(E1P2) ۲	75.23	69.46	24.92	18.65	8.36	11.16	2.11	3.82
(E1P3) ۳	75.32	71.04	25.74	19.30	8.82	11.58	1.90	3.23
(E2P1) ۴	75.14	70.11	25.39	19.20	8.84	11.37	1.99	3.85
(E2P2) ۵	75.44	72.05	24.91	19.51	8.16	12.15	1.96	3.40
(E2P3) ۶	75.31	70.09	24.97	18.43	9.03	12.03	1.95	3.24
(E3P1) ۷	75.89	71.44	24.58	19.50	9.10	11.86	2.04	3.52
(E3P2) ۸	75.63	70.14	25.63	18.84	8.95	11.82	1.94	3.56
(E3P3) ۹	75.91	72.72	25.63	19.72	8.96	12.11	2.09	3.71
SEM	0.556	0.898	0.534	0.331	0.269	0.372	0.117	0.177
سطح معنی‌داری (p.value)	0.984	0.160	0.585	0.063	0.634	0.434	0.588	0.091

E1، E2 (شاهد) و E3 به ترتیب حاوی ۲۷۳۶، ۳۰۴۰ و ۳۳۴۴ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی سوخت و ساز جیره است. P1، P2 (شاهد) و P3 به ترتیب حاوی ۱۴/۸۹ و ۱۵/۶۸ و ۱۶/۴۶ درصد پروتئین خام جیره است.

E1, E2 (control), and E3 contained 2,736, 3,040, and 3,344 kcal/kg of metabolizable energy in the diet, respectively. P1, P2 (control), and P3 contained 14.89, 15.68, and 16.46% crude protein in the diet, respectively.

صفات عملکردی در سن ۲۱ تا ۲۴ هفتگی

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر عملکرد، راندمان مصرف انرژی و پروتئین و هزینه خوراک بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سن ۲۱ تا ۲۴ هفتگی در جدول ۵ ارائه شده است. سطح انرژی سوخت و ساز جیره بر خوراک مصرفی، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی و راندمان مصرف پروتئین اثر معنی‌داری نداشت. در مقابل، اثر سطح انرژی سوخت و ساز بر راندمان مصرف انرژی و هزینه خوراک به ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

با افزایش سطح انرژی جیره، راندمان مصرف انرژی کاهش یافت، به‌طوری‌که مقدار این صفت از ۶/۶ در تیمار E1 به ۶/۸ و ۵/۶ به‌ترتیب در تیمارهای E2 و E3 رسید. بر اساس حروف معنی‌داری، میانگین راندمان مصرف انرژی در هر سه سطح انرژی با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند ($P < 0.001$). همچنین، هزینه خوراک به ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن در تیمار E1 بیشترین مقدار را داشت.

و با کاهش سطح انرژی تا تیمار E_2 کاهش یافت؛ با این حال، تیمار E_3 از نظر این صفت در گروه آماری واسط قرار گرفت، به طوری که بین E_3 و هر یک از تیمارهای E_1 و E_2 تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P=0.028$). سطح پروتئین خام جیره نیز بر راندمان مصرف پروتئین اثر معنی داری داشت ($P=0.001$). به طوری که راندمان مصرف پروتئین در تیمار P_1 به طور معنی داری بیشتر از تیمارهای P_2 و P_3 بود، در حالی که بین P_2 و P_3 تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در مقابل، سطح پروتئین خام جیره بر خوراک مصرفی، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، راندمان مصرف انرژی و هزینه خوراک به ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن اثر معنی داری نداشت ($P>0.05$). اثر متقابل سطح انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر هیچ یک از صفات عملکردی، راندمان مصرف انرژی و پروتئین و هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن معنی دار نبود ($P>0.05$ ؛ جدول ۵).

عدم مشاهده اثر معنی دار سطوح مختلف انرژی و پروتئین جیره بر افزایش وزن و برخی صفات عملکردی با نتایج گزارش شده در برخی مطالعات انجام شده بر طیور همخوانی دارد؛ به طوری که در مطالعه Araújo و همکاران (۲۰۰۶) تفاوت معنی داری در افزایش وزن و مصرف خوراک جوجه های گوشتی تغذیه شده با جیره های دارای سطوح متفاوت اسیدهای آمینه گوارش پذیری مشاهده نشد. همچنین، Arab-Abousadi و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تغییر سطوح انرژی و نسبت انرژی به پروتئین جیره در مرغ های بومی فارس بر افزایش وزن اثر معنی داری نداشت. در مقابل، عدم پاسخ مصرف خوراک به افزایش تراکم انرژی در مطالعه حاضر با گزارش های Classen (۲۰۱۷) و Pesti و همکاران (۱۹۹۹) متفاوت بود. این اختلاف می تواند ناشی از تفاوت در ژنوتیپ و سن پرندگان، دامنه سطوح انرژی جیره، نسبت انرژی به سایر مواد مغذی و همچنین شرایط محیطی و مدیریتی باشد؛ زیرا تنظیم مصرف خوراک در طیور فرآیندی پیچیده است و پاسخ پرند به تغییرات انرژی جیره لزوماً دقیق و متناسب نیست. کاهش کارایی استفاده از انرژی با افزایش تراکم انرژی جیره نشان می دهد که افزایش تراکم انرژی لزوماً به افزایش متناسب انرژی مورد استفاده برای رشد منجر نمی شود؛ این موضوع با شواهد موجود درباره پاسخ عملکردی جوجه های گوشتی به تراکم انرژی جیره همخوانی دارد، به طوری که افزایش انرژی سوخت و ساز می تواند موجب افزایش دریافت انرژی بدون افزایش متناسب وزن بدن و در برخی شرایط کاهش کارایی استفاده از انرژی برای رشد شود (Hidalgo et al., 2004; Maharjan et al., 2021; Marx et al., 2023). احتمالاً در سطوح بالاتر انرژی، بخشی از انرژی دریافتی بیش از نیاز برای رشد بوده و به جای تبدیل مؤثر به بافت پروتئینی، به سمت ذخیره انرژی، به ویژه ذخیره چربی، هدایت شده است. از این رو، افزایش تراکم انرژی جیره لزوماً به افزایش متناسب انرژی نگهداری شده در بافت های پروتئینی منجر نمی شود و کارایی استفاده از انرژی می تواند تحت تأثیر سطح انرژی جیره و نحوه توزیع انرژی بین نگهداری، ذخیره پروتئین و چربی قرار گیرد (Maharjan et al., 2021; Pirgozliev et al., 2024). این تفاوت ها احتمالاً به اختلاف در ژنوتیپ، سن و مرحله رشد پرندگان، ترکیب جیره و به ویژه نحوه تنظیم نسبت انرژی به پروتئین و اسیدهای آمینه مربوط است. عدم پاسخ معنی دار سطح پروتئین جیره به بیشتر صفات عملکردی، همراه با کاهش کارایی استفاده از پروتئین در سطوح بالاتر، نشان می دهد که افزایش عرضه پروتئین خام الزاماً موجب بهبود رشد یا افزایش کارایی استفاده از پروتئین نمی شود. هنگامی که احتیاجات پرند به پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری تأمین شده باشد، افزایش بیشتر پروتئین و اسیدهای آمینه می تواند موجب افزایش دریافت مازاد اسیدهای آمینه و در نتیجه افزایش دفع نیتروژن شود؛ همچنین، عدم تعادل در نسبت اسیدهای آمینه، به ویژه اسیدهای آمینه زنجیره دار، می تواند موجب آنتاگونیسم اسیدهای آمینه و کاهش عملکرد رشد شود. بنابراین، تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه متناسب با احتیاجات پرند و حفظ تعادل مناسب اسیدهای آمینه برای بهبود بهره وری استفاده از نیتروژن و حفظ عملکرد رشد اهمیت دارد (Woyengo et al., 2023; Estanich et al., 2024). تفاوت یافته حاضر با نتایج Cheng و همکاران (۱۹۹۷) نیز می تواند، دست کم بخشی، ناشی از نحوه تنظیم همزمان انرژی و پروتئین جیره باشد. در مطالعه حاضر، افزایش سطح انرژی با افزایش سطح پروتئین همراه بود؛ بنابراین، افزایش دریافت انرژی همزمان با افزایش دریافت پروتئین رخ داده است. چنین شرایطی می تواند بر نحوه استفاده از پروتئین و اسیدهای آمینه اثر گذاشته و در سطوح بالاتر مواد مغذی، کارایی استفاده از پروتئین را تحت تأثیر قرار دهد. Cheng و همکاران (۱۹۹۷) نیز نشان دادند که پاسخ رشد به پروتئین جیره به سطح انرژی وابسته است و بین انرژی سوخت و ساز و پروتئین جیره بر افزایش وزن اثر متقابل وجود دارد؛ به طوری که در جیره های کم انرژی، افزایش سطح پروتئین لزوماً موجب افزایش رشد نشد. از این رو، ارزیابی پاسخ پرندگان به سطوح انرژی و پروتئین باید با در نظر گرفتن نسبت انرژی به پروتئین جیره انجام شود و تفسیر جداگانه هر یک از این عوامل ممکن است بخشی از پاسخ واقعی پرند را نادیده بگیرد.

(Cheng et al., 1997; Hosseini-Vashan et al., 2010; Maharjan et al., 2021). عدم مشاهده اثر متقابل انرژی × پروتئین بر صفات عملکردی، کارایی استفاده از انرژی و پروتئین و هزینه خوراک نشان می‌دهد که در دامنه سطوح مورد بررسی، شواهد آماری کافی برای وجود پاسخ متقابل این دو عامل وجود نداشته است. با این حال، نبود اثر متقابل در شرایط آزمایش حاضر را نمی‌توان به عنوان نبود مطلق تعامل میان انرژی و پروتئین در نظر گرفت؛ زیرا بروز چنین تعاملی می‌تواند به دامنه سطوح تغذیه‌ای، نسبت انرژی به پروتئین، ژنوتیپ، سن و مرحله رشد پرندگان و شرایط محیطی و مدیریتی وابسته باشد (Cheng et al., 1997; Maharjan et al., 2021).

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف انرژی و پروتئین بر عملکرد و راندمان مصرف انرژی و پروتئین در بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سن (۲۱ تا ۲۴ هفته).
Table 5- Effects of different dietary energy and protein levels on performance and energy and protein utilization efficiency in native Azerbaijan turkeys (21–24 weeks of age).

عوامل (اثرات اصلی) Factors (main effects)	خوراک مصرفی (گرم) Feed intake (g)	افزایش وزن (گرم) Weight gain (g)	ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio (FCR)	راندمان مصرف انرژی (کیلوکالری بر کیلوگرم) Energy utilization efficiency (kcal/kg)	راندمان مصرف پروتئین (درصد) Protein utilization efficiency (%)	هزینه خوراک برای هر کیلوگرم افزایش وزن (ریال) Feed cost per kg of weight gain (Rials)
انرژی Energy						
E1	6086.1	1185.3	5.16	6.6 ^a	1.5	107296.7 ^a
E2	6026.4	1127.3	5.36	6.1 ^b	1.4	98336.3 ^b
E3	6108.3	1175.8	5.21	5.6 ^c	1.4	104386.3 ^{ab}
SEM	48.485	25.762	0.110	0.125	0.030	2178.287
سطح معنی‌داری (p.value)	0.480	0.259	0.433	0.00	0.412	0.028
پروتئین Protein						
P1	6020.8	1182.2	5.10	6.3	1.5 ^a	99422.6
P2	6102.8	1152.9	5.32	6.1	1.4 ^b	103490.6
P3	6097.2	1153.2	5.30	6.1	1.3 ^b	107106.1
SEM	48.485	25.762	0.110	0.125	0.030	2178.287
سطح معنی‌داری (p.value)	0.427	0.659	0.310	0.362	0.001	0.069
اثرات متقابل Interactions						
(E1P1) ۱	5975.0	1122.7	5.32	6.7	1.5	95440.8
(E1P2) ۲	6045.8	1170.6	5.18	6.9	1.5	93958.5
(E1P3) ۳	6058.3	1088.5	5.57	6.4	1.3	105609.7
(E2P1) ۴	6004.2	1197.9	5.02	6.4	1.6	98538.2
(E2P2) ۵	6175.0	1126.0	5.51	5.8	1.4	110254.4
(E2P3) ۶	6145.8	1203.3	5.11	6.2	1.4	104366.2
(E3P1) ۷	6083.3	1226.0	4.86	5.8	1.6	104288.8
(E3P2) ۸	6087.5	1162.1	5.29	5.5	1.4	106258.8
(E3P3) ۹	6087.5	1167.7	5.23	5.6	1.4	111342.4
SEM	83.979	44.620	0.190	0.217	0.052	3772.903
سطح معنی‌داری (p.value)	0.881	0.435	0.323	0.308	0.378	0.237

E₁, E₂ (شاهد) و E₃ به ترتیب حاوی ۲۸۲۱/۵، ۳۱۳۵ و ۳۴۴۸/۵ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی سوخت و ساز جیره است. P₁، P₂ (شاهد) و P₃ به ترتیب حاوی ۱۲/۶۴ و ۱۳/۳۰ و ۱۳/۹۷ درصد پروتئین خام جیره است.

E₁, E₂ (control), and E₃ contained 2,821.5, 3,135, and 3,448.5 kcal/kg of metabolizable energy in the diet, respectively. P₁, P₂ (control), and P₃ contained 12.64, 13.3, and 13.97% crude protein in the diet, respectively.

صفات لاشه در سن ۲۱ تا ۲۴ هفتگی

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر صفات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سن ۲۰ تا ۲۴ هفتگی در جدول ۶ ارائه شده است. سطح انرژی سوخت و ساز جیره بر هیچ‌یک از صفات لاشه شامل درصد وزن لاشه، لاشه قابل مصرف، سینه، دو ران، دو بال، گردن و پشت، کبد، قلب و سنگدان خالی اثر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). سطح پروتئین خام

جیره نیز بر بیشتر صفات لاشه اثر معنی‌داری نداشت؛ با این حال، اثر آن بر درصد وزن سینه معنی‌دار بود ($P=0.009$). به‌طوری‌که درصد وزن سینه در تیمار P_2 (۸۶/۲۶ درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار P_1 (۸۶/۲۵ درصد) بود، درحالی‌که بین تیمارهای P_2 و P_3 و همچنین بین P_1 و P_3 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. سطح پروتئین خام جیره بر درصد وزن لاشه، لاشه قابل مصرف، دو ران، دو بال، گردن و پشت، کبد، قلب و سنگدان خالی اثر معنی‌داری نداشت ($P>0.05$). همچنین، اثر متقابل سطح انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره بر هیچ‌یک از صفات لاشه معنی‌دار نبود ($P>0.05$; جدول ۶).

ثبات نسبی صفات لاشه در برابر تغییر تراکم انرژی نشان می‌دهد که در دامنه انرژی مورد بررسی، افزایش یا کاهش تراکم انرژی جیره لزوماً به تغییر در رشد یا ترکیب نسبی لاشه منجر نمی‌شود. این یافته با نتایج Wilson و همکاران (۲۰۲۵) نیز همخوانی دارد؛ آنان گزارش کردند که کاهش ۵۰ و ۷۰ کیلوکالری انرژی در هر کیلوگرم جیره، در شرایط استفاده از یک افزودنی صرفه‌جوی انرژی، تأثیر معنی‌داری بر وزن بدن، بازده سینه و بازده ران بدون استخوان بوقلمون‌ها نداشت. همچنین، نتایج حاضر با یافته‌های Sell و همکاران (۱۹۸۵) در بوقلمون‌های نر قابل مقایسه است؛ آنان گزارش کردند که ترکیب لاشه و بازده اجزاء آن تنها به میزان محدودی تحت تأثیر سطوح انرژی و پروتئین جیره قرار گرفت و اثر متقابل انرژی و پروتئین نیز برای بیشتر صفات لاشه معنی‌دار نبود. بنابراین، به نظر می‌رسد در دامنه مشخصی از تراکم انرژی، تغییر سطح انرژی جیره الزاماً موجب تغییر معنی‌دار در رشد و ترکیب لاشه بوقلمون نمی‌شود. با این حال، یافته حاضر با نتایج برخی مطالعات انجام‌شده در سایر طیور متفاوت بود. برای مثال، گزارش دادند که تغییر سطح پروتئین و لیزین جیره می‌تواند برخی صفات لاشه جوجه‌های گوشتی، از جمله درصد چربی شکمی و بازده سینه، را تحت تأثیر قرار دهد (Rezaei et al., 2004). همچنین، Nahashon و همکاران (۲۰۰۵) در مرغ‌های شاخدار و Van Nguyen و همکاران (۲۰۱۰) در مرغ‌های Betong، پاسخ برخی صفات لاشه را به تغییر سطوح انرژی و پروتئین گزارش کردند و Vujević و همکاران (۲۰۱۰) نیز اثر ترکیب سطوح مختلف انرژی و پروتئین را بر عملکرد و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و Yazarloo و همکاران (۲۰۱۴) پاسخ عملکرد و صفات لاشه بلدرچین ژاپنی را به سطوح مختلف انرژی و پروتئین مورد مطالعه قرار دادند. تفاوت این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر می‌تواند ناشی از تفاوت ژنوتیپ، سن و مرحله رشد پرندگان، دامنه سطوح انرژی و اسیدهای آمینه، نسبت انرژی به اسیدهای آمینه و همچنین شرایط محیطی و مدیریتی باشد. از این‌رو، پاسخ صفات لاشه به تغییر تراکم انرژی را نمی‌توان صرفاً بر اساس سطح انرژی جیره تفسیر کرد و کفایت اسیدهای آمینه ضروری، ژنوتیپ، مرحله رشد و شرایط پرورش نیز باید مورد توجه قرار گیرد. این موضوع با نتایج Göppel و همکاران (۲۰۲۲) نیز سازگار است. آنان نشان دادند که تغییر سطوح انرژی و اسیدهای آمینه جیره در بوقلمون‌ها الزاماً موجب تغییر در همه صفات عملکردی و لاشه نمی‌شود و پاسخ پرندگان به تیمارهای غذایی می‌تواند تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط پرورش قرار گیرد. در مورد پروتئین، نبود پاسخ معنی‌دار بیشتر صفات لاشه با نتایج برخی مطالعات انجام‌شده در بوقلمون همخوانی دارد (Summers & Spratt, 1990) گزارش کردند که تغییر سطح پروتئین جیره در بوقلمون‌های نر تأثیر محدودی بر افزایش وزن، بازده و ترکیب اجزاء لاشه داشت. همچنین، Summers و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که سطوح مختلف پروتئین و انرژی جیره تأثیر محدودی بر بازده لاشه و بازده و ترکیب گوشت خوراکی بوقلمون داشتند. نشان دادند که کاهش ۱۰ درصدی پروتئین خام جیره در بوقلمون‌های نر B.U.T. Big 6، در صورت تأمین و تعادل مناسب اسیدهای آمینه ضروری، اثر نامطلوبی بر صفات لاشه نداشت (Lemme et al., 2004). این یافته‌ها نشان می‌دهد که پاسخ صفات لاشه به سطح پروتئین خام تنها به مقدار پروتئین وابسته نیست، بلکه کفایت و تعادل اسیدهای آمینه ضروری نیز در تعیین پاسخ بافت‌های ماهیچه‌ای اهمیت دارد. بنابراین، هنگامی که احتیاجات اسیدهای آمینه ضروری برای رشد بافت‌های ماهیچه‌ای تأمین شده باشد، افزایش بیشتر پروتئین خام جیره لزوماً به افزایش متناسب رشد یا تغییر ترکیب لاشه منجر نمی‌شود. در میان اجزاء لاشه، درصد وزن سینه تحت تأثیر سطح پروتئین قرار گرفت؛ به‌طوری‌که مقدار آن در سطح میانی پروتئین بیشتر از سطح پایین بود، اما با سطح بالاتر تفاوت معنی‌داری نداشت. این الگو نشان می‌دهد که پاسخ رشد ماهیچه سینه به تغییرات سطح پروتئین الزاماً خطی نیست و پس از تأمین احتیاجات تغذیه‌ای، افزایش بیشتر پروتئین لزوماً به افزایش متناسب رشد این بافت منجر نمی‌شود. این موضوع با اهمیت تأمین کافی اسیدهای آمینه ضروری در رشد عضله سینه سازگار است (Jankowski et al., 2020). بنابراین، افزایش بیشتر پروتئین پس

از سطح P2 لزوماً به افزایش بیشتر درصد سینه منجر نشد. با توجه به نبود تفاوت معنی‌دار بین P2 و P3، نمی‌توان بر اساس نتایج حاضر سطح بهینه قطعی پروتئین را تعیین کرد. عدم وجود اثر متقابل معنی‌دار بین انرژی و پروتئین بر صفات لاشه نشان می‌دهد که در دامنه سطوح مورد بررسی، پاسخ صفات لاشه به تغییرات انرژی یا پروتئین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطح عامل دیگر قرار نگرفته است. این یافته با نتایج Sell (1993) در بوقلمون قابل مقایسه است؛ به‌طوری‌که در مطالعه وی، غلظت پروتئین جیره اثرات توالی تغذیه‌ای انرژی سوخت و ساز را تعدیل نکرد. با این حال، نبود اثر متقابل در پژوهش حاضر به معنای مستقل بودن کامل انرژی سوخت و ساز و پروتئین نیست، بلکه نشان می‌دهد که در محدوده تیمارهای مورد بررسی، شدت این تعامل به اندازه‌ای نبوده است که به تغییر معنی‌دار در صفات لاشه منجر شود. در مجموع، یافته‌های این آزمایش نشان داد که در بوقلمون‌های بومی آذربایجان در سن ۲۱ تا ۲۴ هفتگی، تغییر سطح انرژی جیره تأثیر محسوسی بر ترکیب لاشه نداشت، در حالی که پروتئین جیره تنها در مورد رشد نسبی عضله سینه پاسخ نشان داد. بنابراین، به نظر می‌رسد در این مرحله از رشد، تغییر سطح پروتئین در مقایسه با انرژی می‌تواند نقش اختصاصی‌تری در توسعه عضله سینه داشته باشد؛ هرچند بر اساس نتایج حاضر نمی‌توان سطح بهینه پروتئین را تعیین کرد و تعیین دقیق احتیاجات پروتئینی و اسیدآمینه‌ای این پرندگان به انجام آزمایش‌های اختصاصی‌تر نیاز دارد.

جدول ۶- اثرات سطوح مختلف انرژی و پروتئین بر خصوصیات لاشه بوقلمون‌های بومی آذربایجان سن (۲۱ تا ۲۴ هفته).

Table 6- Effects of different dietary energy and protein levels on carcass characteristics of native Azerbaijan turkeys (21–24 weeks of age).

عوامل (اثرات اصلی) Factors (main effects)	درصد وزن لاشه (درصد) Carcass weight (%)	درصد وزن لاشه قابل مصرف (درصد) Edible carcass weight (%)	درصد وزن سینه (درصد) Breast weight (%)	درصد وزن دو ران (درصد) Two-thigh weight (%)	درصد وزن دو بال (درصد) Two-wing weight (%)	درصد وزن گردن و پشت (درصد) Neck and back weight (%)	درصد وزن کبد (درصد) Liver weight (%)	درصد وزن قلب (درصد) Heart weight (%)	درصد وزن سنگدان خالی (درصد) Empty gizzard weight (%)
انرژی Energy									
E1	75.23	70.45	26.41	19.26	7.69	12.19	1.53	0.49	2.90
E2	75.11	69.64	26.19	18.81	7.74	11.88	1.51	0.49	3.04
E3	75.79	70.08	26.81	19.24	7.77	12.40	1.45	0.49	2.97
SEM	0.469	0.889	0.216	0.196	0.180	0.265	0.034	0.012	0.089
سطح معنی‌داری (p.value)	0.556	0.816	0.151	0.203	0.951	0.385	0.265	0.799	0.522
پروتئین Protein									
P1	75.11	69.60	25.86 ^b	19.03	7.77	11.82	1.52	0.50	2.98
P2	75.16	69.83	26.86 ^a	19.39	7.75	12.14	1.46	0.49	2.86
P3	75.86	70.74	26.69 ^a	18.89	7.67	12.51	1.49	0.47	2.97
SEM	0.469	0.889	0.216	0.196	0.180	0.265	0.034	0.012	0.089
سطح معنی‌داری (p.value)	0.461	0.640	0.009	0.205	0.919	0.206	0.464	0.345	0.992
اثرات متقابل Interactions									
(E1P1) ۱	74.66	68.95	25.56	18.74	7.78	11.76	1.57	0.49	3.04
(E1P2) ۲	74.17	69.50	26.36	18.97	7.66	11.75	1.46	0.49	2.80
(E1P3) ۳	76.50	70.48	26.65	18.71	7.78	12.11	1.48	0.47	3.28
(E2P1) ۴	76.03	70.78	26.21	19.01	7.93	12.17	1.48	0.51	3.10
(E2P2) ۵	75.99	68.06	27.19	19.71	7.60	12.24	1.41	0.48	3.09
(E2P3) ۶	75.37	71.40	27.02	19.01	7.77	12.80	1.45	0.49	2.73
(E3P1) ۷	74.64	69.09	25.81	19.35	7.60	11.52	1.52	0.50	2.79
(E3P2) ۸	75.33	71.93	27.02	19.49	8.00	12.42	1.51	0.50	2.99
(E3P3) ۹	75.73	70.34	26.39	18.95	7.46	12.62	1.55	0.46	2.91
SEM	0.813	1.540	0.374	0.338	0.312	0.459	0.059	0.021	0.154
سطح معنی‌داری (p.value)	0.402	0.438	0.824	0.888	0.722	0.848	0.888	0.784	0.090

سطوح E1, E2 (شاهد) و E3 به ترتیب حاوی ۲۸۲۱/۵، ۳۱۳۵ و ۳۴۴۸/۵ کیلوکالری انرژی سوخت و ساز در کیلوگرم و سطوح P1, P2 (شاهد) و P3 به ترتیب حاوی ۱۲/۶۴ و ۱۳/۳ و ۱۳/۹۷ درصد پروتئین خام در جیره می باشد.

The E1, E2 (control), and E3 levels contained 2,821.5, 3,135, and 3,448.5 kcal/kg of metabolizable energy, respectively, while the P1, P2 (control), and P3 levels contained 12.64, 13.3, and 13.97% crude protein in the diet, respectively.

نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که پاسخ بوقلمون های بومی آذربایجان به سطوح مختلف انرژی سوخت و ساز و پروتئین خام جیره، به مرحله رشد و صفت مورد ارزیابی وابسته است. در سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی، افزایش سطح انرژی موجب کاهش معنی دار راندمان مصرف انرژی و افزایش سطح پروتئین موجب کاهش خوراک مصرفی شد، درحالی که بیشتر صفات عملکردی و لاشه تحت تأثیر این عوامل قرار نگرفتند. در سن ۲۱ تا ۲۴ هفتگی نیز افزایش سطح انرژی راندمان مصرف انرژی و هزینه خوراک به ازاء هر کیلوگرم افزایش وزن را تحت تأثیر قرار داد، درحالی که سطح پروتئین بر راندمان مصرف پروتئین و درصد وزن سینه اثر معنی دار داشت. اثر متقابل انرژی و پروتئین بر صفات بررسی شده در هیچ یک از دو مرحله رشد معنی دار نبود. با توجه به مجموع نتایج و ضرورت تأمین مواد مغذی متناسب با مرحله رشد، جیره حاوی ۳۰۵۰ کیلوکالری انرژی سوخت و ساز در هر کیلوگرم و ۱۷ درصد پروتئین خام برای سن ۱۷ تا ۲۰ هفتگی و جیره حاوی ۳۱۳۰ کیلوکالری انرژی سوخت و ساز در هر کیلوگرم و ۱۲/۷ درصد پروتئین خام برای سن ۲۱ تا ۲۴ هفتگی به عنوان سطوح پیشنهادی این پژوهش مطرح می شوند؛ بااین حال، تأیید برتری اقتصادی این سطوح و تعیین دقیق احتیاجات تغذیه ای بوقلمون های بومی آذربایجان به مطالعات تکمیلی با ارزیابی همزمان عملکرد رشد، هزینه خوراک، ترکیب لاشه و کیفیت اسیدهای آمینه ضروری نیاز دارد.

سپاسگزاری

از موسسه تحقیقات علوم دامی کشور و ایستگاه تحقیقات بوقلمون کشور (تاتار ارسباران) و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی به جهت حمایت های صورت گرفته تشکر و قدردانی می شود.

منابع

- Aderibigbe, A. S., Wise, T. L., Davis, J. D., Naranjo, V. D., Hess, V., & Dozier III, W. A. (2024). Effects of reduced crude protein diets while maintaining essential amino acid concentrations on growth performance, nitrogen output, ammonia production, and meat yield. *Poultry Science*, 103(5), 103572.
- Arab-Abousadi, M., Rowghani, E., & Hassanzadeh, B. (2006). Investigation on the effects of different levels of energy and energy to protein ratios on the performance of Fars native laying hens during the second phase of production.
- Araújo, L. F., Junqueira, O. M., Araújo, C. S. S., Laurentiz, A. C., Assuena, V., & Gomes, G. A. (2006). Different criteria for feed formulation based on digestible amino acids for broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 8(4), 227-231.
- Aviagen Turkeys. (2020). Nicholas Select commercial performance objectives. Aviagen Turkeys Limited.
- Baéza, E., Guillier, L., & Petracci, M. (2022). Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16, 100331.
- Batkowska, J., Słowiński, M., Januś, E., Karwowska, M., & Brodacki, A. (2026). The quality of meat derived from turkey females reared under extensive conditions. *Foods*, 15(2), 195.
- Cheng, T. K., Hamre, M. L., & Coon, C. N. (1997). Effect of environmental temperature, dietary protein, and energy levels on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 6(1), 1-17.
- Classen, H. L. (2017). Diet energy and feed intake in chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 13-21.
- Estanich, E. B., Bowen, K. M., Knarr, L. E., Lynch, E. A., Noll, S. L., Morales, A. G., & Moritz, J. S. (2024). Influence of varying branched-chain amino acid ratio in diets containing corn gluten meal, L-isoleucine, and L-valine on 0–21 d Turkey poult performance, relative mTOR activation, and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Applied Poultry Research*, 33(4), 100486.
- Göppel, S., Weindl, P., Lambert, C., Thesing, B., Born, S., Schmidt, E., & Bellof, G. (2022). Effects of reduced energy and amino acid contents in complete feed mixtures on fattening and slaughter performance of slow or fast growing turkey genotypes in different organic housing systems. *European Poultry Science*, 86, 1-22.

- Gous, R. M., Fisher, C., Tumová, E., Machander, V., Chodová, D., & Tyl, J. (2024). The response of turkeys to dietary balanced protein during two periods of growth. *British Poultry Science*, 65(2), 203–212. <https://doi.org/10.1080/00071668.2024.2309289>.
- Hahn, G., & Spindler, M. (2002). Method of dissection of turkey carcasses. *World's Poultry Science Journal*, 58(2), 179-197.
- Hidalgo, M. A., Dozier III, W. A., Davis, A. J., & Gordon, R. W. (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.
- Hosseini-Vashan, S.J., Jafari-Sayadi, A.R., Golian, A., Motaghini, Gh., Namvari, M., Hamed, M. (2011). Comparison of growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets with various energy and constant energy to protein ratio. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(20): 10.3923/javaa.2010.2565.2570.
- Inc, S. I. (2011). *SAS/STAT® 9.3 user's guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Jankowski, J., Mikulski, D., Mikulska, M., Ognik, K., Całyniuk, Z., Mróz, E., & Zduńczyk, Z. (2020). The effect of different dietary ratios of arginine, methionine, and lysine on the performance, carcass traits, and immune status of turkeys. *Poultry Science*, 99(2), 1028-1037.
- Kumar, D., Rokade, J. J., Majumdar, S., Bhanja, S. K., & Mandal, A. B. (2016). Interaction of floor space, dietary energy level and feed enzyme influencing growth performance of growing turkey. *Indian Journal of Animal Sciences*, 86(3), 341-347.
- Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M. A., Mahmood, S., Babar, M. E., & Ahmed, S. (2008). Effect of low-protein diets having constant energy-to-protein ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Poultry Science*, 87(3), 468-474.
- Lemme, A., Frackenpohl, U., Petri, A., & Meyer, H. (2004). Effects of reduced dietary protein concentrations with amino acid supplementation on performance and carcass quality in turkey toms 14 to 140 days of age. *International Journal of Poultry Science*, 3(6), 391-399.
- Maharjan, P., Martinez, D. A., Weil, J., Suesuttajit, N., Umberson, C., Mullenix, G., ... & Coon, C. N. (2021). Physiological growth trend of current meat broilers and dietary protein and energy management approaches for sustainable broiler production. *Animal*, 15, 100284.
- Maharjan, P., Mullenix, G., Hilton, K., Weil, J., Beitia, A., Caldas, J., ... & Coon, C. (2021). Effects of dietary energy levels on Pectoralis major mixed muscle protein turnover and body composition in two broiler lines housed in different grow-out environments. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 105(3), 535-548.
- Marx, F. O., Alvarez, M. V. N., Bassi, L. S., Félix, A. P., Krabbe, E. L., Oliveira, S. G., & Maiorka, A. (2023). Use of statistical models to determine the optimal concentration of metabolizable energy for growth performance of broiler chickens. *Livestock Science*, 274, 105268.
- Mehdizadeh, S., Ebrahimi Mahmoudabad, S., & Seyyed Rouhollah, S. (2016). Effect of dietary energy and protein on the performance of native laying hens in Mazandaran Province. *Animal Science Journal*, 29(111), 107–120. (In Persian).
- Nahashon, S. N., Adefope, N., Amenyenu, A., & Wright, D. (2005). Effects of dietary metabolizable energy and crude protein concentrations on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. *Poultry Science*, 84(2), 337-344.
- National Research Council, & Subcommittee on Poultry Nutrition. (1994). *Nutrient requirements of poultry: 1994*. National Academies Press.
- Panda, N., Dutta, G., Mishra, S. C., & Mishra, P. K. (2009). Performance of turkeys under different energy and protein levels in hot and humid condition.
- Pirgozliev, V. R., Hammandy, M. H., Mansbridge, S. C., Whiting, I. M., & Rose, S. P. (2024). Efficiency of utilization of metabolizable energy for carcass energy retention in broiler chickens fed maize, wheat or a mixture. *Poultry*, 3(2), 85-94.
- Pirgozliev, V., Mansbridge, S. C., Watts, E. S., Whiting, I. M., Rose, S. P., Brearley, C. A., & Bedford, M. R. (2025). Effects of phytase supplementation on energy and nutrient availability, and phytate degradation in turkeys. *Poultry Science*, 104(11), 105309. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105309>.
- Rezaei, M., Moghaddam, H. N., Reza, J. P., & Kermanshahi, H. (2004). The effects of dietary protein and lysine levels on broiler performance, carcass characteristics and N excretion. *International Journal of Poultry Science*, 3(2), 148-152.
- Salgado Pardo, J. I., Navas González, F. J., González Ariza, A., León Jurado, J. M., Galán Luque, I., Delgado Bermejo, J. V., & Camacho Vallejo, M. E. (2023). Study of meat and carcass quality-related traits in Turkey populations through discriminant canonical analysis. *Foods*, 12(20), 3828.
- Salmon, R. E. (1986). Effect of nutrient density and energy to protein ratio on performance and carcass quality of small white Turkeys. *British Poultry Science*, 27(4), 629-638.

- Sell, J. L. (1993). Influence of metabolizable energy feeding sequence and dietary protein on performance and selected carcass traits of tom turkeys. *Poultry science*, 72(3), 521-534.
- SELL, J. L., HASIAK, R. J., & OWINGS, W. J. (1985). Independent effects of dietary metabolizable energy and protein concentrations on performance and carcass characteristics of tom turkeys. *Poultry Science*, 64(8), 1527-1535.
- Shim, M. Y., Song, E., Billard, L., Aggrey, S. E., Pesti, G. M., & Sodsee, P. (2013). Effects of balanced dietary protein levels on egg production and egg quality parameters of individual commercial layers. *Poultry science*, 92(10), 2687-2696.
- Summers, J. D., & Spratt, D. (1990). Weight gain, carcass yield, and composition of large white male turkeys reared to 28 weeks of age on growing and finishing diets with varying levels of dietary protein. *Poultry Science*, 69(4), 584-591.
- Summers, J. D., Leeson, S., Bedford, M., & Spratt, D. (1985). Influence of dietary protein and energy on performance and carcass composition of heavy turkeys. *Poultry Science*, 64(10), 1921-1933.
- Van Nguyen, T., Bunchasak, C., & Chantsavang, S. (2010). Effects of dietary protein and energy on growth performance and carcass characteristics of betong chickens (*Gallus domesticus*) during growing period. *International Journal of Poultry Science*, 9(5), 468-472.
- Veldkamp, T., Hocking, P. M., & Vinco, L. J. (2017). Effect of crude protein concentration and dietary electrolyte balance on litter quality, foot pad dermatitis, growth performance and processing yields in two medium heavy turkey hybrids. *British poultry science*, 58(5), 557-568.
- Veldkamp, T., Kwakkel, R. P., Ferket, P. R., & Verstegen, M. W. A. (2005). Growth responses to dietary energy and lysine at high and low ambient temperature in male turkeys. *Poultry science*, 84(2), 273-282.
- VerBeek, Z. K., DeLeon, C., Kerr, B. J., Shurson, G. C., Noll, S. L., & Koltes, D. A. (2024). Amino acid and energy digestibility of conventional corn dried distiller's grains with solubles, high protein distillers dried grains, and corn fermented protein, and impacts on turkey poult growth performance and intestinal characteristics. *Poultry Science*, 103(10), 104082. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104082>.
- Vujević, P., Vahčić, N., Milinović, B., Jelačić, T., Halap, K. D., & Čmelik, Z. (2010). Pomological traits and proximate chemical composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties grown in Croatia. *African journal of agricultural research*, 5(15), 2023-2029.
- Wilson, B. A., Kerr, B. J., Ramirez, B. C., & Koltes, D. A. (2025). Impacts of an energy sparing feed additive on turkeys fed titrating reduced energy diets. *Poultry Science*, 104(5), 105046. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105046>.
- Wilson, B. A., Kerr, B. J., Ramirez, B. C., & Koltes, D. A. (2025). Impacts of an energy sparing feed additive on turkeys fed titrating reduced energy diets. *Poultry Science*, 104(5), 105046.
- Woyengo, T. A., Knudsen, K. B., & Børsting, C. F. (2023). Low-protein diets for broilers: current knowledge and potential strategies to improve performance and health, and to reduce environmental impact. *Animal Feed Science and Technology*, 297, 115574.
- Yang, Y., Zhou, L., Liu, H., Huang, Z., Zhang, J., & Lv, L. (2026). Dietary energy levels regulate feed intake of broilers through the brain-gut axis. *Frontiers in Veterinary Science*, 13, 1694957.
- Yazarloo, M., Sharifi, S. D., Shariatmadari, F., & Salehi, A. (2013). Determination of optimum levels of energy and protein in grower diet of Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*). *Journal of Animal Production*, Print ISSN: 2008-6776., Online ISSN: 2382-994X, 15(1), 1-10.
- Zhang, Y., et al. (2024). Dietary metabolizable energy and crude protein levels affect Taihe silky fowl growth performance, meat quality, and cecal microbiota during fattening. *Poultry Science*, 103(12), 104363. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104363> □.