

اثرات افزودن ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina Platensis*) به جیره‌های حاوی روغن ماهی بر عملکرد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و فراسنجه‌های لیپیدی خون در مرغ‌های تخم‌گذار مسن

• شادیه اسعدی^۱، سیدعلی میرقلنج (نویسنده مسئول)^۲، محسن دانشیار^۳، علی هاشمی^۲، سینا پیوستگان^۴، حامد خلیوندی^۲

۱- دانشجوی دکتری تخصصی تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۴- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: دی ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۴۰۴

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۶۲۷۲۱

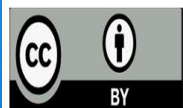
Email: a_mirghelenj@yahoo.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2025.367921.2444

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر مکمل سازی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina Platensis*) در جیره‌های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی بر عملکرد، پارامترهای آنتی‌اکسیدانی خون و کبد و فراسنجه‌های لیپیدی سرم در مرغ‌های تخم‌گذار مسن انجام شد. بدین منظور از تعداد ۲۸۸ قطعه مرغ تخم‌گذار (Hy-line-W36، سن ۷۰ هفته‌گی) در قالب طرح فاکتوریل 2×3 ، با ۶ تکرار و ۸ قطعه پرورنده در هر تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل جیره‌های حاوی ۳ سطح روغن ماهی (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد جیره) و ۲ سطح ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (صفر و ۵ گرم در کیلوگرم جیره) بودند. نتایج اثر متقابل روغن ماهی اسپیرولینا نشان داد که مرغ‌های تیمار ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی با یا بدون اسپیرولینا وزن و توده تخم‌مرغ بیشتر و ضریب تبدیل خوراک کمتری در مقایسه با تیمار شاهد داشتند ($P < 0.05$). استفاده از ۵ گرم اسپیرولینا در جیره‌های حاوی ۳ درصد روغن ماهی باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز کبد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل سرم نسبت به جیره حاوی ۳ درصد روغن ماهی و بدون اسپیرولینا شد ($P < 0.05$). اثر متقابل اسپیرولینا و روغن ماهی بر غلظت تری‌گلیسرید و LDL اثر داشت و سطح ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی همراه با ۵ گرم اسپیرولینا غلظت تری‌گلیسرید و LDL را به طور معنی‌دار در مقایسه با جیره‌های بدون روغن ماهی کاهش دادند. به طور کلی، براساس نتایج بدست آمده، استفاده از ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی در تغذیه مرغ‌های تخم‌گذار به منظور بهبود عملکرد حیوان توصیه می‌شود اما برای جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدی استفاده از اسپیرولینا به عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی ضرورت دارد.

واژه‌های کلیدی: اسپیرولینا، روغن ماهی، کبد، مالون‌دی‌آلدهید، مرغ تخم‌گذار.



Research Journal of Livestock Science No 149 pp: 79-92

Effects of Adding *Spirulina Platensis* Microalgae to Diets Containing Fish Oil on Performance, Antioxidant Status, and Blood Lipid Parameters in Aged Laying HensBy: Shadie Asasddi¹, Sayed Ali mirghelenj^{*2}, Mohsen Daneshyar², Ali Hashemi², Sina Payvastegan², Hamed Khalilvandi²

1: PhD student in Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2: Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: January 2025**Accepted: April 2025**

This study was conducted to evaluate the effects of supplementation with *Spirulina Platensis* microalgae in diets containing different levels of fish oil on performance, blood and liver antioxidant parameters, and serum lipid profiles in aged laying hens. For this purpose, a total of 288 laying hens (Hy-Line W-36, 70 weeks of age) were used in a 2×3 factorial design with 6 replicates and 8 birds per replicate. The experimental treatments included diets containing 3 levels of fish oil (0%, 1.5%, and 3% of the diet) and 2 levels of *Spirulina Platensis* microalgae (0 and 5 g/kg of the diet). The results of the fish oil and *Spirulina* interaction showed that hens fed diets with 1.5% and 3% fish oil, with or without *Spirulina*, had higher egg weight and egg mass, and lower feed conversion ratio compared to the control group ($P < 0.05$). The inclusion of 5 grams of *Spirulina* in diets containing 3% fish oil significantly increased total antioxidant capacity, glutathione peroxidase, and superoxide dismutase activity in the liver, as well as total serum antioxidant capacity, compared to diets with 3% fish oil without *Spirulina* ($P < 0.05$). The interaction between *Spirulina* and fish oil affected triglyceride and LDL concentrations, and the levels of 1.5% and 3% fish oil combined with 5 grams of *Spirulina* significantly reduced triglyceride and LDL concentrations compared to diets without fish oil. Overall, based on the results, the use of 1.5% and 3% fish oil in the diet of laying hens is recommended to improve animal performance; however, to prevent lipid oxidation, the inclusion of *Spirulina* as a natural antioxidant is necessary.

Key words: *Spirulina*, Fish oil, Liver, Malondialdehyde, Laying hen.**مقدمه**

استفاده از ظرفیت انرژی زایی و بهبود ترکیب اسیدهای چرب نوع امگا در محصول تولیدی و انتقال آنها از این طریق به مصرف کنندگان محصولات طیور گنجانده می شود. علاوه بر این اهداف، دسترسی به این فرآورده در کشورهای دارای آب های آزاد و منابع دریایی به راحتی فراهم بوده و این محصول از وفور نسبی نیز برخوردار است (میرقلنج و همکاران، ۱۳۸۴). علاوه بر اثرات مثبت این تخم مرغ های غنی شده در سلامت انسان، گزارش شده است که اسیدهای چرب امگا-۳ روغن ماهی اثرات مثبتی بر عملکرد تخمدان و تعداد فولیکول ها دارند (Wathes و همکاران، ۲۰۰۷). طبق گزارش Cortinas و همکاران (۲۰۰۳) تغذیه مرغ های تخم گذار با

اسیدهای چرب امگا-۳ به دلیل کاهش بروز بیماری های قلبی عروقی و التهابی نقش مهمی در تغذیه انسان دارند (Ebeid و همکاران، ۲۰۰۸). این بیماری ها در کشورهای خاورمیانه به دلیل مصرف چربی های حیوانی و روغن های گیاهی نیمه هیدروژنه به عنوان یک مشکل رو به افزایش مطرح هستند. غنی سازی تخم مرغ با اسیدهای چرب امگا-۳ یک استراتژی مؤثر برای تأمین عرضه کافی این اسیدهای چرب در جامعه است. تولید چنین تخم مرغ هایی با افزودن منابع رایج اسیدهای چرب غیراشباع (مانند روغن ماهی، جلبک های دریایی یا بذر کتان و غیره) به جیره مرغ های تخم گذار امکان پذیر است (Baucells و همکاران، ۲۰۰۰). روغن ماهی در جیره طیور باهدف

مواد و روش ها

در این تحقیق از تعداد ۲۸۸ قطعه مرغ تخم گذار (Hy-line-W36، سن ۷۰ هفتگی) استفاده شد. پرندگان با وزن بدن مشابه (1530 ± 50 گرم) با میانگین تولید تخم مرغ ۷۵ درصد انتخاب و در قالب طرح فاکتوریل 2×3 ، با ۶ تکرار و ۸ قطعه پرنده در هر تکرار اختصاص داده شدند. پرندگان به منظور سازگاری با شرایط آزمایش، ابتدا به مدت ۲ هفته با جیره پایه و سپس به مدت ۸ هفته (۵۶ روز) با تیمارهای آزمایشی تغذیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل جیره های حاوی ۳ سطح روغن ماهی (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد جیره) و ۲ سطح ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (صفر و ۵ گرم در کیلوگرم جیره) بودند که مطابق با توصیه های تغذیه ای سویه Hy-line-W36 در سال ۲۰۲۰ تنظیم شدند (جدول ۱). برنامه نوری ۱۶ ساعت روشنایی با شدت ۳۰ لوکس و ۸ ساعت تاریکی بود. در طول مدت زمان انجام آزمایش دما و رطوبت سالن به ترتیب در ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد و ۴۰ تا ۵۰ درصد حفظ شدند.

پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس مورد استفاده در این آزمایش از شرکت جلبک پارس شیراز تهیه شد. مقادیر ماده خشک، خاکستر (با استفاده از کوره)، پروتئین خام (با استفاده از کجالدال)، چربی خام (با استفاده از سوکسله) و انرژی خام (با استفاده از بمب کالریمتر: Parr 6200 bomb calorimeter, Parr Instruments Co., Moline, IL) در آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی دانشگاه و مقادیر انرژی قابل متابولیسم، کلسیم و فسفر در مرکز تحقیقات کرج اندازه گیری شد. پروفیل برخی از اسیدهای آمینه ضروری توسط خود شرکت با استفاده از HPLC استخراج شد. مقادیر ماده خشک ۸۸ درصد، خاکستر ۹ درصد، پروتئین خام ۵۵ درصد، چربی خام ۴/۵ درصد بدست آمد. مقادیر انرژی خام ۴۳۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم، انرژی قابل متابولیسم ۲۵۸۰ کیلوکالری بر کیلوگرم، کلسیم ۰/۲۵ درصد و فسفر نیز ۱/۱ درصد بدست آمد.

برای ارزیابی شاخص های عملکردی، تخم مرغ ها دو بار در طول روز (ساعت ۱۰ صبح و ۴ بعد از ظهر) جمع آوری و تعداد و وزن جمعی تخم مرغ ها در پایان هر روز ثبت می شد. توده تخم مرغ، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک به صورت هفتگی محاسبه شدند. بدین صورت که درصد تولید تخم مرغ با تقسیم تعداد تخم مرغ های تولید شده در هر تکرار بر روز مرغ آن محاسبه شد. توده تخم مرغ با

جیره های حاوی ۴ درصد روغن ماهی، تولید تخم مرغ را به طور قابل توجهی افزایش می دهد. با این حال محصولاتی که حاوی نسبت های بالاتری از اسیدهای چرب امگا-۳ هستند، آنها را نسبت به اکسیداسیون لیپید حساس تر می کند که یک ویژگی نامطلوب است (Baucells و همکاران، ۲۰۰۰).

بنابراین، استفاده از آنتی اکسیدان ها در جیره های حاوی روغن ماهی امری حیاتی به نظر می رسد. اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*)، یک جلبک سبز-آبی (سیانوباکتری) است که به دلیل غلظت بالای پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین ها، مواد معدنی و مواد فعال زیستی شناخته شده است (Anvar و Nowruzi، ۲۰۲۱). فراتر از این مواد مغذی ضروری، اسپیرولینا حاوی ترکیبی آنتی اکسیدانی به نام فیکوسیانین است. فیکوسیانین، یک کمپلکس رنگدانه-پروتئین موجود در اسپیرولینا، دارای خواص آنتی اکسیدانی قوی بوده و به خنثی کردن رادیکال های آزاد کمک کرده و در نتیجه از سلول ها در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می کند (Fernandes و همکاران، ۲۰۲۳). گزارش شده است که اسپیرولینا می تواند باعث کاهش استرس و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی در طیور شود (Mirzaie و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین گزارش شده است که افزودن اسپیرولینا به جیره پتانسیل بهبود عملکرد، کیفیت تخم مرغ، کاهش کلسترول سرم و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی زرده تخم مرغ را دارد (Vui و همکاران، ۲۰۲۴).

با توجه به اطلاعات ارائه شده، می توان اظهار داشت که استفاده از روغن ماهی در جیره مرغ های تخم گذار به عنوان منبع اسیدهای چرب امگا-۳ بلند زنجیر برای تولید تخم مرغ های امگا-۳ و حفظ سلامت افراد جامعه اهمیت بسزایی دارد. از سوی دیگر، به دلیل بالا بودن اسیدهای چرب غیراشباع روغن ماهی، احتمال اکسید شدن لیپیدهای تخم مرغ حتی در مدت نگهداری وجود دارد که باعث تولید ترکیبات مضر و رادیکال های آزاد شده می گردد. در این شرایط، استفاده از آنتی اکسیدان های طبیعی نظیر ریز جلبک اسپیرولینا در کنار روغن ماهی از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر مکمل سازی ریز جلبک اسپیرولینا در جیره های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی بر عملکرد و پارامترهای آنتی اکسیدانی خون و کبد و فراسنجه های لیپیدی سرم در مرغ های تخم گذار مسن انجام شد.

ضرب میانگین وزن تخم مرغ هر تکرار در درصد تولید تخم مرغ آن
 بدست آمد. همچنین ضریب تبدیل خوراک با تقسیم مصرف
 خوراک بر توده تخم مرغ بدست آمد. برای تعیین هزینه خوراک به
 ازای هر کیلوگرم تخم مرغ تولیدی از رابطه زیر استفاده شد.

(۱) $\text{هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ} = \text{ضریب تبدیل خوراک} \times \text{قیمت هر کیلوگرم خوراک مصرفی}$

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی

اقلام خوراکی (%)	جیره شاهد	۱/۵ درصد روغن ماهی	۳ درصد روغن ماهی
دانه ذرت	۶۰/۴۷	۵۷/۰۳	۵۳/۳۱
کنجاله سویا (۴۴٪)	۲۵/۳۶	۲۵/۲۳	۲۶/۱۴
سبوس گندم	-	۱/۰۰	۲/۰۰
روغن سویا	۰/۳	۰/۳	۰/۳
روغن ماهی	-	۱/۵۰	۳/۰۰
دی کلسیم فسفات	۲/۱۶	۲/۲۷	۲/۴۸
کربنات کلسیم	۱۰/۸۸	۱۱/۳۳	۱۱/۹۰
نمک طعام	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲
جوش شیرین	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
دی ال-متیونین	۰/۰۹۶	۰/۰۹۸	۰/۱۰۱
مکمل ویتامینه ^۱	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰
مکمل مواد معدنی ^۲	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰
ترکیبات شیمیایی			
انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)	۲۶۸۰	۲۶۸۰	۲۶۸۰
پروتئین خام (%)	۱۵/۵	۱۵/۵	۱۵/۵
کلسیم (%)	۴/۷۵	۴/۷۵	۴/۷۵
فسفر قابل دسترس (%)	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹
متیونین (%)	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶
متیونین + سیستین (%)	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴
لیزین (%)	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹
ترئونین	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵
تریئوفان	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳
آرژنین	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳
تعادل الکترولیت های جیره (mEq/kg)	۱۸۸	۱۹۰	۱۹۲

^۱ مقادیر ویتامین های تأمین شده به ازاء هر کیلو گرم خوراک: ویتامین A، ۱۰۰۰ IU؛ ویتامین D_۳، ۲۵۰۰ IU؛ ویتامین E، ۱۰ IU؛ ویتامین B_۱، ۲۲ mg؛ ویتامین B_۲، ۴ mg؛ ویتامین B_۶، ۸ mg؛ ویتامین B_{۱۲}، ۰/۵۶ mg؛ ویتامین B_{۱۲}، ۰/۱۵ mg؛ ویتامین C، ۲۰۰ mg.

^۲ مقادیر مواد معدنی تأمین شده به ازاء هر کیلو گرم خوراک: منگنز، ۸۰ mg؛ آهن، ۵۰ mg؛ روی، ۶۰ mg؛ مس، ۱۲ mg؛ سدیم سلنیت، ۰/۳ mg.

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

در معادله مذکور μ میانگین کل، A_i اثر سطح i ام روغن ماهی، B_j اثر سطح j ام اسپیرولینا، AB_{ij} اثر متقابل سطح روغن ماهی و اسپیرولینا و e_{ijk} اثر خطای آزمایشی یا عوامل ناشناخته در هر مشاهده بود. بررسی معنی دار بودن اختلافات بین میانگین داده ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج

جدول ۲ اثرات استفاده از اسپیرولینا پلاتنسیس در جیره های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی بر عملکرد مرغ های تخم گذار مسن را نشان می دهد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که وزن و توده تخم مرغ تحت تأثیر اثرات متقابل روغن ماهی $\times$ اسپیرولینا قرار گرفت. مرغ های تغذیه شده با ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی به همراه صفر و ۵ گرم اسپیرولینا بیشترین توده تخم مرغ را داشتند که به طور معنی دار از تیمار شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). همچنین، مرغ های دریافت کننده ۳ درصد روغن ماهی به همراه صفر و ۵ گرم اسپیرولینا بیشترین وزن تخم مرغ را داشتند ($P < 0.05$). علاوه بر این، استفاده از ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی به طور معنی داری باعث کاهش ضریب تبدیل خوراک نسبت به تیمار شاهد شد ($P < 0.05$). نتایج هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ تولیدی نشان داد که استفاده از ۵ گرم اسپیرولینا همراه با ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی و همچنین ۳ درصد روغن ماهی بدون اسپیرولینا علاوه بر بهبود توده تخم مرغ باعث افزایش هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ شدند ($P < 0.05$).

برای ارزیابی فراسنجه های خونی تعداد دو نمونه سرم از هر تکرار (۱۲ نمونه به ازاء هر تیمار) در انتهای دوره آزمایش تهیه شدند. نمونه های خون از ورید بال تهیه شده و با قرار دادن سرنگ های ۵ سی سی حاوی خون به صورت زاویه دار در دمای اتاق به مدت ۶ ساعت نمونه های سرم استحصال شدند. جهت دستیابی به نمونه های بهتر و شفاف تر، نمونه های سرم به مدت ۱۲ دقیقه و با دور ۵۶۰۰ سانتریفیوژ شدند. نمونه ها در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد به آزمایشگاه بیوشیمیایی مرکز تحقیقات دارویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز منتقل شدند. برای ارزیابی وضعیت آنتی اکسیدانی کبد، در پایان دوره آزمایش تعداد ۶ قطعه مرغ از هر تیمار کشتار و پس از باز کردن لاشه، کبد پرندگان جدا و به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه ها (کبد و سرم) با استفاده از دستگاه آنالیز خودکار (Autoanalyser؛ مدل Technicon RA 1000، Bayer) و کیت های تهیه شده از شرکت پارس آزمون مورد آزمایش قرار گرفتند. برای ارزیابی چربی های خون (شامل کلسترول، تری گلیسرید، LDL، HDL و اسیدهای چرب استریفه نشده)، برای فراسنجه های آنتی اکسیدانی سرم (ظرفیت تام آنتی اکسیدانی و فعالیت مالون دی آلدئید) و کبد (ظرفیت تام آنتی اکسیدانی، فعالیت مالون دی آلدئید، آنزیم گلوکوتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز) از روش های توصیه شده توسط شرکت سازنده کیت ها (پارس آزمون) استفاده شد. داده های حاصل از این آزمایش در قالب یک آزمون فاکتوریل ۲ $\times$ ۳ توسط نرم افزار SAS و با رویه Mixed مورد تجزیه آماری قرار گرفت (SAS, 2009).

جدول ۲- اثرات استفاده از اسپیرولینا پلاتنسیس در جیره‌های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۷۰-۷۸ هفتگی

اثرات	تولید تخم مرغ (درصد)	وزن تخم مرغ (گرم)	توده تخم مرغ (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	ضریب تبدیل خوراک	هزینه به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ (تومان)
روغن ماهی (%)						
صفر	۷۳/۰۱	۵۹/۸۴ ^b	۴۳/۶۹ ^b	۹۳/۸۵	۲/۱۵ ^a	۴۰۹۲۱/۳۵ ^b
۱/۵	۷۳/۶۷	۶۱/۰۹ ^a	۴۵/۰۱ ^a	۹۴/۱۰	۲/۰۹ ^b	۴۲۲۵۴/۷۱ ^{ab}
۳	۷۴/۲۸	۶۱/۴۹ ^a	۴۵/۶۷ ^a	۹۳/۹۵	۲/۰۶ ^b	۴۴۰۳۸/۲۱ ^a
خطای استاندارد	۰/۴۱	۰/۱۳	۰/۲۸	۰/۱۳	۰/۰۱	۴۳۹/۶۴
درصد احتمال	۰/۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۴۴	۰/۰۰۶	۰/۰۱
اسپیرولینا پلاتنسیس (g/kg)						
صفر	۷۳/۳۰	۶۰/۵۶ ^b	۴۴/۴۰ ^b	۹۳/۸۶	۲/۱۲	۴۱۶۳۱/۶۷ ^b
۵	۷۴/۰۰	۶۱/۰۵ ^a	۴۵/۱۸ ^a	۹۴/۰۶	۲/۰۸	۴۳۱۷۷/۲۶ ^a
خطای استاندارد	۰/۳۳	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۰۱	۴۱۵/۸۱
درصد احتمال	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۰۲
روغن ماهی × اسپیرولینا پلاتنسیس						
صفر × صفر	۷۲/۳۵	۵۹/۱۵ ^c	۴۲/۸۰ ^b	۹۳/۹۰	۲/۱۹	۴۰۶۱۱/۲۴ ^b
صفر × ۵	۷۳/۶۶	۶۰/۵۳ ^{bc}	۴۴/۵۹ ^{ab}	۹۳/۸۰	۲/۱۱	۴۱۲۳۱/۴۷ ^b
۱/۵ × صفر	۷۳/۵۵	۶۱/۱۳ ^b	۴۴/۹۷ ^a	۹۳/۹۰	۲/۰۹	۴۱۱۶۰/۵۶ ^b
۱/۵ × ۵	۷۳/۸۰	۶۱/۰۵ ^b	۴۵/۰۵ ^a	۹۴/۳۰	۲/۰۹	۴۳۳۴۸/۸۰ ^a
۳ × صفر	۷۴/۰۰	۶۱/۳۹ ^a	۴۵/۴۳ ^a	۹۳/۸۰	۲/۰۶	۴۳۱۲۳/۶۶ ^a
۳ × ۵	۷۴/۵۴	۶۱/۵۸ ^a	۴۵/۹۵ ^a	۹۴/۱۰	۲/۰۵	۴۴۹۵۳/۵۰ ^a
خطای استاندارد	۰/۵۸	۰/۱۹	۰/۳۹	۰/۱۹	۰/۰۲	۶۲۸/۳۷
درصد احتمال	۰/۶۴	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۰/۴۰	۰/۰۷	۰/۰۰۱

^{a-c}: میانگین‌های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیرمشترک می‌باشند، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

بدون اسپیرولینا شدند ($P < 0.05$). همچنین میزان مالون‌دی‌آلدئید سرم و کبد در تیمار حاوی ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی بدون اسپیرولینا نسبت به جیره‌های حاوی اسپیرولینا افزایش یافت و افزودن اسپیرولینا به جیره‌های ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی توانست این افزایش ناشی از روغن ماهی را جبران کند ($P < 0.05$).

اثر متقابل اسپیرولینا پلاتنسیس و سطح روغن ماهی تاثیر معنی‌داری بر تمامی پارامترهای آنتی‌اکسیدانی کبد و سرم داشت (جدول ۳). استفاده از ۵ گرم اسپیرولینا در جیره‌های حاوی صفر، ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز کبد و ظرفیت آنتی-اکسیدانی کل سرم نسبت به جیره حاوی ۳ درصد روغن ماهی و

جدول ۳- اثرات استفاده از اسپیرولینا در جیره های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی

بر پارامترهای آنتی اکسیدانی کبد و سرم خون

اثرات	کبد				خون	
	SOD ($\mu\text{g/ml}$)	GP _x (mmol/ml)	MDA (mmol/ml)	TAC (mmol/ml)	MDA (mmol/ml)	TAC (mmol/ml)
روغن ماهی (%)						
صفر	۱۵/۸۸	۴/۸۹ ^b	۰/۳۴ ^b	۱/۴۹ ^a	۲/۴۸ ^b	۱/۳۲
۱/۵	۱۶/۳۲	۵/۲۴ ^{ab}	۰/۴۴ ^{ab}	۱/۰۸ ^{ab}	۲/۴۹ ^b	۱/۲۷
۳	۱۴/۸۴	۵/۳۴ ^b	۰/۴۸ ^a	۰/۹۷ ^b	۲/۷۱ ^a	۱/۲۴
خطای استاندارد	۰/۵۴	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۴
درصد احتمال	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۵
اسپیرولینا پلاتنسیس (g/kg)						
صفر	۱۳/۵۹ ^b	۴/۸۱ ^b	۰/۴۶ ^a	۱/۰۱ ^b	۲/۹۰ ^a	۱/۱۷ ^b
۵	۱۷/۴۳ ^a	۵/۵۱ ^a	۰/۳۶ ^b	۱/۲۸ ^a	۲/۱۶ ^b	۱/۳۹ ^a
خطای استاندارد	۰/۴۴	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۳
درصد احتمال	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
روغن ماهی × اسپیرولینا پلاتنسیس						
صفر × صفر	۱۴/۷۳ ^{ab}	۴/۷۱ ^b	۰/۳۲ ^{bc}	۱/۳۴ ^b	۲/۶۴ ^{ab}	۱/۲۱ ^{ab}
صفر × ۵	۱۷/۰۳ ^a	۵/۰۷ ^a	۰/۲۸ ^c	۱/۶۵ ^a	۲/۱۲ ^b	۱/۴۴ ^a
۱/۵ × صفر	۱۳/۳۲ ^b	۴/۹۵ ^{ab}	۰/۵۱ ^a	۰/۹۳ ^c	۲/۹۸ ^a	۱/۱۹ ^{ab}
۱/۵ × ۵	۱۴/۳۷ ^{ab}	۵/۵۳ ^a	۰/۳۸ ^b	۱/۲۳ ^b	۲/۰۴ ^b	۱/۳۶ ^a
۳ × صفر	۱۲/۷۵ ^b	۴/۷۵ ^b	۰/۵۶ ^a	۰/۸۴ ^c	۳/۰۸ ^a	۱/۱۲ ^b
۳ × ۵	۱۷/۸۹ ^a	۵/۹۲ ^a	۰/۴۱ ^b	۱/۱۰ ^b	۲/۳۴ ^b	۱/۳۶ ^a
خطای استاندارد	۰/۹۶	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۶
درصد احتمال	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲

^a مخفف ها: TAC، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل؛ MDA، مالون دی آلدئید؛ GP_x، گلو تاتیون پراکسیداز؛ SOD، سوپراکسید دیسموتاز.

^{a-c}: میانگین های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می باشند، اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$).

و LDL را به طور معنی دار در مقایسه با جیره های بدون روغن ماهی کاهش دادند. همچنین سطح ۳ درصد روغن ماهی همراه با اسپیرولینا باعث کاهش غلظت کلسترول سرم نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی شد ($P < 0.05$). علاوه بر این، ۳ درصد روغن ماهی باعث افزایش HDL و کاهش اسیدهای چرب استریفه نشده شد ($P < 0.05$).

جدول ۴ اثرات استفاده از اسپیرولینا پلاتنسیس در جیره های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی بر فراسنجه های لیپیدی سرم مرغ های تخم گذار مسن را نشان می دهد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اثر متقابل اسپیرولینا پلاتنسیس و روغن ماهی بر غلظت تری-گلیسرید، کلسترول و LDL اثر معنی دار داشت و سطح ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی همراه با ۵ گرم اسپیرولینا غلظت تری گلیسرید

جدول ۴- اثر استفاده از اسپیرولینا در جیره‌های حاوی سطوح مختلف روغن ماهی

بر فراسنجه‌های لیپیدی سرم مرغ‌های تخم‌گذار

اثرات	تری گلیسرید (mg/dl)	کلسترول (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	NEFA (mg/dl)
روغن ماهی (%)					
صفر	۲۶۰۶/۱ ^a	۱۹۷/۸۰ ^a	۹/۸۰ ^b	۵۲۱/۰ ^a	۱/۷۵ ^a
۱/۵	۲۳۵۰/۰ ^b	۱۹۴/۷۰ ^a	۱۰/۷۰ ^b	۴۷۰/۰ ^b	۱/۶۱ ^b
۳	۲۲۶۸/۹ ^c	۱۸۱/۸۰ ^b	۱۲/۲۰ ^a	۴۵۳/۶ ^c	۱/۱۹ ^c
خطای استاندارد	۲۶/۱۲	۲/۴۴	۰/۳۴	۵/۲۲	۰/۰۴
درصد احتمال	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴

اسپیرولینا پلاتنسیس (g/kg)

صفر	۲۵۰۰/۷ ^a	۱۹۲/۸۶	۱۰/۸۰	۵۰۰/۱ ^a	۱/۵۲
۵	۲۳۱۶/۰ ^b	۱۸۹/۴۶	۱۱/۰۱	۴۶۳/۲۰ ^b	۱/۴۷
خطای استاندارد	۲۱/۳۳	۱/۹۹	۰/۲۸	۴/۲۶	۰/۰۳
درصد احتمال	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۶۱	۰/۰۴	۰/۴۱

روغن ماهی × اسپیرولینا پلاتنسیس

صفر × صفر	۲۷۱۶/۰ ^a	۱۹۸/۲۰ ^a	۸/۸۰	۵۴۳/۲ ^a	۱/۷۹
صفر × ۵	۲۴۹۶/۱ ^a	۱۹۷/۴۴ ^a	۱۰/۸۰	۴۹۹/۲ ^a	۱/۷۱
۱/۵ × صفر	۲۴۰۲/۹ ^{ab}	۱۹۱/۷۰ ^a	۱۱/۲۰	۴۸۰/۴ ^{ab}	۱/۶۹
۱/۵ × ۵	۲۲۹۸/۱ ^b	۱۹۸/۰۰ ^a	۱۰/۲۰	۴۵۹/۶ ^b	۱/۵۷
۳ × صفر	۲۳۸۲/۰ ^{ab}	۱۸۹/۰۲ ^a	۱۲/۴۰	۴۷۶/۴ ^{ab}	۱/۰۹
۵ × ۳	۲۱۵۶/۴ ^b	۱۷۳/۹۶ ^b	۱۲/۰۰	۴۳۰/۸ ^b	۱/۱۴
خطای استاندارد	۳۶/۹۴	۳/۴۶	۰/۴۸	۷/۳۹	۰/۲۶
درصد احتمال	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۰۳	۰/۴۱

۱ مخفف‌ها: LDL، لیپوپروتئین‌های کم چگال؛ HDL، لیپوپروتئین‌های پر چگال؛ NEFA، اسیدهای چرب استریفه نشده.

^{a-c}: میانگین‌های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیرمشترک می‌باشند، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

بحث

در روغن ماهی و سویا، تأثیر افزایش انرژی قابل متابولیسم بر بهبود عملکرد حیوان را تأیید کردند. آن‌ها همچنین بر اساس ارزیابی وضعیت بافت شناسی روده اعلام داشتند که بهتر شدن افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی روغن ماهی و سویا می‌تواند ناشی از تأثیر این منابع چربی بر توسعه بافت روده و افزایش ماندگاری مواد خوراکی مصرف شده در محیط روده باشد؛ چرا که این شرایط موجب افزایش هضم و جذب مواد

در مطالعه حاضر استفاده از جیره‌های حاوی ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی باعث بهبود وزن و توده تخم‌مرغ و همچنین بهبود ضریب تبدیل خوراک شد. در توافق با یافته‌های پژوهش حاضر، مطالعات اخیر با استفاده از ۱/۲ و ۱/۵ درصد روغن ماهی در جیره مرغ‌های تخم‌گذار، بهبود وزن تخم‌مرغ را گزارش نمودند (Kralik و همکاران، ۲۰۲۱). Shahryari و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود با اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری تصحیح شده برای ازت

مغذی می شود. محققان با اشاره به سه وظیفه اصلی دستگاه گوارش، یعنی هضم، جذب و جلوگیری از نفوذ عوامل بیماری زا به بدن، که تقریباً ۲۵ درصد میزان انرژی مصرف شده را به خود اختصاص می دهد (Hamard و همکاران، ۲۰۱۰)، اظهار داشتند که استفاده از منابع چربی، به دلیل کاهش سرعت عبور مواد خوراکی و ادامه فرآیند هضم و جذب مواد مغذی تا قسمت های انتهایی روده، میزان انرژی و خصوصاً برخی از اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز سلول های تمام قسمت های روده را فراهم کرده و به توسعه فیزیولوژیکی و عملکرد بهتر دستگاه گوارش کمک می کند (Swiatkiewicz و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، در آزمایش حاضر روغن ماهی در سطح ۱/۵ و ۳ درصد احتمالاً به دلیل فراهم کردن نسبت مطلوب تری از انرژی و به تبع آن اسید چرب لینولئیک اسید به همراه بهبود بافت شناسی روده و هضم و جذب مواد مغذی (از طریق کاهش سرعت عبور مواد در روده باریک) موجب بهبود عملکرد مرغ های تخم گذار مسن شد.

همانطور که انتظار می رفت مکمل اسپیرولینا به دلیل حمایت آنتی-اکسیدانی، اثرات هم افزایی با روغن کتان داشت و باعث افزایش درصد تولید، وزن و توده تخم مرغ شد. موافق با نتایج حاضر محققین بهبود در ضریب تبدیل خوراک، وزن تخم مرغ و تولید تخم مرغ را در مرغ های تغذیه شده با جیره حاوی ۲ درصد اسپیرولینا گزارش کردند (Panaite و همکاران، ۲۰۲۳). این اثرات مثبت اسپیرولینا را می تواند به دلیل فراهم کردن برخی ترکیبات فعال زیستی (ترکیبات فعال زیستی مانند β -کاروتن و γ -لینولئیک اسید) و آنتی اکسیدان ها در این ریز جلبک نسبت داد (Anvar و Nowruzi، ۲۰۲۱). در پژوهشی مشابه (Salahuddin و همکاران، ۲۰۲۴) مرغ های تخم گذار تغذیه شده با ۲/۵ و ۵ گرم بر کیلو گرم اسپیرولینا، وزن تخم مرغ و تولید تخم مرغ را بهبود بخشیدند و پژوهشگران مذکور گزارش کردند که مواد مغذی موجود در اسپیرولینا ممکن است تخمدان ها را تحریک کرده و باعث رشد تخمک های بزرگتر شده باشد، که به ویژه برای تولید کنندگان تخم مرغ که به دنبال برآوردن نیازهای اندازه بازار خاص هستند، مفید است.

نتایج ارزیابی فراسنجه های خونی مرغ های تخم گذار مورد مطالعه حاضر نشان داد که ظرفیت آنتی اکسیدانی کل در کبد با جیره حاوی ۳ درصد روغن ماهی کاهش پیدا کرد اما میزان مالون دی-آلدئید سرم و کبد در گروه تغذیه شده با جیره حاوی ۱/۵ و ۳ روغن ماهی بطور معنی داری بیشتر از گروه شاهد بود. نتایج حاضر، موافق یافته های مطالعات پیشین انجام شده با استفاده از ۸ درصد روغن ماهی در جیره مرغ های تخم گذار جوان با سن ۲۸ هفته بود که در آن محققان افزایش میزان مالون دی آلدئید سرم را گزارش کردند (Dong و همکاران، ۲۰۱۸). این محققان اظهار داشتند که تحریک پراکسیداسیون لیپیدها، اختلال و آسیب به عملکرد کبد عامل اصلی افزایش میزان مالون دی آلدئید و آنزیم های کبدی بوده و به دلیل اختلال در این بافت متابولسیم پروتئین ها نیز مختل شده است. متأسفانه مطالعات محدودی اثر روغن ماهی بر مالون دی آلدئید سرم و کبد مرغ های تخم گذار تغذیه شده با روغن ماهی را مورد بررسی قرار داده اند. در جدیدترین مطالعات انجام شده افزایش مالون دی آلدئید زرده تخم مرغ به دلیل افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع در مقایسه با گروه شاهد (حاوی ۵ درصد روغن سویا) مشاهده شد که این امر به دلیل افزایش محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع در زرده تخم مرغ های تولید شده توسط مرغ های تخم گذار تغذیه شده با روغن ماهی بود. چرا که اسیدهای چرب غیر اشباع شدیداً مستعد اکسیداسیون بوده و از این رو میزان ترکیبات تیوباریتوریک اسید یا همان مالون دی آلدئید زرده تخم مرغ های تازه و تخم مرغ های ذخیره شده در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۲۸ روز را افزایش داد (Kralik و همکاران، ۲۰۲۰؛ ۲۰۲۱). به عقیده محققان افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع، به ویژه اسیدهای چرب دو کوزاهگزانوئیک اسید، ایکوزاپنتانوئیک اسید و حتی لینولئیک اسید، در جیره مرغ های تخم گذار می تواند موجب افزایش نرخ اکسیداسیون سلولی در بدن می شود (Spolaore و همکاران، ۲۰۰۶). Surai و Sparks (۲۰۰۰) نیز نشان دادند که جیره حاوی روغن ماهی باعث افزایش شاخص اکسیداسیون در اکثر بافت های خروس می شود، زیرا تجمع تیوباریتوریک اسید منجر به افزایش پراکسیداتیو لیپید می شود. در

توسط پراکسیداسیون لیپیدی محافظت کنند و بنابراین قدرت آنتی اکسیدانی و سلامت سلول را افزایش دهند (Akila و همکاران، ۱۹۹۸). بنابراین مطالعه حاضر شواهدی را نشان می‌دهد که اسپرولینا می‌تواند به خون و کبد مرغ‌های تخم‌گذار نفوذ کرده و به طور موثر از اکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کند.

نتایج مطالعه حاضر کاهش سطح کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL و اسیدهای چرب استریفه نشده سرم را در اثر استفاده از ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی نشان داد. هم‌راستا با نتایج حاضر، محققین گزارش کردند جوجه‌های گوشتی که جیره‌های حاوی منابع سطح بالای اسیدهای چرب امگا-۳ دریافت کردند، کلسترول، تری-گلیسرید و LDL سرم کمتری را نشان دادند (Long و همکاران، ۲۰۲۰)، که ممکن است به دلیل سطح بالای اسیدهای چرب امگا-۳ باشد که محتویات تری‌گلیسرول‌ها و لیپوپروتئین‌ها را از طریق سرکوب تری‌گلیسرید و سنتز آپولیپوپروتئین B تنظیم می‌کند (Viveros و همکاران، ۲۰۰۹). علاوه بر این، اسیدهای چرب امگا-۳ می‌تواند فعالیت $\Delta 9$ -دساتوراز را مهار کنند، و تبدیل سنتز کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم کبدی را کاهش داده و از متابولیسم تری‌گلیسرول جلوگیری کنند (Long و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، اسیدهای چرب امگا-۳ می‌تواند بیان ژن لیپین-۱ را بهبود بخشند، که به کنترل فاکتورهای رونویسی متصل به DNA برای تنظیم رونویسی ژن کمک می‌کند، بنابراین سنتز تری‌گلیسرید را تنظیم می‌کنند (Schweitzer و همکاران، ۲۰۱۵). روغن ماهی به عنوان شناخته شده‌ترین منبع اسیدهای چرب غیراشباع، خصوصاً ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید، نشان داده شده است که فعالیت آنزیم‌های سازنده تری‌گلیسرید در کبد، به ویژه آنزیم آسیل-کوآ: ۲،۱-دی آسیل گلیسرول اُ-آسیل ترانسفراز (تحت تأثیر ایکوزاپنتانوئیک اسید) را کاهش می‌دهد (Rustan و همکاران، ۱۹۸۸). در همین راستا، Hall و همکاران (۲۰۰۷) کاهش اسیدهای چرب استریفه نشده خون مرغ‌های تخم‌گذار نیوهمشایر تغذیه شده با افزایش سطح روغن ماهی (که جایگزین روغن دانه آفتابگردان شده بودند)، به ویژه گروه تغذیه شده با ۳ درصد روغن

مطالعه حاضر، استفاده از ۳ درصد روغن ماهی در جیره مرغ‌های تخم‌گذار مسن باعث کاهش فعالیت گلوکوتایون پراکسیداز کبد شد. این نتیجه مورد انتظار بود، زیرا مصرف محصولات پراکسیداسیون لیپیدی می‌تواند سیستم‌های آنتی اکسیدانی را در داخل بدن فعال کنند. در نتیجه، زمانی که این سیستم آنتی-اکسیدانی تحت تأثیر قرار گیرد، کاهش فعالیت گلوکوتایون پراکسیداز در مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه شده با روغن ماهی توجیه‌پذیر است. این یافته مطابق با آزمایشی است که در خوک انجام شد که در آن خوک‌هایی که با روغن ماهی تغذیه می‌شدند، فعالیت گلوکوتایون پراکسیداز پلاسما را کاهش دادند (Boyer و همکاران، ۲۰۱۲).

تأثیر منفی پراکسیداسیون بر طیور عمدتاً با اختلال در وضعیت ردوکس همراه است (Akbarian و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج کنونی نشان داد که افزایش در مالون دی‌آلدئید سرم و کبد که شاخص‌های استرس اکسیداتیو است، با اضافه شدن اسپرولینا به جیره‌های حاوی روغن ماهی دوباره کاهش یافت، در حالی که فعالیت گلوکوتایون پراکسیداز و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل افزایش یافتند. ظرفیت اسپرولینا برای بازگرداندن تعادل ردوکس در جیره‌های حاوی روغن ماهی را می‌توان به ترکیبات آنتی اکسیدانی فعال زیستی آن مانند فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها و سایر آنتاگونیست‌های رادیکال‌های آزاد مانند α -توکوفرول، اسید اسکوربیک، بتا کاروتن و سلنیوم نسبت داد (Agustini و همکاران، ۲۰۱۵) که نشان‌دهنده انتقال احتمالی ترکیبات آنتی-اکسیدانی اسپرولینا به ارگان‌های مرغ است. موافق با نتایج ما، مطالعه Panaite و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که افزودن اسپرولینا به جیره، بهبود قابل توجهی در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوکوتایون پراکسیداز) و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل نشان دادند. بهبود سطح مالون دی‌آلدئید، گلوکوتایون پراکسیداز و ظرفیت آنتی اکسیدانی توسط اسپرولینا در جیره‌های حاوی روغن ماهی از این واقعیت حمایت می‌کند که این ترکیبات زیست فعال می‌توانند به طور موثری از سلول‌های کبدی در برابر رادیکال‌های آزاد تولید شده

تخم گذاری، استفاده از ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی در جیره مرغ های تخم گذار را توصیه می کنند. این در حالی است که بر اساس نتایج حاضر در صورت استفاده از ۳ درصد روغن ماهی به همراه جلبک اسپرولینا پلاتنسیس به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی جهت جلوگیری از اکسیداسیون لپید حیاتی می باشد.

منابع

- میرقلنج، س.ع.، رحیمی، ش.، برزگر، م. و کمالی، م.ع. (۱۳۸۴). مقایسه منابع مختلف اسیدهای چرب امگا-۳ جهت غنی سازی تخم مرغ. مجله دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، ۹۱(۶۰): ۸۷-۸۹.
- Agustini, T. W., Suzery, M., Sutrisnanto, D. and Maruf, W. F. (2015). Comparative study of bioactive substances extracted from fresh and dried Spirulina. *Procedia Environmental Sciences*, 23(4): 282-289.
- Akbarian, A., Michiels, J., Degroote, J., Majdeddin, M., Golian, A. and De Smet, S. (2016). Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7(2): 1-14.
- Akila, G., Rajakrishnan, V., Viswanathan, P., Rajashekar, K. N. and Menon, V. P. (1998). Effects of curcumin on lipid profile and lipid peroxidation status in experimental hepatic fibrosis. *Hepatology Research*, 11(3): 147-157.
- Anvar, A. A. and Nowruzi, B. (2021). Bioactive properties of spirulina: A review. *Bioactive Materials*, 4(1): 134-142.
- Baucells, M. D., Crespo, N., Barroeta, A. C., Lopez-Ferrer, S. and Grashorn, A. M. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*, 79(1): 51-59.
- Boler, D. D., Fernández-Dueñas, D. M., Kutzler, L. W., Zhao, J., Harrell, R. J., Campion, D. R. and Dilger, A. C. (2012). Effects of oxidized corn oil and a synthetic antioxidant blend on performance, oxidative status of tissues, and fresh meat quality in finishing barrows. *Journal of Animal Science*, 90(13): 5159-5169.

ماهی، را ناشی از افزایش اسیدهای چرب ایکوزاپنتانوئیک اسید پلاسما دانستند.

استفاده از ۵ گرم اسپرولینا نیز در جیره های با یا بدون روغن ماهی باعث کاهش سطوح کلسترول، تری گلیسرید و LDL شد. چنین اثر هیپوکلسترولمی اسپرولینا در مطالعات قبلی بر روی موش های آزمایشگاهی (El-Moataaz و همکاران، ۲۰۱۹) و به طور خاص بر روی جوجه های گوشتی نشان داده شد (Mirzaie و همکاران، ۲۰۱۸). Deng و Chow (۲۰۱۰) گزارش دادند که اسپرولینا حاوی اسید ۷-لینوئیک است که به متابولیت های کلسترول در صفرا متصل می شود و از تجمع آن جلوگیری می کند. همچنین محققین بیان کردند که کاهش سطح کلسترول ممکن است با اثرات بازدارنده اسپرولینا بر فعالیت ردوکتاز HMG-CoA که یک آنزیم آلوستریک مورد نیاز برای سنتز کلسترول در کبد است، مرتبط باشد (Mousavi و همکاران، ۲۰۱۷). در رابطه با کاهش تری گلیسرید نیز محققین بر این باورند که مهار آنزیم سنتز استیل کوآ توسط اسپرولینا، که برای بیوسنتز اسیدهای چرب ضروری است، باعث کاهش تری گلیسرید شده است (Pitman و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ تولیدی نیز نشان داد که استفاده از ۵ گرم اسپرولینا همراه با ۱/۵ و ۳ درصد روغن ماهی و همچنین ۳ درصد روغن ماهی بدون اسپرولینا باعث افزایش هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ شدند. با توجه به اینکه هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم تخم مرغ تولیدی تحت تاثیر ضریب تبدیل خوراک قرار می گیرد، این نتایج قابل انتظار بود. با این حال بهبود عملکرد تولیدی تنها هدف پژوهش حاضر نبود و کاهش کلسترول زرده تخم مرغ و بهبود پروفایل اسیدهای چرب زرده تخم مرغ از دیگر اهداف پژوهش حاضر بودند که نتایج آنها در این مطالعه گزارش نشده است.

نتیجه گیری نهایی

به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده، محققان حاضر به منظور بهره مندی از اثرات مثبت روغن ماهی بر عملکرد و فراسنجه های لپیدی خون و به عبارت بهتر حمایت از حیوان در انتهای دوره

- Cortinas, L., Galobart, J., Barroeta, A. C., Baucells, M. D. and Grashorn, M. A. (2003). Change in α -tocopherol contents, lipid oxidation and fatty acid profile in eggs enriched with linolenic acid or very long-chain ω 3 polyunsaturated fatty acids after different processing methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(8): 820-829.
- Deng, R. and Chow, T. J. (2010). Hypolipidemic, antioxidant, and antiinflammatory activities of microalgae *Spirulina*. *Cardiovascular Therapeutics*, 28(4): 33-45.
- Dong, X. F., Liu, S. and Tong, J. M. (2018). Comparative effect of dietary soybean oil, fish oil, and coconut oil on performance, egg quality and some blood parameters in laying hens. *Poultry Science*, 97(7): 2460-2472.
- Ebeid, T., Eid, Y., Saleh, A. and Abd El-Hamid, H. (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. *Animal*, 2(1): 84-91.
- El-Moataaz, S., Ismael, H. and Aborhyem, S. (2019). Assessment of chemical composition of *Spirulina platensis* and its effect on fasting blood glucose and lipid profile in diabetic Rats. *Journal of High Institute of Public Health*, 49(3): 199-211.
- Fernandes, R., Campos, J., Serra, M., Fidalgo, J., Almeida, H., Casas, A. and Barros, A. I. (2023). Exploring the benefits of phycocyanin: From *Spirulina* cultivation to its widespread applications. *Pharmaceuticals*, 16(4): 592-606.
- Hall, J. A., Jha, S. and Cherian, G. (2007). Dietary n-3 fatty acids decrease the leukotriene B4 response ex vivo and the bovine serum albumin-induced footpad swelling index in New Hampshire hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 87(3): 373-380.
- Hamard, A., Mazurais, D., Boudry, G., Le Huërou-Luron, I., Sève, B., and Le Floch, N. (2010). A moderate threonine deficiency affects gene expression profile, paracellular permeability and glucose absorption capacity in the ileum of piglets. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21(10): 914-921.
- Kralik, G., Grčević, M., Hanžek, D., Margeta, P., Galović, O. and Kralik, Z. (2020). Feeding to produce n-3 fatty acid-enriched table eggs. *The Journal of Poultry Science*, 57(2): 138-147.
- Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., Galović, O., Hanžek, D. and Biazik, E. (2021). Fatty acid profile of eggs produced by laying hens fed diets containing different shares of fish oil. *Poultry Science*, 100(10): 101379.
- Long, S. F., Kang, S., Wang, Q. Q., Xu, Y. T., Pan, L., Hu, J. X. and Piao, X. S. (2018). Dietary supplementation with DHA-rich microalgae improves performance, serum composition, carcass trait, antioxidant status, and fatty acid profile of broilers. *Poultry Science*, 97(6): 1881-1890.
- Long, S., Liu, S., Wu, D., Mahfuz, S. and Piao, X. (2020). Effects of dietary fatty acids from different sources on growth performance, meat quality, muscle fatty acid deposition, and antioxidant capacity in broilers. *Animals*, 10(3): 508-521.
- Mirzaie, S., Zirak-Khattab, F., Hosseini, S. A. and Donyaei-Darian, H. (2018). Effects of dietary *Spirulina* on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(4): 556-569.
- Mousavi, A., Mahdavi, A. H., Riasi, A. and Soltani-Ghombavani, M. J. (2017). Synergetic effects of essential oils mixture improved egg quality traits, oxidative stability and liver health indices in laying hens fed fish oil. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 162-172.
- Panaite, T. D., Cornescu, G. M., Predescu, N. C., Cismileanu, A., Turcu, R. P., Saracila, M. and Soica, C. (2023). Microalgae (*Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*) as a protein

- alternative and their effects on productive performances, blood parameters, protein digestibility, and nutritional value of laying hens' egg. *Applied Sciences*, 13(18): 34-51.
- Pitman, W. A., Osgood, D. P., Smith, D., Schaefer, E. J. and Ordovas, J. M. (1998). The effects of diet and lovastatin on regression of fatty streak lesions and on hepatic and intestinal mRNA levels for the LDL receptor and HMG CoA reductase in F1B hamsters. *Atherosclerosis*, 138(1): 43-52.
- Rustan, A. C., Nossen, J. O., Christiansen, E. N. and Dreven, C. A. (1988). Eicosapentaenoic acid reduces hepatic synthesis and secretion of triacylglycerol by decreasing the activity of acyl-coenzyme A: 1, 2-diacylglycerol acyltransferase. *Journal of Lipid Research*, 29(11): 1417-1426.
- Salahuddin, M., Abdel-Wareth, A. A., Stamps, K. G., Gray, C. D., Aviña, A. M., Fulzele, S. and Lohakare, J. (2024). Enhancing Laying Hens' Performance, Egg Quality, Shelf Life during Storage, and Blood Biochemistry with *Spirulina platensis* Supplementation. *Veterinary Sciences*, 11(8): 383-394.
- SAS, S. (2009). STAT User's Guide, Version 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schweitzer, G. G., Chen, Z., Gan, C., McCommis, K. S., Soufi, N., Chrast, R. and Finck, B. N. (2015). Liver-specific loss of lipin-1-mediated phosphatidic acid phosphatase activity does not mitigate intrahepatic TG accumulation in mice. *Journal of Lipid Research*, 56(4): 848-858.
- Shahryari, M., Tabeidian, S. A., Shahraki, A. D. F., Tabatabaei, S. N., Toghyani, M., Forouzmand, M. and Habibian, M. (2021). Using soybean acid oil or its calcium salt as the energy source for broiler chickens: Effects on growth performance, carcass traits, intestinal morphology, nutrient digestibility, and immune responses. *Animal Feed Science and Technology*, 276(7): 114919-11435.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. and Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2): 87-96.
- Surai, P. F. and Sparks, N. H. C. (2000). Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Science*, 79(8): 1132-1142.
- Swiatkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A., and Jozefiak, D. (2015). The relationship between dietary fat sources and immune response in poultry and pigs: An updated review. *Livestock Science*, 180, 237-246.
- Viveros, A., Ortiz, L. T., Rodríguez, M. L., Rebolé, A., Alzueta, C., Arija, I. and Brenes, A. (2009). Interaction of dietary high-oleic-acid sunflower hulls and different fat sources in broiler chickens. *Poultry Science*, 88(1): 141-151.
- Vui, N. V., Oanh, D. H., Quyen, N. T. K., Linh, N. T., Nang, K. and Phong, N. H. (2024). The impact of adding spirulina algae to drinking water on the productivity, egg quality, yolk lipid oxidation, and blood biochemistry of laying hens. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 12(9): 1654-1663.
- Wathes, D. C., Abayasekara, D. R. E. and Aitken, R. J. (2007). Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. *Biology of Reproduction*, 77(2), 190-201.

