University of Tehran Press

Journal of Veterinary Research

Homepage: jvr.ut.ac.ir

Online ISSN: 2251-6190

Research Article

Effect of an Anti-Stress Supplement on Performance, Blood Parameters, Liver Damage, and Post-Slaughter Meat Quality and Shelf Life in Broiler Chickens under Heat Stress

Mohsen Daneshyar[1]✉, **Abbas Sanei**[2]✉, **Motaleb Ebrahimi**[3]✉, **Ali Hashemi**[1]✉

[1] *Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran*
[2] *Sepahan Animal and Poultry Nutrition Knowledge Development Research Group, Esfahan, Iran*
[3] Graduated from the Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: *..., Reciver in revised from: ..., Accepted: ..., Available online: ...*

10.22059/jvr.2026.405808.3548

J Vet Res, Volume 81, Number 4, 2026, …

Abstract

BACKGROUND: Heat stress is one of the most important limiting factors in poultry production, which by disrupting physiological balance and increasing oxidative stress, reduces growth performance, liver health, and meat quality. Antioxidant supplements may minimize the adverse effects of heat stress by strengthening the oxidative defense system, improving metabolic status, and reducing cellular damage.

OBJECTIVES: This study aimed to evaluate the effect of a poultry anti-stress supplement on production performance, blood biochemical parameters, liver tissue health, and oxidative stability of meat in broiler chickens under heat stress conditions.

METHODS: In this experimental study, 200 one-day-old female Ross 308 broiler chicks were used in a completely randomized design with 4 treatments and 5 replicates (10 chicks per rep). The experimental treatments were subjected to heat stress and received 0 (control), 250, 500, and 1000 g/ton of the anti-stress antioxidant supplement. Heat stress was applied to chickens periodically from 11 to 42 days of age at 32 ± 1°C for 8 hours per day (from 9:00 a.m. to 5:00 p.m.).

RESULTS: The average daily gain during the final period and the overall mean for the entire rearing period were higher in broilers fed diets containing 500 g/ton of anti-stress supplement than in the control group (P<0.05). Aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase activities were significantly lower in the groups fed 500 and 1000 g/ton supplements than in controls (P<0.05). The thigh meat lightness (L* index) was significantly higher in the 250 and 500 g/ton treatment groups than in controls (P<0.05), while the liver redness (a* index) was significantly lower in the 500 and 1000 g/ton treatment groups than in controls (P=0.001). The 1000 g/ton treatment group also showed the lowest malondialdehyde concentration in meat on day 7 post-slaughter (P<0.05).

CONCLUSIONS: The use of 500 g/ton poultry anti-stress supplement improves production performance, blood biochemical parameters, and oxidative stability of meat, and can be used as an effective strategy to alleviate the detrimental effects of heat stress in broiler chickens.

Keywords: Body weight, Liver enzymes, Malondialdehyde, Meat stability, Oxidative stress

Copyright © The Author(s). Publisher: University of Tehran Press Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

Corresponding author: Mohsen Daneshyar, Tel/Fax: +9844-32752341 / +9844-32752746

How to cite this article:

…

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Ingredients and chemical composition of the basal diet used during the starter, grower, and finisher phases.[1] Premix per kg of diet: Vitamin A (retinyl acetate), 11,000 IU; Vitamin D3 (cholecalciferol), 1,800 IU; Vitamin E, 11 mg; Vitamin K3, 2 mg; Thiamine (thiamine mononitrate), 1.6 mg; Riboflavin, 6 mg; Niacin, 30 mg; Calcium pantothenate, 15 mg; Pyridoxine, 2 mg; Biotin, 0.25 mg; Folic acid, 0.8 mg; Vitamin B12, 0.020 mg; Choline (choline chloride), 500 mg. [2] Premix per kg of diet: Manganese (manganese oxide), 60 mg; zinc sulfate, 60 mg; iron sulfate, 50 mg; Copper (cupric sulfate), 10 mg; Iodine (potassium iodide), 1 mg; Selenium (sodium selenite), 0.30 mg.

Table 2. Effect of different doses of anti-stress supplement on the performance (g/bird/day) of broiler chickens during different experimental periods

[a,b] Means within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05). SEM: Standard Error of the Mean.

Table 3. Effect of different doses of anti-stress supplement on blood parameters of broiler chickens at 42 days of age.

Table 4. Effect of different doses of anti-stress supplement on meat and liver quality of broiler chickens at 42 days of age.

Table 5. Effect of different doses of anti-stress supplement on antioxidant status and superoxide dismutase activity of broiler chickens' thigh meat.

Table 6. Effect of different doses of anti-stress supplement on malondialdehyde content (nmol/g) of broiler chicken meat.

مجله تحقیقات دامپزشکی
Homepage: jvr.ut.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۶۱۹۰-۲۲۵۱
انتشارات دانشگاه تهران
مقاله پژوهشی

اثر یک مکمل ضدتنش بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی، آسیب‌های کبدی و کیفیت و ماندگاری گوشت بعد از کشتار در جوجه¬های گوشتی تحت تنش گرمایی

محسن دانشیار[۱]، عباس صانعی[۲]، مطلب ابراهیمی[۳]، علی هاشمی[۱]

[۱] گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲] گروه پژوهشی توسعه دانش تغذیه دام و طیور سپاهان، اصفهان، ایران
[۳] دانش آموخته دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ...، **تاریخ بازنگری:** ...، **تاریخ پذیرش:** ...، **تاریخ انتشار:** ...

دوره ۸۱، شماره ۴، ۱۴۰۵، ...

10.22059/jvr.2026.405808.3548

چکیده

زمینه مطالعه: تنش گرمایی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده پرورش طیور است که با ایجاد اختلال در تعادل فیزیولوژیک و افزایش تنش اکسیداتیو، عملکرد رشد، سلامت کبد و کیفیت گوشت را کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد با استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی بتوان ازطریق تقویت سیستم دفاع اکسیداتیو، بهبود وضعیت متابولیکی و کاهش صدمات سلولی، اثرات نامطلوب تنش گرمایی را به حداقل رساند.

هدف: مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر مکمل ضدتنش ماکیان بر عملکرد تولیدی، وضعیت بیوشیمیایی خون، سلامت بافت کبد و ویژگی‌های کیفی و پایداری اکسیداتیو گوشت در جوجه‌های گوشتی تحت شرایط تنش گرمایی انجام شد.

روش‌کار: در این آزمایش از ۲۰۰ قطعه جوجه ماده یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۵ تکرار (۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار) استفاده شد. تیمارهای آزمایشی تحت تنش گرمایی و شامل صفر (شاهد)، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم در تن مکمل آنتی‌اکسیدانی ضدتنش ماکیان بودند. تنش گرمایی از سن ۱۱ تا ۴۲ روزگی با دمای ۱±۳۲ درجه سلسیوس به‌صورت دوره‌ای (۸ ساعت در شبانه‌روز و از ساعت ۹ صبح تا ۵ بعدازظهر) اجرا شد.

نتایج: میانگین افزایش وزن روزانه دوره پایانی و میانگین کل دوره در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره حاوی ۵۰۰ گرم ضدتنش ماکیان نسبت به پرندگان تیمار شاهد بیشتر بود (P>۰/۰۵). فعالیت آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز در تیمارهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان نسبت به گروه شاهد پایین‌تر بود (P>۰/۰۵). شاخص روشنایی (L^*) گوشت ران در تیمارهای ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم ضدتنش ماکیان به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (P>۰/۰۵). همچنین شاخص قرمزی (a^*) کبد در تیمارهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان کمتر از تیمار شاهد بود (P=۰/۰۰۱). تیمار ۱۰۰۰ گرم مکمل ضدتنش ماکیان مقدار مالون دی‌آلدئید گوشت کمتری در روز ۷ بعد از کشتار نسبت به سایر تیمارها داشت (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری نهایی: نتایج مطالعه حاضر نشان داد مکمل ضدتنش ماکیان در سطح ۵۰۰ گرم در تن خوراک با بهبود عملکرد، شاخص‌های خونی و کیفیت اکسیداتیو گوشت، می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای کاهش اثرات زیان‌بار تنش گرمایی در جوجه‌های گوشتی استفاده شود.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های کبدی، پایداری گوشت، تنش اکسیداتیو، مالون دی‌آلدئید، وزن بدن

کپی‌رایت © نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

نویسنده مسئول: محسن دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

مقدمه

تنش گرمایی یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای محیطی در صنعت طیور است که با ایجاد عدم تعادل میان تولید و دفع حرارت، موجب اختلال گسترده در عملکرد فیزیولوژیکی، متابولیکی و ایمنی جوجه‌های گوشتی می‌شود (۱). افزایش دمای محیط بالاتر از محدوده آسایش حرارتی (۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس) سبب فعال شدن محور هیپوتالاموس ـ هیپوفیز ـ آدرنال و افزایش ترشح کورتیکوسترون می‌شود (۲). این هورمون تنشی با سرکوب ترشح انسولین و هورمون رشد، موجب کاهش مصرف خوراک، مهار ساخت پروتئین، افزایش تجزیه بافتی و نهایتاً افت وزن بدن و کارایی خوراک می‌شود (۳). در سطح سلولی، تنش گرمایی تولید بیش‌ازحد گونه‌های فعال اکسیژن،

نظیر سوپراکسید و پراکسید هیدروژن را تحریک می‌کند که در اثر کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی درون‌زاد، تعادل اکسیداتیو ـ آنتی‌اکسیداتیو بدن برهم می‌خورد (۴). این وضعیت به پراکسیداسیون لیپیدی غشاهای سلولی، تغییر نفوذپذیری غشا، تخریب پروتئین‌ها و آسیب DNA منجر می‌شود. به دنبال این فرایندها، اندام‌های حیاتی، ازجمله کبد دچار آسیب‌های ساختاری می‌شوند و عملکردهای بیوشیمیایی آن، مانند متابولیسم چربی‌ها و سم‌زدایی مختل می‌شود (۵). علاوه‌برآن، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش فعالیت آنزیم‌های دفاعی باعث افزایش نشت آنزیم‌های کبدی در سرم و تغییر در فراسنجه‌های خونی می‌شود (۶). این اختلالات، همراه با تغییرات در متابولیسم الکترولیت‌ها و اسمولیت‌ها، کاهش سیستم ایمنی، افت رشد و ضعف در کیفیت گوشت (نظیر افزایش pH نهایی، افت آبداری و پایداری اکسیداتیو کمتر) را در پی دارد (۷).

در سال‌های اخیر، استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در تغذیه طیور به‌عنوان یکی از کارآمدترین راهکارها برای کاهش اثرات زیان‌بار تنش گرمایی مورد توجه ویژه قرار گرفته است (۸). آنتی‌اکسیدان‌های خارجی با تأمین الکترون برای خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن، بازسازی آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زاد (مانند احیای α-توکوفرول توسط اسید آسکوربیک) و افزایش بیان ژن‌های کدکننده آنزیم‌های دفاعی، به حفظ تعادل اکسیداتیو کمک می‌کنند (۹). همچنین این ترکیبات ازطریق مهار مسیرهای التهابی و کاهش تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی، از آسیب‌های بافتی، به‌ویژه در کبد جلوگیری می‌کنند (۵). نتیجه این فرایند، بهبود مصرف خوراک، افزایش کارایی متابولیکی، تثبیت تعادل خونی و کاهش اکسیداسیون لیپیدهای بافتی است که به‌طور مستقیم موجب بهبود کیفیت و ماندگاری گوشت پس از کشتار می‌شود (۱۰).

مکمل ضدتنش ماکیان حاوی مجموعه‌ای متعادل از ترکیبات تغذیه‌ای و زیست‌فعال است که هریک نقش ویژه‌ای در تقویت توان فیزیولوژیکی پرنده در شرایط تنش دارند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند اسیدآمینه متیونین به‌عنوان پیش‌ساز گلوتاتیون، در ارتقای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلولی نقش کلیدی ایفا می‌کند (۱۱). ویتامین‌های C و E با عملکرد هم‌کوشایی خود در مهار رادیکال‌های آزاد، پایداری غشاهای سلولی را افزایش می‌دهند (۱۲). مواد معدنی کم‌نیاز مانند سلنیوم، روی، کروم و منیزیم نیز ازطریق فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و بهبود متابولیسم انرژی، مقاومت بدن را در برابر تنش تقویت می‌کنند (۱۳). ترکیبات گیاهی نظیر آلیسین، کورکومین، آنتوسیانین و ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی، ضمن دارا بودن خواص ضدالتهابی و ضدباکتریایی، باعث بهبود عملکرد کبد، سیستم ایمنی و کیفیت گوشت می‌شوند (۱۴). همچنین ال ـ کارنیتین با نقش در اکسیداسیون اسیدهای چرب و کاهش تجمع چربی در بافت کبد، از بروز آسیب‌های اکسیداتیو جلوگیری کرده و کارایی متابولیکی پرنده را ارتقا می‌دهد (۱۵).

با وجود شواهد متعدد درخصوص اثرات مفید آنتی‌اکسیدان‌ها در طیور، بسیاری از پژوهش‌های پیشین به ارزیابی جداگانه ترکیبات خاص پرداخته و کمتر به بررسی ترکیب هم‌افزای چندین آنتی‌اکسیدان و مواد زیست‌فعال در قالب یک مکمل جامع پرداخته‌اند. علاوه‌براین تأثیر چنین مکمل‌هایی نه‌تنها بر عملکرد رشد، بلکه بر شاخص‌های سلامت کبد، فراسنجه‌های خونی و کیفیت و ماندگاری گوشت پس از کشتار هنوز به‌طور کامل تبیین نشده است؛ ازاین‌رو مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر مکمل ضدتنش ماکیان بر عملکرد تولیدی، وضعیت بیوشیمیایی خون، سلامت بافت کبد و ویژگی‌های کیفی و پایداری اکسیداتیو گوشت در جوجه‌های گوشتی تحت شرایط تنش گرمایی انجام شد.

مواد و روش کار

پرندگان، مدیریت و تیمارهای آزمایشی: جهت انجام مطالعه حاضر از ۲۰۰ قطعه جوجه گوشتی ماده یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزن یک‌روزگی ۰/۵۷±۴۳/۱۹ گرم استفاده شد. مطالعه حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۵ تکرار در هر تیمار اجرا شد و در هر تکرار (قفس) ۱۰ قطعه جوجه به‌طور تصادفی قرار داده شد. پرندگان در قفس‌هایی با ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ × ۶۰ سانتی‌متر (طول × عرض × ارتفاع) نگهداری شدند. تیمارهای آزمایشی تحت تنش گرمایی شامل ۱. تیمار شاهد فاقد افزودنی؛ ۲. جیره شاهد حاوی ۲۵۰ گرم در تن آنتی‌اکسیدان ضدتنش ماکیان؛ ۳. جیره شاهد حاوی ۵۰۰ گرم در تن آنتی‌اکسیدان ضدتنش ماکیان؛ ۴. جیره شاهد حاوی ۱۰۰۰ گرم در تن آنتی‌اکسیدان ضدتنش ماکیان بودند. جیره‌ها براساس جداول احتیاجات غذایی سویه راس ۳۰۸ در سال ۲۰۲۲ تنظیم و توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA فرموله شدند. جیره‌های مورداستفاده در دوره‌های آغازین (۱-۱۰ روزگی)، رشد (۱۱-۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) در جدول ۱ ارائه شده است. ترکیبات مکمل ضدتنش ماکیان حاوی اسیدآمینه متیونین، ویتامین‌ها

(مانند ویتامین C و E)، مواد معدنی (مانند کروم، منیزیم، روی، سلنیوم و پتاسیم)، ترکیبات مؤثره آلیسین، کورکومین، ال ـ کارنیتین، آنتوسیانین و ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی است. تیمارهای آزمایشی و تنش گرمایی از ۱۱ روزگی تا ۴۲ روزگی اعمال شدند. تنش گرمایی ۱±۳۲ درجه سلسیوس به‌صورت دوره‌ای (۸ ساعت در شبانه‌روز و از ساعت ۹ صبح تا ۵ بعدازظهر) اجرا شد. در کل دوره پرورش خوراک و آب به‌صورت آزاد در اختیار پرندگان قرار گرفت. برنامه‌های مدیریت پرورش، شامل نور، تهویه، دما، تراکم و بستر برای همه تیمارها یکسان و طبق استاندارد توصیه‌شده اجرا شدند.

۱. منابع در هر کیلوگرم جیره غذایی: ویتامین A (رتینیل استات)، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D3 (کلسیفرول)، ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۱ میلی‌گرم؛ ویتامین K3 (منادیون دی متیل پیریمیدینول)، ۲ میلی‌گرم؛ تیامین (تیامین مونونیترات)، ۱/۶ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۶ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۰ میلی‌گرم؛ پانتوتنات کلسیم، ۱۵ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۸ میلی‌گرم؛ ویتامین B12، ۰/۰۲۰ میلی‌گرم؛ کولین (کولین کلرید)، ۵۰۰ میلی‌گرم. ۲. منابع به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: منگنز (اکسید منگنز)، ۶۰ میلی‌گرم؛ روی (سولفات روی)، ۶۰ میلی‌گرم؛ آهن (سولفات آهن)، ۵۰ میلی‌گرم؛ مس (سولفات کاپریک)، ۱۰ میلی‌گرم؛ ید (یدید پتاسیم)، ۱ میلی‌گرم؛ سلنیوم (سلنیت سدیم)، ۰/۳۰ میلی‌گرم.

جدول ۱. اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره پایه مورداستفاده در آزمایش در مراحل آغازین، رشد و پایانی.

اجزای جیره (درصد)	آغازین (۱-۱۰)	رشد (۱۱-۲۴)	پایانی (۲۵-۴۲)
ذرت	۵۲/۷۴	۵۳/۴۵	۶۰/۴۴
کنجاله سویا (۴۲ درصد پروتئین)	۳۹/۷۷	۳۹/۳۱	۳۳/۴۰
روغن سویا	۲/۳	۳/۳۵	۲/۶۶
دی کلسیم فسفات	۱/۸۷	۱/۴۵	۱/۱۵
کربنات کلسیم	۱/۲	۱/۰۴	۰/۹۴
بیکربنات سدیم	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
سدیم کلرید	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴
مکمل ویتامینی[1]	۰/۲۵	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰
مکمل معدنی[2]	۰/۲۵	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰
ال ـ لیزین کلراید (۷۸ درصد)	۰/۳۲	۰/۱۶	۰/۱۹
دی ـ ال ـ متیونین (۹۹ درصد)	۰/۶۷	۰/۱۹	۰/۱۸
ال ـ ترئونین (۹۸/۵ درصد)	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۰
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
انرژی قابل‌متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم)	۲۹۰۰	۲۹۶۰	۳۰۱۰
پروتئین خام (درصد)	۲۱/۵۰	۲۰/۹۰	۱۸/۹۲
کلسیم (درصد)	۰/۹۷	۰/۸۱	۰/۷۰
فسفر قابل‌دسترس (درصد)	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۳۵
سدیم (درصد)	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
متیونین (درصد)	۰/۹۷	۰/۴۹	۰/۴۷
متیونین + سیستین (درصد)	۱/۳۸	۰/۹۰	۰/۸۴
لیزین (درصد)	۱/۲۸	۱/۱۴	۱/۰۵
ترئونین (درصد)	۰/۸۵	۰/۷۷	۰/۷۰

جدول ۲. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد (گرم در روز به‌ازای هر پرنده) جوجه‌های گوشتی در دوره‌های مختلف آزمایشی.

تیمار		شاهد	۲۵۰ گرم ضدتنش	۵۰۰ گرم ضدتنش	۱۰۰۰ گرم ضدتنش	SEM	*P*		
							تیمار	خطی	درجه دوم
مصرف خوراک	۱۱-۲۴روزگی	۸۱/۶۲	۸۲/۴۴	۸۲/۵۷	۸۲/۸۳	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۳۷	۰/۸۴
	۲۵-۴۲ روزگی	۱۱۵/۸۸^{b}	۱۲۳/۸۱^{a}	۱۲۴/۷۲^{a}	۱۲۴/۲۳^{a}	۱/۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۴	۰/۰۲
	۱۱-۴۲ روزگی	۹۸/۷۵^{b}	۱۰۳/۱۲^{a}	۱۰۳/۶۴^{a}	۱۰۲/۵۳^{a}	۰/۸۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۱
افزایش وزن روزانه	۱۱-۲۴ روزگی	۵۰/۶۵	۴۹/۹۵	۵۱/۰۸	۵۱/۴۹	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۳۱	۰/۵۸
	۲۵-۴۲ روزگی	۶۵/۵۶^{b}	۷۰/۸۰^{ab}	۷۳/۳۳^{a}	۶۷/۳۹^{ab}	۱/۹۵	۰/۰۰۱	۰/۱۳	۰/۰۰۲
	۱۱-۴۲ روزگی	۵۶/۱۱^{b}	۶۰/۳۸^{ab}	۶۲/۲۰^{a}	۵۸/۸۹^{ab}	۱/۱۵	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۰۱
ضریب تبدیل خوراک	۱۱-۲۴ روزگی	۱/۶۱	۱/۶۵	۱/۶۱	۱/۶۴	۰/۰۳	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۶۸
	۲۵-۴۲ روزگی	۱/۷۶^{ab}	۱/۷۶^{ab}	۱/۷۰^{b}	۱/۸۵^{a}	۰/۱۰	۰/۰۰۸	۰/۲۱	۰/۰۳
	۱۱-۴۲ روزگی	۱/۷۵^{a}	۱/۷۱^{ab}	۱/۶۶^{b}	۱/۷۵^{a}	۰/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۳۵	۰/۰۱

^{a,b} حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح (P>۰/۰۵) است. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۳. اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی.

فراسنجه (n=۱۰)	شاهد	۲۵۰ گرم ضدتنش	۵۰۰ گرم ضدتنش	۱۰۰۰ گرم ضدتنش	SEM	*P*		
						تیمار	خطی	درجه دوم
گلوکز (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۲۰۸/۶۰^{a}	۲۰۱/۶۰^{ab}	۱۸۱/۳۲^{b}	۱۹۸/۴۰^{ab}	۷/۳۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۳۹/۰۲	۳۸/۸۲	۴۵/۱۶	۳۸/۴۰	۶/۰۹	۰/۸۳	۰/۵۱	۰/۱۸
کلسترول (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۴۳/۸۰	۱۴۱/۴۰	۱۰۷/۰۸	۱۵۲/۰۰	۱۳/۵۳	۰/۱۲	۰/۴۰	۰/۱۵
اسید اوریک (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۴/۰۴	۳/۴۲	۳/۳۲	۳/۹۶	۰/۴۹	۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۳۲
پروتئین کل (گرم بر دسی‌لیتر)	۳/۰۷^{b}	۳/۵۸^{ab}	۳/۸۹^{a}	۳/۶۱^{ab}	۰/۴۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۰۰۳
آلبومین (گرم بر دسی‌لیتر)	۱/۴۲	۱/۴۴	۱/۴۲	۱/۴۰	۰/۰۹	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۳
AST (واحد در لیتر)	۱۲۲/۹۵^{a}	۱۱۶/۴۷^{ab}	۱۰۹/۸۶^{b}	۱۰۷/۰۹^{b}	۱/۲۵	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۱۹
ALT (واحد در لیتر)	۱۲/۶۷^{a}	۱۲/۶۱^{a}	۱۰/۵۸^{b}	۹/۹۰^{b}	۱/۴۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۳۹

حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۴. اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر کیفیت گوشت و کبد جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی.

فراسنجه (n=۱۰)		شاهد	۲۵۰ گرم ضدتنش	۵۰۰ گرم ضدتنش	۱۰۰۰ گرم ضدتنش	SEM	*P*		
							تیمار	خطی	درجه دوم
ظرفیت نگهداری آب (درصد)		۹۳/۷۴	۹۶/۱۲	۹۳/۶۱	۹۳/۳۹	۰/۹۱	۰/۱۷	۰/۴۹	۰/۲۲
رنگ گوشت ران	روشنایی L*	۴۴/۱۲^{b}	۵۰/۲۳^{a}	۵۱/۰۴^{a}	۴۶/۹۰^{ab}	۱/۸۴	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۰۰۲
	قرمزی a*	۸/۶۶^{b}	۹/۰۳^{ab}	۱۰/۰۲^{a}	۱۰/۲۵^{a}	۱/۳۳	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۰۴
	زردی b*	۱۳/۳۲	۱۳/۸۵	۱۴/۷۰	۱۲/۹۵	۰/۹۲	۰/۶۰	۰/۴۸	۰/۰۵
رنگ کبد	روشنایی L*	۳۰/۴۹	۳۳/۸۸	۳۴/۲۴	۳۴/۳۷	۲/۱۱	۰/۵۴	۰/۱۱	۰/۶۸
	قرمزی a*	۱۶/۰۰^{a}	۱۵/۲۷^{ab}	۱۳/۸۰^{b}	۱۴/۲۰^{b}	۰/۵۴	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۱
	زردی b*	۹/۸۰	۱۲/۸۲	۱۰/۳۰	۹/۹۹	۱/۰۰	۰/۶۹	۰/۵۱	۰/۰۶

حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

عملکرد: به‌منظور بررسی صفات عملکردی، خوراک مصرفی به‌صورت روزانه پس از وزن شدن در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. برای محاسبه میزان خوراک مصرفی هر تکرار مقدار خوراک باقی‌مانده در پایان هر مرحله پرورشی از کل خوراک داده‌شده در طول دوره کسر شد. برای محاسبه افزایش وزن، اختلاف وزن انتها و ابتدای دوره پرورش هر تکرار تعیین شد. در روزهای ۱، ۱۰، ۲۴ و ۴۲ نیز همه جوجه‌های هر واحد آزمایشی به‌صورت جمعی وزن‌کشی شدند. ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، رشد و پایانی محاسبه شد. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم میانگین خوراک مصرفی بر میانگین افزایش وزن جوجه‌ها برای هر دوره محاسبه شد. در طول آزمایش،

روزانه و قبل از تخصیص خوراک به هر واحد آزمایشی، تعداد تلفات در برگه‌های هر واحد آزمایشی ثبت و وزن تلفات آن روز یادداشت شد. از میزان تلفات روزانه در تعیین روز مرغ هر واحد آزمایشی استفاده شد (۱۶).

فراسنجه‌های خونی: در سن ۴۲ روزگی، نمونه‌های خونی از رگ بال دو پرنده در هر تکرار جمع‌آوری شد. برای جمع‌آوری نمونه‌ها از لوله‌های شیشه‌ای حاوی هپارین استفاده شد. نمونه‌های خون در دور ۳۵۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ (Hettich، EBA 200، آلمان) شدند تا پلاسما به دست آید. نمونه‌های پلاسمای هپارینه به‌دست‌آمده در دمای ۲۰- درجه سلسیوس تا تجزیه‌وتحلیل بیشتر ذخیره شدند. سپس غلظت گلوکز، آلبومین، پروتئین کل، کلسترول، تری‌گلیسیرید، اسید اوریک، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) توسط کیت‌های آنزیمی تجاری (کیت‌های پادگین طب، تهران، ایران) با دستگاه اتوآنالایزر (Abbott Laboratories, Illinois, US) اندازه‌گیری شدند (۱۷).

کیفیت گوشت و کبد و فراسنجه‌های آنتی‌اکسیدان گوشت: نمونه‌برداری از بافت کبد و ران دو پرنده در هر تکرار به‌منظور بررسی کیفیت و رنگ در سن ۴۲ روزگی انجام شد. نمونه‌برداری گوشت ران از سطح بیرونی بخش سر عضله ران، چسبیده به ساق انجام شد. جهت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب گوشت ران، ۵ گرم از نمونه داخل کاغذ صافی داخل لوله‌های فالکون گذاشته شد و به‌مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Hettich، EBA 200، آلمان) شد. نمونه‌ها پس از سانتریفیوژ به‌آرامی خشک و دوباره وزن شدند. درنهایت ظرفیت نگهداری آب از تفاضل وزن قبل و پس از سانتریفیوژ، تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (۱۸). برای تعیین ظرفیت نگهداری آب، ابتدا ۵ گرم از نمونه گوشت سینه در کاغذ صافی داخل لوله‌های فالکون گذاشته شد و ۵ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ قرار گرفت. نمونه گوشت بعد از سانتریفیوژ توزین شد و سپس ظرفیت نگهداری آب طبق فرمول زیر محاسبه گردید. رنگ گوشت ران و کبد براساس سیستم CIE (International Commission on Illumination) با سه فراسنجه روشنی (L*)، قرمزی (a*) و زردی (b*) مشخص می‌شود که توسط دستگاه Colorimeter (Minolta CR-400, Japan) اندازه‌گیری شد. این دستگاه میزان روشنی رنگ گوشت طیور را به‌صورت روشن کم‌رنگ (L>53)، نرمال (48<L<51) و تیره (46>L) در نظر می‌گیرد. دستگاه رنگ‌سنج Minolta CR-400 براساس سیستم CIE مقادیر L*، a* و b* را ثبت می‌کند و طبقه‌بندی رنگ گوشت به‌صورت روشن کم‌رنگ (L>53)، نرمال (48<L<51) و تیره (46>L) براساس حدود گزارش‌شده توسط Xiao و همکاران در سال ۲۰۱۱ انجام شد (۱۹).

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی گوشت، نمونه‌ها پس از بسته‌بندی در کیسه‌های پلی‌اتیلنی نفوذناپذیر به هوا، در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شده و اندازه‌گیری‌ها در روزهای ۱، ۴ و ۷ پس از کشتار انجام گرفت. فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی شامل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، فعالیت مالون دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گوشت ران بعد از هموژنیزه کردن گوشت و تهیه عصاره گوشت توسط دستگاه اتوآنالایزر و با استفاده از کیت‌های شرکت نوند سلامت (ارومیه، ایران) انجام شد. برای تهیه عصاره گوشت، مقدار ۲ گرم از نمونه گوشت ران با ۸ میلی‌لیتر بافر فسفات سرد هموژنیزه شد. هموژنات حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد و سوپرناتانت شفاف به‌عنوان عصاره گوشت جهت سنجش شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت (۲۰).

جدول ۵. اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و سوپر اکسید دیسموتاز گوشت ران جوجه‌های گوشتی.

فراسنجه (n=۱۰)		شاهد	۲۵۰ گرم ضدتنش	۵۰۰ گرم ضدتنش	۱۰۰۰ گرم ضدتنش	SEM	*P*		
							تیمار	خطی	درجه دوم
سوپر اکسید دیسموتاز (نانوگرم/ میلی‌گرم)		۶۹/۲۱	۶۰/۰۹	۵۸/۸۰	۶۰/۴۹	۴/۵۹	۰/۳۸	۰/۶۹	۰/۴۲
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (نانومول/گرم)	۱ روز پس از کشتار	۲۲۹/۲۸	۲۳۶/۸۸	۲۳۹/۱۶	۲۴۵/۲۱	۳/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۸۲
	۴ روز پس از کشتار	۱۹۱/۱۴	۱۹۱/۶۴	۲۰۵/۸۰	۱۹۸/۷۸	۲/۴۲	۰/۱۱	۰/۳۷	۰/۱۶
	۷ روز پس از کشتار	۱۶۸/۹۰^{b}	۱۷۵/۵۸^{b}	۱۹۰/۴۴^{a}	۱۸۷/۰۵^{a}	۲/۷۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰۱

حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۶. اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر میزان مالون دی‌آلدئید گوشت (نانومول/گرم) جوجه‌های گوشتی.

فراسنجه (n=۱۰)	شاهد	۲۵۰ گرم ضدتنش	۵۰۰ گرم ضدتنش	۱۰۰۰ گرم ضدتنش	SEM	*P*		
						تیمار	خطی	درجه دوم
۱ روز پس از کشتار	۱۰/۹۹	۱۱/۰۵	۱۲/۳۳	۱۰/۶۸	۰/۷۷	۰/۲۱	۰/۹۴	۰/۰۸
۴ روز پس از کشتار	۱۵/۵۶^{a}	۱۶/۹۹^{a}	۱۴/۵۷^{ab}	۱۲/۶۴^{b}	۰/۷۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۶۳
۷ روز پس از کشتار	۱۹/۹۷^{a}	۱۸/۲۵^{a}	۱۸/۵۵^{a}	۱۵/۵۳^{b}	۰/۵۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۷۹

حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

آنالیز آماری: داده‌های حاصله با استفاده از رویه GLM و نرم‌افزار SAS ۲، ۹ در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از PROC UNIVARIATE نرم‌افزار SAS، از نظر نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند و در صورت نیاز، درصد داده‌ها با تبدیل $ArcSin\sqrt{x}$ نرمال‌سازی شدند. برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح ۵ درصد استفاده شد. مدل‌های آماری مطالعه حاضر به شرح زیر بود (فرمول‌های شماره ۱، ۲، ۳،):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad .۱$$

$$Y=ax + b \quad .۲$$

$$Y= ax + bx^2 + c \quad .۳$$

در این فرمول‌ها، Y_{ij}، μ، T_i و ε_{ij} به‌ترتیب نشان‌دهنده صفات اندازه‌گیری‌شده، میانگین کل، اثر تیمار و خطای آزمایشی هر مشاهده می‌باشند.

نتایج

عملکرد: نتایج مربوط به اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی برای دوره‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. مصرف خوراک دوره پایانی و کل دوره در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با هر سه سطح ضدتنش ماکیان افزایش یافت ($P>۰/۰۵$). میانگین افزایش وزن روزانه دوره پایانی و میانگین کل دوره در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره حاوی ۵۰۰ گرم ضدتنش ماکیان نسبت به پرندگان تیمار شاهد بیشتر بود ($P>۰/۰۵$). افزودن ۵۰۰ گرم در تن مکمل ضدتنش ماکیان به جیره جوجه‌های گوشتی ضریب تبدیل خوراک دوره پایانی را به‌طور معنی‌دار در مقایسه با تیمار ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان کاهش داد ($P>۰/۰۵$) اما در کل دوره، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان داشت ($P>۰/۰۵$).

فراسنجه‌های خونی: اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ نشان داده شده است. باتوجه‌به نتایج تیمار ۵۰۰ گرم ضدتنش ماکیان باعث غلظت گلوکز خون پایین‌تری نسبت به تیمار شاهد شد ($P>۰/۰۵$). سطح پروتئین کل سرم در تیمار دریافت‌کننده ۵۰۰ گرم ضدتنش ماکیان، به‌طور معنی‌داری ($P=۰/۰۰۱$) بالاتر از تیمار شاهد بود. فعالیت آنزیم‌های کبدی AST و ALT در تیمارهای حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش یافتند ($P>۰/۰۵$). همچنین تیمار حاوی ۲۵۰ گرم ضدتنش ماکیان موجب افزایش معنی‌دار فعالیت ALT در مقایسه با گروه ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان شد ($P=۰/۰۰۱$). سایر فراسنجه‌های خونی تری‌گلیسرید، کلسترول، اسید اوریک و آلبومین تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی قرار نگرفتند ($P<۰/۰۵$).

کیفیت گوشت و رنگ کبد: اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ نشان داده شده است. باتوجه‌به نتایج ظرفیت نگهداری آب، تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی قرار نگرفت ($P<۰/۰۵$). بررسی شاخص‌های رنگی گوشت ران نشان داد مقدار روشنایی (L*) در تیمارهای دریافت‌کننده ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم ضدتنش ماکیان به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود ($P=۰/۰۱$). مقدار قرمزی (a*) در تیمارهای حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار

شاهد ثبت شد (P=۰/۰۰۶). در ارزیابی رنگ کبد نیز نتایج نشان داد شاخص‌های روشنایی و زردی تحت تأثیر تیمارهای مختلف ضدتنش ماکیان قرار نگرفتند (P<۰/۰۵)؛ درحالی‌که مقدار قرمزی (a*) در تیمارهای حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود (P=۰/۰۰۱).

وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوشت: اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوشت جوجه‌های گوشتی در جدول ۵ نشان داده شده است. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در روز ۷ پس از کشتار تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی قرار گرفت. تیمارهای حاوی سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم مکمل ضدتنش ماکیان در نمونه‌های ۷ روز پس از کشتار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به تیمار شاهد و سطح ۲۵۰ گرم مکمل ضدتنش ماکیان داشتند (P>۰/۰۵). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت در روز ۱ و ۴ پس از کشتار و فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی قرار نگرفت (P<۰/۰۵).

وضعیت مالون دی‌آلدئید گوشت: تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان مالون دی‌آلدئید گوشت در جدول ۶ نمایش داده شده است. عدم تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان مالون دی‌آلدئید گوشت در روز ۱ بعد از کشتار مشاهده شد (P<۰/۰۵). میزان مالون دی‌آلدئید گوشت در روز ۴ بعد از کشتار نشان داد در تیمار دریافت‌کننده ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد و ۲۵۰ گرم ضدتنش ماکیان بود (P>۰/۰۵). مقدار مالون دی‌آلدئید گوشت در روز ۷ بعد از کشتار نیز در تیمار ۱۰۰۰ گرم ضدتنش ماکیان در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی پایین‌تر بود (P=۰/۰۰۱).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد افزودن مکمل آنتی‌اکسیدانی ضدتنش ماکیان به جیره، موجب بهبود معنی‌دار در مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی، به‌ویژه در دوره پایانی رشد شد. این بهبود را می‌توان به ترکیب متنوع و هم‌افزای اجزای مکمل نسبت داد در کاهش اثرات منفی تنش گرمایی بر متابولیسم و اشتهای پرنده نقش داشته‌اند. موافق با نتایج حاضر محققین گزارش کردند در شرایط گرمایی، پرندگان معمولاً برای کاهش تولید حرارت متابولیکی، مصرف خوراک خود را کاهش می‌دهند (۲۱). در مقابل مطالعات بیان کرده‌اند حضور ترکیباتی نظیر ویتامین‌های C و E و مواد معدنی آنتی‌اکسیدانی مانند سلنیوم و روی، با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و حفظ عملکرد طبیعی سیستم عصبی و غدد درون‌ریز، موجب حفظ اشتها و بهبود مصرف خوراک می‌شوند (۲۲, ۲۳). ازسوی‌دیگر گزارش شده است متیونین و ال ـ کارنیتین ازطریق بهبود متابولیسم پروتئین و اسیدهای چرب، باعث افزایش بازده انرژی قابل‌استفاده و بهبود رشد می‌شوند (۲۴). به‌علاوه، ترکیبات گیاهی نظیر کورکومین، آلیسین و آنتوسیانین با اثرات ضدالتهابی و محافظت از بافت کبد، عملکرد متابولیکی را بهبود بخشیده و زمینه را برای استفاده بهتر از مواد مغذی فراهم می‌کنند (۲۵)؛ بنابراین پرندگانی که از سطوح مناسب (۵۰۰ گرم در تن) مکمل ضدتنش ماکیان استفاده کردند، قادر به جبران بخشی از افت عملکرد ناشی از تنش گرمایی بوده و افزایش وزن بیشتری نسبت به شاهد نشان دادند. کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک در تیمار حاوی ۵۰۰ گرم مکمل در مقایسه با سایر تیمارها نشان‌دهنده بهبود کارایی متابولیکی و تعادل بهتر میان مصرف انرژی و رشد است. به نظر می‌رسد سطح ۵۰۰ گرم در تن توانسته است تعادل مناسبی بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و حفظ هموستاز متابولیکی برقرار کند. این یافته با گزارش‌های پیشین درمورد اثرات آنتی‌اکسیدان‌ها در بهبود کارایی تغذیه‌ای تحت شرایط تنش گرمایی همخوانی دارد (۲۲, ۲۳, ۲۵)، زیرا مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در بافت‌های گوارشی و حفظ یکپارچگی پرزهای روده، جذب مواد مغذی را تسهیل می‌کنند (۲۶).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با ۵۰۰ گرم در تن مکمل آنتی‌اکسیدانی ضدتنش ماکیان دارای غلظت گلوکز خون پایین‌تر و سطوح پروتئین کل بالاتری نسبت به تیمار شاهد بودند. کاهش غلظت گلوکز در این تیمار ممکن است با تعدیل پاسخ استرسی و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی مرتبط باشد. اگرچه غلظت کورتیکوسترون در مطالعه حاضر اندازه‌گیری نشد، مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند با کاهش ترشح کورتیکوسترون همراه باشد و درنهایت موجب کاهش گلوکونئوژنز و سطح گلوکز خون شود (۲۷)؛ اما وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر ویتامین‌های C و E و عناصر معدنی، مانند کروم و منیزیم در مکمل ضدتنش ماکیان، با کاهش تنش اکسیداتیو و تثبیت پاسخ‌های هورمونی، سطح گلوکز خون را در محدوده طبیعی نگه می‌دارند (۲۸). به‌علاوه، کروم ازطریق افزایش حساسیت گیرنده‌های انسولینی، برداشت گلوکز توسط سلول‌های محیطی را تسهیل کرده و از بروز هیپرگلیسمی ناشی از تنش جلوگیری می‌کند (۲۹). افزایش معنی‌دار پروتئین کل سرم در تیمار

دریافت‌کننده ۵۰۰ گرم مکمل آنتی‌اکسیدانی می‌تواند ناشی از بهبود ساخت پروتئین‌های پلاسما در کبد، به‌ویژه آلبومین و گلوبولین‌ها باشد. علاوه‌براین کاهش تنش اکسیداتیو و پاسخ‌های التهابی در اثر مصرف مکمل آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به کاهش کاتابولیسم پروتئین‌های بدن و تجزیه پروتئین‌های پلاسما و درنهایت به افزایش غلظت آن‌ها در سرم منجر شود. متیونین موجود در ترکیب مکمل با ایفای نقش در ساخت گلوتاتیون و متیلاسیون ترکیبات متابولیکی، از تخریب بافتی جلوگیری می‌کند (۳۰). همچنین وجود ترکیبات گیاهی نظیر کورکومین و آلیسین با خواص ضدالتهابی و محافظت از غشای سلولی، سبب حفظ کارایی بافت کبد و افزایش بازده متابولیکی پروتئین می‌شوند (۳۱). فعالیت آنزیم‌های کبدی AST و ALT شاخصی حساس از سلامت و تمامیت غشای سلول‌های کبدی محسوب می‌شود. در مطالعه حاضر، کاهش معنی‌دار سطوح AST و ALT در تیمارهای حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم مکمل ضدتنش ماکیان نسبت به شاهد، بیانگر نقش محافظتی این مکمل در برابر آسیب‌های اکسیداتیو کبد است. در شرایط تنش گرمایی، افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن به پراکسیداسیون لیپیدهای غشای هپاتوسیت‌ها و نشت آنزیم‌ها به داخل خون منجر می‌شود (۳۲). براساس نتایج مطالعات پیشین، ویتامین E و C ازطریق تقویت فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و مهار مسیرهای التهابی وابسته به NF-κB، از آسیب به بافت کبد جلوگیری کرده‌اند (۳۳). حضور سلنیوم و ویتامین E در ترکیب مکمل نقش کلیدی در حفظ پایداری غشاهای فسفولیپیدی ایفا می‌کند (۳۴)، درحالی‌که کورکومین و آنتوسیانین با کاهش تجمع چربی در کبد و مهار پراکسیداسیون لیپیدی، اثر هم‌افزایی در حفاظت بافتی دارند (۳۵).

استفاده از مکمل آنتی‌اکسیدانی ضدتنش ماکیان، به‌ویژه در سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم در تن، باعث افزایش معنی‌دار شاخص قرمزی (a*) و شاخص روشنایی (L*) در گوشت ران جوجه‌های گوشتی شد، درحالی‌که ظرفیت نگهداری آب تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. افزایش شاخص قرمزی گوشت را می‌توان به نقش محافظتی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مکمل در جلوگیری از اکسیداسیون میوگلوبین نسبت داد (۳۶). در شرایط تنش گرمایی، تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در بافت‌های عضلانی موجب تبدیل میوگلوبین به مت‌میوگلوبین اکسیدشده می‌شود که رنگ روشن‌تری به گوشت می‌دهد (۳۷). بااین‌حال موافق با نتایج مطالعه حاضر گزارش شده است حضور ویتامین E، سلنیوم و ترکیبات فنولی با خاصیت قوی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از اکسیداسیون آهن در مرکز پایداری رنگ قرمز طبیعی گوشت را حفظ می‌کنند (۲۲). افزایش مقدار L* نیز بیانگر حفظ ساختار طبیعی فیبرهای عضلانی و جلوگیری از دناتوره شدن پروتئین‌های میوفیبریلی توسط مکمل آنتی‌اکسیدانی است که معمولاً در اثر تنش گرمایی و اسیدی شدن سریع پس از کشتار رخ می‌دهد (۳۸). ارزیابی شاخص‌های رنگی کبد نشان داد روشنایی و زردی در بین تیمارها تفاوتی نداشت، اما شاخص قرمزی (a*) در تیمارهای حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم مکمل به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. اگرچه شاخص‌های رنگی به‌تنهایی معیارهای اختصاصی برای ارزیابی عملکرد کبد محسوب نمی‌شوند، اما کاهش مقدار a* می‌تواند به‌عنوان یک شاخص غیرمستقیم و کمکی بازتابی از کاهش احتقان عروقی و بهبود وضعیت ساختاری بافت کبد باشد (۳۹). رنگ قرمز تیره‌تر کبد معمولاً با احتقان عروقی، آسیب سلولی و اختلالات متابولیکی همراه گزارش شده است؛ درحالی‌که کاهش آن می‌تواند نشان‌دهنده کاهش فشارهای پاتولوژیک بر بافت کبد باشد (۴۰). این تفسیر با کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های کبدی AST و ALT در سرم خون در تیمارهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم مکمل هم‌راستا است که نشان‌دهنده کاهش آسیب سلولی و بهبود یکپارچگی غشای هپاتوسیت‌ها می‌باشد. علاوه‌براین افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید در این تیمارها بیانگر کاهش تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدی در بافت کبد است. درمجموع، همسویی تغییرات شاخص‌های رنگی کبد با شاخص‌های بیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی خون نشان می‌دهد مکمل آنتی‌اکسیدانی احتمالاً ازطریق کاهش فشارهای اکسیداتیو و آسیب‌های سلولی، موجب بهبود وضعیت فیزیولوژیک کبد شده است؛ هرچند برای نتیجه‌گیری قطعی، استفاده از شاخص‌های بافت‌شناسی نیز توصیه می‌شود. ترکیبات موجود در مکمل مانند ویتامین E، سلنیوم و ال ـ کارنیتین با کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و جلوگیری از تجمع تری‌گلیسرید در سلول‌های کبدی، سبب حفظ رنگ طبیعی و عملکرد سالم کبد می‌شوند (۳۴, ۴۱). علاوه‌براین، کورکومین و آلیسین با مهار مسیرهای التهابی و بهبود عملکرد میتوکندریایی، نقش محافظتی مضاعفی در حفظ سلامت بافت کبد ایفا می‌کنند (۳۵)؛ بنابراین احتمالاً مکمل ضدتنش ماکیان با ایجاد تعادل اکسیداتیو و تثبیت ساختار سلولی، نه‌تنها به بهبود کیفیت و ماندگاری گوشت کمک کرده، بلکه از بروز صدمات بافتی و اکسیداتیو در کبد نیز جلوگیری کرده است.

نتایج مربوط به وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوشت نشان داد اگرچه در روزهای ۱ و ۴ پس از کشتار تفاوت معنی‌داری میان تیمارها مشاهده نشد، اما در روز ۷، جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با سطوح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم مکمل ضدتنش ماکیان دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بالاتری نسبت به تیمار شاهد و سطح ۲۵۰ گرم بودند که معنی‌دار بود. این یافته نشان می‌دهد اثر مکمل ضدتنش ماکیان بر پایداری اکسیداتیو گوشت به‌صورت تجمعی و زمان‌بر بروز یافته و در مراحل پایانی نگهداری گوشت اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مؤثر همچون ویتامین‌های E و C، سلنیوم، کروم و ترکیبات فنولی در مکمل سبب مهار زنجیره پراکسیداسیون لیپیدها، بازسازی ویتامین E احیاشده، افزایش ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی و کاهش تشکیل مالون دی‌آلدئید در گوشت می‌شود (۲۲, ۲۹). ثبات فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تمام تیمارها نشان می‌دهد تفاوت مشاهده‌شده عمدتاً ناشی از فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی و اثرات سینرژیستی ترکیبات مکمل در حفظ تعادل اکسیدان ـ آنتی‌اکسیدان بوده است. نتایج مربوط به غلظت مالون دی‌آلدئید به‌عنوان شاخص اصلی پراکسیداسیون لیپیدی در گوشت جوجه‌های گوشتی نشان داد گرچه در روز نخست پس از کشتار تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، اما در روز ۴ و ۷ پس از کشتار، تیمار حاوی ۱۰۰۰ گرم مکمل ضدتنش ماکیان به‌طور چشمگیری موجب کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید در گوشت نسبت به تیمار شاهد و سطح پایین‌تر مکمل شد. این یافته حاکی از آن است که مصرف سطح بالای مکمل ضدتنش ماکیان با تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و مهار تولید رادیکال‌های آزاد، پایداری چربی‌ها را در بافت عضله، به‌ویژه در طول دوره نگهداری بهبود بخشیده است. هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر مطالعات قبلی گزارش کرده‌اند ترکیبات فعالی، مانند ویتامین‌های E و C، سلنیوم، کروم، کورکومین، آلیسین و فلاونوئیدهای موجود در مکمل با ایفای نقش به‌عنوان خنثی‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد و بازسازی آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زا (نظیر گلوتاتیون و ویتامین E احیاشده) موجب کاهش زنجیره اکسیداسیون لیپیدها و تولید کمتر مالون دی‌آلدئید می‌شوند (۴۲-۴۶). پایین‌تر بودن مقادیر مالون دی‌آلدئید در روز ۷ پس از کشتار در تیمار ۱۰۰۰ گرم نسبت به سایر گروه‌ها نشان‌دهنده اثر محافظتی پایدار و طولانی‌مدت این مکمل در جلوگیری از تخریب اکسیداتیو و حفظ تازگی گوشت است.

نتیجه‌گیری نهایی: نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از مکمل آنتی‌اکسیدانی ضدتنش ماکیان در جیره جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، موجب بهبود عملکرد رشد و حفظ تعادل فیزیولوژیک پرندگان شد. مصرف این مکمل سبب بهبود شاخص‌های متابولیکی خون و کاهش آنزیم‌های کبدی مرتبط با آسیب سلولی شد. همچنین کیفیت فیزیکی و اکسیداتیو گوشت در پرندگان تغذیه‌شده با سطوح متوسط تا بالای مکمل (۵۰۰ گرم در تن) ارتقا یافت و پایداری گوشت در طول نگهداری افزایش پیدا کرد؛ بنابراین مکمل ضدتنش ماکیان در سطح ۵۰۰ گرم در تن با تقویت وضعیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش اثرات زیان‌بار تنش گرمایی، می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی مؤثر برای حفظ سلامت، عملکرد و کیفیت محصولات در جوجه‌های گوشتی پیشنهاد شود.

ملاحظات اخلاقی

کلیه مراحل انجام تحقیق اخیر در کمیته اخلاق دانشگاه ارومیه با کد IR-UU-AEC-3/12 تأیید شد.

سپاسگزاری

نویسندگان از شرکت سپاهان دانه پارسیان بابت ارائه مکمل آنتی‌اکسیدانی ضدتنش ماکیان تقدیر و تشکر می‌کنند.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافعی در ارتباط با این مطالعه وجود ندارد.

References

1. Apalowo OO, Ekunseitan DA, Fasina YO. Impact of heat stress on broiler chicken production. Poult 2024;3(2):107-28. doi: 10.3390/poultry3020010

2. Onagbesan OM, Uyanga VA, Oso O, Tona K, Oke OE. Alleviating heat stress effects in poultry: updates on methods and mechanisms of actions. Front Vet Sci 2023;27;(10):1255520. doi: 10.3389/fvets.2023.1255520 PMID: 37841463

3. Ramiah SK, Awad EA, Mookiah S, Idrus Z. Effects of zinc oxide nanoparticles on growth performance and concentrations of malondialdehyde, zinc in tissues, and corticosterone in broiler chickens under heat stress conditions. Poult Sci 2019;98(9):3828-38. doi: 10.3382/ps/pez093 PMID: 30839088

4. Miao Q, Si X, Xie Y, Chen L, Liu Z, Liu L, Tang X, Zhang H. Effects of acute heat stress at different ambient temperature on hepatic redox status in broilers. Poult Sci 2020;99(9):4113-22. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.019 PMID: 32867954

5. Tang LP, Liu YL, Zhang JX, Ding KN, Lu MH, He YM. Heat stress in broilers of liver injury effects of heat stress on oxidative stress and autophagy in liver of broilers. Poult Sci 2022;101(10):102085. doi: 10.1016/j.psj.2022.102085 PMID: 36055022

6. Del Vesco AP, Gasparino E. Production of reactive oxygen species, gene expression, and enzymatic activity in quail subjected to acute heat stress. J Anim Sci 2013;91(2):582-7. doi: 10.2527/jas.2012-5498 PMID: 23148249

7. Zhao Y, Li Z, Wang X, Zhao F, Wang C, Zhang Q, Chen X, Geng Z, Zhang C. Resveratrol attenuates heat stress-induced impairment of meat quality in broilers by regulating the Nrf2 signaling pathway. Animals 2022;12(15):1889. doi: 10.3390/ani12151889 PMID: 35892539

8. Surai PF. Antioxidants in poultry nutrition and reproduction: An update. Antioxidants 2020;9(2):105-116. doi: 10.3390/antiox9020105 PMID: 31991738

9. Sumanu VO, Naidoo V, Oosthuizen MC, Chamunorwa JP. Adverse effects of heat stress during summer on broiler chickens production and antioxidant mitigating effects. Int J Biometeorol 2022;66(12):2379-93. doi: 10.1007/s00484-022-02372-5 PMID: 36169706

10. Zhao F, Wang X, Li Y, Chen X, Geng Z, Zhang C. Effects of dietary supplementation with epigallocatechin gallate on meat quality and muscle antioxidant capacity of broilers subjected to acute heat stress. Animals 2021;11(11):3296. doi: 10.3390/ani11113296 PMID: 34828027

11. Kachungwa Lugata J, Ortega AD, Szabó C. The role of methionine supplementation on oxidative stress and antioxidant status of poultry-a review. Agriculture 2022;12(10):1701. doi: 10.3390/agriculture12101701

12. Shakeri M, Oskoueian E, Le HH, Shakeri M. Strategies to combat heat stress in broiler chickens: Unveiling the roles of selenium, vitamin E and vitamin C. Vet Sci 2020;7(2):71-86. doi: 10.3390/vetsci7020071 PMID: 32492802

13. Mohammadizad T, Taherpour K, Ghasemi HA, Shirzadi H, Tavakolinasab F, Nazaran MH. Potential benefits of advanced chelate-based trace minerals in improving bone mineralization, antioxidant status, immunity, and gene expression modulation in heat-stressed broilers. PLoS One 2024;19(10):e0311083. doi: 10.1371/journal.pone.0311083 PMID: 39356694

14. Phillips CJ, Hosseintabar-Ghasemabad B, Gorlov IF, Slozhenkina MI, Mosolov AA, Seidavi A. Immunomodulatory effects of natural feed additives for meat chickens. Life 2023;13(6):1287. doi: 10.3390/life13061287 PMID: 37374069

15. Ahmadipour B, Hasani FF, Hassanpour H, Khajali F. Effect of L-carnitine and emulsifier on growth performance, lipid profile, lipogenesis, and oxidative stress of broiler chickens Raised at high altitude. Poult Sci 2025;104(7):105157. doi: 10.1016/j.psj.2025.105157 PMID: 40279689

16. Awad WA, Ghareeb K, Bohm J, Razzazi E, Hellweg P, Zentek J. The impact of the Fusarium toxin deoxynivalenol (DON) on poultry. Int J Poult Sci 2008;7(9):827-42. doi: 10.3923/ijps.2008.827.842

17. Delfani N, Daneshyar M, Farhoomand P, Alijoo YA, Payvastegan S, Najafi G. Effects of arginine and guanidinoacetic acid supplementation with or without phenylalanine on performance and ascites

susceptibility in cold-stressed broilers fed canola meal-based diet. J Anim Sci Technol 2023;65(1):69-95. doi: 10.5187/jast.2022.e68

18. Dorosti F, Daneshyar M, Farhoomand P, Ansari Pirsaraei Z. The effect of mild and chronic heat stress on yield, carcass characteristics, blood parameters, meat quality and expression of fatty acid synthase and lipoprotein lipase genes in broilers. Anim Sci Res 2024;33(4):47-59. doi: 10.22034/as.2023.53138.1675

19. Xiao S, Zhang WG, Lee EJ, Ma CW, Ahn DU. Effects of diet, packaging, and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation, and color of raw broiler thigh meat during refrigerated storage. Poult Sci 2011;90(6):1348-57. doi: 10.3382/ps.2010-01244 PMID: 21597078

20. Echegaray N, Pateiro M, Munekata PE, Lorenzo JM, Chabani Z, Farag MA, Domínguez R. Measurement of antioxidant capacity of meat and meat products: Methods and applications. Molecules 2021;26(13):3880. doi: 10.3390/molecules26133880

21. Khan RU, Naz S, Ullah H, Ullah Q, Laudadio V, Qudratullah, Bozzo G, Tufarelli V. Physiological dynamics in broiler chickens under heat stress and possible mitigation strategies. Anim Biotechnol 2023;34(2):438-47. doi: 10.1080/10495398.2021.1972005 PMID: 34473603

22. Pečjak M, Leskovec J, Levart A, Salobir J, Rezar V. Effects of dietary vitamin E, vitamin C, selenium and their combination on carcass characteristics, oxidative stability and breast meat quality of broiler chickens exposed to cyclic heat stress. Animals 2022;12(14):1789. doi: 10.3390/ani12141789 PMID: 35883336

23. Mohamed AS, Abd El Latif MA, Hussein EA, Toson EM, Saleh M, Kokoszynski D, Elnesr SS, Mohany M, Al-Rejaie SS, Elwan H. Efficacy of Dietary supplementation with zinc-chromium mixture, Organic Selenium, or their combinations on growth performance, carcass traits, and blood profiles of broilers under heat stress conditions. Animals 2023;13(15):2539. doi: 10.3390/ani13152539 PMID: 37570347

24. El-Saway HB, Soliman MM, Sadek KM, Nassef E, Abouzed TK. Beneficial impact of dietary methyl methionine sulfonium chloride and/or L-carnitine supplementation on growth performance, feed efficiency, and serum biochemical parameters in broiler chicken: role of IGF-1 and MSTN genes. Trop Anim Health Prod 2022;54(2):98-112. doi: 10.1007/s11250-022-03065-2 PMID: 35141787

25. Gong HZ, Lang WY, Lan HN, Fan YY, Wang TP, Chu QR, Wang JH, Li D, Zheng X, Wu M. Effects of laying breeder hens dietary β-carotene, curcumin, allicin, and sodium butyrate supplementation on the jejunal microbiota and immune response of their offspring chicks. Poult Sci 2020;99(8):3807-16. doi: 10.1016/j.psj.2020.03.065 PMID: 32731966

26. Saracila M, Panaite TD, Untea AE, Varzaru I. Effect of dietary supplementation of some antioxidant combinations on nutrient digestibility in heat-stressed broilers. Arch Zootech 2022;25(1):116-29. doi: 10.2478/azibna-2022-0008?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate

27. Ma B, Zhang L, Li J, Xing T, Jiang Y, Gao F. Heat stress alters muscle protein and amino acid metabolism and accelerates liver gluconeogenesis for energy supply in broilers. Poult Sci 2021;100(1):215-23. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.090 PMID: 33357684

28. Livingston ML, Pokoo-Aikins A, Frost T, Laprade L, Hoang V, Nogal B, Phillips C, Cowieson AJ. Effect of heat stress, dietary electrolytes, and vitamins E and C on growth performance and blood biochemistry of the broiler chicken. Front Anim Sci 2022;18(3):807267. doi: 10.3389/fanim.2022.807267

29. Wang G, Li X, Yu M, Huang Z, Feng J, Zhang M. Impact of chromium picolinate on breast muscle metabolomics and glucose and lipid metabolism-related genes in broilers under heat stress. Animals 2025;15(19):2897. doi: 10.3390/ani15192897

30. Wang Y, Yin X, Yin D, Lei Z, Mahmood T, Yuan J. Antioxidant response and bioavailability of methionine hydroxy analog relative to DL-methionine in broiler chickens. Anim Nutr 2019;5(3):241-7. doi: 10.1016/j.aninu.2019.06.007 PMID: 31528725

31. Abdelkader AM, El-Sheikh AM, El-Tahawy WS, Hassan SS. The effect of curcumin and allicin on the production and physiological traits of Mandra chickens. J Agric Environ Sci 2024;23(2):98-119. doi: 10.21608/jaesj.2024.250637.1129

32. Emami NK, Jung U, Voy B, Dridi S. Radical response: effects of heat stress-induced oxidative stress on lipid metabolism in the avian liver. Antioxidants 2020;10(1):35-46. doi: 10.3390/antiox10010035 PMID: 33396952

33. Ijadunola TI, Popoola MA, Bolarinwa MO, Ayangbola KA, Omole CA. Effects of supplemental Vitamins E and C on growth performance and physiological responses of broiler chicken under environmental heat stress. Niger J Anim Sci 2020;22(3):17-25.

34. Kumbhar S, Khan AZ, Parveen F, Nizamani ZA, Siyal FA, El-Hack ME, Gan F, Liu Y, Hamid M, Nido SA, Huang K. Impacts of selenium and vitamin E supplementation on mRNA of heat shock proteins, selenoproteins and antioxidants in broilers exposed to high temperature. Amb Express 2018;8(1):112-221. doi: 10.1186/s13568-018-0641-0 PMID: 29992450

35. Zhang S, Wang Y, Ye J, Fan Q, Lin X, Gou Z, Jiang S. Dietary supplementation of bilberry anthocyanin on growth performance, intestinal mucosal barrier and cecal microbes of chickens challenged with Salmonella Typhimurium. J Anim Sci Biotechnol 2023;14(1):15-21. doi: 10.1186/s40104-022-00799-9 PMID: 36670458

36. Dimitrov N, Miteva D, Dimov K, Petkov E, Popova T. Changes in colour and myoglobin oxidation in chicken meat as affected by antioxidants during storage. In Proc Bulg Acad Sci 2023;76(12),1942-1950. doi: 10.7546/CRABS.2023.12.18

37. Zhang ZY, Jia GQ, Zuo JJ, Zhang Y, Lei J, Ren L, Feng DY. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. Poult Sci 2012;91(11):2931-7. doi: 10.3382/ps.2012-02255

38. Imik H, Atasever MA, Urcar S, Ozlu H, Gumus R, Atasever M. Meat quality of heat stress exposed broilers and effect of protein and vitamin E. Br Poult Sci 2012;53(5):689-98. doi: 10.1080/00071668.2012.736609 PMID: 23281765

39. Abdulkarimi R, Daneshyar M, Aghazadeh A. Thyme (*Thymus vulgaris*) extract consumption darkens liver, lowers blood cholesterol, proportional liver and abdominal fat weights in broiler chickens. Ital J Anim Sci 2011;10(2):20-34. doi: 10.4081/ijas.2011.e20

40. Qu Z, Tang J, Sablani SS, Ross CF, Sankaran S, Shah DH. Quality changes in chicken livers during cooking. Poult Sci 2021;100(9):101316. doi: 10.1016/j.psj.2021.101316 PMID: 34329987

41. Wang YW, Ning D, Peng YZ, Guo YM. Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth performance, organ weight, biochemical parameters and ascites susceptibility in broilers reared under low-temperature environment. Asian-Australas. J Anim Sci 2013;26(2):233-241. doi: 10.5713/ajas.2012.12407 PMID: 25049781

42. Habibian M, Ghazi S, Moeini MM. Effects of dietary selenium and vitamin E on growth performance, meat yield, and selenium content and lipid oxidation of breast meat of broilers reared under heat stress. Biol Trace Elem Res 2016;169(1):142-52. doi: 10.1007/s12011-015-0404-6 PMID: 26085059

43. Stępniowska A, Drażbo A, Kozłowski K, Ognik K, Jankowski J. The effect of chromium nanoparticles and chromium picolinate in the diet of chickens on levels of selected hormones and tissue antioxidant status. Animals 2019;10(1):45-53. doi: 10.3390/ani10010045 PMID: 31878318

44. Yadav S, Teng PY, Dos Santos TS, Gould RL, Craig SW, Fuller AL, Pazdro R, Kim WK. The effects of different doses of curcumin compound on growth performance, antioxidant status, and gut health of broiler

chickens challenged with *Eimeria* species. Poult Sci 2020;99(11):5936-45. doi: 10.1016/j.psj.2020.08.046 PMID: 33142511

45. Adjei-Mensah B, Oke EO, Ali MM, Hamidu JA, Tona K. Response of layer chicks to the dietary inclusion of allicin-rich extract. J Appl Poult Res 2022 Dec 1;31(4):100291. doi: 10.1016/j.japr.2022.100291

46. Zhou Y, Mao S, Zhou M. Effect of the flavonoid baicalein as a feed additive on the growth performance, immunity, and antioxidant capacity of broiler chickens. Poult Sci 2019;98(7):2790-9. doi: 10.3382/ps/pez071 PMID: 30778569