Iranian Journal Of Biological Science. 2024; 19(1):1-15

Original Article

Iranian Journal of Biological Sciences

https://zisti.iauvaramin.ac.ir

The effect of energy type and source on the activity of antioxidant enzymes, blood lipid compositions and anti-inflammatory gene expression (IL-4) in broilers under heat stress

Nematollah Dayani[1], Mohammad Chamani[2]*, Parvin Shawrang[3], Ali Asghar Sadeghi[4],Asa Ebrahimi[5]

[1]PhD student, Department of Animal Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2]Full professor, Department of Animal Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[3]Associate professor, Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran
[4]Associate professor, Department of Animal Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[5]Associate professor, Department of Biotechnology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Place of Research: Razi Laboratory, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article Info

Article History:
Recived 2024.3.2
Revised 2024. 7. 9
Accepted 2024.7.15
Online 2025.1.29

KeyWords:

Ross strain
soybean oil
malondialdehyde
blood cell count
antioxidant indices

*Corresponding author:
E-mail address:
Mohammad Chamani

m.charnani@gmail.com

Abstract

Introduction: Different strategies were introduced in the poultry industry to overcome heat stress. Manipulation in the energy source and level is one of the important practical issues. The effects of energy manipulation on antioxidant indices and blood parameters are of research interest.

Materials and Methods: One-day-old broiler chickens (n=450) were assigned to six treatments and five replicates in a completely random design. The chickens were exposed to heat stress from day 12 to day 42 of age and were fed diets containing different energy sources and levels. The energy level was according to the standard of Ross strain. Then, interleukin-4 gene expression was examined using Real Time PCR.

Results: Energy restriction (6% less than standard) significantly increased plasma malondialdehyde level and decreased the activity of antioxidant enzymes. A 3% decrease in the energy level of the diet increased the expression of the interleukin-4 gene, but chickens receiving 6% less energy had lower interleukin-4 gene expression than the control group. Increasing the energy level with the addition of soybean oil caused a non-significant decrease in the expression level of the interleukin-4 gene.

Conclusion: The recommended energy level for the Ross 308 strain worked best and the use of soybean oil (2% in the grower period and 4% in the finisher period) instead of a part of the corn grain had the best results in the current study.

Cite this article: Dayani, N. Chamani, M. Shawrang, P Ebrahimi, A. Sadeghi, AA., The effect of energy type and source on the activity of antioxidant enzymes, blood lipid compositions and anti-inflammatory gene expression (Il-4) in broilers under heat stress. Iranian Journal of Biological Sciences.2024; 19 (1): 1-15

10.71631/zisti .2024.936379

Publisher:Islamic Azad University of Varamin – Pishva branch Print ISSN: 1735-4226 Online ISSN: 1727-459X
This is an open access article under the: https://creativecommons.org/license/by-nc/4.0/

مقاله تحقیقی
دانش زیستی ایران
https://zisti.iaubaramin.ac.ir

اثر نوع و منبع انرژی جیره بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، ترکیبات لیپیدی خون و بیان ژن ضد التهابی (IL-4)در جوجه های گوشتی تحت تنش گرمایی

نعمت الله دیانی[۱]، محمد چمنی[۲]*، پروین شورنگ[۳]، علی اصغر صادقی[۴]، آسا ابراهیمی[۵]

[۱] دانشجوی دوره دکتری تخصصی، گروه علوم دامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامي، تهران، ایران

[۲] استاد، گروه علوم دامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامي، تهران، ایران

[۳] دانشیار، پژوهشکده کشاورزی هسته ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، کرج، ایران

[۴] دانشیار، گروه علوم دامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامي، تهران، ایران

[۵] دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامي، تهران، ایران

محل انجام تحقیق: پژوهشکده تحقیقات کشاورزی هسته ای کرج و آزمایشگاه رازی واحد علوم و تحقیقات تهران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله

ارسال ۱۴۰۲/۱۲/۱۲
بازنگری ۱۴۰۳/۰۴/۱۹
پذیرش ۱۴۰۳/۰۴/۲۵
نمایه ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

کلمات کلیدی

سویه راس
روغن سویا
مالون دی آلدئید
شمارش سلول های خون
شاخص های آنتی اکسیدانی

* مسئول مکاتبات:

محمد چمنی m.charnani@gmail.com

چکیده

مقدمه: راهکارهای مختلفی برای غلبه بر تنش گرمایی در جوجه های گوشتی وجود دارد. یکی از این راهکارها، دستکاری نوع منبع و سطح انرژی جیره است و اثراتی که بر شاخص های آنتی اکسیدانی و فراسنجه های خونی دارد.

مواد و روش ها: تعداد ۴۵۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس یک روزه در مطالعه وارد شدند. جوجه ها از روز ۱۲ تا روز ۴۲ آزمایش، در معرض تنش گرمایی قرار گرفتند و با جیره حاوی انواع مختلف منبع انرژی و سطح انرژی بنابر استاندارد[۱] سویه راس یا کمتر و بیشتر از آن تغذیه شدند. سپس بیان ژن اینترلوکین-۴ با روش Real Time PCR بررسی گردید

نتایج: کاهش ۶ درصدی غلظت انرژی جیره سبب افزایش معنی دار غلظت مالون دی آلدئید و کاهش معنی دار فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در پلاسمای خون جوجه های گوشتی شد. کاهش ۳ درصدی در سطح انرژی جیره سبب افزایش بیان ژن اینترلوکین-۴ شد ولی جوجه های با محدودیت ۶ درصدی در سطح انرژی بیان ژن اینترلوکین-۴ کمتری نسبت به گروه شاهد داشتند. افزایش سطح انرژی با افزودن روغن سویا سبب کاهش غیرمعنی دار بیان این ژن شد

نتیجه گیری: استفاده از سطح انرژی توصیه شده سویه راس ۳۰۸ و استفاده از روغن سویا (۲ درصد در دوره رشد و ۴ درصد در دوره پایانی) به جای بخشی از دانه ذرت بهترین نتیجه را در پژوهش کنونی داشت

شیوه آدرس‌دهی این مقاله :دیانی، ن.، چمنی،م.، شورنگ،پ.، ابراهیمی،پ.، صادقی، آا.، اثر نوع و منبع انرژی جیره بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، ترکیبات لیپیدی خون و بیان ژن ضد التهابی (IL-4)در جوجه های گوشتی تحت تنش گرمایی. مجله دانش زیستی ایران. ۱۴۰۳؛ ۱۹ (۱): ۱-۱۵

doi 10.71631/zisti .2024.936379

ناشر: دانشگاه آزاد اسامی واحد ورامین - پیشوا شاپا چاپی: ۱۷۳۵-۴۲۲۶ شاپا الکترونیکی: ۴۵۹ X - ۲۷۱۷

نویسندگان: حق مؤلف©

مقدمه

در مناطق گرمسیری و در فصول گرم سال، مشکل عمده سالن های پرورش جوجه های گوشتی تنظیم دمای مناسب پرورش است (۱). دمای تولیدی بدن جوجه های گوشتی اصلاح نژاد شده به دلیل سرعت رشد و فعالیت متابولیکی زیاد است و در شرایطی که دمای سالن افزایش می یابد دفع گرما از بدن آنها کاهش می یابد (۲). تجمع گرما در بدن سبب تولید مقادیر زیاد رادیکال های آزاد می شود که در نهایت به تنش گرمایی و تنش اکسیداتیو منتهی می شود (۳). فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی برای جلوگیری از اثرات منفی تنش گرمایی مهم است و در صورت فعالیت کافی این آنزیم ها، صدمات رادیکال های آزاد به بافت های بدن به حداقل می رسد (٤).
پرورش دهندگان برای جلوگیری از ایجاد تنش گرمایی، از وسایل و روش های مختلفی مانند سیستم های خنک کننده تبخیری برای کنترل دمای سالن ها استفاده می کنند تا اثرات منفی تنش گرمایی بر سلامت و عملکرد جوجه های گوشتی را کاهش دهند (۵). هزینه خنک کردن سالن های پرورش جوجه های گوشتی در این مناطق بسیار زیاد است و از طرفی با این اقدامات در زمان اوج گرما طی روز، نمی توان مشکل را برطرف کرد و جوجه های گوشتی به دلیل گرمای تولیدی زیاد بدن در معرض تنش گرمایی قرار می گیرند (۵، ۳). بنابراین علاوه بر مدیریت تهویه، ضروری است با مدیریت تغذیه تولید گرما در بدن کاهش یابد تا اثرات تنش گرمایی به حداقل رسانده شود (٦). روش‌های متعدد تغذیه ای تا کنون برای این منظور معرفی شده است که می توان به افزودن مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی (۷)، تعادل الکترولیت‌های جیره (۸)، مکمل‌سازی مواد معدنی (۹) یا افزودن ویتامین‌ها (۱۰) اشاره کرد. علاوه بر مواد افزودنی، دستکاری غلظت انرژی جیره (۱۱) و تغییر نوع منبع انرژی (۱۲) به عنوان راهکارهای مفیدی برای غلبه بر پیامدهای تنش گرمایی در جوجه های گوشتی در نظر گرفته شده است. در منابع علمی غلظت مناسب انرژی جیره برای کسب بهترین بازدهی و بهبود شاخص های سلامتی جوجه های گوشتی در معرض تنش گرمایی بسیار متغیر است (۱۳). مقدار انرژی جیره جوجه های گوشتی سویه راس ۳۰۸ (بیشترین سهم جوجه گوشتی پرورشی در ایران) در دوره رشد و پایانی ۳۰۵۰ و ۳۲۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم جیره تعیین شده است (١٤). برخی محققان معتقدند انرژی جیره جوجه های گوشتی سویه راس در شرایط تنش گرمایی باید کاهش و برخی دیگر معتقد به افزایش انرژی می باشند (۱۵). چنین نظراتی همچنین برای استفاده از کربوهیدرات یا چربی در جیره وجود دارد، هر چند بیشتر محققان استفاده از چربی به جای بخشی از کربوهیدرات در شرایط تنش گرمایی را توصیه می کنند (۱۲، ۱۱). استفاده از روغن سویا در جیره جوجه های گوشتی رایج است، زیرا نسبت به سایر منابع چربی در سطح تجاری دسترسی بیشتری دارد. نسبت اسید چرب غیر اشباع امگا-٦ نسبت به سایر اسیدهای چرب در روغن سویا زیاد است و این موضوع می تواند بر فراسنجه های خونی و ایجاد التهابات بافتی در بدن جوجه های گوشتی اثر گذارد (۱۵). در این رابطه، محققان (۱۸، ۱۷) گزارش کردند که سطوح بالای روغن های حاوی اسید چرب غیر اشباع امگا-٦ منجر به کاهش پاسخ آنتی بادی علیه آنتی ژن ها یا تولید ایمونوگلوبولین می شود. از طرفی اثرات مثبت افزودن روغن سویا به جیره بر فراسنجه های خونی و ایمنی و عملکرد بهتر جوجه های گوشتی گزارش شده است (۲۰، ۱۹)
در منابع علمی در دسترس، گزارش محدودی (۱۸، ۱۷، ۱۲، ۱۱) در باره اثر نوع منبع و مقدار انرژی جیره بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، فراسنجه های خونی و پاسخ سیستم ایمنی، بویژه در شرایط تنش گرمایی وجود دارد. در مطالعه کنونی فرض بر این بود که افزودن چربی به جیره غذایی به جای بخشی از کربوهیدرات و مقدار انرژی بالاتر می‌تواند سبب بهبود شاخص های سلامتی بدن جوجه های گوشتی در شرایط تنش گرمایی شود. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی اثرات نوع منبع و مقدار انرژی جیره بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، ترکیبات لیپیدی خون و بیان ژن ضد التهابی (Il-٤) در جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی بود

مواد و روش ها

این پژوهش در تیرماه سال ۱۴۰۲ در سالن تحقیقاتی واقع در منطقه ماهدشت کرج انجام شد. تعداد ٤٦٥ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ (وزن متوسط ٤٠ گرم) از یک جوجه کشی واقع در منطقه کردان خریداری شد و به طور تصادفی در ۳۰ جایگاه انفرادی توزیع شدند. جوجه ها در شش گروه آزمایشی، پنج تکرار و ۱۵ جوجه در هر تکرار قرار گرفتند. جوجه ها تا ۱۲ روزگی در شرایط پیشنهاد شده راهنمای مدیریت پرورش جوجه های گوشتی راس نگهداری شدند. تعداد ۱۵ قطعه جوجه در سالن جداگانه با دمای مناسب ٢٤ درجه سلسیوس نگهداری شدند (گروه شاهد منفی، جیره استاندارد راس دریافت کردند)، بقیه جوجه ها در شرایط تنش گرمایی قرار گرفتند. جیره استاندارد سویه راس در دوره رشد ۳۱۰۰ و در دوره پایانی باید دارای ۳۲۰۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم انرژی باشد. از جوجه های گروه شاهد منفی نمونه خون تهیه شد و غلظت مالون دی آلدئید در چند نوبت تعیین شد تا برای تاثیر تنش گرمایی در گروه های دیگر استفاده شود. همچنین در پایان دوره، نمونه طحال استخراج شد و بیان ژن اینترلوکین-٤ جهت مقایسه با گروه شاهد مثبت اندازه گیری شد.

تعداد ٤٥٠ قطعه جوجه گوشتی در شرایط تنش گرمایی قرار گرفتند. جوجه ها از ۱۲ تا ٤٢ روزگی در رطوبت نسبی ٦٥ درصد در معرض تنش گرمایی قرار گرفتند. در زمان اعمال تنش گرمایی، دمای روزانه با کاهش تهویه سالن به ٣٤ درجه سلسیوس به مدت ٥ ساعت از ساعت ۱۱:۰۰ تا ۱٦:۰۰ افزایش یافت و سپس به ٢٤ درجه سلسیوس کاهش یافت. گروه های آزمایشی تحت تنش، جیره های غذایی زیر را دریافت کردند: گروه شاهد مثبت که جیره استاندارد راس و انرژی را از دانه ذرت دریافت کردند؛ T۱: جوجه ها ۳ درصد انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس و انرژی از دانه ذرت دریافت کردند؛ T۲: جوجه ها ٦ درصد انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس و انرژی از دانه ذرت دریافت کردند؛ T۳: جوجه ها جیره استاندارد راس و انرژی از دانه ذرت و روغن سویا دریافت کردند؛ T٤: ۳ درصد انرژی بالاتری نسبت به جیره استاندارد راس ۳۰۸ با انرژی اصلی از دانه ذرت و روغن سویا دریافت کردند و T٥: جوجه ها ٦ درصد انرژی بیشتری نسبت به جیره استاندارد راس و انرژی، از دانه ذرت و روغن سویا دریافت کردند

سه دوره پرورش شامل دوره آغازین (روز ۱ تا ۱۰)، رشد (روز ۱۱ تا ٢٤) و پایانی (روز ٢٥-٤٢) بود. جوجه ها به طور آزاد به غذا و آب دسترسی داشتند. هر پرنده بر علیه ویروس نیوکاسل در روز ۱۲ و تکرار آن در روز ۲۰ واکسینه شدند. همچنین بر علیه ویروس بیماری بورس عفونی در روزهای ۱۰ و ۲۲ واکسینه شدند

در روزهای ٢٤ و ٤٢ روزگی، از ورید بال دو پرنده در هر تکرار با ونوجکت حاوی ماده منعقد کننده، نمونه خون جمع آوری شد. پلاسمای نمونه های خون اخذ شده در ٤٢ روزگی، برای اندازه گیری غلظت مالون دی آلدئید، ظرفیت آنتی اکسیدانی، فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز، ترکیبات لیپیدی خون وکراتینین، با کیت های پارس آزمون و دستگاه اتوآنالیزر مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از خون کامل برای تعیین تعداد گلبول های قرمز و سفید خون استفاده شد. در روز ٢٤ آزمایش و بعد از خونگیری، از هر تکرار یک پرنده به صورت تصادفی انتخاب و پس از تشریح، نمونه طحال تهیه و در ازت مایع تا آزمایشگاه نگهداری شد. سپس در دمای ۷۰- درجه سلسیوس قرار داده شد. در روز ٢٤، از جوجه های گروه شاهد منفی که در سالن مجزا قرار داشتند نمونه خون و طحال تهیه شد از شمارشگر خودکار برای شمارش سلول های قرمز خون، سلول های سفیدخون، لنفوسیت ها، هتروفیل ها، و بقیه سلول های خون استفاده شد. غلظت هموگلوبین با استفاده از روش استاندارد سیانو مت هموگلوبین اندازه گیری شد. پس از آن، میانگین حجم سلولی (MCV)، میانگین غلظت هموگلوبین گلبول‌های قرمز (MCHC) و میانگین هموگلوبین در هر سلول (MCH) محاسبه شد.

آنالیز بیان ژن¬ اینترلوکین-٤

از نمونه‌های طحال خون جمع‌آوری‌شده از جوجه های گوشتی، استخراج mRNA کل با استفاده از کیت (RNeasy® Mini Qiagen، Hilden، Germany) انجام شد و سپس cDNA مطابق دستورالعمل کیت تولید شده توسط شرکت BioNeer (سئول، کره جنوبی) سنتز شد. از ژن GADPH به عنوان ژن خانه دار و کنترل داخلی یا ژن مرجع استفاده شد. مشخصات پرایمر اینترلوکین-٤ و ژن مرجع در جدول ۱ مشخص شده است. انجام تست Real Time PCR با استفاده از یک سیستم Real-Time PCR (Applied Bio systems, Foster City, CA) صورت پذیرفت. شرایط چرخه حرارتی شامل فعال سازی آنزیم در دمای ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه، ٤٠ چرخه واسرشتی در دمای ۹۵ درجه سلسیوس برای ۱۵ ثانیه، ذوب پرایمری در دمای ۵۸ درجه سلسیوس برای ۲۰ ثانیه، و گسترش در دمای ۷۲ درجه سلسیوس برای ۳۰ ثانیه انجام شد (۲۱). نسبت بیان نسبی ژن اینترلوکین-٤ به عنوان ژن هدف به ژن *GADPH* بر اساس روش Livak and Schmittgen (۲۲) نرمال شد

جدول ۱. توالی پرایمرهای ژن های هدف و خانه دار

Target gene	Primer Sequence (5′ - 3′)	Amplicon size (bp)
IL-4	F: GAGAGCATCCGGATAGTGAATG R: TGTGGAGGCTTTGCATAAGAG	92
GADPH	F–ATCTCGCTCCTGGAAGATG R-TCGGAGTGAACGGATTCG	227

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده¬ها با استفاده از نرم¬افزار SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC)) در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. برای ارزیابی نرمال بودن داده ها قبل از آنالیز واریانس از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. مقایسه میانگین¬ها با استفاده از آزمون توکی با سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تفاوت بین تیمارها با استفاده از کنتراست های متعامد چند جمله ای برای تعیین پاسخ های خطی و درجه دوم مشخص شد (۲۳)

نتایج

در جدول ۲ غلظت مالون دی آلدئید، ظرفیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در پلاسمای خون جوجه های گوشتی دریافت کننده جیره های آزمایشی گزارش شده است. کمترین غلظت مالون دی آلدئید به گروه T۳ و بیشترین غلظت در پلاسمای خون جوجه های تغذیه شده با جیره T۲ مشاهده شد. بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی پلاسما به جوجه های دریافت کننده جیره T۳ و T٤ تعلق داشت و کمترین ظرفیت آنتی اکسیدانی در جوجه های تغذیه شده با جیره T۲ مشاهده شد. افزودن روغن سویا به جیره جوجه های گوشتی (گروه های T۳، T٤ و T۵) سبب افزایش معنی دار ظرفیت آنتی اکسیدانی پلاسما شد. کاهش ٦ درصد در سطح انرژی جیره سبب کاهش معنی دار فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی پلاسمای خون جوجه ها در مقایسه با گروه شاهد شد. جایگزینی روغن سویا به جای دانه ذرت در جیره جوجه های گوشتی اثر معنی داری بر فعالیت آنزیم های کاتالاز در مقایسه با گروه شاهد نداشت ولی سبب افزایش معنی دار فعالیت آنزیم های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز شد.

جدول ۲.اثر نوع و سطح انرژی جیره بر شاخص ها و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی جوجه های گوشتی تحت تنش گرمایی

Treatments	Malondialdehyde, nmol/mL	Total antioxidant capacity, mmol Trolox equivalent/dL	Glutathione peroxidase, U/mL	Superoxide dismutase, U/mL	Catalase, U/mL
C	26.14^{bc}	36.07^{bc}	1.52^{b}	1.93^{bc}	1.80^{ab}
T1	24.07^{cd}	37.21^{bc}	1.82^{a}	1.90^{bc}	1.86^{a}
T2	34.81^{a}	30.07^{d}	0.94^{c}	1.43^{d}	1.50^{b}
T3	21.28^{d}	42.02^{a}	1.68^{ab}	2.17^{ab}	1.93^{a}
T4	24.19^{cd}	44.11^{a}	1.94^{a}	2.23^{a}	1.96^{a}
T5	26.08^{bc}	40.62^{ab}	1.88^{a}	2.07^{ab}	1.98^{a}
SEM	1.221	1.310	0.077	0.065	0.068
P-value	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002

میانگین‌های درون یک ردیف با بالانوشت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارند (P<0.05) :a, b, c

C*کنترل، انرژی بر اساس جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از ذرت.

T۱ جوجه ها ۳٪ انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس با انرژی از ذرت دریافت کردند.

T۲ جوجه ها ٦٪ انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از ذرت دریافت کردند.

T۳ جوجه ها جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از دانه ذرت و روغن سویا دریافت کردند.

T٤ جوجه ها ۳ درصد بیشتر از رژیم غذایی استاندارد راس انرژی دریافت کردند که انرژی اصلی آن از ذرت و روغن سویا و روغن سویا است.

T٥ جوجه ها ٦ درصد انرژی بیشتری نسبت به رژیم غذایی استاندارد راس دریافت کردند که انرژی اصلی آن از ذرت و روغن سویا است.

در جدول ۳ ترکیبات لیپیدی، کراتینین و فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز در پلاسمای خون جوجه های تغذیه شده با جیره های آزمایشی گزارش شده است. کمترین غلظت تری گلیسیرید در پلاسما در گروه شاهد و بیشترین غلظت در گروه های T۱ و T۲ که جوجه ها با محدودیت سطح انرژی رو به رو بودند، مشاهده شد. افزودن روغن سویا به جیره (گروه T۳) سبب افزایش معنی دار غلظت تری گلیسیرید پلاسما در مقایسه با گروه شاهد شد. افزایش ۳ درصد سطح انرژی جیره اثر معنی داری بر غلظت تری گلیسیرید پلاسما نداشت ولی افزایش ٦ درصدی در سطح انرژی سبب افزایش معنی دار غلظت تری گلیسیرید شد. کمترین غلظت کلسترول به گروه T۲ که با محدودیت ٦ درصدی انرژی رو به رو بود مشاهده شد و بیشترین غلظت کلسترول به جوجه های دریافت کننده روغن سویا تعلق داشت. افزایش ۳ و ٦ درصد در سطح انرژی سبب افزایش معنی دار غلظت کلسترول پلاسما در مقایسه با گروه شاهد شد. کمترین غلظت HDL در جوجه های دریافت کننده جیره با ۳ و ٦ درصد سطح انرژی کمتر از حد استاندارد مشاهده شد و بیشترین غلظت HDL در جوجه های دریافت کننده روغن سویا مشاهده شد. افزایش سطح انرژی در جوجه های دریافت کننده روغن سویا تاثیر معنی داری بر غلظت HDL نداشت ولی در مقایسه با گروه شاهد سبب افزایش معنی دار غلظت HDL شد. کمترین غلظت کراتینین در جوجه های گروه شاهد، T۳ و T٤ و بیشترین غلظت کراتینین در جوجه های دریافت کننده جیره با ٦ درصد انرژی کمتر از حد استاندارد مشاهده شد. جوجه های دریافت کننده ٦ درصد انرژی بیشتر از حد استاندارد دارای غلظت کراتینین بیشتری در مقایسه با گروه شاهد و گروه T۳ که هر دو گروه انرژی در حد استاندارد دریافت کردند، داشتند. افزایش ۳ درصدی یا کاهش ۳ درصدی اثر معنی داری بر غلظت کراتینین در مقایسه با گروه شاهد نداشت. بیشترین فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز در پلاسمای خون جوجه های گروه T۲ و کمترین فعالیت آن در گروه T۳ مشاهده شد. افزایش سطح انرژی جیره سبب افزایش معنی دار فعالیت این آنزیم در پلاسما شد

جدول ۳.اثر نوع و سطح انرژی جیره بر ترکیبات لیپیدی خون، کراتینین و فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز جوجه های گوشتی تحت تنش گرمایی

Treatments	Triglyceride, mmol/dL	Cholesterol, mmol/dL	HDL, mmol/L	Creatinine, mg/dL	AST, U/L
C	21.28^{d}	36.07^{bc}	1.52^{b}	2.54^{c}	21.80^{b}
T1	31.07^{ab}	34.21^{cd}	1.11^{c}	2.73^{bc}	24.86^{ab}
T2	34.81^{a}	30.07^{d}	0.94^{c}	3.74^{a}	29.50^{a}
T3	26.14^{bc}	40.62^{ab}	1.68^{ab}	2.53^{c}	20.93^{b}
T4	24.19^{cd}	42.02^{a}	1.94^{a}	2.51^{c}	22.26^{b}
T5	26.08^{bc}	44.11^{a}	1.88^{a}	3.01^{b}	21.98^{b}
SEM	1.21	1.931	0.04	0.103	1.480
P-value	0.459	0.002	0.001	0.002	0.002

a, b, c :میانگین ها در یک ردیف با بالانویس های مختلف به طور قابل توجهی متفاوت هستند. (P<0.05)

C*کنترل، انرژی بر اساس جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از ذرت.
T۱ جوجه ها ۳٪ انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس با انرژی از ذرت دریافت کردند.
T۲ جوجه ها ٦٪ انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از ذرت دریافت کردند.
T۳ جوجه ها جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از دانه ذرت و روغن سویا دریافت کردند.
T٤ جوجه ها ۳ درصد بیشتر از رژیم غذایی استاندارد راس انرژی دریافت کردند که انرژی اصلی آن از ذرت و روغن سویا و روغن سویا است.
T٥ جوجه ها ٦ درصد انرژی بیشتری نسبت به رژیم غذایی استاندارد راس دریافت کردند که انرژی اصلی آن از ذرت و روغن سویا است.

شمارش سلول های خونی و فراسنجه های هماتولوژی خون جوجه های گوشتی دریافت کننده جیره های آزمایشی در جدول ٤ گزارش شده است. اثر معنی داری بین گروه شاهد و افزایش یا کاهش سطح انرژی در جیره ها از نظر شمارش سلول های قرمز خون مشاهده نشد. کمترین شمارش سلول های قرمز خون به جوجه های دریافت کننده جیره با کاهش ٦ درصدی در سطح انرژی تعلق داشت و بیشترین شمارش سلول های قرمز خون در جوجه های دریافت کننده روغن سویا (گروه های T۳، T٤ و T٥) مشاهده شد. چنین روندی در مورد سلول های سفید خون مشاهده شد و کاهش ٦ درصدی سطح انرژی سبب کاهش شمارش سلول های سفید خون شد. کاهش سطح انرژی جیره سبب کاهش درصد لنفوسیت ها و افزایش درصد هتروفیل ها شد و افزودن روغن و افزایش سطح انرژی جیره تغییری در درصد لنفوسیت ها و درصد نوتروفیل ها ایجاد نکرد. تفاوت معنی داری در MCHC و MCH خون بین گروه های آزمایشی مشاهده نشد. کاهش درصدی در سطح انرژی جیره سبب کاهش MCV در مقایسه با گروه شاهد شد. افزودن روغن به جیره سبب افزایش MCV شد، اما افزایش ٦ درصدی در سطح انرژی سبب کاهش معنی دار MCV در بین جوجه های دریافت کننده روغن سویا شد

جدول ٤. اثر نوع و سطح انرژی جیره بر شمارش سلول های خون و صفات هماتولوژی خون جوجه های گوشتی تحت تنش گرمایی

Treatments*	RBC, $\times 10^3$	WBC, $\times 10^6$	Lymphocytes, %	Heterophils, %	Other cells, %	MCHC, %	MCH, pg	MCV, fl
C	4.76^{ab}	8.05^{ab}	38^{b}	57^{a}	5	35.11	34.36	44.15^{ab}
T1	4.62^{ab}	8.01^{ab}	39^{ab}	55^{b}	6	34.51	34.03	45.45^{ab}
T2	4.41^{b}	7.78^{b}	42^{a}	53^{b}	5	33.41	32.73	36.18^{c}
T3	5.33^{a}	8.80^{a}	38^{b}	58^{a}	4	36.42	36.33	48.45^{a}
T4	5.30^{a}	8.71^{a}	37^{b}	58^{a}	5	36.21	36.03	50.25^{a}
T5	5.35^{a}	8.23^{ab}	36^{b}	59^{a}	5	35.64	35.89	39.68^{bc}
SEM	0.187	0.198	0.921	0.442	0.256	1.39	1.460	1.948
P-value	0.006	0.012	0.015	0.011	0.342	0.615	0.427	0.001

a, b, c :میانگین ها در یک ردیف با بالانویس های مختلف به طور قابل توجهی متفاوت هستند ($P<0.05$)

C*کنترل، انرژی بر اساس جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از ذرت.

T۱ جوجه ها ۳٪ انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس با انرژی از ذرت دریافت کردند.

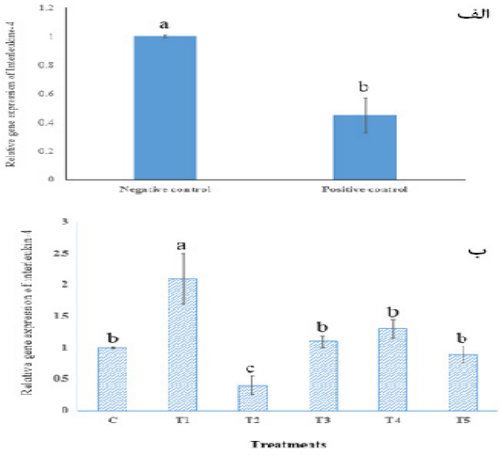
T۲ جوجه ها ٦٪ انرژی کمتری نسبت به جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از ذرت دریافت کردند.

T۳ جوجه ها جیره استاندارد راس با انرژی اصلی از دانه ذرت و روغن سویا دریافت کردند.

T٤ جوجه ها ۳ درصد بیشتر از رژیم غذایی استاندارد راس انرژی دریافت کردند که انرژی اصلی آن از ذرت و روغن سویا و روغن سویا است.

T٥ جوجه ها ٦ درصد انرژی بیشتری نسبت به رژیم غذایی استاندارد راس دریافت کردند که انرژی اصلی آن از ذرت و روغن سویا است.

در شکل ۱ الف، نمودار بیان ژن اینترلوکین-٤ در جوجه های گوشتی شاهد منفی و شاهد مثبت و در شکل ۱ ب، بیان ژن اینترلوکین-٤ در جوجه های گوشتی تحت تنش دریافت کننده سطوح و نوع منبع مختلف انرژی نشان داده شده است. جوجه های گروه شاهد مثبت کاهش ۲ برابری در بیان ژن اینترلوکین-٤ در مقایسه با گروه شاهد منفی نشان دادند. بیان ژن اینترلوکین-٤ در طحال جوجه های گروه T۱ (کاهش ۳ درصدی در سطح انرژی جیره) به طور معنی داری بیشتر از گروه شاهد مثبت (انرژی بنابر استاندارد و منبع عمده انرژی از دانه ذرت) بود. جوجه های با محدودیت ٦ درصدی در سطح انرژی به طور معنی داری بیان ژن اینترلوکین-٤ کمتری نسبت به گروه شاهد مثبت داشتند. افزایش سطح انرژی با افزودن روغن سویا تاثیر معنی داری بر بیان ژن اینترلوکین-٤ نداشت.



شکل ۱. الف) بیان نسبی ژن اینترلوکین-٤ در جوجه های گوشتی شاهد منفی و ب) شاهد مثبت و بیان نسبی ژن اینترلوکین-٤ در a, b, c :جوجه های گوشتی تحت تنش دریافت کننده سطوح و نوع منبع مختلف انرژی. سطح معنی داری($P<0.05$)می باشد.
میانگین ها در یک ردیف با بالانویس های مختلف به طور قابل توجهی متفاوت هستند.

بحث

مقدار انرژی مورد نیاز جوجه های گوشتی که در معرض تنش گرمایی قرار می گیرند بیشتر از جوجه هایی است که در شرایط دمایی نرمال نگهداری می شوند (۵، ۳، ۱). زیرا برای دفع گرمای اضافی تولید شده در بدن نیاز به انرژی است، برای مثال له له زدن با صرف انرژی انجام می شود (۳). افزایش سطح انرژی جیره همراه با افزایش فعالیت دستگاه گوارش برای هضم و جذب است و این موضوع سبب افزایش تولید گرما در بدن می شود (۵). کاهش سطح انرژی جیره از طرفی سبب کاهش فعالیت دستگاه گوارش و فعالیت بهتر هضم و جذب می شود (٦). این تفاوت دیدگاه ها در منابع علمی در دسترس، سبب انجام پژوهش حاضر شد. همچنین با توجه به مطالعات انجام شده، طی متابولیسم در بدن، کربوهیدرات ها نسبت به چربی ها گرمای افزایشی بیشتری تولید می کنند و لازم است در شرایط تنش گرمایی به جای بخشی از کربوهیدرات جیره، از روغن استفاده شود (۷). برای رفع مشکل نیاز بیشتر به انرژی و تامین آن بدون افزایش گرمای بدن، پژوهش حاضر در سطوح مختلف انرژی و با جایگزینی روغن سویا به جای کربوهیدرات، انجام شد

در این مطالعه، متغیرهای محیطی در شرایط ۵ ساعت تنش در روز سبب شاخص دما-رطوبت ٤٤ درجه سلسیوس شد که گزارش شده است تنش شدیدی را در بدن جوجه های گوشتی ایجاد می‌کند (۳). تنش گرمایی در جوجه ها از طریق تغییرات رفتاری مانند له له زدن و باز کردن بال ها مشهود بود. در حالی که جوجه های در شرایط دمای استاندارد، شاخص دما-رطوبت ٢٤ درجه سلسیوس داشتند و رفتار غیر طبیعی که نشان دهنده تنش یا شرایط نامناسب باشد نشان ندادند. غلظت مالون دی آلدئید پلاسما در جوجه‌های شاهد مثبت (تنش گرمایی، سطح انرژی استاندارد و دانه ذرت) به طور معنی داری بیشتر از گروه شاهد منفی (۱۵ جوجه، دمای مناسب، تغذیه جیره استاندارد و دانه ذرت) بود (١٦/٦٢ در مقابل ٢٦/١٤ میلی گرم در دسی لیتر) که این یافته نشان می دهد جوجه‌ها به تنش گرمایی پاسخ داده‌اند. مالون دی آلدئید شاخص اثبات شده پراکسیداسیون لیپیدی است و بر اثر تجمع رادیکال های آزاد در مجاورت لیپیدها بویژه در غشاهای پلاسمایی تولید می شود (٢٤). کاهش مالون دی آلدئید یا افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی کل شاخص کاهش تنش اکسیداتیو یا افزایش دفاع آنتی اکسیدانی است. در جوجه های گوشتی شاهد مثبت که در معرض تنش گرمایی بودند غلظت مالون دی آلدئید افزایش یافت که نشان دهنده شرایط تنش اکسیداتیو است

افزودن روغن سویا به جای دانه ذرت (گروه T۳) سبب شد غلظت مالون دی آلدئید به کمترین غلظت کاهش یابد و محدود کردن انرژی جیره (T۲) سبب افزایش غلظت مالون دی آلدئید شد. همسو با یافته پژوهش حاضر، Elbaz و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند افزودن روغن سویا به جیره مرغ ها سبب بهبود شاخص های آنتی اکسیدانی بویژه کاهش مالون دی آلدئید شده است(۲۵). دلیل کاهش غلظت مالون دی آلدئید به افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی و همچنین افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی کل مربوط می باشد. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود افزودن روغن سویا در دو گروه T۳ و T٤ سبب افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی پلاسما شد. روغن سویا حاوی مقادیر زیادی توکوفرول و ترکیبات پلی فنولیک می باشد که دارای خاصیت آنتی اکسیدانی است و از این طریق می تواند بر ظرفیت آنتی اکسیدانی بدن موثر واقع شود و از طرفی افزودن روغن سبب افزایش جذب ویتامین های محلول در چربی بویژه ویتامین E و مواد آنتی اکسیدانی غیرقطبی از روده می شود (٢٦). محدود کردن انرژی در سطح ٦ درصد، سبب کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی کل و همچنین کاهش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی شد. دلیل این مشاهده می تواند به افزایش آسیب کبدی و افزایش سطح رادیکال های آزاد مربوط باشد. در شرایط محدودیت زیاد انرژی، بدن جوجه گوشتی انرژی کافی برای ساختن و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی کسب نمی کند و از طرفی چربی از بافت چربی برداشت شده و بر کبد بار متابولیکی وارد می شود که این موضوع سبب آسیب کبدی و افزایش غلظت مالون دی آلدئید پلاسما می شود (۲۷). جوجه های با محدودیت ٦ درصدی، در سطح انرژی افزایش فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفرازی نشان دادند که شاخص آسیب کبدی می باشد

در پژوهش حاضر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز در گروه هایی که روغن سویا دریافت کردند افزایش یافت. این یافته با نتایج Gao و همکاران (۲۰۲۲) همخوانی دارد. این محققان گزارش کردند افزودن روغن سویا به جیره جوجه های گوشتی سبب افزایش فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز می شود (۲۸). دلیل افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی با افزودن روغن سویا به ترکیب اسیدهای چرب آن مربوط می باشد. روغن سویا حاوی مقادیر زیادی اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه بویژه اسید چرب امگا-٦ و ترکیبات بیولوژیک دیگر مانند توکوفرول ها است و از این طریق اثر مطلوبی بر ساختار غشاهای پلاسمایی دارد و سبب محافظت از بافت کبد می شود (۲۹). ترکیبات بیولوژیکی نقش مهمی در محافظت از غشای سلولی در برابر رادیکال‌های آزاد دارند که منجر به افزایش سلامت جوجه های گوشتی می‌شود. نتایج این مطالعه تأثیر مفید افزودن روغن سویا به جیره را بر افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی غذا در جوجه‌های گوشتی در معرض تنش گرمایی نشان داد. این یافته با نتایج ارائه شده توسط Lindblom و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد(۳۰) کاهش ۳ درصدی سطح انرژی جیره سبب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی پلاسمای خون جوجه ها شد. در توافق با نتایج مطالعه Gao و همکاران (۲۰۲۲) کاهش ۳ درصدی انرژی جیره سبب بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی جوجه های گوشتی شد(۲۸). این یافته با نتایج مطالعات انجام شده در انسان، موش و میمون ها همخوانی دارد (۳۳-۳۱). مشخص شده است که کاهش دریافت انرژی از جیره سبب ترمیم DNA در بافت های بدن بویژه بافت پوششی روده، حذف پروتئین های آسیب دیده و لیپیدهای اکسید شده طی تنش گرمایی و همچنین افزایش فعالیت مکانیسم های دفاعی آنتی اکسیدانی می شود (۳۳). مطالعه Gao و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که کاهش سطح انرژی سبب افزایش بیان ژن های مربوط به محافظت از غشاهای سلولی مانند گلوتاتیون پراکسیداز می شود(۲۸). برعکس، کاهش ٦ درصد در سطح انرژی جیره، سبب کاهش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی پلاسمای خون جوجه ها شد. دلیل این کاهش ناشی از کمبود انرژی برای ترشح کافی آنزیم های آنتی اکسیدانی و افزایش تولید رادیکال های آزاد و افزایش غلظت مالون دی آلدئید بر می گردد. همسو با این یافته، مطالعه Griela و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که کاهش دریافت انرژی و پروتئین به میزان ۵ درصد، سبب کاهش پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی می شود(۳٤)

در مطالعه حاضر، هر چند افزایش ۳ درصدی در سطح انرژی جیره، سبب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی شد ولی افزایش سطح انرژی به ٦ درصد سبب بیشتر شدن فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی نشد. در تائید با نتایج این مطالعه، Çetin و همکاران (۲۰۲۰) با افزایش ۱۰ درصدی در سطح انرژی جیره مرغ های تخمگذار گزارش کردند تعادل اکسیدان-آنتی اکسیدان پرندگان تحت تاثیر افزایش سطح انرژی جیره قرار نگرفت (۳۵)

کاهش سطح انرژی (گروه های T۱ و T۲) سبب افزایش غلظت تری گلیسیرید پلاسمای خون شد. دلیل این مشاهده به جابجایی چربی از بافت های بدن بر اثر تنش ایجاد شده مربوط می شود. مطالعات قبلی نشان دادند طی تنش، غلظت کورتیکواسترون افزایش می یابد و این موضوع سبب افزایش فعالیت آنزیم لیپاز حساس به هورمون و برداشت چربی از بافت ها می شود که در نهایت، سبب افزایش غلظت تری گلیسیرید خون می شود (۱۲). از طرفی افزودن روغن سویا به جیره (گروه T۳) سبب افزایش غلظت تری گلیسیرید پلاسما شد. دلیل این مشاهده نیز ورود بیشتر تری گلیسیرید، از حفره روده به خون است. غلظت تری گلیسیرید، کلسترول و HD شاخص های کلیدی تعادل متابولیسم لیپید هستند (۳٦). در تطابق با این یافته، افزایش سطح پلاسمایی تری گلیسیرید، کلسترول و HDLدر جوجه های تغذیه شده با سطح انرژی زیاد در مطالعات قبلی مشاهده شده است (۳۸، ۳۷). کلسترول HDL مسئول جذب کلسترول از بافت های محیطی و خون است و انتقال آن به کبد را برای کاتابولیسم تسهیل می کند (۳۸)

جوجه های گروه شاهد، T۳ و T٤ کمترین غلظت کراتینین و جوجه های با ٦ درصد محدودیت انرژی، بیشترین غلظت کراتینین داشتند. غلظت کراتینین شاخص مهمی از عملکرد کلیه ها است (۳۹). به نظر می رسد در جوجه های تحت تنش که جیره با ٦ درصد انرژی کمتر دریافت کردند، تخریب بافتی زیاد است و این موضوع سبب بار متابولیکی زیادی بر کلیه ها شده و سبب افزایش غلظت کراتینین پلاسما شده است.

جوجه های با محدودیت ٦ درصدی انرژی بیشترین فعالیت، و جوجه های دریافت کننده جیره T۳ ، کمترین فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز داشتند. سطح بالای فعالیت آنزیم آلانین ترانس آمیناز ممکن است نتیجه آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش گرمایی به سلول‌های کبدی باشد. سلول‌های کبدی به طور مداوم فرآیندهای متابولیکی مختلفی را انجام می دهند و سرعت متابولیسم بالایی که دارند، آنها را مستعد آسیب اکسیداتیو می‌کند (٤۰). در پژوهش حاضر، کاهشی در فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز پلاسما در جوجه های دریافت‌کننده جیره با محدودیت ٦ درصد انرژی مشاهده شد. سوپراکسید دیسموتاز به عنوان آنزیم اصلی، و در پی آن آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، مسئول محافظت از سلول‌های کبدی در برابر آسیب اکسیداتیو هستند. کاهش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، باعث افزایش تخریب بافت کبد، و افزایش ورود آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز کبد، به خون می شود (٤۱). بنابراین، افزایش سطح فعالیت آنزیم آلانین ترانس آمیناز جوجه های در معرض تنش گرمایی که جیره با محدودیت ٦ درصدی انرژی دریافت کردند، ممکن است ناشی از افزایش بیش از حد تنش اکسیداتیو باشد که با سطوح زیادتر مالون دی آلدئید و فعالیت کمتر سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در پلاسما مشهود است که با یافته‌های Malyar و همکاران مطابقت دارد (٤۲) کمترین شمارش سلول های قرمز و سلول های سفید خون به جوجه های دریافت کننده جیره با کاهش ٦ درصدی است. قبلا نشان داده شده، سطح انرژی جیره غذایی بر مغز استخوان که مرکز تولید و بالغ شدن سلول های قرمز خون است موثر واقع می شود (٤۳). در مطالعه Karadeniz و همکاران (۲۰۲۳) مشخص شد که سطح انرژی جیره، با تولید سلول های قرمز خون در جوجه های گوشتی رابطه مستقیم دارد(٤۳). ممکن است تامین انرژی کافی برای جوجه ها در گروه های شاهد، T۳ و T٤ سبب تسریع تمایز سلول های قرمز خون و افزایش تعداد آنها شده باشد

در پژوهش حاضرکاهش سطح انرژی جیره، سبب کاهش درصد لنفوسیت ها و افزایش درصد هتروفیل ها شد و افزودن روغن و افزایش سطح انرژی جیره، در درصد لنفوسیت ها و نوتروفیل ها در مقایسه با گروه شاهد، تغییر معنی داری ایجاد نکرد. درصد زیاد نوتروفیل در T۲ به تاثیری که کاهش سطح انرژی بر تنش اکسیداتیو دارد مربوط است، که طی آن تخریب بافت کبد اتفاق می افتد و التهاب در بدن افزایش می یابد (۱۵). در مطالعه حاضر، در جوجه های با محدودیت ٦ درصد انرژی، بیان ژن اینترلوکین-٤ کاهش معنی داری داشت و این موضوع بیانگر وجود التهاب در بدن این جوجه ها می باشد. با ایجاد التهاب، سیتوکین های پیش التهابی بیان می شوند و اینترلوکین-٤ عاملی است که از تولید سیتوکین های ضدالتهابی جلوگیری می کند. در این شرایط تولید و بلوغ هتروفیل ها در بدن جوجه ها افزایش می یابد تا بتواند فرآیند التهاب را سازماندهی کند (٤٤)

کاهش ٦ درصدی در سطح انرژی سبب کاهش میانگین حجم سلول‌های قرمز خون شد. میانگین حجم سلول‌های قرمز خون در واقع بیانگر رشد کامل سلول ها، غلظت پروتئین های درون سلول، بویژه هموگلوبین است (٤۵). دلیل کم شدن اندازه سلول های قرمز خون جوجه های با محدودیت انرژی می تواند وجود التهاب و کم بودن سطح انرژی بدن و ترشح هورمون تنش از غده فوق کلیه به نام کورتیکوسترون باشد (۱۲). جوجه های در معرض تنش گرمایی با تنش متابولیکی ناشی از محدودیت انرژی رو به رو شدند و این موضوع سبب افزایش سطح تنش اکسیداتیو در بدن جوجه ها شد.

اینترلوکین-٤ یک سایتوکین است که سبب تمایز سلول های Th۰ به سلول های Th۲ می شود. سلول های Th۲ پس از فعال شدن توسط اینترلوکین-٤، خودشان در یک حلقه بازخورد مثبت اینترلوکین-٤ تولید می کنند. اینترلوکین-٤ عمدتاً توسط ماست سل ها، سلول های Th۲، ائوزینوفیل ها و بازوفیل ها تولید می شود و به عنوان سایتوکین ضد التهابی شناخته می شود (٤٦). در این پژوهش، بیان ژن اینترلوکین-٤ در طحال جوجه های شاهد منفی بیشتر از شاهد مثبت بود. این یافته نشان می دهد تنش گرمایی سبب کاهش بیان ژن اینترلوکین ضد التهابی می شود. کاهش ۳ درصدی در سطح انرژی جیره، سبب افزایش بیان ژن اینترلوکین-٤ شد ولی جوجه های با محدودیت ٦ درصدی در سطح انرژی، بیان ژن اینترلوکین-٤ کمتری نسبت به گروه شاهد داشتند. افزایش سطح انرژی با افزودن روغن سویا سبب کاهش غیرمعنی دار بیان این ژن شد. در منابع علمی در دسترس گزارشی جهت مقایسه یافت نشد. به نظر می رسد یکی از دلایل ایجاد التهاب در بدن جوجه های تحت تنش گرمایی با محدودیت زیاد انرژی، کاهش بیان ژن اینترلوکین ضد التهابی باشد

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد در شرایط تنش گرمایی کاهش یا افزایش سطح انرژی جیره تا ۳ درصد، برای شاخص های آنتی اکسیدانی و شمارش سلول های خونی و ترکیبات لیپیدی جوجه های گوشتی سویه راس مشکلی ایجاد نمی کند. استفاده از سطح انرژی توصیه شده سویه راس ۳۰۸ و استفاده از روغن سویا (۲ درصد در دوره رشد و ٤ درصد در دوره پایانی) به جای بخشی از دانه ذرت بهترین نتیجه را در این مطالعه داشت

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهش و فناوری واحد علوم و تحقیقات به جهت تصویب و در اختیار قراردادن امکانات آزمایشگاه رازی برای انجام این تحقیق تشکر می شود. از مسئولین محترم پژوهشکده کشاورزی هسته ای کرج به جهت راهنمایی های ارزنده و مساعدت در تامین مواد و امکانات فارمی و آنالیز نمونه ها تشکر می¬شود. این مقاله مستخرج از رساله دانشجوی دوره دکتری تخصصی واحد علوم و تحقیقات (آقای نعمت الله دیانی) می باشد

References

1. Kpomasse CC, Oke OE, Houndonougbo FM, Tona K. Broiler production challenges in the tropics: A review. Vet Med Sci. 2021 May;7(3): 831-842.

2. Buzała M, Janicki B, Czarnecki R. Consequences of different growth rates in broiler breeder and layer hens on embryogenesis, metabolism, and metabolic rate: A review. Poult Sci. 2015 Apr;94(4): 728-33.

3. Liu L, Ren M, Ren K, Jin Y, Yan M. Heat stress impacts on broiler performance: a systematic review and meta-analysis. Poult Sci. 2020 Nov;99(11): 6205-6211.

4. Habashy WS, Milfort MC, Rekaya R, Aggrey SE. Cellular antioxidant enzyme activity and biomarkers for oxidative stress are affected by heat stress. Int J Biometeorol. 2019;63(12): 1569-1584.

5. Kapetanov M, PajiĆ M, LjubojeviĆ D, PeliĆ M. Heat stress in poultry industry. Archives of Veterinary Medicine. 2015; 8(2):87-101.

6. Daghir NJ. Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders. Lohmann information. 2009; 44(1): 6-15.

7. Sayed-Tawfeek S, Hassanin KMA. Youssef, IMI. The Effect of Dietary Supplementation of Some Antioxidants on Performance, Oxidative Stress, and Blood Parameters in Broilers under Natural Summer Conditions Journal of World's Poultry Research, 2014; 4: 10-19.

8. Ahmad T, Khalil T, Mushtag T, Mirza MA, Nadeem A, Barabar ME, Ahmad G. Effect of Potassium Chloride Supplementation in Drinking Water on Broiler Performance Under Heat Stress Conditions. Poultry Science, 2008; 87: 1276-1280.

9. Ebrahimzadeh SK, Farhoomand P, Noori K. Immune Response of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with Different Level of Chromium Methionine under Heat Stress Conditions. Asian-Australas J Anim Sci. 2012 Feb;25(2):256-60.

10. Ipek A, Canbolat O, Karabulut A. The Effect of Vitamin E and Vitamin C on the Performance of Japanese Quails (Coturnix Coturnix Japonica) Reared under Heat Stress during Growth and Egg Production Period. Asian-Australian Journal of Animal Science, 2007; 20: 252-256.

11. Ghazalah AA, Abd-Elsamee MO, Ali AM. Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat stress. International Journal of Poultry Science, 2008; 7: 355-359.

12. Sadeghi AA, Mirmohseni M, Shawrang P. and Aminafshar M., The effect of soy oil addition to the diet of broiler chicks on the immune response, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 2013; 37: 264-270.

13. Yan F, Coto C, Wang Z, Cerrate S, Watkins SE, Waldroup PW. Comparison of nutrient recommendations for broilers. International Journal of Poultry Science. 2010; 9(11): 1006-14.

14. Aviagen. 2019. Ross nutrition specifications. Accessed Dec. 2020. https://en.aviagen.com/ assets/ Tech_Center/ Ross_Broiler/ RossBroilerNutritionSpecs2019-EN.

15. Shakouri MD, Malekzadeh M. Responses of broiler chickens to the nutrient recommendations of NRC (1994) and the Ross broiler management manual. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2016; 29(2): 91-8.

16. Tan L, Rong D, Yang Y, Zhang B. Effect of oxidized soybean oils on oxidative status and intestinal barrier function in broiler chickens. Brazilian Journal of Poultry Science. 2018; 20:333-42.

17. El-Katcha MI, El-Kholy ME, Soltan MA, El-Gayar AH. Effect of dietary omega-3 to omega-6 ratio on growth performance, immune response, carcass traits and meat fatty acids profile of broiler chickens. Poultry Science Journal. 2014; 2(2): 71-94.

18. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Abd El-Hack ME, Khafaga AF, Taha AE, Tiwari R, Yatoo MI, Bhatt P, Khurana SK, Dhama K. Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids in Poultry Nutrition: Effect on Production Performance and Health. Animals (Basel). 2019 Aug 18;9(8): 573.

19. Rafei-Tari, Ali & Sadeghi, Ali & Mousavi, Seyed Naser. Inclusion of vegetable oils in diets of broiler chicken raised in hot weather and effects on antioxidant capacity, lipid components in the blood and immune responses. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2021,43. e50587.

20. Nitsan Z, Dvorin A, Zoref Z, Mokady S. Effect of added soyabean oil and dietary energy on metabolisable and net energy of broiler diets. British Poultry Science.1997;38(1):101-6.

21. Saleh KMM, Al-Zghoul MB. Effect of Acute Heat Stress on the mRNA Levels of Cytokines in Broiler Chickens Subjected to Embryonic Thermal Manipulation. Animals (Basel). 2019 Jul 29;9(8): 499.

22. Livak KJ, Schmittgen TD. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) Method. Methods. 2001 Dec;25(4):402-8. doi 10.1006/meth.2001.1262. PMID: 11846609.

23. Draper HH, Hadley M. Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. Methods Enzymol. 1990; 186:421-31.

24. Elbaz AM, Zaki EF, Salama AA, Badri FB, Thabet HA. Assessing different oil sources efficacy in reducing environmental heat-stress effects via improving performance, digestive enzymes, antioxidant status, and meat quality. Sci Rep. 2023 Nov 17;13(1): 20179.

25. Matthaus B, Özcan MM. Fatty acid and tocopherol contents of several soybean oils. Nat Prod Res. 2014;28(8):589-92.

26. Jehl F, Désert C, Klopp C, Brenet M, Rau A, Leroux S, Boutin M, Lagoutte L, Muret K, Blum Y, Esquerré D, Gourichon D, Burlot T, Collin A, Pitel F, Benani A, Zerjal T, Lagarrigue S. Chicken adaptive response to low energy diet: main role of the hypothalamic lipid metabolism revealed by a phenotypic and multi-tissue transcriptomic approach. BMC Genomics. 2019 30;20(1): 1033.

27. Gao Z, Duan Z, Zhang J, Zheng J, Li F, Xu G. Effects of Oil Types and Fat Concentrations on Production Performance, Egg Quality, and Antioxidant Capacity of Laying Hens. Animals. 2022; 12(3):315.

28. Dvorin A, Zoref Z, Mokady S, Nitsan Z. Nutritional aspects of hydrogenated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens. Poult Sci. 1998;77(6):820-5.

29. Lindblom SC, Gabler NK, Bobeck EA, Kerr BJ. Oil source and peroxidation status interactively affect growth performance and oxidative status in broilers from 4 to 25 d of age. Poult Sci. 2019 Apr 1;98(4):1749-1761.

30. Fontana L. The scientific basis of caloric restriction leading to longer life. Curr Opin Gastroenterol. 2009 Mar;25(2): 144-50.

31. Zainal TA, Oberley TD, Allison DB, Szweda LI, Weindruch R. Caloric restriction of rhesus monkeys lowers oxidative damage in skeletal muscle. FASEB J. 2000 Sep;14(12):1825-36.

32.32. Cho CG, Kim HJ, Chung SW, Jung KJ, Shim KH, Yu BP, Yodoi J, Chung HY. Modulation of glutathione and thioredoxin systems by calorie restriction during the aging process. Exp Gerontol. 2003 May;38(5):539-48.

33. Griela E, Paraskeuas V, Mountzouris KC. Effects of Diet and Phytogenic Inclusion on the Antioxidant Capacity of the Broiler Chicken Gut. Animals (Basel). 2021 Mar 8;11(3):739.

34. Çetin E, Güçlü BK. Effect of dietary l-carnitine supplementation and energy level on oxidant/antioxidant balance in laying hens subjected to high stocking density. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2020;104(1):136-143.

35. Helkin A, Stein JJ, Lin S, Siddiqui S, Maier KG, Gahtan V. Dyslipidemia Part 1--Review of Lipid Metabolism and Vascular Cell Physiology. Vasc Endovascular Surg. 2016;50(2):107-18.

36. Siri-Tarino PW. Effects of diet on high-density lipoprotein cholesterol. Curr Atheroscler Rep. 2011 Dec;13(6):453-60.

37. Khan TJ, Kuerban A, Razvi SS, Mehanna MG, Khan KA, Almulaiky YQ, Faidallah HM. In vivo evaluation of hypolipidemic and antioxidative effect of 'Ajwa' (Phoenix dactylifera L.) date seed-extract in high-fat diet-induced hyperlipidemic rat model. Biomed Pharmacother. 2018 Nov; 107:675-680.

38. Sudatri NW, Dewi GA, Mahardika IG, Bidura IG. Kidney histology and broiler serum creatinine levels supplemented with a mixture of water extract of turmeric and tamarind fruit. International Journal of Fauna and Biological Studies. 2021; 8(1):95-100

39. Ashrafi H, Sadeghi AA, Chamani, M. 'Effect of selenium supplementation on antioxidant indices and metabolism-related hormones in rats exposed to heat stress', Iranian Journal of Biological Sciences, 2023; 17(4): 35-47.

40. Jamei M, Sadeghi AA, Chamani M. 'The effect of zinc-methionine supplementation on antioxidant status and expression of interleukin-4 and interleukin-6 genes in female rats under heat stress', Iranian Journal of Biological Sciences, 2023; 17(3), pp. 29-39.

41. Malyar RM, Li H, Liu D, Abdulrahim Y, Farid RA, Gan F, Ali W, Enayat Ullah H, Banuree SAH, Huang K, Chen X. Selenium/Zinc-Enriched probiotics improve serum enzyme activity, antioxidant ability, inflammatory factors and related gene expression of Wistar rats inflated under heat stress. Life Sci. 2020 1; 248:117464

42. Karadeniz FÖ, Karadeniz Y, Altuntaḉ E. Systemic immune-inflammation index, and neutrophil to-lymphocyte and platelet-to-lymphocyte ratios can predict clinical outcomes in patients with acute coronary syndrome. Cardiovasc J Afr. 2023 May 5; 34:1-7.

43. Shini S, Shini A, Kaiser P. Cytokine and chemokine gene expression profiles in heterophils from chickens treated with corticosterone. Stress. 2010 May;13(3):185-94.

44. Kubena LF, May JD, Reece FN, Deaton JW. Hematocrit and hemoglobin of broilers as influenced by environmental temperature and dietary iron level. Poult Sci. 1972 May;51(3):759-63

45. Fallon PG, Jolin HE, Smith P, Emson CL, Townsend MJ, Fallon R, Smith P, McKenzie AN. IL-4 induces characteristic Th2 responses even in the combined absence of IL-5, IL-9, and IL-13. Immunity. 2002 Jul;17(1):7-17.

46. Vannier E, Miller LC, Dinarello CA. Coordinated anti-inflammatory effects of interleukin 4: interleukin 4 suppresses interleukin 1 production but up-regulates gene expression and synthesis of interleukin 1 receptor antagonist. Proc Natl Acad Sci U S A. 1992 May 1;89(9):4076-80.