16(2) 37-46, Summer 2024

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effect of lipotropic factors at different energy levels on performance, egg fatty acid profile and blood plasma antioxidant status in laying hens

Mostafa Noori, Jafar Fakhraei *, Hossein Mansouri Yarahmadi

Department of Animal Sciences, Faculty of Engineering, Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

Key Words

Lipotropic factors
Fatty acids
Egg
Immune system
Laying hens

Abstract

Introduction: The aim of this study was to evaluate the effect of L-carnitine, choline chloride and lecithin in diets with medium and high energy levels on performance, egg fatty acid profile and blood plasma antioxidant status in laying hens. Researches have shown that the use of lipotropic agents not only improves the performance and quality of livestock products, but also affects the health and economic longevity of livestock.

Materials & Methods: This research was conducted with 320 Leghorn laying hens (Highline W-36) at the age of 40 weeks for 12 weeks as a 4×2 factorial experiment in the framework of a completely randomized design in 8 treatments, 4 replications and 10 hens in each Repeated. Treatments include diets containing L-carnitine (100 mg/kg), choline chloride (1000 mg/kg), lecithin (20 g/kg) and a combination of different energy levels (2900 and 3000 kcal/kg).

Results: In the present study, increasing the energy level from 2900 to 3000 as well as the use of lipotropic factors (L-carnitine, choline chloride and lecithin) in the diet improved some performance parameters in laying hens. Egg fatty acid profile was not affected by different energy levels ($P<0.05$). On the other hand, the mutual effects of energy and lipotropic agent (lecithin and choline chloride) led to a significant decrease in the concentration of omega-3 in eggs ($P<0.05$). Also, the ratio of omega-6 to omega-3 concentration in the egg yolk of the treatments fed with energy 2900 and 3000 x lecithin was higher than other treatments ($P<0.05$). Blood malondialdehyde concentration in this study was not affected by different energy levels ($P<0.05$). Blood malondialdehyde concentration decreased under the influence of lipotropic agent ($P<0.05$).

Conclusion: This research showed that adding lipotropic factors to the diet of laying hens with high energy levels improves production performance, the immune system, and egg quality. Among the lipotropic agents used in this study, L-carnitine and choline chloride had better effects on production performance than lecithin.

* Corresponding Author's email: j.fakhraei@iau.arak.ac.ir
Received: 16 March 2023; Reviewed: 15 April 2023; Revised: 18 June 2023; Accepted: 22 July 2023
(DOI): 10.70102/AEJ.2025.16.2.5

مقاله پژوهشی

تأثیرعوامل لیپوتروپیک در سطوح مختلف انرژی بر عملکرد، پروفیل اسیدهای چرب تخم‌مرغ و وضعیت آنتی‌اکسیدانی سرم در مرغ‌های تخم‌گذار

*مصطفی نوری، جعفر فخرایی**، حسین منصوری یاراحمدی*

گروه علوم دامی، دانشکده فنی مهندسی و کشاورزی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

کلمات کلیدی

عوامل لیپوتروپیک
اسیدهای چرب
تخم‌مرغ
سیستم ایمنی
مرغ‌های تخم‌گذار

چکیده

مقدمه: این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر ال-کارنیتین، کولین کلراید و لسیتین در جیره با سطوح انرژی متوسط و بالا بر عملکرد، پروفایل اسیدهای چرب‌تخم‌مرغ و وضعیت‌آنتی اکسیدانی پلاسمای‌خون درمرغ‌های‌تخم‌گذار انجام‌شد. تحقیقات‌صورت‌گرفته نشان‌داده‌اند که استفاده ازعوامل لیپوتروپیک نه‌تنها موجب بهبودعملکردوکیفیت محصولات دامی می‌شود بلکه بر سلامتی و طول عمر اقتصادی دام‌ها نیز مؤثر است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با ۳۲۰ قطعه مرغ تخم‌گذار لگهورن (های‌لاین W-36) در سن ٤٠ هفتگی به‌مدت ۱۲ هفته به‌صورت آزمایش فاکتوریل ٤×۲ در چارچوب طرح کاملا تصادفی در ۸ تیمار، ٤ تکرار و ۱۰ قطعه مرغ در هر تکرار انجام شد. تیمارها جیره‌های حاوی ال کارنیتین (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کولین کلراید (۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، لسیتین (۲۰ گرم در کیلوگرم) و ترکیبی از سطوح مختلف انرژی (۲۹۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم)، را در طول دوره آزمایش دریافت کردند. خوراک مصرفی به‌صورت هفتگی، تعداد و وزن تخم‌مرغ به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و توده تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک محاسبه گردید. در پایان هر دو هفته، دو عدد تخم‌مرغ از هر تکرار به‌منظور بررسی پروفایل اسیدهای چرب تخم‌مرغ به آزمایشگاه منتقل شدند. در اواسط و پایان آزمایش، دو قطعه مرغ تخم‌گذار از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و جهت بررسی پارامتر مالون‌دی‌آلدئید خون از سیاهرگ بال پرنده خونگیری به‌عمل آمد.

نتایج: در پژوهش حاضر، افزایش سطح انرژی از ۲۹۰۰ به ۳۰۰۰ و هم‌چنین استفاده از عوامل لیپوتروپیک (ال-کارنیتین، کولین کلراید و لسیتین) در جیره موجب بهبود برخی پارامترهای عملکردی در مرغ‌های تخم‌گذار گردید. پروفیل اسیدهای چرب تخم‌مرغ تحت تأثیر سطوح متفاوت انرژی قرار نگرفت ($P>0/05$). از طرفی اثرات متقابل انرژی و عامل لیپوتروپیک (لسیتین و کولین کلراید) منجر به کاهش معنی‌دار غلظت امگا-۳ در تخم‌مرغ شدند ($P<0/05$). هم‌چنین نسبت غلظت امگا-٦ به امگا-۳ در زرده تخم‌مرغ تیمارهای تغذیه شده با انرژی ۲۹۰۰ و ۳۰۰۰ × لسیتین نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بود ($P<0/05$). غلظت مالون دی آلدئید خون در این پژوهش تحت تأثیر سطوح مختلف انرژی قرار نگرفت ($P>0/05$). غلظت مالون دی آلدئید خون تحت تأثیر عامل لیپوتروپیک کاهش یافت ($P<0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد افزودن عوامل لیپوتروپیک به جیره طیور تخم‌گذار با سطوح بالای انرژی باعث بهبود عملکرد تولیدی، سیستم ایمنی و هم‌چنین افزایش کیفیت تخم‌مرغ می‌شود. در بین عوامل لیپوتروپیک مورد استفاده در این پژوهش ال کارنیتین و کولین کلراید نسبت به لسیتین اثرات بهتری بر عملکرد تولیدی داشت.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: j.fakhraei@iau.arak.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۵ اسفند ۱۴۰۱؛ تاریخ داوری: ۲٦ فروردین ۱۴۰۲؛ تاریخ اصلاح: ۲۸ خرداد ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۳۱ تیر۱۴۰۲
(DOI):10.70102/AEJ.2025.16.2.5

مقدمه

با افزایش بی‌رویه جمعیت جهان تقاضا برای غذا به‌خصوص منابع پروتئینی افزایش یافته است. با توجه به این‌که طیور نقش مهمی در تامین منابع پروتئینی مورد نیاز انسان دارند، دانشمندان و پژوهشگران در این عرصه به دنبال آن هستند که با بهبود ژنتیک، راه‌کارهای تغذیه‌ای و مدیریتی بتوانند نیاز به محصولات پروتئینی را تا حد ممکن تامین کنند. علاوه بر این موضوع تهیه غذای سالم و با کیفیت امروزه یکی از اهداف مهم در امر پرورش دام و طیور می‌باشد. از این‌رو، در سال‌های اخیر توجه زیادی به تحقیقات مرتبط با کاهش میزان چربی، کلسترول و تغییر ترکیب اسیدهای چرب در محصولات دام و طیور شده است. تخم‌مرغ یکی از مهم‌ترین منابع تامین پروتئین و سایر مواد مغذی برای بسیاری از کشورها ازجمله ایران است. لذا پژوهش‌های زیادی در رابطه با عوامل مؤثر بر مقدار تولید و کیفیت تخم‌مرغ به خصوص در زمینه‌های مربوط به کاهش چربی، کلسترول و تغییر ترکیب اسیدهای چرب آن به انجام رسیده است. یک سری عوامل همانند تغذیه، بیماری، سن، نژاد یا سویه پرنده و محیط می‌توانند کیفیت و کمیت تخم‌مرغ تولیدی را تحت تأثیر قرار دهند. از آن‌جا که اصلاحات ژنتیکی نتایج مثبت خود را در طولانی مدت نشان می‌دهند، باید در پی راه‌حل‌های کوتاه‌مدت از جمله راهکارهای تغذیه‌ای و مدیریتی بود. تحقیقات صورت گرفته نشان داده‌اند عوامل تغذیه‌ای می‌توانند به واسطه ایجاد تغییرات متابولیکی، کیفیت و کمیت تخم‌مرغ را تحت تأثیر قرار دهند (۱). یکی از راهکارهای تغذیه‌ای برای بهبود عملکرد، پارامترهای کیفی تخم‌مرغ و هم‌چنین سلامت طیور تخم‌گذار به‌دنبال اعمال جیره‌های با انرژی بالا، استفاده از عوامل لیپوتروپیک در جیره می‌باشد. ازجمله ترکیبات لیپوتروپیک شناخته شده می‌توان به کولین، متیونین، ال-کارنیتین، اینوزیتول، بتائین، بیوتین و ویتامین B12 اشاره کرد (۲). کولین به‌صورت گسترده‌ای در بافت‌های گیاهی و جانوری یافت می‌شود و دارای برخی از خواص ویتامین‌هاست. کولین اگرچه به‌عنوان یکی از ویتامین‌های گروه B طبقه‌بندی می‌شود اما به‌طور کامل تعریف کلاسیک یک ویتامین را ندارد و برخلاف سایر ویتامین‌های گروه B، کولین می‌تواند در کبد ساخته شود (۳). با توجه به این‌که تخم مرغ حاوی سطوح بالای کولین می‌باشد، به تبع نیاز متابولیکی طیور تخم‌گذار به این ترکیب بالاست اما تعیین مقدار مورد نیاز کولین که باید به جیره افزوده شود مشکل است. تحقیقات صورت گرفته حاکی از آن است که افزودن کولین به جیره طیور تخم‌گذار باعث بهبود تولید تخم‌مرغ می‌شود (۴، ۵). کولین یک ترکیب ضروری برای ترشح لیپوپروتئین‌های با دانسیته بسیار پایین و هم چنین انتقال اسیدهای چرب از بافت کبد به زرده تخم‌مرغ است (۶). گزارش شده کولین می‌تواند به‌عنوان دهنده گروه متیل به‌طور غیرمستقیم ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد. گروه‌های هیدروکسی آمینی در زنجیره‌های جانبی کولین به‌واسطه مهار پروکسیداسیون لیپیدی می‌توانند در بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نقش داشته باشند (۷). ال-کارنیتین ساختاری محلول در آب است که در متابولیسم اسیدهای چرب و هم چنین انتقال ترکیبات بلند زنجیر در عرض غشای میتوکندری نقش دارد (۸). گزارش شده افزودن سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در هر کیلوگرم جیره باعث افزایش تولید تخم‌مرغ در طیور تخم‌گذار شد (۹). گزارش شده مکمل‌سازی جیره با کارنیتن به‌واسطه افزایش فعالیت آنزیم کارنیتین پالمیتوئیل ترانسفراز در بافت کبد باعث افزایش سرعت انتقال اسیدهای چرب به‌داخل میتوکندری سلول‌های کبدی می‌شود در نتیجه محتوای اسیدچرب آزاد و گلیسرول در داخل سرم خون کاهش می‌یابد، در نتیجه ممکن است انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیر به‌داخل زرده تخم‌مرغ کاهش یابد (۱۰). در طیور، اثرات افزودن ال-کارنیتین به جیره‌غذایی کم‌تر روشن گردیده است. برخی پژوهشگران اثرات مفید اضافه کردن ال-کارنتین به جیره را مشاهده نکردند، در حالی‌که بسیاری دیگر بهبود میزان رشد، بهترشدن ضریب تبدیل غذایی، افزایش تولید گوشت سینه و ران و کاهش مقادیر چربی شکمی را در جوجه‌های گوشتی که ال-کارنتین دریافت کرده بودند، گزارش کرده‌اند (۱۱). اگرچه ال-کارنیتین دارای خواص شناخته شده آنتی‌اکسیدانی است، اما نقش متابولیکی اصلی ال-کارنیتین تسهیل نقل و انتقال اسیدهای چرب و جلوگیری از اکسیداسیون آن‌هاست (۱۲). افزایش سطح ال-کارنیتین جیره باعث تجمع ال کارنیتین در زرده تخم‌مرغ می‌شود، در نتیجه وجود ال-کارنیتین در زرده تخم‌مرغ از اکسیداسیون اسیدهای چرب موجود در زرده تخم‌مرغ جلوگیری می‌کند (۱۳). لسیتین یک فسفولیپید حاوی کولین است که علاوه بر کمک به متیل‌سازی و جذب بهتر چربی می‌تواند از دیواره روده جذب و در لاشه ذخیره گردد (۱۴). لسیتین علاوه بر تامین انرژی جیره به‌عنوان یک منبع غنی اسیدهای چرب غیراشباع در جیره طیور نیز محسوب می‌شود (۱۵). گزارش شده افزودن سطوح ۳ و ۶ درصد لسیتین به جیره طیور تخم‌گذار باعث بهبود عملکرد (ضریب تبدیل غذایی، میزان تخم‌گذاری، وزن تخم‌مرغ) و پارامترهای کیفی تخم‌مرغ می‌گردد (۱۶). این در حالی است که برخی مطالعات نیز گزارش کرده‌اند افزودن لسیتین به جیره طیور تخم‌گذار تاثیری بر تولید و کیفیت تخم مرغ نداشته است (۱۷). لستین به عنوان امولیسیفایر دارای نقش محافظتی در برابر استرس اکسیداتیو می‌باشد (۱۸). در مطالعه‌ای اثرات مثبتی از افزودن لسیتین بر بهبود وضعیت اکسیداتیو در بوقلمون‌ها گزارش شد (۱۹). افزودن ترکیبات لیپوتروپیک به جیره مرغان تخم‌گذار با سطوح انرژی متفاوت می‌تواند

تاثیرات مثبتی روی عملکرد، پارامترهای کمی و کیفی تولید تخم‌مرغ بگذارد و هم‌چنین وضعیت اکسیداتیو را در طیور بهبود بخشد که این موضوع ارتباط مستقیمی با وضعیت سلامتی دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثر عوامل لیپوتروپیک (ال-کارنیتین، کولین و لسیتین) در سطوح مختلف انرژی جیره بر عملکرد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی طیور تخم‌گذار و پروفیل اسیدهای چرب تخم‌مرغ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار ۱۳۹۹ در واحد مرغداری آقای محمد نوری بخش آزمایشگاهی در آزمایشگاه دکتر میران‌زاده (اصفهان) و تجزیه و تحلیل داده‌ها در گروه علوم دامی دانشگاه آزاد واحد اراک به اجرا رسید. در این پژوهش ۳۲۰ قطعه مرغ تخم‌گذار لگهورن (های‌لاین W-36) به‌مدت ۱۲ هفته در یک آزمایش فاکتوریل ۴×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. مرغ‌ها به ۸ تیمار آزمایشی با ۴ تکرار تقسیم شدند که در هر تکرار ۱۰ قطعه مرغ تخم‌گذار در نظر گرفته شد. همه واحدهای آزمایشی که از نظر وزنی در محدوده یکسانی قرار داشتند در قفس‌های سه طبقه قرار گرفتند و سپس به‌صورت تصادفی بین تیمارهای آزمایشی تقسیم شدند. به مدت دو هفته قبل از شروع انجام آزمایش تمامی مرغ‌ها با جیره‌های آزمایشی جهت عادت‌پذیری تغذیه شدند. در طول دوره آزمایش مرغ‌ها دسترسی آزاد به خوراک و آب داشتند. آزمایش حاضر به‌مدت ۱۲ هفته به طول انجامید. تیمارهای آزمایشی شامل: تیمار یک: جیره با سطح انرژی ۲۹۰۰ و بدون مکمل، تیمار دو: جیره با سطح انرژی ۳۰۰۰ و بدون‌مکمل، تیمار سه: جیره با سطح انرژی ۲۹۰۰ و حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین (تولید شده در شرکت LONZA، سوئیس)، تیمار چهار: جیره با سطح انرژی ۳۰۰۰ و حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین، تیمار پنج: جیره با سطح انرژی ۲۹۰۰ و حاوی ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کولین کلراید(تولید شده در شرکت HYLEN، چین)، تیمار شش: جیره با سطح انرژی ۳۰۰۰ و حاوی ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کولین کلراید، تیمار هفت: جیره با سطح انرژی ۲۹۰۰ و حاوی ۲۰ گرم در کیلوگرم لسیتین (تولید شده در شرکت GUJARAT، هند) و تیمار هشت: جیره با سطح انرژی ۳۰۰۰ و حاوی ۲۰ گرم در کیلوگرم لسیتین. در جدول ۱ ترکیبات جیره پایه ارائه شده است.

صفات عملکردی: جیره‌ها برای گروه‌های مختلف آزمایشی بر اساس احتیاجات تغذیه‌ای ذکرشده در راهنمای پرورش مرغ تخم‌گذار لگهورن (های‌لاین W-36) با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم شد. در طول دوره آزمایش مصرف خوراک روزانه، تعداد و تولید تخم‌مرغ بر اساس روز مرغ (گرم/مرغ/روز) و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد (۲۰).

جدول ۱: اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی

ماده‌خوراکی (٪)	تیمارهای آزمایشی	
	انرژی ۲۹۰۰ شاهد ۱	انرژی ۳۰۰۰ شاهد ۲
ذرت	۵۷/۲۵	۵۴/۹۲
کربنات کلسیم	۹/۸۸	۹/۸۷
کنجاله سویا	۲۴/۵۸	۲۴/۹۸
روغن آفتابگردان	۴/۵۸	۶/۵۱
کلسیم فسفات	۲/۶۳	۲/۶۴
مکمل‌ویتامینی‌معدنی[1]	۰/۵۰	۰/۵۰
نمک	۰/۰۳	۰/۰۳
دی ال متیونین	۰/۱۵	۰/۱۶
جوش شیرین	۰/۱۳	۰/۱۳
فیتاز	۰/۰۱	۰/۰۱
آنالیز شیمیایی (درصد)		
انرژی (Mcal/Kg)	۲۹۰۰	۳۰۰۰
پروتئین	۱۵/۲۰	۱۵/۲۰
کلسیم	۴/۴۰	۴/۴۰
فسفر قابل دسترس	۰/۵۵	۰/۵۵
سدیم	۰/۱۸	۰/۱۸
متیونین	۰/۴۰	۰/۴۰
لیزین	۰/۸۴	۰/۸۴
متیونین+ سیستئین	۰/۶۷	۰/۶۷
ترئونین	۰/۵۸	۰/۵۸

۱- هر کیلوگرم مکمل ویتامینی معدنی حاوی: ۶۴ گرم منگنز (اکسید)، ۴۴ گرم روی (اکسید)، ۱۰۰ گرم آهن (سولفات)، ۱۶ گرم مس (سولفات)، ۰/۶۴ گرم ید (کلسیم یدات)، ۰/۲ گرم کبالت، ۸ گرم سلنیوم (٪۱)، ۷/۲ گرم ویتامین A، ۷ گرم ویتامین D، ۱۴/۴ گرم ویتامین E، ۱/۶ گرم ویتامین K_3، ۰/۷۲ گرم تیامین، ۳/۳ گرم ریبوفلاوین، ۱۲ گرم پانتوتنیک، ۱۲/۱۶ گرم نیاسین، ۶/۲ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۰/۶ گرم کوبالامین، ۰/۲ گرم بیوتین است.

مقدار خوراک مصرفی هر واحد آزمایشی در پایان هر هفته از طریق تفاضل مقدار خوراک اختصاص داده شده و مقدار خوراک باقی‌مانده محاسبه شد و مصرف خوراک هر پرنده در روز با استفاده از روش زیر محاسبه گردید:

$$\text{غذای مصرفی روزانه هر قطعه مرغ (g)} = \frac{\text{مصرف گروهی در طول هر هفته}}{\text{تعداد مرغ} \times 7}$$

تخم‌مرغ‌های تولیدی هر واحد آزمایشی به‌طور روزانه و در یک ساعت مشخص جمع‌آوری و تعداد آن‌ها ثبت گردید و درصد تولید برحسب تعداد مرغ به‌صورت هفتگی از طریق تقسیم تعداد کل تخم

مرغ‌ها در هر دوره به تعداد مرغ محاسبه شد. تمامی تخم‌مرغ‌های تولیدی هر واحد آزمایشی به‌طور روزانه وزن شد و از تقسیم وزن کل تخم‌مرغ‌های یک واحد آزمایشی در روز بر تعداد تخم‌مرغ‌های آن واحد آزمایشی، میانگین وزن تخم‌مرغ در آن روز به‌دست آمد. میانگین توده تخم‌مرغ نیز از طریق ضرب درصد تولید تخم‌مرغ در میانگین وزن تخم‌مرغ به‌دست آمد. شاخص ضریب تبدیل خوراک نیز از تقسیم گرم خوراک مصرفی روزانه یک واحد آزمایشی بر گرم توده تخم‌مرغ تولیدی آن واحد آزمایشی به‌دست آمد.

پروفیل اسیدهای چرب تخم‌مرغ: جهت اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای چرب تخم‌مرغ، با روش Folch و Lees و Sloane-Stanly چربی استخراج و استری شد. سپس اسیدهای چرب به‌روش کروماتوگرافی گازی (دستگاه GC، Agilent technologies 7890B) اندازه‌گیری شدند (۲۱).

شاخص آنتی‌اکسیدانی مالون دی‌آلدئید: در اواسط و پایان آزمایش، ۲ قطعه مرغ تخم‌گذار از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و جهت بررسی شاخص آنتی‌اکسیدانی مالون دی آلدئید از سیاهرگ بال پرنده خونگیری به‌عمل آمد. جداسازی سرم به‌وسیله سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت. غلظت MDA در نمونه‌های سرم به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی توسط TBARS (مواد واکنش دهنده اسیدتیوباربیتوریک) اندازه‌گیری شد. MDA در نتیجه پراکسیداسیون لیپیدی تشکیل می‌شود و در دمای بالا (۹۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و شرایط اسیدی با اسید تیوباربیتوریک واکنش می‌دهد. این واکنش یک ترکیب اضافی MDA-TBA به رنگ صورتی ایجاد می‌کند. کمپلکس رنگی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۲).

آنالیز داده‌ها: آزمایش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۱ (۲۳) با رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مدل آماری طرح به‌صورت زیر است:

$$Yijk = \mu + \alpha i + \beta j + \alpha\beta ij + eijk$$

که در فرمول فوق: Yijk: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین جامعه، αi: اثر سطح انرژی، βj: اثر عامل لیپوتروپیک، αβij: اثر متقابل سطح انرژی و عامل لیپوتروپیک و eijk : خطای آزمایشی

نتایج

اثر تیمارهای آزمایشی بر فاکتورهای تولیدی و عملکردی مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۳ نشان داده شده است. سطوح متفاوت انرژی جیره‌ها مصرف خوراک، درصد تولید، وزن توده و ضریب تبدیل را تحت تأثیر قرار داد، بدین‌صورت که سطح انرژی ۳۰۰۰ باعث بهبود میانگین مصرف خوراک، درصد تولید و وزن توده در مقایسه با سطح انرژی ۲۹۰۰ گردید، اما سطح انرژی ۳۰۰۰ باعث افزایش ضریب تبدیل نسبت به سطح انرژی ۲۹۰۰ گردید. این در حالی است که سطوح مختلف انرژی وزن تخم‌مرغ را تحت تاثیر قرار نداد (P>۰/۰۵).

جدول ۲: مقایسه اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر غلظت مالون دی آلدئید سرم خون

اثر انرژی	MDA (U/L)
۲۹۰۰	۳/۰۹
۳۰۰۰	۳/۱۱
خطای استاندارد	۰/۱۵
ارزش احتمال	۰/۹۷
عامل لیپوتروپیک	
بدون عامل	۳/۰۹ [a]
ال-کارنیتین	۲/۶۱ [bc]
کولین کلراید	۲/۶۹ [b]
لسیتین	۲/۴۳ [c]
خطای استاندارد	۰/۰۷
ارزش احتمال	۰/۰۰۱
اثرات متقابل	
۲۹۰۰	۳/۰۷ [a]
۳۰۰۰	۳/۱۰ [a]
۲۹۰۰×ال-کارنیتین	۲/۸۵ [c]
۳۰۰۰×ال-کارنیتین	۲/۳۷ [c]
۲۹۰۰×کولین کلراید	۲/۷۴ [bc]
۳۰۰۰×کولین کلراید	۲/۶۵ [bc]
۲۹۰۰×لسیتین	۲/۴۲ [c]
۳۰۰۰×لسیتین	۲/۴۵ [c]
خطای استاندارد	۰/۱۴
ارزش احتمال	۰/۰۰۲

a,b: تیمارها با حروف لاتین متفاوت اختلاف آماری معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

اثر متقابل عوامل لیپوتروپیک با سطح انرژی جیره درصد تولید و وزن توده را تحت تاثیر قرار داد. به‌طوری که افزودن عوامل لیپو تروپیک (ال-کارنیتین، کولین کلراید و لسیتین) درصد تولید و وزن توده تخم‌مرغ را در مقایسه با پرندگان دریافت کننده جیره با سطح انرژی ۲۹۰۰ و بدون عامل لیپوتروپیک افزایش داد، از طرفی بیش‌ترین وزن توده تخم‌مرغ در پرندگان تغذیه شده با جیره ۲۹۰۰×ال-کارنیتین و ۳۰۰۰×لسیتین مشاهده شد. اما سایر پارامترهای عملکردی و تولیدی تحت تاثیر اثر متقابل انرژی با عوامل لیپوتروپیک تأثیر قرار نگرفتند (P>۰/۰۵). اثر تیمارهای آزمایشی بر پروفیل اسیدهای چرب تخم‌مرغ در جدول ۴ نشان داده شده است. پروفیل اسیدهای چرب تحت تأثیر

سطوح متفاوت انرژی قرار نگرفتند (P>۰/۰۵). اما غلظت لینولئیک اسید، امگا-۳، امگا-۶ و نسبت امگا-۶ به امگا-۳ تحت تأثیر افزودن عوامل لیپوتروپیک به جیره قرار گرفت. افزودن لسیتین به جیره غلظت لینولئیک اسید تخم‌مرغ را نسبت به دیگر عوامل لیپوتروپیک و هم‌چنین پرندگانی که عامل لیپوتروپیک دریافت نکردند افزایش داد که به‌دنبال آن امگا-۶ نیز تحت تأثیر لسیتین افزایش یافت. درحالی‌که افزودن لسیتین و کولین کلراید به جیره‌ها در سطح انرژی ۳۰۰۰ باعث کاهش معنی‌داری در غلظت امگا-۳ در تخم‌مرغ شد. هم‌چنین نسبت غلظت امگا-۶ به امگا-۳ در تخم‌مرغ پرندگان مصرف‌کننده لسیتین نسبت به سایر تخم مرغ پرندگان بالاتر بود. اما اثر متقابل سطح انرژی با عوامل لیپوتروپیک بر سایر اسیدهای چرب مشاهده نشد (P>۰/۰۵). اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص آنتی‌اکسیدانی مالون دی آلدئید سرم مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سطح مالون دی آلدئید سرم خون تحت تأثیر سطوح متفاوت انرژی قرار نگرفت (P>۰/۰۵). مطابق با نتایج، اثر متقابل عوامل لیپو تروپیک و سطح انرژی جیره غلظت مالون دی آلدئید سرم خون را تحت تاثیر قرار داد. به‌طوری که افزودن عوامل لیپوتروپیک باعث کاهش معنی‌دار سطح مالون دی‌آلدئید سرم در مقایسه با جیره‌های فاقد افزودنی‌های لیپوتروپیک شد.

جدول۳: مقایسه اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر فاکتورهای تولیدی و عملکردی مرغ‌های تخم‌گذار (کل دوره)

اثر انرژی	درصد تولید	وزن تخم‌مرغ (g)	توده تخم‌مرغ (g)	مصرف خوراک (g)	ضریب تبدیل
۲۹۰۰	۸۷/۴۷ ^{b}	۵۷/۴۲	۵۰/۲۲ ^{b}	۹۶/۹۹ ^{b}	۱/۶۹ ^{b}
۳۰۰۰	۸۸/۳۵ ^{a}	۵۷/۳۶	۵۰/۶۸ ^{a}	۹۷/۸۸ ^{a}	۱/۷۱ ^{a}
خطای استاندارد	۰/۱۱	۰/۰۶۸	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۰۰۴
ارزش احتمال	۰/۰۰۱	۰/۵۲	۰/۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴
عامل لیپوتروپیک					
بدون عامل	۸۷/۰۱ ^{c}	۵۷/۳۹	۴۹/۹۳ ^{c}	۹۷/۳۹	۱/۷۰
ال-کارنیتین	۸۸/۴۵ ^{a}	۵۷/۳۵	۵۰/۷۳ ^{a}	۹۷/۰۲	۱/۶۹
کولین کلراید	۸۸/۳۲ ^{a}	۵۷/۵۲	۵۰/۸۰ ^{a}	۹۷/۳۹	۱/۶۹
لسیتین	۸۷/۸۴ ^{b}	۵۷/۳۲	۵۰/۳۵ ^{b}	۹۷/۹۱	۱/۷۱
خطای استاندارد	۰/۱۶	۰/۰۹۶	۰/۱۲	۰/۳۲	۰/۰۰۵
ارزش احتمال	۰/۰۰۱	۰/۴۶	۰/۰۲	۰/۲۹	۰/۲۰
اثرات متقابل					
۲۹۰۰	۸۵/۷۷ ^{d}	۵۷/۵۱	۴۹/۳۳ ^{c}	۹۷/۲۸	۱/۶۹
۳۰۰۰	۸۸/۲۵ ^{ab}	۵۷/۲۷	۵۰/۵۴ ^{ab}	۹۷/۴۹	۱/۷۰
۲۹۰۰×ال-کارنیتین	۸۸/۷۹ ^{a}	۵۷/۳۷	۵۰/۹۴ ^{a}	۹۶/۱۶	۱/۶۸
۳۰۰۰×ال-کارنیتین	۸۸/۱۲ ^{ab}	۵۷/۳۲	۵۰/۵۱ ^{ab}	۹۷/۸۹	۱/۷۱
۲۹۰۰×کولین کلراید	۸۷/۹۱ ^{bc}	۵۷/۵۴	۵۰/۵۸ ^{ab}	۹۶/۹۵	۱/۶۸
۳۰۰۰×کولین کلراید	۸۸/۷۳ ^{a}	۵۷/۵۰	۵۱/۰۲ ^{a}	۹۷/۸۴	۱/۷۰
۲۹۰۰×لسیتین	۸۷/۳۹ ^{c}	۵۷/۲۸	۵۰/۰۶ ^{b}	۹۷/۵۶	۱/۷۰
۳۰۰۰×لسیتین	۸۸/۳۱ ^{ab}	۵۷/۳۵	۵۰/۶۵ ^{ab}	۹۸/۲۸	۰/۷۱
خطای استاندارد	۰/۲۳	۰/۱۳۶	۰/۱۸	۰/۴۶	۰/۰۰۸

جدول ۴: مقایسه اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر پروفیل اسیدهای چرب تخم‌مرغ

اثر انرژی	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	EPA	DHA	ω-6	ω-3	ω-6/ω-3
۲۹۰۰	۰/۸۱	۳۱/۹۰	۳/۲۱	۹/۶۵	۳۹/۱۰	۱۳/۱۰	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۲۸	۰/۰۵	۱۳/۹۰	۰/۹۷	۱۴/۳۰
۳۰۰۰	۰/۸۰	۳۱/۵۰	۳/۱۵	۹/۸۹	۳۹/۲۰	۱۳/۱۰	۰/۶۲	۰/۸۴	۰/۲۹	۰/۰۵	۱۳/۹۰	۰/۹۶	۱۴/۴۰
خطای استاندارد	۰/۰۳۸	۱/۲۵	۰/۱۱	۰/۶۷	۰/۷۸	۰/۴۹	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۵۹	۰/۰۴۱	۰/۹۸
ارزش احتمال	۰/۴۵	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۸۵	۰/۴۷	۰/۹۷	۰/۱۲	۰/۹۵
عامل لیپوتروپیک													
بدون عامل	۰/۸۱	۳۱/۹۰	۳/۲۱	۹/۸۱	۳۹/۳۰	۱۳/۱ b	۰/۶۴	۰/۸۴	۰/۳۰	۰/۰۶	۱۴/۰ b	۰/۱۱ a	۱۴/۱۰ c
ال-کارنیتین	۰/۷۹	۳۳/۱۰	۳/۰۸	۹/۱۱	۳۹/۱۰	۱۳/۱ b	۰/۶۳	۰/۷۸	۰/۲۸	۰/۰۵	۱۴/۰ b	۰/۹۷ a	۱۴/۴۰ c
کولین کلراید	۰/۷۹	۳۲/۱۰	۳/۰۱	۸/۵۶	۴۰/۴۰	۱۳/۶ b	۰/۵۸	۰/۷۹	۰/۲۶	۰/۰۵	۱۴/۳ b	۰/۸۹ ab	۱۶/۲۰ b
لسیتین	۰/۸۶	۳۱/۵۰	۲/۸۹	۸/۱۱	۳۸/۹۰	۱۶/۲ a	۰/۵۶	۰/۷۷	۰/۲۳	۰/۰۵	۱۶/۹ a	۰/۸۳ b	۲۰/۲۰ a
خطای استاندارد	۰/۰۴۷	۱/۴۸	۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۹۵	۰/۵۴	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۰۳	۰/۷۳	۰/۰۳۲	۱/۱۴
ارزش احتمال	۰/۵۸	۰/۴۹	۰/۸۵	۰/۳۸	۰/۶۵	۰/۰۰۸	۰/۴۴	۰/۵۷	۰/۳۷	۰/۱۵	۰/۰۳۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱
اثرات متقابل													
۲۹۰۰	۰/۸۲	۳۲/۲	۳/۲۵	۹/۶۱	۳۹/۲	۱۳/۱ b	۰/۶۵	۰/۸۲	۰/۲۹	۰/۰۶	۱۳/۹ b	۰/۱۰ a	۱۴/۱ c
۳۰۰۰	۰/۷۹	۳۱/۶	۳/۱۷	۱۰/۰	۳۹/۴	۱۳/۲ b	۰/۶۴	۰/۸۶	۰/۳۰	۰/۰۵	۱۴/۱ b	۰/۹۹ a	۱۴/۱ c
۲۹۰۰×ال-کارنیتین	۰/۷۷	۳۳/۳	۳/۰۶	۹/۰۵	۳۹/۰	۱۳/۱ b	۰/۶۲	۰/۷۸	۰/۲۶	۰/۰۵	۱۳/۹ b	۰/۹۳ ab	۱۴/۹ c
۳۰۰۰×ال-کارنیتین	۰/۸۱	۳۲/۸	۳/۱۱	۹/۱۷	۳۹/۱	۱۳/۲ b	۰/۶۴	۰/۷۹	۰/۳۱	۰/۰۶	۱۴/۰ b	۱/۰۱ a	۱۳/۹ c
۲۹۰۰×کولین کلراید	۰/۸۲	۳۱/۸	۳/۰۳	۸/۹۱	۴۰/۴	۱۳/۳ b	۰/۵۹	۰/۸۱	۰/۲۷	۰/۰۵	۱۴/۱ b	۰/۹۱ ab	۱۵/۵ c
۳۰۰۰×کولین کلراید	۰/۷۶	۳۲/۳	۲/۹۷	۸/۲۲	۴۰/۳	۱۳/۸ b	۰/۵۷	۰/۷۷	۰/۲۵	۰/۰۵	۱۴/۶ b	۰/۸۷ b	۱۶/۸ bc
۲۹۰۰×لسیتین	۰/۸۴	۳۱/۶	۲/۸۵	۷/۵۸	۳۹/۱	۱۶/۴ a	۰/۵۶	۰/۷۵	۰/۲۳	۰/۰۵	۱۷/۲ a	۰/۸۴ b	۲۰/۵ a
۳۰۰۰×لسیتین	۰/۸۹	۳۱/۴	۲/۹۴	۸/۶۳	۳۸/۶	۱۵/۹ a	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۲۳	۰/۰۵	۱۶/۷ a	۰/۸۴ b	۱۹/۹ a
خطای استاندارد	۰/۰۴۲	۱/۴۲	۰/۲۶	۰/۹۱	۱/۱۷	۰/۷۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰۳	۰/۸۴	۰/۰۳۶	۱/۲۳
ارزش احتمال	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۹۷	۰/۴۲	۰/۹۵	۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۷۷	۰/۴۲	۰/۱۹	۰/۰۴۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲

a,b: تیمارها با حروف لاتین متفاوت اختلاف آماری معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

6- ω: مجموع اسیدهای چرب لینولئیک و آراشیدونیک. 3- ω: مجموع اسیدهای چرب لینولنیک، ایکوزاپنتانوئیک و دوکوزاهگزاانوئیک

بحث

در پژوهش حاضر افزایش سطح انرژی جیره و هم‌چنین افزودن عوامل لیپوتروپیک به جیره باعث بهبود پارامترهای عملکردی و تولیدی در مرغ‌های تخم‌گذار شد. نتایج پژوهش حاضر در رابطه با استفاده از عوامل لیپوتروپیک در سطوح بالای انرژی بر عملکرد و پارامترهای تولیدی در طیور تخم‌گذار توسط برخی محققان به اثبات رسیده است (۲۴). نتایج حاصل از پژوهش Noori و همکاران، نشان داد استفاده از جیره‌های با سطوح بالای انرژی به همراه عوامل لیپوتروپیک موجب بهبود عملکرد تولیدی، کیفیت تخم‌مرغ، برخی پارامترهای خونی و پاسخ سیستم ایمنی در مقایسه با گروه شاهد شد (۲۶). استفاده از عوامل لیپوتروپیک در جیره طیور گوشتی تحت شرایط استرس گرمایی، تاثیر مثبتی بر عملکرد تولیدی و هم‌چنین شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی داشته است (۲۵). افزایش خوراک مصرفی با توجه به افزایش سطح انرژی جیره و هم‌چنین بهبود عملکرد و پارامترهای تولیدی در این پژوهش می‌تواند ناشی از افزایش خوش‌خوراکی جیره به دنبال افزودن روغن آفتابگردان (غنی از اسید لینولئیک) جیره و هم‌چنین بهبود متابولیسم انرژی به دنبال افزایش سطح اسیدهای چرب

امگا-۶ در جیره باشد (۲۷). برخلاف نتایج پژوهش حاضر، Leeson و همکاران گزارش کردند تولید تخم‌مرغ تحت تأثیر سطح انرژی جیره قرار نگرفت، اما زمانی‌که سطح انرژی جیره پائین باشد تولید تخم‌مرغ کاهش می‌یابد (۲۹). هم‌سو با نتایج ما، گزارش شده افزایش سطح انرژی جیره (حاوی حدود ۶ درصد روغن) طیور تخم‌گذار باعث تولید تخم‌مرغ‌های سنگین‌تری می‌شود (۲۸). برخلاف نتایج پژوهش حاضر، برخی پژوهشگران گزارش کردند افزایش سطح انرژی جیره باعث بهبود ضریب تبدیل در طیور می‌گردد (۳۰). با توجه به این‌که ضریب تبدیل غذایی تحت تأثیر چندین عامل از جمله ژنتیک، مدیریت، شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی جیره و عوامل متعدد دیگری قرار می‌گیرد، افزایش ضریب تبدیل غذایی در این پژوهش می‌تواند به‌دلیل سایر موارد مؤثر بر ضریب تبدیل باشد. هم‌سو با نتایج این پژوهش، گزارش شده افزودن سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال کارنیتین باعث افزایش تولید و توده تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار گردید (۹). ال-کارنیتین به‌واسطه افزایش بتااکسیداسیون اسیدهای چرب به آدنوزین تری‌فسفات و در نتیجه افزایش بازده انرژی، در بهبود تولید تخم‌مرغ نقش دارد (۳۱). بنابراین افزودن ال-کارنیتین به جیره می‌تواند بهره‌برداری از اسیدهای چرب و انرژی را بهبود بخشد. با توجه به این‌که توده تخم‌مرغ به تولید وزن تخم‌مرغ مرتبط می‌باشد، هرگونه تغییر در این دو پارامتر باعث ایجاد تغییر در توده تخم‌مرغ می‌شود. هم سو با نتایج پژوهش حاضر، Lu و همکاران، گزارش کردند افزودن سطوح ۰/۵ و ۰/۱ درصد لسیتین به جیره‌های حاوی انرژی بالا باعث افزایش تولید تخم‌مرغ شد (۳۳). مطالعات بسیاری مطابق با نتایج آزمایش حاضر گزارش کردند که افزودن لسیتین به جیره باعث افزایش تولید تخم‌مرغ و توده تخم‌مرغ می‌شود (۳۲). بهبود قابل توجه در تولید تخم‌مرغ به‌دنبال مصرف لسیتین می‌تواند به‌نقش لسیتین به‌عنوان امولسیفایر بازگردد، از آن‌جاکه امولسیفایرها در بهبود فرآیند هضم و جذب لیپیدها نقش دارند می‌توانند در بهبود وضعیت سلامتی و عملکرد تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار مؤثر باشد (۳۴). مطابق با نتایج آزمایش حاضر، گزارش شده افزودن ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم کولین در هر کیلوگرم از خوراک بلدرچین باعث افزایش تولید تخم و توده تخم در بلدرچین شد (۳۵). علاوه بر نقش کولین به‌عنوان دهنده گروه متیل، این ترکیب به‌عنوان یک ماده ضروری و موردنیاز برای تخم‌گذاری شناخته شده است زیرا جزء اصلی در سنتز فسفولیپید لسیتین است که از اجزاء زرده تخم محسوب می‌شود (۳۶). Dänicke و همکاران، گزارش کردند غلظت 1500 ppm کولین در جیره برای حفظ حداکثر عملکرد تخم‌گذاری ضروری می‌باشد (۳۷). ترکیب اسیدهای چرب زرده تخم‌مرغ تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نژاد، سن و اجزای جیره می‌باشد به‌طوری‌که ترکیب اسیدهای چرب زرده می‌تواند به‌وسیله منبع چربی جیره و ترکیب اسیدهای چرب آن تغییر یابد (۳۸). تاکنون، در رابطه با اثر مکمل‌سازی جیره با لسیتین بر پروفیل اسیدهای چرب تخم‌مرغ پژوهشی انجام نشده است. در پژوهش حاضر، افزودن لسیتین به جیره به افزایش سطح اسید لینولئیک در زرده تخم‌مرغ منجر شد. این در حالی است که طی فرآیند هضم و جذب چربی‌ها در طیور تغییری در ساختار اسیدهای چرب مصرف‌شده و ذخیره‌شده در بدن طیور رخ نمی‌دهد، در همین راستا گزارش‌شده است که افزودن اسید لینولئیک به جیره طیور تخم‌گذار باعث افزایش سطح این اسید چرب در زرده‌تخم‌مرغ می‌شود (۳۹). افزودن ۱۰ گرم لسیتین به جیره جوجه‌های گوشتی باعث افزایش سطح اسید لینولئیک در ذخایر چربی ماهیچه‌ای جوجه‌ها شد (۴۰). بنابراین احتمالاً افزودن لسیتین سویا به‌عنوان یک منبع غنی از اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه اسیدلینولئیک ممکن است منجر به افزایش غلظت اسیدلینولئیک در زرده تخم‌مرغ شود. به‌همین ترتیب، در مطالعه‌ای که بر روی جوجه‌های گوشتی انجام شد نشان داده شد که افزودن لسیتین در جیره، مقدار اسیدهای چرب غیراشباع گوشت، به‌خصوص اسیدلینولئیک را افزایش داد، درحالی‌که تغییری در مقدار اسیدهای چرب اشباع مشاهده نشد (۴۱). نتایج پژوهش حاضر نشان داد افزودن سطح لسیتین در جیره، میزان اسیدچرب اسیدلینولئیک، اسیدهای چرب امگا-۶ و هم‌چنین نسبت امگا-۶ به امگا-۳ را سطوح متفاوت انرژی بهبود داد. ترکیب اسیدهای چرب زرده تخم‌مرغ با افزودن لسیتین به جیره تغییر کرد. رسوب اسیدهای چرب امگا -۳ در تخم‌مرغ تحت تأثیر قابلیت هضم اسیدهای چرب جیره و هم‌چنین در دسترس بودن سوبسترا است. بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، مکمل‌سازی جیره با کولین کلراید تاثیری بر غلظت اسیدهای چرب امگا-۳، امگا-۶ و نسبت امگا-۶ به امگا-۳ در زرده تخم‌مرغ نداشت (۶). افزودن مکمل کولین کلراید به جیره با سطوح متفاوت انرژی غلظت مالون دی‌آلدئید را کاهش داد. کاهش در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن، لیپیدهای غشاء سلول را، به‌ویژه سلول‌هایی که غشاء آن‌ها سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع است را در معرض پراکسیداسیون قرار می‌دهد. کاهش در توان آنتی‌اکسیدانی بدن ممکن است باعث افزایش شاخص مالون دی‌آلدئید شود. هم‌سو با نتایج پژوهش حاضر، گزارش کردند افزودن کولین به جیره مرغ‌های تخم‌گذار باعث افزایش پایداری زرده تخم‌مرغ شد که با کاهش یوباربیتوریک اسید (TBARS) نشان داده شد (۶). این پاسخ به کاهش پراکسیداسیون لیپیدی از طریق مکمل‌سازی جیره با کولین ممکن است از طریق نقش آن به‌عنوان یک دهنده متیل باشد که ممکن است به‌طور غیرمستقیم ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد (۴۲). هم‌چنین گزارش‌شده هیدروکسی آمین‌های موجود در زنجیره‌های جانبی کولین، پراکسیداسیون لیپیدی

را مهار می کنند و از این طریق در بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی نقش دارد (۷). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، گزارش شده افزودن لسیتین سویا به جیره باعث کاهش غلظت مالون دی آلدئید سرم مرغ‌های گوشتی شد (۴۳). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به‌دنبال مکمل سازی جیره با لسیتین می‌تواند به‌دلیل نقش لسیتین در ترمیم غشاء سلولی آسیب دیده به‌واسطه استرس‌های اکسیداتیو، افزایش غیراشباع سازی اسیدهای چرب غشاء سلولی، ترمیم و بازسازی سلول‌های آسیب دیده باشد (۴۴). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش گزارش کردند مکمل سازی جیره با ال-کارنیتین باعث کاهش غلظت مالون دی آلدئید سرم خون در مرغ‌های گوشتی و تخم‌گذار شده است (۴۵، ۴۶). مالون دی آلدئید یکی از محصولات نهایی پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در سلول‌ها است. این در حالی است که افزایش رادیکال‌های آزاد در سلول‌ها با تولید بیش از حد مالون در آلدئید مرتبط است. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شده افزودن ۲۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین به ازاء هر کیلوگرم خوراک باعث کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید سرم شد (۴۷). مطالعات صورت گرفته نشان‌دهنده نقش ال-کارنیتین به‌عنوان یک پاک کننده گونه‌های فعال اکسیژن به اثبات رسیده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته گزارش کردند افزودن ۱۰۰ میلی گرم ال کارنیتین در هر کیلوگرم خوراک باعث کاهش سطح مالون دی آلدئید سرم جوجه‌های گوشتی شد (۴۸). Yousefi و همکاران، نشان دادند غلظت مالون دی‌آلدئید سرم جوجه‌های گوشتی به‌طور معنی‌داری در پی افزودن ال-کارنیتین به‌میزان ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم به جیره کاهش یافت (۴۹). به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که افزودن عوامل لیپوتروپیک (کولین، لسیتین و ال-کارنیتین) به جیره باعث بهبود عملکرد و برخی پارامترهای تولیدی در مرغ‌های تخم‌گذار شد. هم چنین غلظت اسید لینولئیک، اسیدهای چرب امگا-۶ و نسبت امگا-۶ به امگا-۳ در زرده تخم‌مرغ تحت تأثیر تیمار لسیتین قرار گرفت. با توجه به نقش آنتی‌اکسیدانی عوامل لیپوتروپیک در کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، غلظت مالون دی‌آلدئید سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار در این پژوهش تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی کاهش یافت.

منابع

1. **Arslan, C., 2006.** L-Carnitine and its use as a feed additive in poultry feeding: A review. Revue Medicine Veterinaire. 157: 134-142.
2. **Cornatzer, W., 1960.** Lipotropic agents and lipid transport. The American Journal of Clinical Nutrition. 8(3): 306-309.
3. **McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L. and Wilkinson, R., 2011.** Animal nutrition. 7. uppl. Harlow, England: Pearson Education Limited.
4. **Keshavarz, K. and Austic R., 1985.** An investigation concerning the possibility of replacing supplemental methionine with choline in practical laying rations. Poultry Science. 64(1): 114-118.
5. **Miles, R., Ruiz, N. and Harms, R., 1986.** Response of laying hens to choline when fed practical diets devoid of supplemental sulfur amino acids. Poultry Science. 65(9): 1760-1764.
6. **Moghadam, M.B., Aziza, A. and Cherian, G., 2021.** Choline and methionine supplementation in layer hens fed flaxseed: Effects on hen production performance, egg fatty acid composition, tocopherol content, and oxidative stability. Poultry Science. 100(9): 101299.
7. **Dong, X., Zhai, Q. and Tong, J., 2019.** Dietary choline supplementation regulated lipid profiles of egg yolk, blood, and liver and improved hepatic redox status in laying hens. Poultry Science. 98(8): 3304-3312.
8. **Feller, A.G. and Rudman, D., 1988.** Role of carnitine in human nutrition. The Journal of Nutrition. 118(5): 541-547.
9. **Kazemi-Fard, M., Yousefi, S., Dirandeh, E. and Rezaei, M., 2015.** Effect of different levels of L-carnitine on the productive performance, egg quality, blood parameters and egg yolk cholesterol in laying hens. Poultry Science Journal. 3(2): 105-111.
10. **Corduk, M., Sarica, S., Calikoglu, E. and Kiralan, M., 2008.** Effects of L-carnitine supplementation to diets with different fat sources and energy levels on fatty acid composition of egg yolk of laying hens. Journal of the Science of Food and Agriculture. 88(13): 2244-2252.
11. **Khatibjoo, A., Poormalekshahi, A.A., Fattahnia, F., Jaefai, H. and Aelaei, M., 2016.** Effects of supplementation time of L-carnitine and garlic powder on performance and carcass characteristics of broiler chickens. Iranian Journal of Animal Science Research. 8(1): 132-140.
12. **Kalaiselvi, T. and Panneerselvam, C., 1998.** Effect of L-carnitine on the status of lipid peroxidation and antioxidants in aging rats. The Journal of nutritional biochemistry. 9(10): 575-581.
13. **Adabi, S.G., Moghaddam, G., Taghizadeh, A., Nematollahi, A. and Farahvash, T., 2006.** Effect of L-carnitine and vegetable fat on broiler breeder fertility, hatchability, egg yolk and serum cholesterol and triglyceride. Int J Poult Sci. 5(10): 970-974.
14. **Peña, J., Vieira, S., Borsatti, L., Pontin, C. and Rios, H., 2014.** Energy utilization of by-products from the soybean oil industry by broiler chickens: acidulated soapstock, lecithin, glycerol and their mixture. Brazilian Journal of Poultry Science. 16: 437-442.

in broiler chickens exposed to cyclic heat stress. British Poultry Science. 1-14.

27. **Arce-Menocal, J., Cortes-Cuevas, A., López Coello, C., Pérez-Castro, J.G., González-De los Santos, LC., Herrera-Camacho, J., 2019.** Performance response of broiler chickens to the replacement of soybean oil and acidulated fatty acids by lecithin in the diet. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 22(2).
28. **Leeson, S., Summers, J. and Caston, L., 2001.** Response of layers to low nutrient density diets. Journal of Applied Poultry Research. 10(1): 46-52.
29. **Harms, R., Russell, G. and Sloan, D., 2000.** Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. Journal of Applied Poultry Research. 9(4): 535-541.
30. **Ribeiro, Pd.A.P., Matos, Jr.J., Lara, L.J.C., Araújo, L.F., Albuquerque, Rd. and Baião, N.C., 2014.** Effect of dietary energy concentration on performance parameters and egg quality of white leghorn laying hens. Brazilian Journal of Poultry Science. 16: 381-388.
31. **Neuman, S., Lin, T. and Heste, P., 2002.** The effect of dietary carnitine on semen traits of White *Leghorn roosters*. Poultry Science. 81(4): 495-503.
32. **Lu, J., Zhu, D., Lu, J., Liu, J. and Lu, W., 2018.** Effect of lecithin on liver fat metabolism of young layers fed on high energy and low protein diet. China Poultry. 40(12): 55-58.
33. **Mandalawi, H., Lázaro, R., Redón, M., Herrera, J., Menoyo, D. and Mateos, G., 2015.** Glycerin and lecithin inclusion in diets for brown egg-laying hens: Effects on egg production and nutrient digestibility. Animal feed science and technology. 209: 145-156.
34. **Dersjant-Li, Y. and Peisker, M., 2005.** Soybean lecithin in animal nutrition: an unmatched additive. Kraftfutter. 88: 28-34.
35. **Ameen, Q., Al-Neemi, M. and Mohammed, M., 2019.** The effect of supplementation different additional levels of choline to diet upon the performance of Japanese quails. Plant Arch. 19: 1229-1233.
36. **Wiryawan, K., 2016.** Egg production and quality of quails fed diets with varying levels of methionine and choline chloride. Media Peternakan. 39(1): 34-39.
37. **Dänicke, S.V., Ueberschär, K.H., Reese, K.R. and Weigend, S.T., 2006.** Investigations on the effects of rape oil quality, choline and methionine concentration in diets for laying hens on the trimethylamine content of the eggs, on trimethylamine metabolism and on laying performance. Archives of Animal Nutrition. 60(1): 57-79.
38. **Oliveira, D.D., Baião, N.C., Cançado, Sd.V., Oliveira, B.Ld., Lana, Â.M.Q. and Figueiredo, T.Cd., 2011.** Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying hens on production

15. **Jansen, M., Nuyens, F., Buyse, J., Leleu, S. and Van Campenhout, L., 2015**. Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds. Poultry Science. 94(10): 2506-2515.
16. **Attia, Y., Hussein, A., Tag El-Din, A., Qota, E., Abed El-Ghany, A. and El-Sudany, A., 2009.** Improving productive and reproductive performance of dual-purpose crossbred hens in the tropics by lecithin supplementation. Tropical Animal Health and Production, 41: 461-475.
17. **Akit, H., Afifah, I., Atiqah, A., Nurhazirah, S. and Loh, T., 2015.** Effect of dietry soy lecthinon layerperformanc, egg quality and meat texture of aged layer hen. Green technology farming for sustainable livestock production. 1: 55.
18. **Zangeneh, S., Torki, M., Abdolmohammadi, A. and Saki, A., 2020.** Dietary addition of lysophospholipids and vitamin C affects growth performance, serum metabolites, antioxidant capacity and carcass characteristics of broiler chickens reared under low ambient temperature. Animal Production Science. 60(12): 1557-1566.
19. **Nemati, M., Ghasemi, H., Hajkhodadadi, I. and Moradi, M., 2021.** De-oiled soy lecithin positively influenced growth performance, nutrient digestibility, histological intestinal alteration, and antioxidant status in turkeys fed with low energy diets. British Poultry Science. 62(6): 858-867.
20. **Dijkslag, M., Kwakkel, R., Martin-Chaves, E., Alfonso-Carrillo, C., Walvoort, C. and Navarro Villa, A., 2021.** The effects of dietary calcium and phosphorus level, and feed form during rearing on growth performance, bone traits and egg production in brown egg-type pullets from 0 to 32 weeks of age. Poultry Science. 100(6): 101130.
21. **Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanly, G., 1957**. A sample method forthe.
22. **Buege, J.A., 1978.** Microsomal lipid peroxidation. Methods in Enzymology. 52: 302-310.
23. **Institute, S., 2004.** The SAS/STAT 9.1 User's Guide. Vol. 1-7. SAS Institute Cary, NC.
24. **Carrillo-Dominguez, S., Carranco-Jauregui, M., Castillo-Dominguez, R., Castro-Gonzalez, M., Avila-Gonzalez, E. and Perez-Gil, F., 2005.** Cholesterol and n-3 and n-6 fatty acid content in eggs from laying hens fed with red crab meal (*Pleuroncodes planipes*). Poultry Science. 84(1): 167-172.
25. **Noori, M., Fakhraei, J. and Mansoori Yarahmadi, H., 2022.** Effects of lipotropic products on egg quality, blood biochemistry, and immune responses in commercial laying hens fed with medium and high metabolizable energy level diets. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A. Animal Science. 1-8.
26. **Yousefi, J., Taherpour, K., Ghasemi, H.A., Akbari Gharaei, M., Mohammadi, Y. and Rostami, F., 2023.** Effects of emulsifier, betaine, and L-carnitine on growth performance, immune response, gut morphology, and nutrient digestibility

chickens subjected to hypobaric hypoxia. The Journal of Poultry Science. 50(2): 143-149.

performance and egg quality. Ciência e Agrotecnologia. 35: 995-1001.

39. **Guenter, W., Bragg, D. and Kondra, P., 1971.** Effect of dietary linoleic acid on fatty acid composition of egg yolk, liver and adipose tissue. Poultry Science. 50(3): 845-850.

40. **Kaloev, B., Ibragimov, M. and Nogaeva, V., 2021.** The effect of enzyme preparations and lecithin in feed on the biological value of broiler mean. Journal of Livestock Science. 12(3): 155.

41. **Mu, K. and Kitts, D., 2018.** Use of soy lecithin to improve nutritional quality of poultry meats and its effect on stability and sensory attributes. Journal of Nutrition and Food Science. 8: 714.

42. **Li, J.Y., Zhang, D.D., Xu, W.N., Jiang, G.Z., Zhang, C.N. and Li, X.F., 2014.** Effects of dietary choline supplementation on growth performance and hepatic lipid transport in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fed high-fat diets. Aquaculture. 434: 340-347.

43. **Siyal, FA., El-Hack, M., Alagawany, M., Wang, C., Wan, X. and He, J., 2017.** Effect of soy lecithin on growth performance, nutrient digestibility and hepatic antioxidant parameters of broiler chickens. International Journal of Pharmacology. 13(4): 396-402.

44. **Hu, G.L., Xiong, J., Liu, Y., Yang, H.J., Hu, L.L. and Chen, P., 2022.** Effects of Lecithin Supplementation in Feed of Different fat Levels on Serum Indexes and Liver Health of Laying Hens. Frontiers in Physiology. 13 p.

45. **Aziz, M.A., Zahra, A.E.A., Kheder, Z.A. and Fikry, H.M., 2019.** The role of L. methionine, L. carnitine, choline and/or silymarin in hepatoprotection against paracetamol intoxication and oxidative stress in broilers. Slovenian Veterinary Research. 56 p.

46. **Eskandani, M., Navidshad, B., Eskandani, M., Vandghanooni, S., Aghjehgheshlagh, F.M. and Nobakht, A., 2022.** The effects of L-carnitine loaded solid lipid nanoparticles on performance, antioxidant parameters, and expression of genes associated with cholesterol metabolism in laying hens. Poultry Science. 101(12) :102162.

47. **Khajali, F. and Khajali, Z., 2014.** L-carnitine supplementation decreases lipid peroxidation and improves cardiopulmonary function in broiler chickens reared at high altitude. Acta Veterinaria Hungarica. 62(4): 489-499.

48. **Tan, X., Hu, S. and Wang, X., 2008.** The effect of dietary l-carnitine supplementation on pulmonary hypertension syndrome mortality in broilers exposed to low temperatures. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 92(2): 203-210.

49. **Yousefi, A., Khajali, F., Hassanpour, H. and Khajali, Z., 2013.** Dietary L-carnitine improves pulmonary hypertensive response in broiler