نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۳۲، پاییـــز ۱۴۰۰
ص‌ص: ۱۶۷~۱۸۰

بررسی تاثیر ال‌کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ در جیره بر عملکرد تولید و شاخص‌های خونی مرغ‌های تخمگذار

• **حسن روحانی پور[۱]، سید داود شریفی[۲*]، غلامحسین ایراجیان[۳]**

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
۲ .دانشیار گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
۳. استادیار گروه علوم دام، مرکز گسترش و توسعه فناوری دامغان، دامغان، ایران.

تاریخ دریافت : مهر ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش : اسفند ۱۳۹۹

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۰۳۶۹۹۱
Email: sdsharifi@ut.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2021.352016.2100

چکیده

تأثیر ال-کارنیتین در جیره‌های غنی از امگا-۳ بر عملکرد و سامانه ایمنی مرغ‌های تخمگذار با استفاده از ۱۲۰ قطعه مرغ تخمگذار لوهمن سفید (LSL-Lite) در سن ۳٤ هفتگی، در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۲ با دو نوع جیره (فاقد امگا-۳، غنی شده با سالومگا به میزان ۳ درصد) و سه سطح ال-کارنیتین (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تکرار و ٤ قطعه پرنده در هر تکرار به مدت ۷۰ روز بررسی شد. درصد تخمگذاری پرندگان تغذیه شده با جیره‌های غنی‌شده از سالومگا در مقایسه با جیره های فاقد امگا-۳ افزایش یافت (P<۰/۰۵). شاخص شکل تخم‌مرغ در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین در مقایسه با جیره بدون ال-کارنیتین، افزایش یافت (P<۰/۰۵). توده تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده جیره های فاقد امگا-۳ بدون ال-کارنیتین یا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین و یا جیره غنی‌شده با سالومگا حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین در مقایسه با سایر گروه‌ها افزایش یافت (P<۰/۰۵). ارتفاع زرده و سفیده و واحد هاو تخم‌مرغ پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتن در مقایسه با جیره بدون ال-کارنیتین و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین افزایش یافت (P<۰/۰۵). میزان نسبت هتروفیل : لنفوسیت پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده از سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، کاهش یافت (P<۰/۰۵). به نظر می‌رسد استفاده از سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین به همراه ۳ درصد اسیدهای چرب امگا-۳ با منبع سالومگا می‌تواند باعث بهبود صفات مهم عملکردی و کیفی تخم‌مرغ شود. انجام مطالعات بیشتر در این زمینه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع زرده، ارتفاع سفیده، توده تخم‌مرغ، درصد تخمگذاری، هتروفیل : لنفوسیت.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 132 pp: 167-180

Investigating The Effect of L-carnitine Supplementation and Omega-3 Fatty Acids in the Diet on the Productive Performance and Blood Parameters of Laying Hens

By: Hasan Rouhanipour[1], Seyed Davood Sharifi[2*], Gholam Hosein Irajian[3]

1. Ms.C. Student, Department of Animal and Poultry Science, Aburaihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
2. Associate Professor, Department of Animal and Poultry Sciences, Aburaihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Animal Science, Damghan Extension and Technology Development Center, Damghan, Iran.

Received: October 2020 **Accepted: March 2021**

The effect of L-carnitine in omega-3 rich diets on the production performance and immune system of One hundred tewnty 34-week-old Lohmann LSL-Lite laying hens were used in 2 × 3 factorial arrangement with two types of diets (without omega-3, Enriched with Salomega at the rate of 3%) and three levels of L-carnitine (0, 100 and 200 mg / kg) were evaluated in a completely randomized design with 6 treatments and 5 replications and 4 birds per replication for 70 days. The Egg Production Percentage percentage of birds fed with diets enriched of salomega increased compared to diets without omega-3 ($P < 0.05$). Egg shape index in birds fed with diets containing 200 mg / kg L-carnitine increased compared to diets without L-carnitine ($P < 0.05$). Egg mass of birds receiving omega-3 without diets and L-carnitine or 100 mg / kg L-carnitine and/or diets enriched of salomega containing 200 mg / kg L-carnitine increased compared to other groups ($P < 0.05$). The height of yolks and whites and haugh unit eggs of birds fed with diets containing 100 mg / kg L-carnitine increased compared to diets without L-carnitine and 200 mg / kg L-carnitine ($P < 0.05$). HET:LYM ratio in the blood of birds fed with diet enriched of salomega decreased compared to diet without omega-3 ($P < 0.05$). It seems that the use of 200 mg / kg L-carnitine with 3% omega-3 fatty acids with salomega source can improve productive performance and quality traits of eggs. Further studies in this area are recommended.

Key words: Egg Production Percentage, Egg Mass, HET:LYM, White Heigh, Yolk height.

مقدمه

با پیشرفت علم و فعالیت‌های اصلاح نژادی در راستای تولید بیشتر، احتیاجات تغذیه‌ای حیوانات افزایش یافته است. به گونه‌ای که تامین احتیاجات غذایی مستلزم استفاده از منابع غذایی متنوع و با کیفیت در جیره غذایی آن‌ها است (Kidd و همکاران، ۲۰۰۱). انتخاب مداوم مرغ‌های تخمگذار با هدف بهبود راندمان خوراک و تولید تخم‌مرغ بیشتر سبب تغییر نیازهای تغذیه‌ای آن‌ها شده است و برخی از مواد مغذی (که قبلاً غیرضروری در نظر گرفته شده بودند)، می‌توانند ضروری شوند (Sakomura و همکاران، ۲۰۱۹). در تغذیه مرغ‌های تخمگذار از مهم‌ترین مواردی که بایستی مد نظر قرار گیرد، تغذیه مناسب و مطابق با احتیاجات آن‌ها جهت دستیابی به تولید بهینه و ضریب تبدیل خوراک مناسب می‌باشد. اما انتخاب برای پاسخ‌های ایمنی قوی‌تر منجر به کاهش رشد و تولید تخم‌مرغ شده است (Kogut و همکاران، ۲۰۰۹). از طرفی، کیفیت تخم‌مرغ می‌تواند بر میزان فروش تخم‌مرغ در بازارهای داخلی و خارجی موثر باشد. عوامل تغذیه‌ای می‌تواند کیفیت تخم‌مرغ را تحت تاثیر قرار دهند (Alagawany و همکاران، ۲۰۱۸). اخیراً پیشنهاد شده است که می‌توان از بعضی مواد مغذی بعنوان ابزاری برای بهبود پاسخ‌های ایمنی در طیور استفاده کرد. اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA[1]) برای متابولیسم بدن، رشد و توسعه ضروری هستند و نقش مهمی در تنظیم تولیدمثل بازی می‌کنند (Chien و

[1] Polyunsaturated fatty acid

همکاران، ۲۰۰۰). روغن‌های غنی از اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه سوخت و ساز بالاتری نسبت به چربی‌های حیوانی دارند زیرا این اسیدهای چرب نسبت به اسیدهای چرب اشباع گوارش‌پذیری بالاتری دارند. اسیدهای چرب امگا-۳، مهم‌ترین خانواده اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه هستند و نقش‌های مهمی در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی نظیر تخمگذاری، کاهش غلظت کلسترول خون، بهبود پاسخ ایمنی و باروری، کاهش چربی خون و بیماری‌های قلبی-عروقی، کاهش دیابت نوع-۲، کاهش فشار خون و جلوگیری از افسردگی را بازی می‌کنند (Zolfaghari و همکاران، ۲۰۱۴). أثرات مثبت اسیدهای چرب امگا-۳ در فعالیت‌های فیزیولوژیکی پرندگان مانند تخم‌گذاری و باروری گزارش شده است (Bozkurt و همکاران، ۲۰۰۸). تولیدکنندگان تخم‌مرغ سعی بر این دارند که در کوتاه‌ترین زمان و با صرف کمترین هزینه بیشترین تعداد تخم‌مرغ را با کیفیت بالا و اندازه مناسب از مرغ‌ها بدست آورند. در این خصوص برنامه‌هایی تغذیه‌ای و مدیریتی متعددی وجود دارد که برای سودآوری موثر می‌باشند. معمولاً اکثر پرورش دهندگان طیور از منابع معمول پروتئین و عمدتاً از کنجالهٔ سویا برای تأمین پروتئین مورد نیاز طیور استفاده می‌کنند. اما جیره‌های با منشاء گیاهی، از مقدار ال-کارنیتین کمی بهره‌مند می‌باشند (Abedpour و همکاران، ۲۰۱۷). ال-کارنیتین در اوایل قرن بیستم توسط Gulewitsch و Krimberg از بافت گوشت قرمز گاو جدا شد (Arslan و همکاران، ۲۰۰۶). ال-کارنیتین یک ترکیب مشتق از لیزین و دارای وزن مولکولی ۱۶۱/۲ است و به راحتی در آب حل می‌شود (Wu و همکاران، ۲۰۱۸). ال-کارنیتین به عنوان یک حمل کننده ضروری آسیل در بتا-اکسیداسیون میتوکندریایی اسیدهای چرب با زنجیره بلند به داخل میتوکندری برای تولید انرژی عمل می‌کند و از این طریق مانع تخلیهٔ گلیکوژنی می‌شود و عملکرد میتوکندری و ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌بخشد و احتمالاً به دلیل خواص پاداکسندگی باعث کاهش آثار مضر رادیکال‌های آزاد خواهد شد (Geng و همکاران، ۲۰۰۷). ال-کارنیتین دارای اثر شبه گلوکوکورتیکوئیدی است (Buyes و همکاران، ۲۰۰۷) و غلظت‌های بالا آن در لنفوسیت‌ها می‌تواند آپوپتوزیس سلول‌های ایمنی را مهار کند و با افزایش تولید اینترلوکین-۲ و اینترفرون‌گاما و کاهش تولید اسید نیتریک، تکثیر سلول‌های تک‌هسته‌ای طحال را افزایش دهد و از این طریق سبب بهبود پاسخ ایمنی هومورال می‌شود (Hassan و همکاران، ۲۰۱۱). میزان آدنوزین تری‌فسفات، گلوکز پلاسما و تری‌گلیسریدها در راستای بهبود وضعیت ایمنی توسط ال-کارنیتین، افزایش می‌یابند (nameni و همکاران، ۲۰۱۹). به همین دلیل ال-کارنیتین در سال‌های اخیر به عنوان یک افزودنی مناسب در خوراک برای بهبود سیستم ایمنی و افزایش تولید تخم‌مرغ مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به فعالیت‌های متابولیکی مختلفی که ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ در مرغ‌های تخمگذار دارند به نظر می‌رسد که استفاده از این ترکیبات به صورت توأم در جیره موجب تغییرات قابل توجهی در بهبود صفات عملکردی و کیفی تخم‌مرغ و تقویت سامانه ایمنی مرغ‌های تخمگذار می‌شود. لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر استفاده از سطوح مختلف ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ بر عملکرد تولیدی و صفات کیفی تخم‌مرغ و سامانه ایمنی مرغ‌های تخمگذار بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دی ماه سال ۱۳۹۷ در مرکز آموزش کشاورزی و منابع طبیعی رسول اکرم (ص) دامغان انجام شد. در این آزمایش از ۱۲۰ قطعه مرغ تخمگذار لوهمن سفید (LSL-Lite) از سن ۳۴ تا ۴۴ هفتگی در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۲ با سه سطح ال-کارنیتین (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و دو نوع جیره (فاقد امگا-۳، غنی شده با سالومگا به میزان ۳ درصد) با ۶ تیمار و ۵ تکرار و ۴ قطعه مرغ در هر تکرار استفاده شد. از محصول تجاری سالومگا (محصول غنی از اسیدهای چرب امگا-۳، شرکت Agritech، ایرلند) به میزان ۳ درصد برای غنی‌سازی جیره با اسیدهای چرب استفاده شد. جیره‌های آزمایشی مطابق با توصیه راهنمای پرورش LSL-Lite و به کمک نرم افزار UFFDA تنظیم شدند و همچنین آنالیز مواد خوراکی بر اساس NRC (۱۹۹۴) بود (جدول ۱). اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل TRACE MS) متصل به طیف سنج جرمی (Shimadzu-QP5050) و با روش مت کالف (۱۹۶۶) اندازه‌گیری شد. در این روش برای اندازه گیری میزان اسید های چرب تخم‌مرغ ابتدا مقدار ۰/۵ گرم زرده را در یک لوله آزمایش وزن کرده و مقدار ۵ میلی‌لیتر محلول سود متانولی ۲ درصد به آن

اضافه می‌شود و لوله در حمام آب جوش برای مدت ۱۰ دقیقه قرار داده خواهد شد (۲ گرم سدیم هیدروکسید ساخت شرکت MERCK را باید با متانل ساخت و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و بطور کامل حل کرد). بعد از گذشت زمان فوق لوله ها را به آرامی از داخل آب جوش خارج کرده و پس از خنک شدن آن ها، مقدار ۲/۱۷۵ میلی لیتر محلول بورون تری فلورید متانول ۲۰ درصد به آن اضافه می‌شود و بعد از تکان دادن، لوله به مدت ۹ دقیقه در داخل حمام آبجوش قرار می‌گیرد. بعد از گذشت زمان فوق لوله را از حمام خارج خواهیم کرد و به لوله مقدار یک میلی لیتر ان-هگزان اضافه کرده وبعد از تکان دادن، مقدار ۱ میلی‌لیتر محلول اشباع نمک طعام اضافه می‌شود(باید توجه داشت نمک مورد استفاده باید کاملاً خالص باشد). لوله آزمایش حدود ۱۲ بار به شدت تکان داده می‌شود. بعد از این عمل محلول داخل لوله دو فازی خواهد شد. در آخر بوسیله یک میکرو پیپت با دقت فقط فاز رویی را برداشته و داخل یک فالکون ۱/۵ میلی لیتری ریخته می‌شود. از عصاره بدست آمده مقدار ۰/۲ میکرو لیتر به دستگاه گازکروماتوگرافی تزریق می‌شود و متیل استر اسیدهای چرب به وسیله دستگاه گاز کروماتوگرافی جدا سازی خواهند شد. میزان اسیدهای چرب خوراک مشابه با مراحلی که جهت تعیین میزان اسیدهای چرب زرده تخم‌مرغ با روش مت کالف (۱۹۶۶) بود، تعیین گردید(Metcalfe و همکاران، ۱۹۶۶). تخم‌مرغ‌های تولید شده روزانه جمع‌آوری و پس از توزین، درصد تخمگذاری، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک، میانگین وزن تخم‌مرغ و شاخص شکل تخم‌مرغ به طور هفتگی محاسبه شد. جهت اندازه گیری توده تخم‌مرغ (مقدار گرم تخم‌مرغ تولیدی به ازای هر مرغ در روز) از رابطه (۱) استفاده شد که در این رابطه درصد تخمگذاری بر

اساس مرغ روز بوده و لذا توده تخم‌مرغ هم با استفاده از درصد مذکور محاسبه شد (Polat و همکاران، ۲۰۰۷).

رابطه ۱) ۱۰۰/ (گرم) میانگین وزن تخم‌مرغ × درصد تخمگذاری = (گرم در روز) وزن توده تخم‌مرغ

صفات کیفی تخم‌مرغ در هردو هفته یکبار (دو روز پایانی) اندازه‌گیری شد. در دو روز انتهای هر هفته، تخم‌مرغ‌های تولیدی هر واحد آزمایشی جمع‌آوری شدند و از نظر صفاتی نظیر چگالی، ضخامت پوسته، وزن پوسته، ارتفاع زرده، ارتفاع سفیده، واحد هاو و غیره مورد آزمایش قرار گرفتند (Polat و همکاران، ۲۰۰۷ ; Tscheuschner، ۱۹۸۷). برای تعیین وزن پوسته، پس از شکستن تخم‌مرغ و تخلیه محتویات سفیده و زرده، پوسته آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا کاملا خشک شوند. سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم وزن پوسته اندازه گیری شد و میانگین وزن پوسته‌های خشک شده بر حسب گرم به عنوان وزن پوسته هر واحد آزمایشی منظور شد. برای تعیین ضخامت پوسته از دستگاه ضخامت سنج عقربه‌ای (مدل Gauge ۱۰۶۲ Ultrasonic FH Thickness-Echometer) استفاده شد که از هر ۴ طرف تخم‌مرغ یعنی دو پهنا و دو قطر آن تکه‌ای با دقت جدا گردید و ضخامت هر چهار نقطه را با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع سفیده، از دستگاه ارتفاع‌سنج (مدل Egg Multi Tester-۵۲۰۰) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع و عرض و قطر تخم‌مرغ از کولیس ورنیه (مدل P۱۵۰، گستره ۰-۱۵۰ میلی‌متر) استفاده شد. برای محاسبه سطح تخم مرغ از رابطه (۲) استفاده شد (Polat و همکاران، ۲۰۰۷).

رابطه ۲) وزن تخم‌مرغ = (سانتی متر مربع) سطح تخم مرغ $^{0.75056}$ (گرم) × ۳/۹۷۸۲

در پایان دوره، سه قطعه پرنده از هر واحد آزمایشی (۱۲ پرنده از هر تیمار) به طور تصادفی انتخاب و از طریق ورید گردن به میزان ۳ میلی‌لیتر خونگیری انجام شد. نمونه‌های خون درون لوله‌های خونگیری حاوی ماده ضد انعقاد هپارین برای اندازه‌گیری صفات خون‌شناسی نظیر تعداد گلبول‌های قرمز خون، درصد هماتوکریت، هموگلوبین، مونوسیت، ائوزینوفیل، مقادیر میانگین حجم گلبول‌های قرمز خون، میزان میانگین وزن هموگلوبین در گلبول‌های قرمز و هورمون استروژن به آزمایشگاه دامپزشکی منتقل شدند. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS (ویرایش ۹/۱)، رویه GLM بر اساس مدل آماری (۲) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای توکی در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین از مقایسات مستقل برای مقایسه ترکیبات تیماری استفاده شد.

مدل ۲) $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + e_{ijk}$

که در این مدل، Y_{ijk}= مقدار هر مشاهده؛ M= میانگین کل؛ A_i=

اثر جیره اسیدهای چرب امگا-۳ (i=۱،۲)؛ B_j= اثر ال-کارنیتین (j=۱،۲،۳)؛ $A\times B_{ij}$= اثر متقابل جیره اسیدهای چرب امگا-۳ × ال-کارنیتین و e_{ijk}= عوامل باقیمانده است.

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره آزمایشی

اجزای جیره (درصد)	جیره (درصد)	
	شاهد	غنی‌شده با امگا-۳
دانه ذرت	۵۲/۲۰	۴۹/۰۰
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین)	۳۰/۸۰	۳۱/۵۰
سبوس گندم	۲/۵۰	۲/۵۰
سالومگا	۰	۳/۰۰
روغن	۱/۸۴	۱/۳۶
دی کلسیم فسفات	۱/۵۲	۱/۵۲
کربنات کلسیم	۶/۵۰	۶/۵۰
صدف	۳/۶۶	۳/۶۶
مکمل ویتامینی[۱]	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل معدنی[۲]	۰/۲۵	۰/۲۵
دی ال متیونین	۰/۱۸	۰/۱۶
نمک	۰/۱۵	۰/۱۵
جوش شیرین	۰/۱۵	۰/۱۵
ترکیبات شیمیایی محاسبه شده		
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۶۲۰	۲۶۲۰
پروتئین خام (درصد)	۱۸/۵۰	۱۸/۵۰
فیبر خام	۲/۶۴	۲/۷۱
کلسیم (درصد)	۴/۲۵	۴/۲۵
فسفر (درصد)	۰/۴۳	۰/۴۳
مجموع اسیدهای چرب امگا-۳ (درصد)	۰/۰۳	۰/۵۱
لیزین (درصد)	۱/۰۴	۱/۰۳
متیونین (درصد)	۰/۴۸	۰/۴۴
متیونین+ سیستین (درصد)	۰/۷۸	۰/۷۴
ترکیبات اسیدهای چرب		
مجموع اسیدهای چرب امگا-۳	۲/۲۸	۵/۴۸
مجموع اسیدهای چرب امگا-۶	۴۶/۹۲	۳۷/۸۱
اسیدهای چرب امگا-۶ / امگا-۳	۲۰/۶۳	۶/۹۱

۱-مقدار ویتامین و مواد معدنی تامین شده توسط مکمل (میلی‌گرم در کیلوگرم جیره): ویتامین A (۸۸۰۰ واحد بین المللی)، ویتامین D_3 (۲۵۰۰ واحد بین المللی)، ویتامین E (۱۱ واحد بین المللی)، ویتامین K_3 (۲/۲ واحد بین المللی)، تیامین (۱/۵ میلی‌گرم)، ریبوفلاوین (۴ میلی‌گرم)، نیاسین (۳۵ میلی‌گرم)، د-کلسیم پنتوتنات (۸ میلی‌گرم)، پیرودوکسین (۲/۵ میلی‌گرم)، فولاسین (۰/۴۸ میلی‌گرم)، کوبالامین (۰/۰۱ میلی‌گرم)، بیوتین (۰/۱۵ میلی‌گرم)، کولین کلراید (۲۰۰ میلی‌گرم).

۲- هر کیلوگرم مکمل معدنی: منگنز (۷۵ میلی‌گرم)، آهن (۷۵ میلی‌گرم)، روی (۶۴ میلی‌گرم)، مس (۶ میلی‌گرم)، ید (۰/۸۶ میلی‌گرم)، سلنیوم (۰/۲ میلی‌گرم).

نتایج

اثر ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ بر درصد تخمگذاری، میانگین وزن تخم‌مرغ، توده تخم‌مرغ، خوراک مصرفی و شاخص شکل تخم‌مرغ معنی‌دار بود اما تاثیری بر ضریب تبدیل خوراک نداشت (جدول ۲). در اثرات متقابل میانگین وزن تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده جیره های غنی‌شده با سالومگا بدون ال-کارنیتین و یا حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین کمتر از پرندگان تغذیه شده با جیره فاقد امگا-۳ بدون ال-کارنیتین بود (P<۰/۰۵). توده تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده جیره های فاقد امگا-۳ بدون ال-کارنیتین یا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین و یا جیره غنی‌شده با سالومگا حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشتر بود (P<۰/۰۵). شاخص شکل تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده جیره غنی‌شده با سالومگا با ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بیشتر از پرندگان تغذیه شده با جیره‌های غنی‌شده با سالومگا بدون ال-کارنیتین یا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بود (P<۰/۰۵). در اثرات اصلی درصد تخمگذاری پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده با سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، افزایش یافت (P<۰/۰۵). میانگین وزن تخم‌مرغ پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده با سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، کاهش یافت (P<۰/۰۵). خوراک مصرفی پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده با سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، کاهش یافت (P<۰/۰۵). شاخص شکل تخم‌مرغ در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین در مقایسه با جیره بدون ال-کارنیتین، افزایش یافت (P<۰/۰۵).

جدول ۲. اثر ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ بر عملکرد مرغ‌های تخمگذار (سن ۳٤ تا ٤٤ هفتگی)

متغیر	تخمگذاری (درصد)	میانگین وزن تخم مرغ (گرم)	توده تخم مرغ (گرم/روز)	خوراک مصرفی (گرم/روز)	ضریب تبدیل	شاخص شکل تخم‌مرغ
امگا-۳						
فاقد امگا-۳	۹۴/۸۶^{b}	۶۲/۰۶^{a}	۵۸/۹۰	۱۱۰/۴۸^{a}	۱/۸۸	۷۵/۵۰
غنی‌شده با سالومگا	۹۶/۳۷^{a}	۶۱/۰۰^{b}	۵۸/۸۱	۱۰۹/۴۲^{b}	۱/۸۶	۷۵/۶۳
SEM	۰/۱۹۱	۰/۱۴۴	۰/۱۶۶	۰/۳۲۷	۰/۰۰۷	۰/۲۲۸
ال-کارنیتین (میلی‌گرم/ کیلوگرم)						
۰	۹۵/۱۹	۶۱/۶۶	۵۸/۷۲	۱۰۹/۸۵	۱/۸۷	۷۴/۹۹^{b}
۱۰۰	۹۵/۹۳	۶۱/۴۲	۵۸/۹۵	۱۱۰/۰۳	۱/۸۷	۷۵/۲۲^{ab}
۲۰۰	۹۵/۷۵	۶۱/۵۰	۵۸/۸۹	۱۰۹/۹۷	۱/۸۷	۷۶/۴۹^{a}
SEM	۰/۲۳۴	۰/۱۷۷	۰/۲۰۳	۰/۴۰۰	۰/۰۰۹	۰/۲۷۹
اثر متقابل امگا-۳ × ال کارنیتین						
فاقد امگا-۳ × ۰	۹۴/۱۹	۶۲/۸۳^{a}	۵۹/۲۲^{a}	۱۱۰/۸۸	۱/۸۸	۷۵/۱۶^{ab}
فاقد امگا-۳ × ۱۰۰	۹۵/۳۴	۶۱/۸۸^{ab}	۵۹/۰۲^{a}	۱۱۰/۱۵	۱/۸۷	۷۵/۶۸^{ab}
فاقد امگا-۳ × ۲۰۰	۹۵/۰۵	۶۱/۴۷^{ab}	۵۸/۴۵^{b}	۱۱۰/۴۲	۱/۸۹	۷۵/۶۵^{ab}
غنی‌شده با سالومگا × ۰	۹۶/۲۰	۶۰/۵۰^{b}	۵۸/۲۲^{b}	۱۰۸/۸۲	۱/۸۷	۷۴/۸۲^{b}
غنی‌شده با سالومگا × ۱۰۰	۹۶/۵۲	۶۰/۹۶^{b}	۵۸/۸۷^{b}	۱۰۹/۹۱	۱/۸۷	۷۴/۷۵^{b}
غنی‌شده با سالومگا × ۲۰۰	۹۶/۳۹	۶۱/۵۴^{ab}	۵۹/۳۳^{a}	۱۰۹/۵۲	۱/۸۴	۷۷/۳۲^{a}
SEM	۰/۳۳۱	۰/۲۵۰	۰/۲۸۸	۰/۵۶۶	۰/۰۱۲	۰/۳۹۵
منبع تغییر	----------سطح احتمال (*P*-value)----------					
امگا-۳	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۱	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۶۸
ال-کارنیتین	۰/۰۷	۰/۶۱	۰/۷۲	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۰۰۰۴
امگا-۳ × ال-کارنیتین	۰/۴۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۰۰۳

^{a,b,c}میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین

اثر ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ بر قطر زرده، میانگین ضخامت پوسته، درصد پوسته و وزن مخصوص تخم‌مرغ معنی‌دار نبود (جدول ۳). در اثرات متقابل وزن تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده جیره های فاقد امگا-۳ بدون ال-کارنیتین یا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بیشتر از پرندگان تغذیه شده با جیره‌های غنی‌شده با سالومگا بدون ال-کارنیتین بود (P<۰/۰۵). سطح تخم‌مرغ و نسبت وزن به سطح تخم‌مرغ پرندگان دریافت کننده جیره فاقد امگا-۳ بدون ال-کارنیتین بیشتر از پرندگان تغذیه شدند با جیره‌های غنی‌شده با سالومگا بدون ال-کارنیتین بود (P<۰/۰۵). در اثرات اصلی وزن تخم‌مرغ پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده با سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، کاهش یافت (P<۰/۰۵). ارتفاع زرده و سفیده و واحد هاو تخم مرغ پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین در مقایسه با جیره بدون ال-کارنیتین و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین افزایش یافت (P<۰/۰۵).

جدول ۳. اثر ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ بر صفات کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های تخمگذار (سن ۳٤ تا ٤٤ هفتگی)

متغیر	وزن تخم مرغ (گرم)	قطر زرده (میلی‌متر)	ارتفاع زرده (میلی‌متر)	ارتفاع سفیده (میلی‌متر)	واحد هاو[1]	میانگین ضخامت پوسته (میلی متر)	درصد پوسته تخم‌مرغ[2]	وزن مخصوص (گرم /cm^2)[3]	سطح تخم مرغ (cm^2)[4]	وزن تخم‌مرغ / سطح تخم‌مرغ (گرم/cm^2)[5]
امگا-۳										
فاقد امگا-۳	۶۲/۱۸^{a}	۴/۲۱	۲۱/۷۹	۱۱/۹۸	۱۰۷/۲۸	۰/۶۰	۱۰/۶۰	۱/۰۹	۸۸/۱۸	۰/۷۰
غنی‌شده با سالومگا	۶۱/۳۵^{b}	۴/۱۲	۲۱/۸۶	۱۱/۹۶	۱۰۷/۴۵	۰/۶۲	۱۰/۷۶	۱/۰۸	۸۷/۲۷	۰/۷۰
SEM	۰/۲۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۸۹	۰/۰۹۸	۰/۳۷۳	۰/۰۱۸	۰/۰۹۰	۰/۰۰۷	۰/۳۳۸	۰/۰۰۰۸
ال-کارنیتین (میلی گرم / کیلوگرم)										
۰	۶۱/۷۶	۴/۲۱	۲۱/۸۹^{b}	۱۱/۸۷^{b}	۱۰۷/۰۲^{ab}	۰/۶۰	۱۰/۷۴	۱/۰۹	۸۷/۷۸	۰/۷۰
۱۰۰	۶۱/۴۹	۴/۲۰	۲۲/۰۰^{a}	۱۲/۲۱^{a}	۱۰۸/۳۷^{a}	۰/۶۰	۱۰/۷۴	۱/۰۸	۸۷/۶۳	۰/۷۰
۲۰۰	۶۲/۰۵	۴/۲۰	۲۱/۵۹^{b}	۱۱/۸۳^{b}	۱۰۶/۶۹^{b}	۰/۶۳	۱۰/۵۷	۱/۰۸	۸۷/۷۶	۰/۷۰
SEM	۰/۲۴۹	۰/۰۱۷	۰/۱۰۹	۰/۱۲	۰/۴۵۷	۰/۰۲۲	۰/۱۱۰	۰/۰۰۸	۰/۴۱۴	۰/۰۰۱۱
اثر متقابل امگا-۳ × ال-کارنیتین										
فاقد امگا-۳ × ۰	۶۲/۷۷^{a}	۴/۲۳	۲۱/۸۹	۱۱/۹۱	۱۰۶/۹۶	۰/۶۰	۱۰/۴۹	۱/۱۰	۸۹/۴۲^{a}	۰/۷۱^{a}
فاقد امگا-۳ × ۱۰۰	۶۱/۴۳^{ab}	۴/۲۰	۲۱/۸۷	۱۲/۲۳	۱۰۸/۵۱	۰/۵۹	۱۰/۷۰	۱/۰۸	۸۷/۳۸^{ab}	۰/۷۰^{ab}
فاقد امگا-۳ × ۲۰۰	۶۲/۳۴^{a}	۴/۲۰	۲۱/۶۰	۱۱/۸۰	۱۰۶/۳۶	۰/۶۱	۱۰/۶۲	۱/۰۸	۸۷/۷۴^{ab}	۰/۷۰^{ab}
غنی‌شده با سالومگا × ۰	۶۰/۷۴^{b}	۴/۱۹	۲۱/۸۸	۱۱/۸۴	۱۰۷/۰۸	۰/۶۲	۱۰/۹۹	۱/۰۸	۸۶/۱۳^{b}	۰/۶۹^{b}
غنی‌شده با سالومگا × ۱۰۰	۶۱/۵۹^{ab}	۴/۲۰	۲۲/۱۲	۱۲/۱۸	۱۰۸/۲۴	۰/۶۰	۱۰/۷۹	۱/۰۹	۸۷/۸۹^{ab}	۰/۷۰^{ab}
غنی‌شده با سالومگا × ۲۰۰	۶۱/۷۷^{ab}	۴/۲۰	۲۱/۵۸	۱۱/۸۵	۱۰۷/۰۳	۰/۶۶	۱۰/۵۲	۱/۰۸	۸۷/۷۸^{ab}	۰/۷۰^{ab}
SEM	۰/۳۵۲	۰/۰۲۴	۰/۱۵۴	۰/۱۷	۰/۶۴۷	۰/۰۳۱	۰/۱۵۶	۰/۰۱۲	۰/۵۸۵	۰/۰۰۱۵
منبع تغیر										
امگا-۳	۰/۰۰۴	۰/۵۲۲	۰/۵۶۵	۰/۸۶۰	۰/۷۴۵	۰/۳۹۸	۰/۲۰۰	۰/۶۵۸	۰/۰۶۱	۰/۰۶۲
ال-کارنیتین	۰/۲۸۰	۰/۸۵۳	۰/۰۲۶	۰/۰۵۴	۰/۰۲۵	۰/۵۱۱	۰/۴۴۶	۰/۶۴۷	۰/۹۶	۰/۹۷۰
امگا-۳ × ال-کارنیتین	۰/۰۰۹	۰/۶۳۳	۰/۶۲۵	۰/۹۲۹	۰/۷۶۹	۰/۶۵۸	۰/۱۴۶	۰/۵۹۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲

[a,b,c] میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

اثر ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ بر گلبول‌های قرمز خون (RBC[۲])، هماتوکریت (HCT[۳])، میانگین حجم گلبول‌های قرمز (MCV[۴])، هموگلوبین (HGB[۵])، مونوسیت (MONO[۶])، ائوزینوفیل (EOS[۷]) و هورمون استروژن خون معنی‌دار نبود (جدول ۴). در اثرات اصلی میزان پلاکت (PLT[۸]) خون پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده با سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، افزایش یافت (P<۰/۰۵). میزان میانگین وزن هموگلوبین در گلبول‌های قرمز (MHC[۹]) پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده با سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، کاهش یافت (P<۰/۰۵). نسبت هترفیل به لنفوسیت (HET/LYM[۱۰]) در خون پرندگان تغذیه شده با جیره غنی‌شده با سالومگا در مقایسه با جیره فاقد امگا-۳، کاهش یافت (P<۰/۰۵).

جدول ٤. اثر ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ بر سیستم ایمنی و هورمون استروژن در مرغ‌های تخمگذار

متغیر	گلبول قرمز خون (میکرولیتر/۱۰[۶])	هماتوکریت (٪)	پلاکت (لیتر/۱۰[۹])	هموگلوبین (dl/g)	میانگین حجم گلبول‌های قرمز خون (٪)	میانگین وزن هموگلوبین در گلبول‌های قرمز (pg)	هتروفیل / لنفوسیت (٪)	مونوسیت (٪)	ائوزینوفیل (٪)	استروژن (ml/ pg)
امگا-۳										
فاقد امگا-۳	۲/۴۲	۲/۶۵	۵/۷۸[b]	۱۸/۸۰	۱۱۰/۷۳	۸۰/۷[a]	۲۸/۰[a]	۴/۰۰	۰/۶۷	۹۳۹/۵۳
غنی‌شده با سالومگا	۲/۴۲	۲/۲۹	۹/۲۸[a]	۱۸/۰۵	۱۰۸/۶۴	۷۴/۵[b]	۲۴/۰[b]	۴/۵۵	۰/۳۳	۹۲۲/۴۲
SEM	۰/۰۶	۰/۵۶	۰/۸۶	۰/۷۵	۱/۲۶	۱/۱۶	۱/۲۸	۰/۶۹	۰/۲۵	۹۹/۹۲
ال-کارنیتین (میلی گرم / کیلو گرم)										
۰	۲/۴۱	۲۶/۳۹	۸/۲۵	۱۸/۶۲	۱۰۹/۶۲	۷۷/۳۳	۲۸/۸۳	۴/۶۷	۰/۳۳	۹۱۳/۵۳
۱۰۰	۲/۳۸	۲۶/۸۵	۶/۳۳	۱۸/۴۸	۱۱۰/۴۵	۷۷/۶۳	۲۵/۷۱	۳/۳۳	۰/۳۳	۹۲۸/۸۷
۲۰۰	۲/۴۸	۲۶/۱۷	۸/۰۰	۱۸/۱۸	۱۰۸/۹۸	۷۷/۸۲	۲۳/۵۵	۴/۸۳	۰/۸۳	۹۵۰/۵۳
SEM	۰/۰۷۱	۰/۶۹	۱/۰۶	۰/۹۱	۱/۵۴	۱/۴۲	۱/۵۷	۰/۸۵	۰/۳۰	۱۲۲/۳۸
اثر متقابل امگا-۳ × ال کارنیتین										
فاقد امگا-۳ × ۰	۲/۴۲	۲۶/۹۳	۱۲/۰۰	۱۹/۵۳	۱۱۱/۱۰	۸۰/۶۷	۲۹/۹۹	۴/۳۳	۰/۶۷	۹۵۲/۸۷
فاقد امگا-۳ × ۱۰۰	۲/۳۵	۲۷/۱۰	۸/۶۷	۱۹/۰۷	۱۱۰/۵۷	۸۰/۸۷	۲۶/۳۸	۲/۶۷	۰/۰	۱۰۱۶/۸۷
فاقد امگا-۳ × ۲۰۰	۲/۴۹	۲۵/۹۰	۸/۶۷	۱۷/۸۰	۱۱۰/۵۳	۸۰/۵۳	۲۷/۶۷	۵/۰۰	۱/۳۳	۸۴۸/۸۷
غنی‌شده با سالومگا × ۰	۲/۳۹	۲۵/۸۵	۴/۵۰	۱۷/۷۰	۱۰۸/۱۵	۷۴/۰۰	۲۷/۶۸	۵/۰۰	۰/۰	۸۴۰/۸۷
غنی‌شده با سالومگا × ۱۰۰	۲/۴۱	۲۶/۶۰	۴/۰۰	۱۷/۹۰	۱۱۰/۳۳	۷۴/۴۰	۲۵/۰۴	۴/۰۰	۰/۶۷	۸۷۴/۲۰
غنی‌شده با سالومگا × ۲۰۰	۲/۴۶	۲۶/۴۳	۷/۳۳	۱۸/۵۷	۱۰۷/۴۳	۷۵/۱۰	۱۹/۴۳	۴/۶۷	۰/۳۳	۱۰۵۲/۲۰
SEM	۰/۱۰	۰/۹۷	۱/۴۹	۱/۲۹۲	۲/۱۷۵	۲/۰۱	۲/۲۲	۱/۲۰	۰/۴۳	۱۷۳/۰۷
منبع تغییر	---------- سطح احتمال (*P*-value) ----------									
امگا-۳	۱/۰۰	۰/۶۷	۰/۰۰۳	۰/۴۹	۰/۲۶	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۵۸	۰/۳۶	۰/۹۱
ال-کارنیتین	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۴۱	۰/۹۴	۰/۸۰	۰/۹۷	۰/۰۹	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۹۸
امگا-۳ × ال-کارنیتین	۰/۸۷	۰/۷۱	۰/۱۶	۰/۵۹	۰/۷۶	۰/۹۵	۰/۲۸	۰/۷۹	۰/۱۶	۰/۵۴

[a,b,c] میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

[۲] Red Blood Count
[3] Hematocrit
[4] Mean Corpuscular Volume
[5] Hemoglobin
[6] Monocyte
[7] Eosinophil
[8] Platelet
[9] Mean Corpuscular Hemoglobin
[10] Hetrophile / Lymphocyte

بحث

در آزمایش اخیر، افزودن اسیدهای چرب امگا-۳ به جیره درصد تخمگذاری و خوراک مصرفی پرندگان را به ترتیب افزایش و کاهش داد. افزودن سطح بالای ال-کارنیتین (۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به جیره‌های غنی از امگا-۳ و جیره معمولی بدون ال-کارنیتین و یا حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال- کارنیتین سبب افزایش توده تخم مرغ شد. احتمالا ال-کارنیتین و اسیدهای چرب امگا-۳ موجود در جیره موجب شده است که پرندگان با عبور از پیک تولید باز هم بتواند بالاترین توان ژنتیکی خود را نشان دهند و این امر موجب افزایش تولید تخم‌مرغ شده است. افزایش تولید تخم‌مرغ می‌تواند به دلیل کاهش جمعیت‌های میکروبی روده باشد، که شاخص‌های سلامت روده‌ای مانند ارتفاع ویلی را به نسبت عمق ارتقا می‌دهد که باعث کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت و یا ایمنی هومورال می‌شود (Guo و همکاران، ۲۰۰۴). در مطالعه‌ای گزارش شده است که منابع مختلف چربی بر عملکرد مرغ‌های تخمگذار تأثیر می‌گذارند و می‌توانند تولید تخم‌مرغ را افزایش دهند (Carrillo و همکاران، ۲۰۰۵). احتمالا تأمین بهتر انرژی با توجه به افزایش سطح اسیدهای چرب امگا-۳ در جیره، موجب کاهش سطح مصرف خوراک شده است. این امر با افزایش درصد تخمگذاری و بهبود ضریب تبدیل همراه بود، هرچند تأثیر کاهشی بر وزن تخم‌مرغ و یا توده تخم‌مرغ داشت. بهبود تولید تخم‌مرغ را می‌توان به نقش اسیدهای چرب امگا-۳ در فعالیت‌های تولید مثلی نسبت داد. منابع اسیدهای چرب امگا-۳ در جیره میزان هورمون پروستاگلاندین-E_2 را کاهش می‌دهند (Guo و همکاران، ۲۰۰۴). سیکلواکسیژناز (COX[11]) آنزیم محدودکننده تبدیل اسید آراشیدونیک به پروستاگلاندین‌ها می‌باشد. دو ایزوفرم سیکلواکسیژناز به نام های COX-1[12] و COX-2[13] شناسایی شده است (Eilati و همکاران، ۲۰۱۳). به موازات مطالعاتی که برای بیان آنزیم‌های COX انجام شده است، با افزودن روغن ماهی در جیره مرغ تخمگذار غلظت پروستاگلاندین-E_2 به طور قابل توجهی در تخمدان کاهش می‌یابد (Eilati و همکاران، ۲۰۱۳). در مرغ‌های تخمگذار، روغن ماهی غنی از امگا-۳ ساخت پروستاگلاندین-E_2 و لکوسیت‌های محیطی را کاهش می‌دهد (Guo و همکاران، ۲۰۰۴). آنزیم COX-2 مسئول فرایندهای فیزیولوژیکی از جمله تخمک‌گذاری است (Kim و همکاران، ۲۰۱۴). به نظر می‌رسد که اسیدهای چرب امگا-۳ از طریق کاهش COX-2 می‌توانند باعث کاهش سطح پروستاگلاندین-E_2 شوند و این امر سبب افزایش میزان تخمک‌گذاری و در نتیجه درصد تخمگذاری خواهد شد (Broughton و همکاران، ۲۰۰۹). کاهش پروستاگلاندین-E_2 به نظر می‌رسد عمدتا به علت مهار هر دو آنزیم COX است و احتمال دارد که تغییر سوبسترا هر دو آنزیم COX بتواند به کاهش سطح پروستاگلاندین-E_2 بیشتر کمک کند (Wang و همکاران، ۲۰۰۵). در تحقیق اخیر، جیره‌های غنی از امگا-۳ بدون ال-کارنیتین و یا حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلو گرم ال- کارنیتین سبب کاهش وزن تخم‌مرغ شدند. اسیدهای چرب امگا-۳ به علت کاهش میزان استروژن و کاهش متقابل میزان پروستاگلاندین-E_2 می‌تواند باعث کاهش وزن تخم‌مرغ و عملکرد اندام‌های تولید مثلی شود (Chien و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین، می‌تواند تا حدودی بیان کننده وزن پایین‌تر تخم‌مرغ در پرندگان دریافت کننده جیره‌های غنی از امگا-۳ باشد. در مطالعه‌ای استفاده از روغن ماهی، زیتون، کانولا و سویا در سطح ۳درصد بر عملکرد مرغ‌های تخمگذار مانند میزان تولید تخم‌مرغ، توده تخم‌مرغ ، وزن تخم‌مرغ، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک، تاثیر معنی‌داری را نشان نداد (Omidi و همکاران، ۲۰۱۵). گزارش شده است که با افزودن ۳/۴ درصد از روغن ماهی در جیره مرغ‌های تخمگذار، افزایش در درصد تولید تخم‌مرغ مشاهده شد اما خوراک مصرفی، وزن تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک تحت تاثیر قرار نگرفتند (Zotte و همکاران، ۲۰۱۵). افزودن ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین به جیره‌های غنی شده از امگا-۳ شاخص شکل تخم مرغ را افزایش داد. در آزمایشی گزارش شده است که شاخص شکل تخم‌مرغ در مرغ‌های تخمگذاری با

[11] Cyclooxygenase
[12] Cyclooxygenase-1
Cyclooxygenase-2[13]

مصرف سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بهبود یافت، که احتمالا به علت نرخ متابولیکی بالاتر در مگنوم و یا فعالیت بیشتر غده پوسته ساز است (Rabie و همکاران، ۱۹۹۷). در آزمایش دیگری گزارش شده است که مکمل ال-کارنیتین در سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باعث افزایش تولید و توده تخم‌مرغ و بهبود شاخص شکل تخم‌مرغ شده است (Kazemi و همکاران، ۲۰۱۵). ال-کارنیتین به تنهایی در جیره مرغ‌های تخمگذار تاثیری بر عملکرد تخمگذاری مانند میزان تولید تخم‌مرغ، میانگین وزن تخم‌مرغ، مصرف خوراک روزانه، توده تخم‌مرغ و ضریب تبدیل خوراک نداشته است (Suchy و همکاران، ۲۰۰۸). ارتباط بین ال-کارنیتین و سطح چربی با توجه به ضریب تبدیل خوراک نشان دهنده این است که ال-کارنیتین در سطوح بالاتر منابع چربی دارای اثرات مثبتی است، اما در سطوح پایین اثری ندارد (Suchy و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه ای گزارش شده است که ال-کارنیتین تاثیری بر سطح سرمی استروژن ندارد، اما در سطوح بالا می‌تواند تاثیرگذار باشد (AlDaraji و همکاران، ۲۰۱۴).

در آزمایش اخیر، استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین به ترتیب ارتفاع زرده و وزن تخم‌مرغ‌ها را افزایش داد. ال-کارنیتین باعث افزایش وزن تخم‌مرغ‌های تولید می‌شود (Gonzalez و همکاران، ۲۰۰۰). احتمالا ال-کارنیتین توانسته است ذخیره لیپیدها را در زرده تخم‌مرغ‌ها افزایش دهد و از این طریق باعث افزایش ارتفاع زرده و وزن تخم‌مرغ شود (Kazemi و همکاران، ۲۰۱۵). به علاوه گزارش شده است که ال-کارنیتین با افزایش فعالیت متابولیسمی اویداکت (در مگنوم و غده پوسته) سبب افزایش ذخیره آلبومین و معدنی شدن پوسته شده و به این ترتیب موجب افزایش وزن تخم‌مرغ و ضخامت پوسته می‌شود (Peebles و همکاران، ۲۰۰۷). اسیدهای چرب امگا-۳ می‌تواند بر گردش هورمون استرادیول تاثیر داشته باشند و از این طریق وزن تخم‌مرغ‌های تولیدی را کاهش دهند (Suchý و همکاران، ۲۰۰۸). اسیدهای چرب امگا-۳ در بدن به پروستاگلاندین-۱ و پروستاگلاندین-۳ و به ایکوزانوئیدها تبدیل می‌شوند. پروستاگلاندین‌ها در تنظیم فشار خون، انعقاد خون، نقل و انتقالات عصبی، پاسخ‌های حساسیتی-التهابی، عملکرد کلیه‌ها، معده و روده، رشد بدن و ترمیم بافت‌ها، تولید انرژی، تنظیم هورمون‌های جنسی و سنتز دیگر هورمون‌ها نقش دارد. پروستاگلاندین-۱ و پروستاگلاندین-۳ خاصیت ضد التهابی-ضد انعقادی خون و پروستاگلاندین-۲ خاصیت التهابی دارند و لخته شدن خون را تسهیل می‌کنند و توسط اسیدهای چرب فعال می‌گردند. رابطه مثبت بین هورمون پروستاگلاندین-F2α و غلظت‌های استروژن و اسیدهای چرب امگا-۳ در رحم مرغ‌های تخمگذار نشان داده شده است (Takahashi و همکاران، ۲۰۰۴). از طرفی افزایش محتوای اسیدهای چرب امگا-۳ در جیره می‌تواند باعث کاهش تری‌گلیسیرید در گردش خون پرندگان می‌شود و به نوبه خود منجر به محدودیت دردسترس بودن چربی‌ها برای تشکیل زرده و کاهش وزن تخم‌مرغ خواهد شد (Bozkurt و همکاران، ۲۰۰۸). در آزمایش اخیر، تغذیه جیره‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین ارتفاع سفیده و واحد هاو تخم مرغ را افزایش داد. احتمالاً افزایش سفیده و واحد هاو تخم‌مرغ ناشی از اثرگذاری ال-کارنیتین به دلیل دارا بودن به خواص آنتی اکسیدانی است که می‌تواند تنش‌های اکسیداتیو را کنترل کند و همچنین می‌تواند به دلیل حضور بیشتر پروتئین‌ها و سایر مواد مغذی در سفیده تخم‌مرغ نیز باشد (Begli و همکاران، ۲۰۱۰). اسیدهای چرب امگا-۳ و ال-کارنیتین می‌توانند با تنظیم تعادل میکروبی رود سلامت دستگاه گوارش را تامین کنند و باعث افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی از لوزالمعده و سایر اندام‌های داخلی شوند (Suresh و همکاران، ۲۰۰۷). با ارتقای سلامت روده و افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی، بازجذب و تجمع مواد مغذی از قبیل پروتئین‌ها در بافت‌ها و سفیده تخم‌مرغ بهبود می‌یابد و موجب افزایش کیفیت سفیده تخم‌مرغ می‌شود (Aydin و همکاران، ۲۰۱۰). در آزمایشی گزارش گردید که ال-کارنیتین در سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره مرغ‌های تخمگذار باعث بهبود صفات کیفی تخم‌مرغ شده است (Kazemi و همکاران، ۲۰۱۵). افزایش میزان آلبومین می‌تواند از نظر دیدگاه

تغذیه‌ای و همچنین برای بهبود زمان ذخیره سازی (ماندگاری تخم مرغ) مفید باشد.

در آزمایش اخیر، افزودن اسیدهای چرب امگا-۳ به جیره سبب کاهش میزان میانگین وزن هموگلوبین در گلبول‌های قرمز (MHC) و نسبت هترفیل به لنفوسیت (HET/LYM) خون شد، اما میزان پلاکت (PLT) خون را افزایش داد. PLT خون نشان دهنده تعداد پلاکت‌ها در هر میلی لیتر مکعب خون است. این ساختارها حاوی آنزیم هایی هستند که باعث انعقاد خون می‌شوند و وظیفه اصلی آن‌ها جلوگیری از خونریزی و خارج شدن گلبول قرمز از داخل رگ است. غیر از کنترل انعقاد خون، از میزان پلاکت برای بررسی روند بهبود نارسایی مغز استخوان و بیماری‌های خونی هم استفاده می‌شود (Adili و همکاران، ۲۰۱۸). ظاهرا، جیره‌های حاوی روغن ماهی حاوی مقادیر بالای اسیدهای چرب امگا-۳ اند (DHA[۱۴]، EPA[۱۵]) که خواص ضدالتهابی دارند و می‌توانند دامنه وسیعی از پاسخ‌های ایمنی را در طیور تنظیم کنند (Roy و همکاران، ۲۰۲۰). اسیدهای چرب خانواده امگا-۳ پیش‌سازهای ایکوزانوئیدهایی مانند ترومبوکسان-۳ و پروستاسیکلین هستند که خاصیت ضدانعقادی در خون ایجاد می‌کنند و با افزایش میزان ترومبوکسان‌ها می‌توانند میزان پلاکت‌ها را در خون پرندگان افزایش دهند (Shafey و همکاران، ۲۰۱۵). جیره حاوی روغن ماهی باعث مهار تولید پروستاگلاندین-E_2 می‌گردد. پروستاگلاندین-E_2 موجب کاهش پاسخ اولیه تولید آنتی بادی می‌شود (Wang و همکاران، ۲۰۰۰). گزارش شده است که اضافه کردن سطح ۱/۵ درصد روغن ماهی به جیره طیور تیتر آنتی‌بادی را تا سطح ۳/۵ درصد افزایش می‌دهد و سطوح بالاتر روغن ماهی منجر به افزایش پاسخ ایمنی نخواهد شد (Ebeid و همکاران، ۲۰۰۸). مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ منجر به کاهش در تولید سیتوکین‌ها مانند اینترلوکین-۱، اینترلوکین-۲، که در پاسخ‌های ایمنی التهابی مهم هستند، خواهد شد (Ghanei و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش مصرف اسیدهای چرب غیر اشباع در جیره باعث کاهش پارامترهای ایمونولوژیکی مربوط به هر دو ایمنی هومورال و ایمنی سلولی خواهد شد (Parmentier و همکاران، ۱۹۹۷). در پژوهش حاضر اسیدهای چرب امگا-۳ باعث کاهش در نسبت هتروفیل به لنفوسیت شده اند که احتمالا ناشی از افزایش قابلیت جذب اسیدهای آمینه از جیره می‌باشد که برای ساخت سلول‌های ایمنی و بالا بردن سطح سلامتی مرغ‌ها استفاده می‌شوند و در نتیجه منجر به کاهش درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت می‌شود (Guo و همکاران، ۲۰۰۴). در آزمایشی گزارش گردید که کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت می تواند شاخص استرس باشد و معمولا اسیدهای چرب امگا-۳ اثرات ضد تنشی دارند و باعث کاهش التهاب و کاهش این نسبت می‌شوند بنابراین می‌توانند به ایمنی هومورال کمک کنند (Berenjian و همکاران، ۲۰۲۰).

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، به طور کلی استفاده از سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین به همراه ۳ درصد اسیدهای چرب امگا-۳ با منبع سالومگا می‌تواند باعث بهبود صفات مهم عملکردی و کیفی تخم‌مرغ شود، البته استفاده ازسطح ۳ درصد اسید های چرب امگا-۳ در جیره علاوه بر افزایش میزان پلاکت ها، کاهش نسبت هتروفیل: لنفوسیت و در نتیجه کاهش تنش و التهاب در مرغ های تخمگذار می شود. انجام مطالعات بیشتر در این زمینه توصیه می‌شود.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

Abedpour, A., Jalali, S. M. A. and Kheiri, F. (2017). Effect of vegetable oil source and l-carnitine supplements on growth performance, carcass characteristics and blood biochemical parameters of Japanese quails (Coturnix japonica). *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 7: 147-153.

Adili, R., Hawley, M. and Holinstat, M. (2018). Regulation of platelet function and thrombosis by omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids. *Prostaglandins and other lipid mediators*, 139: 10-18.

[14] Eicosapentaenoeic acid
[15] Docosapentaenoeic acid

Alagawany, M., Farag, M. R., Dhama, K. and Patra, A. (2018). Nutritional significance and health benefits of designer eggs. *World's Poultry Science Journal*, 74: 317-330.

Al-Daraji, H. and Tahir, A. (2014). Effect of L-carnitine supplementation on drake semen quality. *South African Journal of Animal Science*, 44: 18-25.

Arslan, C. M. and Saatci, M. (2006). Effects of L-carnitine administration on growth performance, carcass traits, blood serum parameters and abdominal fatty acid composition of ducks Arch. *Journal of animal nutrition*, 57: 381-38.

Aydin, R. and Dogan, I. (2010). Fatty acid profile and cholesterol content of egg yolk from chickens fed diets supplemented with purslane (Portulaca oleracea L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 1759-1763.

Begli, H. E., Zerehdaran, S., Hassani, S., Abbasi, M. and Ahmadi, A. K. (2010). Heritability, genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in Iranian native fowl. *Journal of British Poultry Science*, 51: 740-744.

Berenjian, A., Sharifi, S. D., MohammadiSangcheshmeh, A. and Bakhtiarizadeh, M. R. (2020). Omega-3 fatty acids reduce the negative effects of dexamethasone-induced physiological stress in laying hens by acting through the nutrient digestibility and gut morphometry. *Journal of Poultry Science*. In Press.

Broughton, K. S., Rule, D. C., Ye, Y., Zhang, X., Driscoll, M., and Culver, B. (2009). Dietary omega-3 fatty acids differentially influence ova release and ovarian cyclooxygenase-1 and cyclooxygenase-2 expression in rats. *Journal of Nutrition research*, 29: 197-205 .

Bottje, W., Tang, Z.X., Iqbal, M., Cawthon, D., Okimoto, R., Wing, T. and Cooper, M. (2002) Association of mitochondrial function with feed efficiency within a single genetic line of male broilers. *Poultry Science Journal*, 81: 546–555.

Bozkurt, M., Cabuk, M. and Alçiçek, A. (2008). Effect of dietary fat type on broiler breeder performance and hatching egg characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 17: 47-53.

Buyse, J., Janssens, G. and Decuypere, E. (2001). The effects of dietary L-carnitine supplementation on the performance, organ weights and circulating hormone and metabolite concentrations of broiler chickens reared under a normal or low temperature schedule. *British poultry science Journal*, 42: 230-241.

Buyse, J., Quirine, Q., Niewold, T.A., Klasing, K.C., Janssens G.P.J., Baumgartner, M. and Goddeeris, M. (2007). Dietary L-carnitine supplementation enhances the lipopolysaccharide-induced acute phase protein response in broiler chickens. *Journal of Veterinary Immunology and Immunopathology*, 118: 154-159.

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 Journal*, 84: 167-172.

Chien, D., Dean, D., Saha, A. K., Flatt, J. and Ruderman, N. B. (2000). Malonyl-CoA content and fatty acid oxidation in rat muscle and liver in vivo. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 279: 259-265.

Ebeid, T., Eid, Y., Saleh, A. and El-Hamid, A. (2008). Ovarian follicular development, lipid peroxidation, antioxidative status and immune response in laying hens fed fish oil - supplemented diets to produce n-3-enriched eggs. *Journal of animal bioscience*, 2: 84-88.

Eilati, E., Hales, K., Zhuge, Y., Fricano, K. A., Yu, R., van Breemen, R. B. and Hales, D. B. (2013). Flaxseed enriched diet mediated reduction in ovarian cancer severity is correlated to the reduction of prostaglandin E2 in laying hen ovaries. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids.

Published by Elsevier, 894: 179-187.

Eilati, E., Small, C. C., McGee, S. R., Kurrey, N. K. and Hales, D. B. (2013). Anti inflammatory effects of fish oil in ovaries of laying hens target prostaglandin pathways. *Lipids in health and disease*, 12: 1-12.

Geng, A., Guo, Y. and Yuan, J. (2004). Effects of dietary L-carnitine and coenzyme Q10 supplementation on performance and ascites mortality of broilers. *Journal Archives of Animal Nutrition*, 58: 473-482.

Ghanei, E., Zeinali, J., Borghei, M. and Homayouni, M. (2012). Efficacy of omega-3 fatty acids supplementation in treatment of uremic pruritus in hemodialysis patients: a double-blind randomized controlled trial. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 14: 515.

Gonzalez-Esquerra, R. and Leeson, S. (2000). Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry science Journal*, 79: 1597-1602.

Guo, Y., Chen, S., Xia, Z. and Yuan, J. (2004). Effects of different types of polyunsaturated Fatty acids on immune function and PGE2 synthesis by peripheral blood leukocytes of laying hens. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 116: 249-258.

Hassan, M.S.H., Youssef S.F. and El-bahy Nadia, A. (2011). Effects of L-Carnitine and Ascorbic Acid Supplementation on Productive, Reproductive, Physiological and Immunological Performance of Golden Montazah. Egypt. *Poultry Science Journal*, 31: 557-578.

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: 105-111.

Kidd, M., Gerard, P., Heger, J., Kerr, B., Rowe, D., Sistani, K. and Burnham, D. (2001). Threonine and crude protein responses in broiler chicks. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 94: 57-64.

Kim, S. O., Harris, S. M. and Duffy, D. M. (2014). Prostaglandin E2 (EP) receptors mediate PGE2 specific events in ovulation and luteinization within primate ovarian follicles. *Journal of Endocrinology*, 155: 1466-1475.

Kogut, M.H. (2009) Impact of nutrition on the innate immune response to infection in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 18: 111-124.

Metcalfe, L., Schmitz, A. and Pelka, J. (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Journal Analytical chemistry*, 38: 514-515.

nameni, F. and nuranipilehrud, M. (2019). Comparing the Effects of Curcumin Supplementation and that of L-Carnitine Supplementation on Superoxide Dismutase, Glutathione Peroxidase, Catalase and Glutathione Reductase after Acute Exercise. *Complementary Medicine Journal*, 8: 3517-3530.

Omidi, M., Rahimi, S. and Torshizi, K. (2015). Modification of egg yolk fatty acids profile by using different oil sources. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 6: 137-143.

Parmentier, H. K., Nieuwland, M., Barwegen, M. W., Kwakkel, R. P. and Schrama, W. (1997). Dietary unsaturated fatty acids affect antibody responses and growth of chickens divergently selected for humoral responses to sheep red blood cells. *Poultry Science Journal*, 76: 1164-1171.

Peebles, E., Kidd, M., McDaniel, C., Tanksley, J., Parker, H., Corzo, A. and Woodworth, J. (2007). Effects of breeder hen age and dietary L-carnitine on progeny embryogenesis. *British Journal of poultry science*, 48: 299-307.

Polat, R., Tarhan, S., Cetin, M. and Atay, U. (2007). Mechanical behaviour under compression loading and some physical parameters of Japanese quail (Coturnix japonica) eggs. *Czech Journal of Animal Science*. 2: 50-52.

Rabie, M. H., SziláGyi, M. and Gippert, T. (1997). Effects of dietary L-carnitine on the Performance and egg quality of laying hens from 65-73 weeks of age. *British Journal of Nutrition*, 78: 615-623.

Roy, J., Mercier, Y., Tonnet, L., Burel, C., Lanuque, A., Surget, A. and Skiba, S. (2020). Rainbow trout prefer diets rich in omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids DHA and EPA. *Physiology and behavior*, 213: 112-692.

Sakomura, N. K., Reis, M. D. P., Ferreira, N. T. and Gous, R. M. (2019). Modeling egg production as a means of optimizing dietary nutrient contents for laying hens. *Animal Frontiers Journal*, 9: 45-51.

Shafey, T. M., Al-Batshan, H. A. and Farhan, A. M. (2015). The effect of dietary flaxseed meal on liver and egg yolk fatty acid profiles, immune response and antioxidant status of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 14: 3-39.

Suchý, P., Strakova, E. and Vitula, F. (2008). The effect of a diet supplemented with L-carnitine on egg production in pheasant Phasianus colchicus. Czech. *Journal of animal Science*, 53: 31-35.

Suresh, D. and Srinivasan, K. (2007). Studies on the in vitro absorption of spice principles curcumin, capsaicin and piperine in rat intestines. *Journal of Food and chemical toxicology*, 45: 1437-1442.

Takahashi, K., Kitano, A. and Akiba, Y. (2010). Effect of L-carnitine on proliferative response and mRNA expression of some of its associated factors in splenic mononuclear cells of male broiler chicks. *journal of Animal Science*, 81: 215-222.

Tscheuschner, H. D. and Mohsenin, N. N. (1987). Physical Properties of Plant and Animal Materials. Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties. Aufl. 2: 891-896.

Wang, D., Buchanan, F. G., Wang, H., Dey, S. K. and DuBois, R. N. (2005). Prostaglandin E2 enhances intestinal adenoma growth via activation of the Ras-mitogen-activated protein kinase cascade. *Journal of Cancer research*, 65: 1822-1829.

Wu, Y., Li, L., Wen, Z., Yan, H., Yang, P., Tang, J. and Hou, S. (2018). Dual functions of eicosapentaenoic acid-rich microalgae enrichment of yolk with n-3 polyunsaturated fatty acids and partial replacement for soybean meal in diet of laying hens. *Poultry Science Journal*, 98: 350-357.

Zolfaghari, H., Jafarian, K., Iraj, B. and Askari, G. (2014). The Role of Omega-3 Fatty Acids on the Prevention and Treatment of Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Journal of Isfahan Medical School*, 32: 1-13.

Zotte, A. D., Andrighetto, I., Giaccone, V. and Marchesini, G. (2015). Dietary enrichment of n-3 PUFA for laying hens and effect of different sources on production, composition and quality of eggs. *Journal of Animal Science*, 33: 411-424.