



## **The effect of different levels of commercial anti-stress additive on performance, carcass characteristics and some blood parameters of broiler chickens under normal and heat stress conditions**

**Behzad Sadighi** <sup>1✉</sup> , **Hossein Moravej** <sup>2</sup> 

1. Corresponding Author, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, P. O. Box 31585-4111, Karaj, Iran. E-mail: [be.sadighi@ut.ac.ir](mailto:be.sadighi@ut.ac.ir)

2. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, P. O. Box 31585-4111, Karaj, Iran. E-mail: [hmoravej@ut.ac.ir](mailto:hmoravej@ut.ac.ir)

### **Article Info**

#### **Article type:**

Research Article

#### **Article history:**

Received: 13 December 2025

Received in revised form: 31 January 2026

Accepted: 3 February 2026

Published online: Autumn 2026

#### **Keywords:**

*Heat stress, broiler chickens, carcass characteristics, performance, blood parameters.*

### **ABSTRACT**

This experiment was conducted to investigate the effect of different levels of commercial anti-stress additive on performance traits, carcass composition and blood parameters of broiler chickens. The experiment was carried out in a 2×4 factorial arrangement with 240 male Ross broiler chickens for 42 days. Treatments included: 1- control treatment, 2- treatment containing 1.5 g/kg anti-stress additive, 3- treatment containing 3 g/kg anti-stress additive, 4- treatment containing 5 g/kg anti-stress additive. Each of the treatments was in two environments with and without heat stress and with six replications. The results showed that the average daily weight gain, average live weight at the end of the period and production efficiency index in birds receiving different levels of anti-stress were higher than in the control treatment ( $P<0.05$ ). Birds receiving anti-stress at levels of 1.5 and 5 g/kg had lower feed conversion ratio than in the control treatment ( $P<0.05$ ). The average daily weight gain and the average live weight at the end of the period were significantly higher in the non-stressed environment ( $P<0.05$ ). Treatments containing different levels of anti-stress additive had higher carcass weight than the control treatment ( $P<0.05$ ). The hormone triiodothyronine in birds receiving different levels of anti-stress additive was significantly higher than the control treatment ( $P<0.05$ ). Economically, the treatment containing 1.5 g/kg anti-stress additive accounted for a higher percentage of profit than other treatments. In general, supplementation with the anti-stress additive at different levels improved growth performance indices and feed conversion ratio compared with the control treatment.

**Cite this article:** Sadighi, B. & Moravej, H. (2026). The effect of different levels of commercial anti-stress additive on performance, carcass characteristics and some blood parameters of broiler chickens under normal and heat stress conditions. *Iranian Journal of Animal Science*, 57 (3), 407-423. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.407935.654113>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.407935.654113>

**Publisher:** The University of Tehran Press.

## Extended Abstract

### Introduction

Heat stress is one of the most persistent challenges in poultry production, particularly in tropical and subtropical regions where elevated ambient temperatures impair feed intake, metabolic balance, endocrine activity, immune function, and growth performance. Broiler chickens are highly susceptible to thermal stress because of their rapid growth rate and high metabolic heat production, making them a critical model for interventions aimed at mitigating stress-related performance decline. Nutritional strategies, especially the use of anti-stress supplements containing vitamins, electrolytes, antioxidants, or herbal components, have drawn considerable attention for their potential to stabilize physiological responses under heat stress and improve overall productivity. Among commercial supplements, “Stress Calm” has been formulated to reduce physiological stress and support metabolic and endocrine stability. Despite promising claims, scientific evidence evaluating its efficacy under both normal and heat-stress conditions remains limited.

The present study was designed to investigate the effect of different dietary inclusion levels of anti-stress on growth performance, feed efficiency, carcass characteristics, and selected blood parameters of broiler chickens reared under normal temperature and heat-stress conditions. The study aimed to determine whether anti-stress supplementation improves performance and physiological responses beyond those of birds receiving a basal diet alone, and whether its effects differ across varying environmental temperatures. Based on previous literature, we hypothesized that anti-stress would (a) enhance weight gain and feed efficiency, (b) improve carcass yield, and (c) modulate key blood biomarkers such as thyroid hormones, oxidative stress indicators, and immune parameters. Identifying effective nutritional interventions for mitigating heat stress is essential for poultry producers, veterinarians, nutritionists, and feed formulation specialists. This research employs an explanatory experimental design aligned with a postpositivist approach, enabling objective evaluation of treatment effects and interaction patterns under controlled environmental conditions.

### Materials and methods

A controlled experimental study was conducted using 240 one-day-old male Ross broiler chickens over a 42-day period. Birds were randomly assigned to four dietary treatments containing 0, 1.5, 3, and 5 g/kg of the anti-stress commercial anti-stress supplement. Each treatment was evaluated under two environmental conditions: normal temperature and heat stress. Each of the eight treatment combinations included six replicates. All birds were housed in identical cages with ad libitum access to feed and water. Diets were formulated based on standard recommendations and provided in four phases: starter (0–10 days), grower (11–24 days), finisher 1 (25–35 days), and finisher 2 (36–42 days).

Outcome measurements included average daily weight gain, feed intake, feed conversion ratio (FCR), live body weight, and European Production Efficiency Index (EPEI). At day 43, birds were slaughtered to determine carcass yield and relative organ weights (breast, thigh, liver, gizzard, heart, abdominal fat). At 42 days of age, blood samples were collected from the wing vein for analysis of glucose, cortisol, GPX, malondialdehyde, T3, T4, white blood cell counts, heterophil-to-lymphocyte ratio (H/L), and ND antibody titer. Serum was separated by centrifugation and used for biochemical and hormonal assays.

All procedures adhered to ethical guidelines for the care and use of animals in research. Collected data were analyzed using the SAS software package. Mean comparisons were performed using Duncan’s multiple range test, and significance was declared at  $P < 0.05$ .

### Results and Discussion

Supplementation with anti-stress significantly improved several key performance indicators. Birds receiving 1.5, 3, or 5 g/kg anti-stress exhibited higher average daily weight gain and greater final live body weight compared with the control group ( $P < 0.05$ ). Feed conversion ratio improved notably in the 1.5 and 5 g/kg groups, indicating enhanced feed efficiency. The EPEI also increased in all anti-stress –supplemented treatments, with the highest values observed in the 5 g/kg group.

Environmental temperature significantly influenced performance. Birds reared under normal temperature had higher weight gain and final body weight than those exposed to heat stress ( $P < 0.05$ ). Nonetheless, anti-stress supplementation partially mitigated the negative effects of heat stress, as supplemented birds showed better performance than heat-stressed birds in the control treatment.

Carcass evaluation demonstrated that anti-stress significantly increased carcass weight across all supplemented groups ( $P < 0.05$ ), while relative percentages of major carcass components (breast, thigh, abdominal fat) were not significantly altered. Environmental temperature influenced thigh percentage and heart relative weight, with heat-stressed birds presenting slightly higher values.

Blood analysis revealed that T3 concentrations were significantly higher in all anti-stress–supplemented birds compared to controls ( $P < 0.05$ ), suggesting improved thyroid activity and metabolic regulation. Other blood

metabolites such as glucose, MDA, GPX, cortisol, and ND titer remained statistically similar among treatments, although heat-stressed birds showed higher WBC counts and a higher H/L ratio, consistent with physiological stress responses. Anti-stress did not significantly modify oxidative stress markers but contributed to hormonal stabilization.

Economic analysis indicated that the 1.5 g/kg anti-stress treatment generated the highest net profit and profit percentage, outperforming all other treatments due to a favorable balance of improved FCR, higher final body weight, and reasonable supplement cost.

### **Conclusion**

This study demonstrates that supplementation with the commercial anti-stress product anti-stress improves growth performance, carcass yield, and thyroid hormone levels in broiler chickens, both under normal and heat-stress conditions. The supplement enhanced weight gain and feed efficiency while also increasing carcass weight without altering major carcass component ratios. Although heat stress impaired overall performance and altered hematological responses, anti-stress supplementation reduced the severity of performance losses and supported better metabolic regulation.

The findings highlight the practical significance of tailored nutritional strategies for mitigating heat-stress-induced performance decline in broiler production. From an industry perspective, using 1.5 g/kg anti-stress appears to offer the best economic return, making it a promising option for poultry operations in warm climates. Future research should explore long-term physiological effects, potential synergistic interactions with antioxidants or electrolytes, and the mechanisms through which anti-stress modulates endocrine and metabolic pathways.

### **Author Contributions**

Behzad Sadighi and Hossein Moravej, contributed to conception, design, data collection, statistical analysis, and drafting of the manuscript. All authors approved the final version for submission.

### **Data Availability Statement**

This article contains all the data that were created or evaluated during the research.

### **Acknowledgements**

The authors would like to sincerely thank the members of Department of Animal Science, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran for the approval and support of this research.

### **Ethical considerations**

All experimental procedures involving animals were reviewed and approved by the Committee on the Ethics of Animal Experiments of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Tehran (Karaj). All protocols complied with institutional guidelines for the care and use of animals in research.

### **Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

## تأثیر سطوح مختلف افزودنی ضد تنش تجاری بر عملکرد، خصوصیات لاشه و برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی تحت شرایط نرمال و تنش گرمایی

بهزاد صدیقی<sup>۱</sup> | حسین مروج<sup>۲</sup>۱. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. ایمیل: [be.sadighi@ut.ac.ir](mailto:be.sadighi@ut.ac.ir)۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. ایمیل: [hmoraveg@ut.ac.ir](mailto:hmoraveg@ut.ac.ir)

| اطلاعات مقاله                                                       | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| نوع مقاله:                                                          | این آزمایش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف افزودنی ضد تنش بر صفات عملکردی، تفکیک لاشه و فراسنجه‌های خونی مرغ‌های گوشتی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل ۴×۲ با ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس به مدت ۴۳ روز انجام شد. تیمارها شامل: ۱- تیمار شاهد، ۲- تیمار حاوی ۱/۵ g/kg افزودنی ضد تنش، ۳- تیمار حاوی ۳ g/kg افزودنی ضد تنش، ۴- تیمار حاوی ۵ g/kg افزودنی ضد تنش بود. هر کدام از تیمارها در دو محیط با و بدون تنش گرمایی و با ۶ تکرار بودند. نتایج نشان داد میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین وزن زنده انتهای دوره و شاخص کارایی تولید در پرندگان دریافت کننده سطوح مختلف افزودنی ضد تنش نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود ( $P<0.05$ ) پرندگان دریافت کننده افزودنی در سطوح ۱/۵ و ۵ گرم در کیلوگرم ضریب تبدیل پایین‌تری نسبت به تیمار شاهد داشتند ( $P<0.05$ ). میانگین افزایش وزن روزانه و میانگین وزن زنده انتهای دوره در محیط بدون تنش به طور معنی‌داری بیشتر بود ( $P<0.05$ ). تیمارهای حاوی سطوح مختلف افزودنی ضد تنش وزن لاشه بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند ( $P<0.05$ ). هورمون تری‌پودوتیرونین در پرندگان دریافت کننده سطوح مختلف افزودنی ضد تنش به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود ( $P<0.05$ ). از نظر اقتصادی تیمار حاوی ۱/۵ گرم در کیلوگرم افزودنی ضد تنش نسبت به سایر تیمارها درصد سود بیشتری را به خود اختصاص داد. به طور کلی استفاده از افزودنی ضد تنش در سطوح مختلف با افزایش شاخص‌های عملکرد رشد و بهبود ضریب تبدیل خوراک نسبت به تیمار شاهد همراه بود. |
| مقاله پژوهشی                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۴                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۵                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| کلیدواژه‌ها:                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| تنش گرمایی، جوجه‌های گوشتی، خصوصیات لاشه، عملکرد، فراسنجه‌های خونی. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

استناد: صدیقی، بهزاد و مروج، حسین (۱۴۰۵). تأثیر سطوح مختلف افزودنی ضد تنش تجاری بر عملکرد، خصوصیات لاشه و برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی

تحت شرایط نرمال و تنش گرمایی. نشریه علوم دامی ایران، ۵۷ (۳)، ۴۲۳-۴۰۷. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.407935.654113>

© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2026.407935.654113>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## مقدمه

امروزه عوامل تنش‌زا، نقش مهمی در کاهش راندمان پرورش در صنعت طیور دارند. مدیریت این عوامل در جهت به حداقل رساندن پاسخ طیور به آنها از اهداف بسیار مهم مدیران کارآمد مزارع می‌باشد. تنش به پرنده اجازه نخواهد داد تا تمامی توانایی‌های بالقوه خود را در رشد، ضریب تبدیل غذایی و تولید تخم‌مرغ بروز دهد. تنش همچنین توانایی‌های پرنده در پاسخ‌های ایمنی را کاهش می‌دهد. در صنعت طیور مدرن، پرندگان به صورت مداوم تحت تأثیر عوامل تنش‌زای مختلفی مانند حمل و نقل، واکسیناسیون، بیماری‌ها، نوک چینی، تهویه نامناسب، محدودیت خوراک، تراکم بالای گله، گرما و سرما قرار می‌گیرند. این عوامل تنش‌زا می‌توانند سبب تغییرات هورمونی، کاهش میزان مصرف خوراک، تغییرات متابولیسمی در تغذیه و همچنین بروز مشکل در سیستم ایمنی پرنده شوند. به طور کلی تنش، نشان دهنده یک پاسخ بیولوژیکی به محرک‌هایی است که تعادل فیزیولوژیکی طبیعی یا هموستاز آن را بر هم می‌زند (Akinyemi & Adewole, 2021).

یکی از اصلی‌ترین عوامل تنش در پرورش طیور تنش گرمایی است. تنش گرمایی ناشی از تعادل منفی بین مقدار خالص انرژی جریان یافته از بدن حیوان به محیط اطراف آن و مقدار انرژی گرمایی تولید شده توسط حیوان است. این عدم تعادل ممکن است ناشی از عوامل مختلفی مانند، محیطی (نور خورشید، تابش حرارتی، دمای هوا، رطوبت و حرکت) و ویژگی‌های حیوان (مانند گونه، سرعت سوخت و ساز، و مکانیسم‌های تنظیم کننده حرارت) باشد. جوجه‌های گوشتی به دلیل سرعت رشد و تراکم بالا، به نظر می‌رسد به چالش‌های محیطی مرتبط با دما، به ویژه تنش گرمایی حساس باشند (Lara & Rostagno, 2013). تنش گرمایی باعث کاهش مصرف خوراک، افزایش وزن، وزن لاشه، و قابلیت هضم مواد مغذی و بدتر شدن راندمان غذایی و کیفیت لاشه می‌شود (Shi et al., 2019). علاوه بر این، نشان داده شد که تنش گرمایی بر قدرت ایمنی و ریخت‌شناسی روده در طیور تأثیر منفی می‌گذارد (Sahin et al., 2017).

با توجه به اینکه کشور ایران جز مناطق گرم و خشک دنیا است. این امر باعث شده که پرورش دهندگان طیور به خصوص جوجه‌های گوشتی با چالش تنش گرمایی در فصول گرم سال و به دنبال آن با هزینه‌های گزافی برای مقابله با این چالش مواجه باشند. در شرایط تنش اکسیداتیو ناشی از دمای بالای محیط، سطوح پلاسمایی برخی ویتامین‌ها و برخی مواد معدنی دخیل در سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن کاهش یافته و نیز میزان گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد (Shi et al., 2019). امروزه در کنار بهبود سیستم‌های تهویه و سرمایش در سالن‌های پرورش، تأکید بیشتر بر دستکاری جیره غذایی یا استفاده از افزودنی‌های خوراکی متمرکز است، که به منظور کاهش اثرات منفی دمای بالای محیط بر عملکرد و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی می‌باشد. مکمل ضد تنش با نام تجاری استرس کالم حاوی مجموعه‌ای از ویتامین‌ها، مواد معدنی به فرم کیلاته، بتائین، آرژنین، تریپتوفان و مخمر اتولیز شده است که با هدف افزایش ظرفیت سازگاری پرنده در برابر استرس‌های فیزیولوژیک فرموله شده است. با توجه به ماهیت این ترکیبات، انتظار می‌رود این مکمل علاوه بر کاهش پیامدهای منفی تنش، بتواند از طریق بهبود کارایی متابولیک و وضعیت ایمنی، موجب ارتقای عملکرد رشد نیز شود. از این رو، چنین مکمل‌هایی را می‌توان در زمره افزودنی‌های عملکردی با اثرات ضد استرسی دانست که ممکن است در شرایط نرمال نیز اثرات مثبتی بر شاخص‌های تولید و رشد نشان دهند. بر این اساس، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر سطوح مختلف مکمل ضد تنش استرس کالم بر عملکرد، خصوصیات لاشه و برخی فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی تحت شرایط نرمال و تنش گرمایی بود.

## روش‌شناسی پژوهش

طرح تحقیقاتی حاضر به مدت ۴۳ روز در سالن تحقیقاتی پرورش جوجه گوشتی گروه علوم دامی دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل  $2 \times 4$  در قالب طرح کاملاً تصادفی با تعداد ۲۴۰ قطعه جوجه گوشتی جنس نر در شرایط پرورش در قفس اجرا شد. تیمارها شامل موارد زیر بود: ۱- تیمار شاهد (بدون افزودنی)، ۲- تیمار حاوی ۱/۵ گرم در کیلوگرم ضد تنش، ۳- تیمار حاوی ۳ گرم در کیلوگرم ضد تنش، ۴- تیمار حاوی ۵ گرم در کیلوگرم ضد تنش. هر کدام از تیمارها در دو محیط با و بدون تنش گرمایی و ۶ تکرار اعمال شد و برای هر واحد آزمایشی ۵ پرنده در نظر گرفته شد. افزودنی به صورت سرک به جیره اضافه شد. در شرایط نرمال، دمای محیط به تدریج از ۳۲-۳۳ درجه سانتی‌گراد به ۲۲-۲۳ درجه سانتی‌گراد تا روز ۲۱ کاهش یافت و این دما تا پایان دوره پرورش ثابت نگه داشته شد. رطوبت نسبی در طول

آزمایش بین ۴۰ تا ۵۰ درصد نگه داشته شد. تنش گرمایی از ابتدا تا انتهای دوره پرورش از ساعت ۱۱ صبح تا ۱۷ عصر با دمای ۳۵ درجه سانتی گراد انجام شد. جیره‌های غذایی مورد استفاده برای جوجه‌های گوشتی در دوره‌های آغازین (۰ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)، پایانی (۲۵ تا ۳۵ روزگی) و پایانی ۲ (۳۶ تا ۴۲ روزگی) در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین وزن زنده انتهای دوره پرورش (۴۲ روزگی)، میانگین افزایش وزن روزانه دوره‌های مختلف پرورش، میانگین مصرف خوراک روزانه، میانگین ضریب تبدیل غذایی و شاخص کارایی تولید اروپایی در انتهای دوره پرورشی تعیین شد.

در پایان ۴۲ روزگی، از یک پرنده از هر تکرار به طور تصادفی از ورید بال نمونه خون جمع‌آوری شد. نمونه‌های خون سانتریفیوژ شدند و نمونه‌های سرم جدا شدند و برای تجزیه و تحلیل بیشتر سلول‌های سفید خون مانند هتروفیل، لنفوسیت، نسبت هتروفیل به لنفوسیت، تعداد سلول‌های سفید خون، تیتیر نیوکاسل، کورتیزول،  $T_4$ ،  $T_3$ ، گلوکز، گلوکاتایون پراکسیداز، مالون دی آلدئید، ذخیره شدند. از خون کامل برای آزمایش نسبت هتروفیل به لنفوسیت و شمارش کل گلبول‌های سفید خون استفاده شد. در پایان دوره آزمایش (سن ۴۳ روزگی) تعداد یک قطعه پرنده با وزن نزدیک به میانگین از هر تکرار کشتار شد. پس از کشتار، وزن نسبی لاشه و درصد هریک از اجزا و اندام‌های درونی (سینه، ران‌ها، چربی محوطه بطنی، سنگدان، کبد و قلب) محاسبه شد.

با توجه به درآمد حاصل از فروش وزن زنده انتهای دوره و هزینه خوراک مصرفی ارزیابی اقتصادی و درصد سود حاصله محاسبه شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد. مدل آماری طرح به شرح زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i\beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

که در آن  $Y_{ijk}$  مقدار هر مشاهده،  $\mu$  میانگین جامعه،  $\alpha_i$  اثر تیمار،  $\beta_j$  اثر شرایط دمایی (تنش، نرمال)،  $\alpha_i\beta_j$  اثر متقابل تیمار و تنش و  $\varepsilon_{ijk}$  اثر خطای آزمایش است.

جدول ۱. اجزای و ترکیبات مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1. Ingredients and nutrient composition of experimental diets

| پایانی ۲<br>(۳۶ تا ۴۲ روزگی) | پایانی ۱<br>(۲۵ تا ۳۵ روزگی) | رشد<br>(۱۱ تا ۲۴ روزگی) | آغازین<br>(صفر تا ۱۰ روزگی) |                                         |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| اجزای خوراک (%)              |                              |                         |                             |                                         |
| 65.59                        | 62.18                        | 55.35                   | 55.58                       | ذرت، دانه                               |
| 28.21                        | 31.72                        | 38.24                   | 39.07                       | کنجاله دانه سویا                        |
| 2.64                         | 2.45                         | 1.91                    | 0.77                        | روغن                                    |
| 1.41                         | 1.48                         | 2.10                    | 2.14                        | دی کلسیم فسفات                          |
| 0.49                         | 0.54                         | 0.78                    | 0.79                        | کربنات کلسیم                            |
| 0.44                         | 0.36                         | 0.04                    | 0.15                        | جوش شیرین                               |
| 0.08                         | 0.18                         | 0.33                    | 0.26                        | نمک طعام                                |
| 0.31                         | 0.32                         | 0.36                    | 0.37                        | دی - ال متیونین                         |
| 0.23                         | 0.19                         | 0.24                    | 0.24                        | ال - لایزین (HCl)                       |
| 0.10                         | 0.09                         | 0.14                    | 0.14                        | ترئونین                                 |
| 0.50                         | 0.50                         | 0.50                    | 0.50                        | مکمل ویتامینه و مواد معدنی <sup>۱</sup> |
| مواد مغذی                    |                              |                         |                             |                                         |
| 3050                         | 3000                         | 2900                    | 2800                        | انرژی قابل سوخت و ساز (Kcal/kg)         |
| 17.57                        | 18.87                        | 20.09                   | 21.65                       | پروتئین (%)                             |
| 0.59                         | 0.62                         | 0.70                    | 0.89                        | کلسیم (%)                               |
| 0.51                         | 0.54                         | 0.59                    | 0.68                        | فسفر کل (%)                             |

| پایانی ۲<br>(۳۶ تا ۴۲ روزگی) | پایانی ۱<br>(۲۵ تا ۳۵ روزگی) | رشد<br>(۱۱ تا ۲۴ روزگی) | آغازین<br>(صفر تا ۱۰ روزگی) | اجزای خوراک (%)               |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 0.33                         | 0.35                         | 0.39                    | 0.47                        | فسفر قابل دسترس (%)           |
| 0.17                         | 0.19                         | 0.17                    | 0.17                        | سدیم (%)                      |
| 0.99                         | 1.04                         | 1.10                    | 1.24                        | لیزین (%)                     |
| 0.56                         | 0.58                         | 0.59                    | 0.66                        | متیونین (%)                   |
| 0.80                         | 0.83                         | 0.86                    | 0.94                        | متیونین + سیستین (%)          |
| 0.66                         | 0.70                         | 0.74                    | 0.83                        | ترئونین (%)                   |
| 234                          | 242                          | 234                     | 249                         | تعادل کاتیون و آنیون (mEq/kg) |

۱. مکمل ویتامینی از نظر محتویات ویتامینی برای هر کیلو جیره : تیامین منو نیترات ۳ میلی گرم، نیکوتینیک اسید ۵۵ میلی گرم، ریوفلاوین ۱۲ میلی گرم، دی کلسیم پنتوتنات ۱۵ میلی گرم، کوبالامین ۰/۰۳ میلی گرم، پری دوکسین هیدروکلراید ۶ میلی گرم، بیوتین ۰/۳ میلی گرم، فولیک اسید ۲ میلی گرم، کلین کلراید ۳۰۰ میلی گرم، کوله کلسیفرول ۳۵۰۰ واحد بین المللی، ترانس رتینول استات ۱۱۰۰۰ واحد بین المللی، توکوفرول استات ۱۰۰ واحد بین المللی، اتوکسی کوئین ۱/۲۵ میلی گرم.  
مکمل معدنی از نظر محتویات معدنی برای هر کیلو جیره: سولفات منگنز ۱۲۰ میلی گرم، فروس سولفات ۵۰ میلی گرم، اکسید روی ۱۰۰ میلی گرم، سولفات مس ۱۰ میلی گرم، یدات پتاسیم ۲ میلی گرم، سلنات سدیم ۰/۳ میلی گرم

## یافته های پژوهشی

### عملکرد تولیدی

نتایج عملکرد تولیدی دوره‌های مختلف پرورش در جداول ۲ تا ۴ ارائه شده است. همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود، در دوره آغازین بین تیمارهای مورد آزمایش از لحاظ صفات میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ( $P>0.05$ ). در حالیکه تأثیر محیط بر صفات میانگین افزایش وزن روزانه و میانگین مصرف خوراک روزانه معنی‌دار بود و پرندگانی که در محیط بدون تنش پرورش یافتند میانگین افزایش وزن روزانه و میانگین مصرف خوراک روزانه بیشتری نسبت به پرندگان پرورش یافته در محیط با تنش نشان دادند ( $P<0.05$ ). همچنین اثرات متقابل بین سطوح مختلف ضد تنش و محیط معنی‌دار نشد ( $P>0.05$ ). نتایج عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره رشد در جدول شماره ۲ ارائه شده است. میانگین افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی دریافت کننده سطوح مختلف مکمل ضد تنش به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد بیشتر بود ( $P<0.05$ ). پرندگان دریافت کننده سطوح ۳ و ۵ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش میانگین مصرف خوراک بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند ( $P<0.05$ ), اما نسبت به پرندگان دریافت کننده سطح ۱/۵ گرم در کیلوگرم ضد تنش تفاوت معنی‌دار نبود ( $P>0.05$ ). پرندگان دریافت کننده سطوح ۱/۵ و ۵ گرم در کیلوگرم ضد تنش ضریب تبدیل غذایی کمتری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند ولی با تیمار ۳ گرم در کیلوگرم ضد تنش تفاوت معنی‌دار نداشتند ( $P>0.05$ ). اثر محیط و اثرات متقابل استرس کالم و محیط بر صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی در دوره رشد معنی‌دار نبود ( $P>0.05$ ). نتایج عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی یک در جدول شماره ۳ ارائه شده است. میانگین افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی دریافت کننده سطح ۵ گرم بر کیلوگرم نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود ( $P<0.05$ ), اما با تیمارهای ۱/۵ و ۳ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P>0.05$ ). میانگین افزایش وزن روزانه و میانگین مصرف خوراک روزانه جوجه‌های گوشتی در محیط با تنش کمتر از پرندگان پرورش یافته در محیط بدون تنش بود ( $P<0.05$ ). میانگین مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر سطوح مختلف ضد تنش قرار نگرفت ( $P>0.05$ ). ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در محیط با و بدون تنش تفاوت معنی‌داری نشان نداد ( $P>0.05$ ).

نتایج عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی دو در جدول شماره ۳ ارائه شده است. پرندگان دریافت کننده سطوح ۳ و ۵ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش میانگین افزایش وزن و مصرف خوراک روزانه بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند ( $P<0.05$ ), اما تفاوت معنی‌داری با پرندگان دریافت کننده ۱/۵ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش نداشتند ( $P>0.05$ ). ضریب تبدیل

غذایی در پرندگان دریافت کننده مکمل ضد تنش در سطح ۵ گرم در کیلوگرم کمتر از تیمار شاهد بود ( $P < 0.05$ )، در حالیکه تفاوت معنی‌دار با سطوح ۱/۵ و ۳ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش نداشت ( $P > 0.05$ ). محیط و اثرات متقابل مکمل ضد تنش در محیط اختلاف معنی‌داری در عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی دو نشان ندادند ( $P > 0.05$ ).

جدول ۲. تأثیر سطوح مختلف مکمل تجاری ضد تنش در شرایط با و بدون تنش بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین و رشد پرورش

Table 2. Effect of different levels of a commercial anti-stress supplement on broiler performance during the starter and grower periods under normal temperature and heat-stress conditions

| میانگین افزایش وزن روزانه (گرم)    میانگین مصرف خوراک روزانه (گرم)    ضریب تبدیل غذایی |                    |                     |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| آغازین (۱-۱۰ روزگی)                                                                    |                    |                     |                    |
| مکمل ضد تنش (گرم در کیلوگرم)                                                           |                    |                     |                    |
| 0                                                                                      | 21.74              | 24.98               | 1.15               |
| 1.5                                                                                    | 22.42              | 23.62               | 1.05               |
| 3                                                                                      | 21.50              | 24.14               | 1.12               |
| 5                                                                                      | 22.52              | 24.78               | 1.10               |
| SEM                                                                                    | 0.45               | 0.83                | 0.033              |
| محیط                                                                                   |                    |                     |                    |
| بدون تنش                                                                               | 22.84 <sup>a</sup> | 25.84 <sup>a</sup>  | 1.13               |
| با تنش                                                                                 | 21.25 <sup>b</sup> | 22.92 <sup>b</sup>  | 1.08               |
| سطح معنی‌داری                                                                          |                    |                     |                    |
| مکمل ضد تنش                                                                            | 0.31               | 0.64                | 0.23               |
| محیط                                                                                   | 0.001              | 0.001               | 0.13               |
| ضد تنش × محیط                                                                          | 0.80               | 0.89                | 0.73               |
| رشد (۱۱-۲۴ روزگی)                                                                      |                    |                     |                    |
| مکمل ضد تنش (گرم در کیلوگرم)                                                           |                    |                     |                    |
| 0                                                                                      | 48.91 <sup>b</sup> | 75.16 <sup>b</sup>  | 1.54 <sup>a</sup>  |
| 1.5                                                                                    | 55.12 <sup>a</sup> | 78.58 <sup>ab</sup> | 1.42 <sup>b</sup>  |
| 3                                                                                      | 54.08 <sup>a</sup> | 79.90 <sup>a</sup>  | 1.48 <sup>ab</sup> |
| 5                                                                                      | 56.15 <sup>a</sup> | 81.27 <sup>a</sup>  | 1.45 <sup>b</sup>  |
| SEM                                                                                    | 0.97               | 1.20                | 0.018              |
| محیط                                                                                   |                    |                     |                    |
| بدون تنش                                                                               | 53.92              | 78.75               | 1.46               |
| با تنش                                                                                 | 53.21              | 78.71               | 1.48               |
| سطح معنی‌داری                                                                          |                    |                     |                    |
| مکمل ضد تنش                                                                            | 0.001              | 0.007               | 0.001              |
| محیط                                                                                   | 0.47               | 0.97                | 0.23               |
| ضد تنش × محیط                                                                          | 0.56               | 0.26                | 0.62               |

<sup>a</sup> و <sup>b</sup> میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون، از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ( $P < 0.05$ )

SEM خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۳. تأثیر سطوح مختلف مکمل تجاری ضد تنش در شرایط با و بدون تنش بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی یک و دو پرورش

Table 3. Effect of different levels of a commercial anti-stress supplement on broiler performance during the finisher 1 and finisher 2 periods under normal temperature and heat-stress conditions

| میانگین افزایش وزن روزانه (گرم)    میانگین مصرف خوراک روزانه (گرم)    ضریب تبدیل غذایی |                      |                     | پایانی یک (۲۵-۳۵ روزگی)      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|------------------------------|
|                                                                                        |                      |                     | مکمل ضد تنش (گرم در کیلوگرم) |
| 1.65                                                                                   | 138.23               | 84.44 <sup>b</sup>  | 0                            |
| 1.56                                                                                   | 141.39               | 90.42 <sup>ab</sup> | 1.5                          |
| 1.56                                                                                   | 139.17               | 89.75 <sup>ab</sup> | 3                            |
| 1.54                                                                                   | 141.98               | 92.20 <sup>a</sup>  | 5                            |
| 0.028                                                                                  | 2.68                 | 1.86                | SEM                          |
|                                                                                        |                      |                     | محیط                         |
| 1.56                                                                                   | 143.38 <sup>a</sup>  | 92.05 <sup>a</sup>  | بدون تنش                     |
| 1.59                                                                                   | 137.01 <sup>b</sup>  | 86.35 <sup>b</sup>  | با تنش                       |
|                                                                                        |                      |                     | سطح معنی‌داری                |
| 0.056                                                                                  | 0.72                 | 0.035               | مکمل ضد تنش                  |
| 0.38                                                                                   | 0.02                 | 0.004               | محیط                         |
| 0.041                                                                                  | 0.87                 | 0.143               | ضد تنش × محیط                |
|                                                                                        |                      |                     | پایانی دو (۳۶-۴۲ روزگی)      |
|                                                                                        |                      |                     | مکمل ضد تنش (گرم در کیلوگرم) |
| 2.43 <sup>a</sup>                                                                      | 138.18 <sup>b</sup>  | 57.92 <sup>b</sup>  | 0                            |
| 2.30 <sup>ab</sup>                                                                     | 150.06 <sup>ab</sup> | 65.93 <sup>ab</sup> | 1.5                          |
| 2.13 <sup>ab</sup>                                                                     | 155.90 <sup>a</sup>  | 73.92 <sup>a</sup>  | 3                            |
| 2.09 <sup>b</sup>                                                                      | 155.08 <sup>a</sup>  | 74.89 <sup>a</sup>  | 5                            |
| 0.08                                                                                   | 3.81                 | 3.23                | SEM                          |
|                                                                                        |                      |                     | محیط                         |
| 2.26                                                                                   | 152.04               | 67.94               | بدون تنش                     |
| 2.22                                                                                   | 147.57               | 68.40               | با تنش                       |
|                                                                                        |                      |                     | سطح معنی‌داری                |
| 0.017                                                                                  | 0.008                | 0.002               | مکمل ضد تنش                  |
| 0.61                                                                                   | 0.25                 | 0.88                | محیط                         |
| 0.98                                                                                   | 0.62                 | 0.78                | ضد تنش × محیط                |

<sup>a</sup> و <sup>b</sup> میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون، از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ( $P < 0.05$ )

SEM خطای استاندارد میانگین‌ها.

نتایج عملکرد تولیدی جوجه‌های گوشتی در کل دوره پرورش در جدول ۴ ارائه شده است. بین تیمارهای مورد آزمایش از لحاظ صفات میانگین افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل غذایی و میانگین وزن زنده انتهای دوره تفاوت معنی‌داری وجود داشت ( $P < 0.05$ ). میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین وزن زنده انتهای دوره و شاخص کارایی تولید اروپایی در پرندگان دریافت‌کننده سطوح مختلف مکمل ضد تنش نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود ( $P < 0.05$ ) پرندگان دریافت‌کننده مکمل ضد تنش در سطوح ۱/۵ و ۵ گرم در کیلوگرم ضریب تبدیل پایین‌تری نسبت به تیمار شاهد داشتند ( $P < 0.05$ )، اما نسبت به پرندگان دریافت‌کننده ۳ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش اختلاف معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). میانگین افزایش وزن روزانه و میانگین وزن زنده انتهای دوره تحت تأثیر محیط قرار گرفت و در محیط بدون تنش به طور معنی‌داری بیشتر بود ( $P < 0.05$ ). میانگین مصرف خوراک روزانه جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر سطوح مختلف مکمل ضد تنش و محیط قرار نگرفت ( $P > 0.05$ ). همچنین اثرات متقابل بین سطوح مختلف مکمل ضد تنش و محیط برای صفات عملکردی اختلاف معنی‌دار نداشت ( $P > 0.05$ ).

جدول ۴. تأثیر سطوح مختلف مکمل تجاری ضد تنش در شرایط با و بدون تنش بر عملکرد جوجه های گوشتی در کل دوره پرورش

Table 4. Effect of different levels of a commercial anti-stress supplement on broiler performance during the entire rearing period under normal temperature and heat-stress conditions

| شاخص کارایی<br>تولید اروپایی | میانگین وزن زنده<br>انتهای دوره (گرم) | ضریب<br>تبدیل<br>غذایی | میانگین مصرف<br>خوراک روزانه<br>(گرم) | میانگین افزایش<br>وزن روزانه<br>(گرم) | نهایی (۱-۴۲ روزگی)<br>مکمل ضد تنش (گرم در کیلوگرم) |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 316.46 <sup>b</sup>          | 2187.83 <sup>b</sup>                  | 1.66 <sup>a</sup>      | 91.62                                 | 55.27 <sup>b</sup>                    | 0                                                  |
| 364.61 <sup>a</sup>          | 2408.39 <sup>a</sup>                  | 1.50 <sup>b</sup>      | 90.09                                 | 59.99 <sup>a</sup>                    | 1.5                                                |
| 371.88 <sup>a</sup>          | 2400.71 <sup>a</sup>                  | 1.58 <sup>ab</sup>     | 95.61                                 | 60.63 <sup>a</sup>                    | 3                                                  |
| 378.37 <sup>a</sup>          | 2472.17 <sup>a</sup>                  | 1.53 <sup>b</sup>      | 95.24                                 | 62.15 <sup>a</sup>                    | 5                                                  |
| 7.77                         | 95.42                                 | 0.016                  | 2.14                                  | 2.09                                  | SEM                                                |
| محیط                         |                                       |                        |                                       |                                       |                                                    |
| 360.50                       | 2414.99 <sup>a</sup>                  | 1.56                   | 94.21                                 | 60.55 <sup>a</sup>                    | بدون تنش                                           |
| 355.15                       | 2319.56 <sup>b</sup>                  | 1.57                   | 92.07                                 | 57.46 <sup>b</sup>                    | با تنش                                             |
| سطح معنی داری                |                                       |                        |                                       |                                       |                                                    |
| 0.001                        | 0.001                                 | 0.005                  | 0.29                                  | 0.004                                 | مکمل ضد تنش                                        |
| 0.496                        | 0.021                                 | 0.59                   | 0.37                                  | 0.037                                 | محیط                                               |
| 0.053                        | 0.35                                  | 0.51                   | 0.98                                  | 0.29                                  | ضد تنش × محیط                                      |

<sup>a</sup> و <sup>b</sup> میانگین های با حروف غیرمشابه در هر ستون، از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی دار می باشند ( $P < 0.05$ )

SEM خطای استاندارد میانگین ها.

### تفکیک لاشه

نتایج خصوصیات لاشه در سن ۴۳ روزگی در جدول شماره ۵ ارائه شده است. نتایج مقایسات میانگین وزن زنده پرندگان در زمان کشتار همانند مقایسات میانگین وزن زنده پرندگان در انتهای دوره پرورش بود، به طوری که تیمارهای حاوی سطوح مختلف مکمل ضد تنش وزن زنده بیشتری نسبت به تیمار شاهد نشان دادند ( $P < 0.05$ ). همچنین وزن لاشه در پرندگانی که سطوح مختلف مکمل ضد تنش دریافت کردند به طور معنی داری نسبت به پرندگان تیمار شاهد بیشتر بود ( $P < 0.05$ ). تیمارهای حاوی سطوح مختلف مکمل ضد تنش از نظر وزن نسبی لاشه، ران، سینه، چربی محوطه شکمی، کبد، قلب و سنگدان تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نداشتند ( $P > 0.05$ ). وزن لاشه و وزن نسبی لاشه، سینه، چربی محوطه شکمی، کبد و سنگدان تحت تأثیر محیط پرورش قرار نگرفت ( $P > 0.05$ )، اما وزن زنده و وزن نسبی ران به طور معنی داری در پرندگان در محیط با تنش گرمایی به ترتیب کمتر و بیشتر بود ( $P < 0.05$ ). پرندگان پرورش یافته در محیط تنش وزن نسبی قلب کمتر نسبت به پرندگان پرورش یافته در محیط بدون تنش داشتند ( $P < 0.05$ )، اثرات متقابل بین سطوح مختلف مکمل ضد تنش و محیط در تمامی صفات لاشه به غیر از وزن نسبی قلب اختلاف معنی داری نشان نداد ( $P > 0.05$ ).

**جدول ۵.** تأثیر سطوح مختلف مکمل تجاری ضد تنش در شرایط با و بدون تنش بر خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی در سن ۴۳ روزگی  
**Table 5.** Effect of different levels of a commercial anti-stress supplement on broiler carcass characteristics at 43 days of age under normal temperature and heat-stress conditions

| تیمار                        | وزن زنده (گرم)       | وزن لاشه (گرم)       | نسبت وزن لاشه به وزن زنده (%) | نسبت وزن ران به وزن زنده (%) | نسبت وزن سینه به وزن زنده (%) | نسبت وزن چربی بطنی به وزن زنده (%) | نسبت وزن کبد به وزن زنده (%) | نسبت وزن قلب به وزن زنده (%) | نسبت وزن سنگدان به وزن زنده (%) |
|------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| مکمل ضد تنش (گرم در کیلوگرم) |                      |                      |                               |                              |                               |                                    |                              |                              |                                 |
| 0                            | 2272.68 <sup>b</sup> | 1694.20 <sup>b</sup> | 74.55                         | 28.89                        | 34.93                         | 0.78                               | 2                            | 0.49                         | 1.39                            |
| 1.5                          | 2556.50 <sup>a</sup> | 1918.02 <sup>a</sup> | 74.79                         | 28.97                        | 35.43                         | 0.80                               | 1.89                         | 0.45                         | 1.33                            |
| 3                            | 2506.17 <sup>a</sup> | 1869.41 <sup>a</sup> | 74.61                         | 29.15                        | 34.94                         | 0.85                               | 1.89                         | 0.46                         | 1.30                            |
| 5                            | 2571.61 <sup>a</sup> | 1928.59 <sup>a</sup> | 74.91                         | 28.99                        | 34.97                         | 0.85                               | 1.92                         | 0.47                         | 1.35                            |
| SEM                          | 90.26                | 72.67                | 0.56                          | 0.43                         | 0.71                          | 0.077                              | 0.07                         | 0.024                        | 0.037                           |
| <b>محیط</b>                  |                      |                      |                               |                              |                               |                                    |                              |                              |                                 |
| بدون تنش                     | 2531.71 <sup>a</sup> | 1891.87              | 74.58                         | 28.74 <sup>b</sup>           | 35.20                         | 0.78                               | 1.93                         | 0.49 <sup>a</sup>            | 1.34                            |
| با تنش                       | 2421.77 <sup>b</sup> | 1811.74              | 74.85                         | 29.26 <sup>a</sup>           | 34.94                         | 0.86                               | 1.92                         | 0.45 <sup>b</sup>            | 1.35                            |
| <b>سطح معنی داری</b>         |                      |                      |                               |                              |                               |                                    |                              |                              |                                 |
| مکمل ضد تنش                  | 0.001                | 0.001                | 0.001                         | 0.187                        | 0.901                         | 0.804                              | 0.638                        | 0.389                        | 0.053                           |
| محیط                         | 0.037                | 0.058                | 0.853                         | 0.038                        | 0.535                         | 0.092                              | 0.767                        | 0.026                        | 0.663                           |
| ضد تنش × محیط                | 0.285                | 0.369                | 0.344                         | 0.596                        | 0.336                         | 0.698                              | 0.064                        | 0.001                        | 0.077                           |

<sup>a, b</sup> میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون، از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ( $P < 0.05$ )

SEM خطای استاندارد میانگین‌ها. ۳.

### فراسنجه‌های خونی

نتایج مقایسه میانگین فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده تیمارهای آزمایشی مختلف در جدول ۶ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، فراسنجه‌های گلوکز، آنزیم گلوکاتانیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدهید، کورتیزول، هورمون تیروکسین ( $T_4$ )، تعداد گلبول‌های سفید خون، هتروفیل، لنفوسیت و همچنین تیترا آنتی بادی علیه نیوکاسل تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی قرار نگرفتند ( $P > 0.05$ ). هورمون تری‌یودوتیرونین در پرندگان دریافت‌کننده سطوح مختلف مکمل ضد تنش به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود ( $P < 0.05$ ). تعداد گلبول‌های سفید خون، درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت در پرندگانی که در محیط تحت تنش گرمایی پرورش یافتند به طور معنی‌داری بیشتر از پرندگان پرورش یافته در محیط بدون تنش بود ( $P > 0.05$ ). نسبت هتروفیل به لنفوسیت در سطوح مختلف مکمل ضد تنش تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت ( $P > 0.05$ ).

### سود اقتصادی

سود اقتصادی محاسبه شده براساس هزینه خوراک مصرفی و درآمد حاصل از فروش مرغ زنده در جدول ۷ نشان داده شده است. بیشترین میزان سود بدست آمده مربوط به جیره حاوی سطح ۱/۵ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش معادل ۶۰/۴۴ درصد بود که رتبه اول را در بین تیمارهای مورد آزمایش به خود اختصاص داد.

**جدول ۶.** تأثیر سطوح مختلف مکمل تجاری ضد تنش در شرایط با و بدون تنش بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

**Table 6.** Effect of different levels of a commercial anti-stress supplement on blood parameters of broiler chickens at 42 days of age under normal temperature and heat-stress conditions

| تیما                         | Glu (mg/dl) | GPX (mU/mL) | مالون دی‌آلدهید (nm/mL) | کورتیزول (µg/mL) | T <sub>3</sub> (ng/mL) | T <sub>4</sub> (µg/dL) | WBC (uL)             | ND (Log 2) | هتروفیل (%)        | لنفوسیت (%) | HVL               |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------|--------------------|-------------|-------------------|
| مکمل ضد تنش (گرم در کیلوگرم) |             |             |                         |                  |                        |                        |                      |            |                    |             |                   |
| 0                            | 292.92      | 2.73        | 0.66                    | 0.36             | 2.34 <sup>b</sup>      | 2.21                   | 4856                 | 5          | 32.31              | 86.56       | 0.37              |
| 1.5                          | 291.03      | 3.18        | 0.68                    | 0.31             | 3.02 <sup>a</sup>      | 2.03                   | 5259                 | 4.87       | 27.77              | 91.87       | 0.30              |
| 3                            | 288.89      | 3.15        | 0.69                    | 0.46             | 2.84 <sup>a</sup>      | 1.96                   | 4884                 | 5.50       | 53.37              | 80.62       | 0.43              |
| 5                            | 286.37      | 2.64        | 0.64                    | 0.44             | 2.81 <sup>a</sup>      | 2.22                   | 4656                 | 4.14       | 36.07              | 82.42       | 0.43              |
| SEM                          | 6.05        | 0.18        | 0.023                   | 0.072            | 0.08                   | 0.14                   | 297.56               | 0.39       | 1.88               | 3.01        | 0.02              |
| محیط                         |             |             |                         |                  |                        |                        |                      |            |                    |             |                   |
| بدون تنش                     | 290.32      | 2.81        | 0.69                    | 0.36             | 2.75                   | 2.05                   | 3887.50 <sup>b</sup> | 4.94       | 29.14 <sup>b</sup> | 85.01       | 0.35 <sup>b</sup> |
| با تنش                       | 289.28      | 3.03        | 0.64                    | 0.43             | 2.76                   | 2.17                   | 5940.63 <sup>a</sup> | 4.82       | 36.62 <sup>a</sup> | 85.72       | 0.46 <sup>a</sup> |
| سطح معنی داری                |             |             |                         |                  |                        |                        |                      |            |                    |             |                   |
| مکمل ضد تنش                  | 0.932       | 0.234       | 0.659                   | 0.585            | 0.002                  | 0.687                  | 0.703                | 0.321      | 0.114              | 0.223       | 0.07              |
| محیط                         | 0.890       | 0.333       | 0.063                   | 0.446            | 0.969                  | 0.522                  | 0.001                | 0.819      | 0.008              | 0.861       | 0.014             |
| ضد تنش × محیط                | 0.461       | 0.143       | 0.785                   | 0.509            | 0.363                  | 0.138                  | 0.725                | 0.344      | 0.450              | 0.897       | 0.339             |

<sup>a, b</sup> میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون، از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ( $P < 0.05$ )

SEM انحراف استاندارد میانگین

Glu: گلوکز؛ GPX: گلوکاتایون پراکسیداز؛ T<sub>3</sub>: تری آیدوتایرونین؛ T<sub>4</sub>: تترا آیدوتایرونین؛ WBC: تعداد گلبول‌های سفید خون؛ ND: تیترا بیماری نیوکاسل؛ HVL: نسبت هتروفیل به لنفوسیت

**جدول ۷.** مقایسه سود حاصل از مصرف سطوح مختلف مکمل تجاری ضد تنش بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در طی ۴۲ روز

**Table 7.** Comparison of profit resulting from the use of different levels of a commercial anti-stress supplement on broiler performance over 42 days

| تیما        | مکمل (گرم بر کیلوگرم) | ضریب تبدیل غذایی | میانگین وزن زنده (گرم) | میانگین مصرفی (گرم) | قیمت کل خوراک مصرفی (تومان) | قیمت مکمل مصرفی (تومان) | درآمد حاصل از فروش مرغ (تومان) | میزان سود حاصل با کسر هزینه خوراک (تومان) | درصد سود | رتبه |
|-------------|-----------------------|------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|----------|------|
| شاهد        | 0                     | 1.66             | 2187.83                | 3626.69             | 52262.75                    | 0                       | 131847.86                      | 79554.7                                   | 52.27    | 3    |
|             | 1.5                   | 1.50             | 2408.39                | 3800.15             | 54747.55                    | 969.038                 | 145105.50                      | 89389.4                                   | 60.44    | 1    |
| مکمل ضد تنش | 3                     | 1.58             | 2400.71                | 3785.47             | 54525.42                    | 1930.59                 | 144642.78                      | 88186.8                                   | 56.14    | 2    |
|             | 5                     | 1.53             | 2472.17                | 3890.80             | 56051.10                    | 3307.18                 | 148948.24                      | 89590.0                                   | 50.99    | 4    |

قیمت هر کیلوگرم مرغ زنده ۶۰۲۵۰ تومان، قیمت هر گرم مکمل ۱۷۰ تومان

قیمت هر کیلوگرم از خوراک استارتر ۱۴۹۷۵،۵۹، رشد ۱۴۱۳۱،۷۷، پایانی یک ۱۴۵۲۶،۰۵ و پایانی دو ۱۴۳۷۳،۲۳

## بحث

استرس گرمایی یک پدیده گسترده در تغذیه حیوانات اهلی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که تأثیرات منفی فزاینده‌ای بر طیور دارد. این وضعیت منجر به کاهش مصرف خوراک، کاهش رشد، اختلال در تعادل روده‌ای، کاهش عملکرد، ضعف ایمنی و اختلالات غدد درون‌ریز می‌شود (Chen et al., 2021).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تنش گرمایی اثرات منفی مشخصی بر شاخص‌های عملکردی جوجه‌های گوشتی داشت و این یافته‌ها با گزارش‌های پیشین درباره اثرات استرس حرارتی هم‌خوانی دارد (Lin et al., 2006; Lara and Rostagno, 2013; Habibian et al., 2016). به‌طور کلی، در دوره آغازین، اگرچه بین تیمارهای دریافت‌کننده سطوح مختلف مکمل ضد تنش تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل مشاهده نشد، اما اثر نامطلوب محیط گرم بر افزایش وزن روزانه و مصرف خوراک تأیید شد. این الگو مطابق با گزارش Chen et al. (2021) و Belhadj et al. (2016) است که بیان می‌کند استرس گرمایی از طریق ایجاد تغییرات هورمونی و متابولیکی، کاهش مصرف خوراک و تغییر توزیع انرژی، موجب افت رشد می‌شود.

در دوره رشد، افزودن مکمل ضد تنش به‌ویژه در سطوح ۳ و ۵ گرم در کیلوگرم، منجر به بهبود معنی‌دار افزایش وزن روزانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید. همچنین ضریب تبدیل غذایی در سطوح ۱/۵ و ۵ گرم در کیلوگرم نسبت به شاهد کاهش یافت

که نشان‌دهنده بهبود کارایی استفاده از خوراک است. نبود اثر متقابل بین تنش گرمایی و مکمل در این دوره نشان می‌دهد که پاسخ پرندگان به مکمل ضد تنش عمدتاً مستقل از شرایط محیطی است. این نتایج با یافته‌های (Akbarian et al., 2016) و (Habashy et al., 2022) هم‌پوشانی دارد که نشان می‌دهند افزودنی‌های ضد استرس یا آنتی‌اکسیدانی می‌توانند با کاهش رادیکال‌های آزاد، بهبود یکپارچگی روده و کاهش التهاب، کارایی رشد را تقویت کنند.

در دوره پایانی یک، تنها سطح ۵ گرم در کیلوگرم مکمل باعث افزایش معنی‌دار در افزایش وزن روزانه در مقایسه با شاهد شد، اما به نظر می‌رسد تأثیر مخرب تنش گرمایی بر رشد و مصرف خوراک شدیدتر بوده است. کاهش رشد در محیط تنش‌دار بدون کاهش همزمان مصرف خوراک (در برخی دوره‌ها) یافته قابل توجهی است. این پدیده احتمالاً به دلیل افزایش مصرف خوراک در ساعات خنک‌تر روز برای جبران ساعات اوج تنش است؛ الگویی که در گزارش‌های (Lara & Rostagno, 2013) و (Belhadj, 2016) و (Slimen et al., 2006) نیز مشاهده شده است.

در دوره پایانی دو، مکمل ضد تنش در سطوح ۳ و ۵ گرم در کیلوگرم توانست افزایش معنی‌دار در افزایش وزن و مصرف خوراک روزانه را نسبت به شاهد بهبود دهد. همچنین ضریب تبدیل غذایی در سطح ۵ گرم کاهش معنی‌داری نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که پاسخ پرندگان به مکمل در دوره‌های پایانی واضح‌تر بوده و احتمالاً با افزایش شدت بار متابولیکی و استرسی در هفته‌های آخر رشد مرتبط است. مطالعات قبلی نیز نشان می‌دهد که طیور در دوره‌های پایانی حساسیت بیشتری به تنش اکسیداتیو و اختلالات اسید-باز ناشی از گرما دارند و افزودنی‌های ضد استرس می‌توانند کارایی را به‌طور موثرتری بهبود دهند (Quinteiro-Filho et al., 2021; Habashy et al., 2022).

نتایج کل دوره پرورش نشان داد که استفاده از مکمل ضد تنش باعث افزایش معنی‌دار در افزایش وزن روزانه، وزن زنده نهایی و شاخص کارایی تولید اروپایی شد. همچنین ضریب تبدیل غذایی در سطوح ۱/۵ و ۵ گرم در کیلوگرم نسبت به شاهد بهبود یافت. بهبود عملکرد در کل دوره با مکانیسم‌هایی نظیر کاهش استرس اکسیداتیو، بهبود عملکرد میتوکندری، تعدیل پاسخ‌های هورمونی مرتبط با کورتیکوسترون و پشتیبانی از عملکرد روده قابل تبیین است (Akbarian et al., 2016; Chand et al., 2022). اثر معنی‌دار تنش گرمایی بر افزایش وزن روزانه و وزن نهایی، اما عدم تأثیر آن بر مصرف خوراک، همان‌طور که ذکر شد، می‌تواند به رفتار تغذیه‌ای جبران‌کننده در ساعات خنک‌تر مرتبط باشد. عدم وجود اثر متقابل بین مکمل و محیط در اغلب شاخص‌ها نیز نشان‌دهنده تأثیر یکنواخت و مستقل مکمل ضد تنش بر عملکرد است.

افزایش معنی‌دار وزن زنده و وزن لاشه در مقایسه با تیمار شاهد در سن ۴۳ روزگی نشان می‌دهد که بهبود وزن لاشه احتمالاً ناشی از افزایش وزن کلی بدن بوده و مکمل منجر به تغییر تخصیص مواد مغذی به اجزای خاص بدن نشده است. چنین الگویی با (Habashy et al., 2022) و (Abdel-Moneim et al., 2023) همخوانی دارد که اشاره می‌کنند افزودنی‌های ضد تنش و آنتی‌اکسیدان عمدتاً از طریق کاهش بار اکسیداتیو و بهبود کارایی رشد، موجب افزایش وزن لاشه می‌شوند، بدون اینکه الگوی توزیع بافتی بدن را به‌طور معنی‌دار تغییر دهند.

عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای دریافت‌کننده سطوح مختلف مکمل در خصوص بخش‌هایی مانند سینه و ران نیز نشان می‌دهد که تغییرات ایجادشده بیشتر ماهیت سیستمیک داشته تا اختصاصی. این یافته با مطالعاتی مانند (Chand et al., 2022) و (Kim et al., 2020) مطابقت دارد که نشان دادند افزودنی‌های ضد تنش، حتی در شرایط گرمایی، بیشتر موجب بهبود عملکرد کلی و سلامت فیزیولوژیک می‌شوند تا تغییر در ترکیب لاشه.

تأثیر تنش گرمایی بر برخی شاخص‌های لاشه، به‌ویژه کاهش وزن زنده و افزایش وزن نسبی ران، نشان‌دهنده تغییرات فیزیولوژیک مرتبط با تنش است. افزایش نسبی ران احتمالاً نتیجه کاهش بیشتر رشد در سایر بخش‌های بدن مانند سینه بوده است، زیرا بافت‌های سینه نسبت به گرما حساس‌تر و متابولیکی فعال‌تر هستند؛ موضوعی که (Lara & Rostagno, 2020) و (Chen et al., 2021) نیز بر آن تأکید کرده‌اند. نتایجی مشابه با نتایج تحقیق حاضر گزارش شده است، به طوری که القای تنش حرارتی با دمای ۳۶ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت در روز باعث کاهش معنی‌دار نسبت عضله سینه و افزایش معنی‌دار نسبت عضله ران شد. همچنین در دماهای بالا متابولیسم لیپید تغییر می‌کند و بدن تمایل بیشتری به ذخیره چربی در بافت‌های خاصی

چون ران دارد (Lu et al., 2018; Zhang et al., 2012). همچنین کاهش وزن نسبی قلب در محیط تنش می‌تواند ناشی از بار متابولیکی بالا، کاهش برون‌ده قلبی و تغییرات هورمونی مربوط به محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال باشد. یافته‌های مشابهی در مطالعات Lin et al. (2022) و Quinteiro-Filho et al. (2021) مشاهده شده است که نشان دادند استرس حرارتی باعث آتروفی نسبی بافت‌های قلبی و تغییر همودینامیک می‌شود.

آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز یکی از مهم‌ترین اجزای سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی سلولی است و تغییر فعالیت آن الزاماً به معنی بهبود یا بدتر شدن وضعیت فیزیولوژیک نیست. در شرایط تنش گرمایی، افزایش فعالیت آن معمولاً بیانگر پاسخ جبرانی بدن به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد می‌باشد، نه کاهش استرس اکسیداتیو. به عبارت دیگر، افزایش عددی آن اغلب نتیجه تحریک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی است (Habibian et al., 2015; Azad et al., 2010). بررسی‌ها نشان داده‌اند که استفاده از ترکیبات ضد تنش یا آنتی‌اکسیدانی ممکن است منجر به کاهش نیاز بدن به فعالیت جبرانی شدید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شود، لذا در برخی موارد سطح گلوکاتایون پراکسیداز تغییر معنی‌داری نشان نمی‌دهد (Lin et al., 2006; Mujahid et al., 2007). در واقع، مکمل‌های تغذیه‌ای محافظ استرس معمولاً تعادل ایمنی و اکسیداتیو را حفظ کرده و از تغییرات شدید در شاخص‌های آنزیمی جلوگیری می‌کنند (Rostagno, 2013 & Lara). همچنین باید توجه داشت که فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز اغلب دارای واریانس زیستی بالایی است و تحت تأثیر سن، وضعیت گوارشی و دمای محیط قرار می‌گیرد (Akbarian et al., 2016).

هورمون‌های تیروئید ( $T_3$  و  $T_4$ ) نقش مهمی در رشد و متابولیسم طیور دارند بطوریکه بر افزایش نرخ متابولیسم پایه و مصرف انرژی تأثیر می‌گذارند که برای رشد عضلات ضروری است (Xiao et al., 2017). بنابراین رشد سریع در جوجه‌های گوشتی با افزایش سطح هورمون‌های تیروئید مرتبط است (Antar et al., 2020). در مطالعه حاضر نیز پرندگانی که مکمل ضد تنش را در سطوح مختلف دریافت کرده بودند سرعت رشد بیشتر داشتند و متناسب با آن نیز سطح هورمون  $T_3$  آنها بالاتر بود. علاوه بر این، تأثیر عوامل محیطی بر سطوح هورمون تیروئید خصوصاً استرس گرمایی مورد تأکید قرار گرفته است. تحقیقات نشان می‌دهد که جوجه‌های گوشتی در معرض استرس گرمایی، نوساناتی در هورمون‌های تیروئید نشان می‌دهند که تحت تأثیر طول مدت و شدت استرس قرار دارند (Jiang et al., 2020). در شرایط استرس گرمایی، جوجه‌های گوشتی ممکن است کاهش غلظت  $T_3$  سرم را تجربه کنند که به طور بالقوه مزیت رشد آنها را خنثی می‌کند (Wan et al., 2017). در نتیجه، بین افزایش سطح هورمون تیروئید و نرخ رشد سریع مشاهده شده در جوجه‌های گوشتی همبستگی کاملاً ثابتی وجود دارد. افزایش  $T_3$  بدون تغییر  $T_4$  احتمالاً ناشی از افزایش تبدیل محیطی  $T_4$  به  $T_3$  است. از آنجا که  $T_3$  هورمون فعال زیستی است، این تغییر می‌تواند بیانگر بهبود تنظیم متابولیسم انرژی باشد، در حالی که عدم تغییر  $T_4$  نشان‌دهنده حفظ تعادل محور تیروئیدی است (McNabb, 2000; Darras et al., 2010). افزایش معنی‌دار تعداد گلبول‌های سفید خون در شرایط تنش گرمایی نسبت به محیط نرمال نشان‌دهنده فعال شدن سیستم ایمنی و پاسخ التهابی پرنده در مواجهه با استرس حرارتی است. گزارش شده است که تنش گرمایی با تحریک محور استرس-ایمنی موجب افزایش لکوسیت‌ها به عنوان یک پاسخ دفاعی می‌شود (Habibian et al., 2015; Lara & Rostagno, 2013). محققان نشان دادند که عوامل استرس‌زای مختلف، از جمله دماهای بالا منجر به افزایش تعداد هتروفیل‌ها و کاهش متناظر در تعداد لنفوسیت‌ها می‌شود که در نهایت منجر به نسبت H/L بالاتر می‌گردد (Xu et al., 2018; Zhang et al., 2015). در نتیجه نشان دهنده پاسخ استرسی است که می‌تواند با شرایط رشد سریع تشدید شود (Ebrahimzadeh et al., 2012).

بیشترین سود اقتصادی مربوط به جیره حاوی ۱/۵ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش بود که نشان می‌دهد این سطح از مکمل با ایجاد تعادل مناسب بین هزینه خوراک و بهبود عملکرد، منجر به افزایش بازده اقتصادی شده است. به نظر می‌رسد در این سطح، اثرات مثبت مکمل بر کارایی تولید بدون تحمیل هزینه اضافی قابل توجه، بیشترین سودآوری را برای پرورش‌دهنده فراهم کرده است.

## نتیجه‌گیری

پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف مکمل ضد تنش عملکرد مناسبی در شرایط تنش گرمایی داشتند. از لحاظ اقتصادی تیمار حاوی سطح ۱/۵ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش نسبت به سایر تیمارها درصد سود بیشتری را

به خود اختصاص داد. به طور کلی استفاده از سطح ۱/۵ گرم در کیلوگرم مکمل ضد تنش به دلیل درصد سوددهی بیشتر، جهت بکارگیری در جیره جوجه‌های گوشتی به ویژه در محیط‌های تحت تنش از جمله تنش گرمایی توصیه می‌شود.

### **تعارض منافع**

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

## REFERENCES

- Abdel-Moneim, A. M. E., Shehata, A. M., Khidr, R. E., Paswan, V. K., Elbaz, A. M., Mesalam, N. M., & Ibrahim, N. S. (2023). Heat stress in poultry: Consequences and mitigation strategies. *Animals*, 13(3), 420. <https://doi.org/10.3390/ani13030420>
- Akinyemi, F., & Adewole, D. (2021). Environmental stress in chickens and the potential effectiveness of dietary vitamin supplementation. *Frontiers in Animal Science*, 2, 775311. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.775311>
- Akbarian, A., Michiels, J., Degroote, J., Majdeddin, M., Golian, A., & De Smet, S. (2016). Heat stress in poultry production: Mitigation strategies and new trends. *World's Poultry Science Journal*, 72(4), 747–764. <https://doi.org/10.1017/S004393391600060X>
- Antar, R. I., Shosha, S. M., Elazab, M. E., & Esmail, R. S. (2020). Genetic and hormonal difference between high growth rate breed (Cobb broiler chicken) and low growth rate breed (Native Fayoumi chicken). *Benha Veterinary Medical Journal*, 39(1), 28–33.
- Azad, M. A. K., Kikusato, M., Hoque, A. M., & Toyomizu, M. (2010). Effect of chronic heat stress on performance and oxidative damage in different strains of chickens. *Journal of Poultry Science*, 47(4), 333–340. <https://doi.org/10.2141/jpsa.010045>
- Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A., & Abdrrabba, M. (2016). Heat stress effects on livestock: Molecular, cellular and metabolic aspects. A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(3), 401–412. <https://doi.org/10.1111/jpn.12405>
- Chand, N., Naz, S., Khan, A., Khan, S., Khan, R. U., Rahman, Z. U., & Ahmad, N. (2022). Heat stress in poultry: Molecular, metabolic, and nutritional strategies to overcome the future challenges. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 978742. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.978742>
- Chen, Z., Xie, J., Hu, M., Tang, J., Shao, Y., & Li, S. (2021). Heat stress in broilers: Effects on gut health and potential mitigation strategies. *Animal Nutrition*, 7(4), 1321–1330. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.09.010>
- Darras, V. M., Van der Geyten, S., & Kühn, E. R. (2010). Thyroid hormone metabolism in birds. *General and Comparative Endocrinology*, 170(2), 223–232. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2010.09.003>
- Ebrahimzadeh, S., Farhoomand, P., & Noori, K. (2012). Immune response of broiler chickens fed diets supplemented with different level of chromium methionine under heat stress conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(2), 256–262. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11343>
- Habashy, W. S., Milfort, M. C., Rekaya, R., & Aggrey, S. E. (2022). Cellular and physiological responses of heat-stressed broiler chickens to dietary antioxidants. *Poultry Science*, 101(3).
- Habibian, M., Ghazi, S., Moeini, M. M., & Abdolmohammadi, A. (2015). Effects of dietary selenium and vitamin E supplementation on growth performance, blood parameters, and antioxidant status of broiler chickens subjected to heat stress. *Poultry Science*, 94(12), 2975–2983. <https://doi.org/10.3382/ps/pev249>
- Habibian, M., Sadeghi, G., & Ghazi, S. (2016). Selenium supplementation of heat-stressed broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, selenoproteins and antioxidant status. *Biological Trace Element Research*, 172(1), 199–207. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0583-3>
- Jiang, S., Mohammed, A., Jacobs, J., Cramer, T., & Cheng, H. (2020). Effect of synbiotics on thyroid hormones, intestinal histomorphology, and heat shock protein 70 expression in broiler chickens reared under cyclic heat stress. *Poultry Science*, 99(1), 142–150. <https://doi.org/10.3382/ps/pez551>
- Kim, S. W., et al. (2020). Effects of organic acids and essential oils under heat stress conditions. *Poultry Science*, 99, 4039–4046. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.009>
- Lara, L. J., & Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(2), 356–369. <https://doi.org/10.3390/ani3020356>
- Lara, L. J., & Rostagno, M. H. (2020). Impact of heat stress on poultry production and health. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00442-1>
- Lin, H., Decuyper, E., & Buyse, J. (2006). Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, 144(1), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.01.032>
- Lu, Z., et al. (2018). Serum metabolomics study of nutrient metabolic variations in chronic heat-stressed broilers. *British Journal of Nutrition*, 119(7), 771–781. <https://doi.org/10.1017/S0007114518000155>
- McNabb, F. M. A. (2000). Thyroids. In *Sturkie's Avian Physiology* (5th ed., pp. 461–471). Academic

Press, San Diego, CA.

- Mujahid, A., Yoshiki, Y., Akiba, Y & ,Toyomizu, M. (2007). Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. *Poultry Science*, 86(5), 964–969. <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.964>
- Quinteiro-Filho, W. M., et al. (2021). Acute and chronic heat stress effects on physiology and organ development in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105, 1183–1193. <https://doi.org/10.1111/jpn.13550>
- Sahin, N., et al. (2017). Effects of supplemental chromium form on performance and oxidative stress in broilers exposed to heat stress. *Poultry Science*, 96(12), 4317–4324. <https://doi.org/10.3382/ps/pex249>
- Shi, D., et al. (2019). Impact of gut microbiota structure in heat-stressed broilers. *Poultry Science*, 98(6), 2405–2413. <https://doi.org/10.3382/ps/pez026>
- Wan, X., et al. (2017). Effects of enzymatically treated *Artemisia annua* L. on broilers exposed to heat stress. *Animal Science Journal*, 88(8), 1239–1246. <https://doi.org/10.1111/asj.12785>
- Xiao, Y., et al. (2017). Association of growth rate with hormone levels and myogenic gene expression profile in broilers. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8, 43. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0170-1>
- Xu, Y., et al. (2018). Effect of chronic heat stress on physiological and immunological parameters in broilers. *Poultry Science*, 97(11), 4073–4082. <https://doi.org/10.3382/ps/pey284>
- Zhang, L., et al. (2015). Identification of loci for immune traits in chickens using GWAS. *PLoS One*, 10(3), e0117269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117269>
- Zhang, Z., et al. (2012). Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broilers. *Poultry Science*, 91(11), 2931–2937. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02254>