Animal Production Research

Vol. 12, No. 1, 2023 (79-91)
doi: 10.22124/AR.2023.22872.1720
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of fat source and soybean lecithin on performance, nutrient digestibility, and blood parameters of laying hens

H. Mohammadi[1], S. Mirzaie Goudarzi[2*], A. A. Saki[3], A. Farahavar[2]

1. Former MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: 01-09-2022 – Revised: 04-02-2023 – Accepted: 24-02-2023 – Available online: 24-02-2023)

Introduction: Fat inclusion in the diet presents positive features such as essential fatty acids and vitamin supply, slowing the passage rate, and lubricating the feed milling equipment. The price of conventional added fat sources has been increasing in the last few years; therefore, there is a growing interest in the use of alternative energy sources in poultry feeding. In this context, coproducts derived from the soybean oil refinement process represent an economic alternative and permit giving added value to residual products. Soybean lecithin, which is extracted from the soybean oil degumming process, is mainly composed of polar lipids (>60%), especially of phospholipids, but also contains an important amount of neutral lipids (30–40%), as triacylglycerols and free fatty acids. Soy lecithin may also act as a source of polyunsaturated fatty acids, which are important precursors of eicosanoids for human health benefits and neonatal growth. The inclusion of lecithin in the diet could improve lipid digestibility, liver function, and performance. Therefore, the present study was designed to evaluate the effect of fat source and soybean lecithin on performance, egg quality, nutrient digestibility, and blood parameters in laying hens.

Materials and methods: A total of 144 Nick Chick laying hens were randomly divided into six treatments, six replicates, and four hens per replicate as a 2×3 factorial experiment in a completely randomized design. The experimental treatments included: 1) 3% soybean oil, 2) 3% soybean oil + 0.1% lecithin, 3) 3% tallow, 4) 3% tallow + 0.1% lecithin, 5) a mixture of soybean oil + tallow in equal proportions, and 6) a mixture of soybean oil + tallow in equal proportions + 0.1% lecithin. Lecithin contains 7480 kcal/kg metabolizable energy and is added to experimental diets at one kg/ton as per company recommendation. Productive performance and egg quality traits were recorded from 37 to 44 weeks of age. Egg production and egg weight were recorded daily and feed intake was recorded weekly. This information was used to calculate the feed conversion ratio. Egg quality was measured in four eggs which were individually weighed and the external and internal quality (shape index, yolk index, yolk weight, yolk color, Haugh unit, shell weight, and shell thickness) was determined. At the end of the experiment (44 weeks of age) celite was added to experimental diets as an insoluble marker. Apparent metabolizable energy, dry matter, fat and crude protein digestibility were measured. Liver enzymes' activity (aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, alkaline phosphatase, and lactate dehydrogenase concentrations) and blood parameters (triglyceride, cholesterol, HDL, and LDL) were measured at the end of the experiment.

Results and discussion: Feed intake (P<0.01), egg production, and egg mass improved by a mixture of soybean oil + tallow (P<0.05) in the entire experiment. The effects of the source of oil on the productive performance of laying hens are contradictory and depend on the oil source and fatty acid compositions of oil/lipids, strain, and age of hens. Inclusion of lecithin in the diet increased feed intake and yolk color (P<0.01) but decreased Haugh unit (P<0.05). The reasons for the discrepancies among researchers concerning the effects of dietary lecithin on poultry production are not known but might depend on the type of bird used, as well as on the characteristics of the diet, including the level, source, and fatty acid profile of the lipid source used. The information available on

* Corresponding author: smirzaie@basu.ac.ir

the effects of lecithin on yolk pigmentation is scarce. The unsaturated fatty acid profile of lecithin is more favorable for xanthophyll absorption and utilization than that of the more saturated fatty acid profile of animal fat. Lecithin facilitates the absorption and transfer of fats, so it can cause the absorption of pigment substances as fat-soluble compounds. Yolk color increased and eggshell thickness was decreased *(P*<0.05) by a mixture of soybean oil + tallow. Apparent metabolizable energy, dry matter, fat, and protein digestibility were not affected by fat source, lecithin inclusion, or fat source × lecithin interaction. Moreover, the data indicated that the addition of soy oil decreased the cholesterol in the plasma *(P*<0.05). Aspartate aminotransferase *(P*<0.01), lactate dehydrogenase *(P*<0.05), triglyceride *(P*<0.01), cholesterol, and LDL *(P*<0.05) concentrations of the plasma decreased by lecithin inclusion in the diet. Lecithin is one of the natural elements that have dispersing properties. Lecithin is capable of reducing LDL cholesterol. It also promotes HDL cholesterol synthesis. In addition, it is used to help reduce cholesterol and triglycerides and protect the liver in the prevention of kidney stone formation. The lecithin modifies the cholesterol homeostasis in the liver, increasing the HMG-CoA reductase (3-hydroxy-3-methyl-glutaryl-coenzyme A reductase) and alpha 7 hydroxylase cholesterol activities. The LDL concentration and size are also significantly reduced and the bile acid pool and bile lipid secretion are increased.
Conclusions: In general, soybean lecithin can be added, in combination with soybean oil and tallow as an energy source in laying hens' diet to improve performance.
Keywords: Liver enzymes, Tallow, Soybean oil, Egg quality traits, Soybean lecithin
Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Bu-Ali Sina University, Iran.
Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.
Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.
Funding: The authors received no specific funding for this work.

How to cite this article:

Mohammadi, H., Mirzaie Goudarzi, S., Saki, A. A., & Farahavar, A. (2023). Effect of fat source and soybean lecithin on performance, nutrient digestibility, and blood parameters of laying hens. *Animal Production Research*, *12*(1), 79-91. doi: 10.22124/AR.2023.22872.1720

تحقیقات تولیدات دامی

سال دوازدهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۲ (۹۱-۷۹)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر منبع چربی و لسیتین سویا بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار

حسین محمدی[۱]، سارا میرزایی گودرزی[۲*]، علی اصغر ساکی[۳]، عباس فرح آور[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۲- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵)

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر منبع چربی و لسیتین سویا بر عملکرد، صفات کیفی تخم‌مرغ، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی در مرغ‌های تخم‌گذار بود. تعداد ۱۴۴ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه نیک چیک در آزمایشی به شش تیمار، شش تکرار و چهار قطعه مرغ در هر تکرار به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره حاوی روغن سویا، ۲) جیره حاوی روغن سویا + ۰/۱ درصد لسیتین، ۳) جیره حاوی پیه، ۴) جیره حاوی پیه + ۰/۱ درصد لسیتین، ۵) جیره حاوی مخلوط روغن سویا + پیه به مقدار مساوی، و ۶) جیره حاوی مخلوط روغن سویا + پیه به مقدار مساوی + ۰/۱ درصد لسیتین بودند. عملکرد تولیدی و صفات کیفی تخم‌مرغ از سن ۳۷ تا ۴۴ هفتگی ثبت شدند. قابلیت هضم مواد مغذی، فعالیت آنزیم‌های کبدی و فراسنجه‌های خونی در پایان دوره اندازه‌گیری شدند. مخلوط روغن سویا +پیه، خوراک مصرفی ($P<۰/۰۱$) و درصد تولید و توده تخم‌مرغ ($P<۰/۰۵$) را در کل دوره آزمایش بهبود داد. افزودن لسیتین، خوراک مصرفی و رنگ زرده را افزایش ($P<۰/۰۱$)، ولی واحد هاو را کاهش داد ($P<۰/۰۵$). غلظت آنزیم‌های آسپارتات آمینوتراسفراز ($P<۰/۰۱$)، لاکتات دهیدروژناز ($P<۰/۰۵$)، تری‌گلیسیرید ($P<۰/۰۱$)، کلسترول و LDL پلاسما تحت تاثیر لسیتین کاهش یافتند ($P<۰/۰۵$). به‌طور کلی لسیتین سویا می‌تواند به عنوان منبع انرژی در ترکیب با روغن سویا و پیه در جیره مرغ‌های تخم‌گذار جهت بهبود عملکرد استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های کبدی، پیه، روغن سویا، صفات کیفی تخم‌مرغ، لسیتین سویا

* نویسندهٔ مسئول: smirzaie@basu.ac.ir

doi: 10.22124/AR.2023.22872.1720

مقدمه

نقش چربی‌ها در جیره، افزایش خوش‌خوراکی، تأمین انرژی، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و کاهش سرعت عبور خوراک است که این امر، جذب مواد مغذی موجود در جیره را بهبود می‌بخشد (Ravindran *et al.,* 2016). منابع مختلفی مانند چربی‌های حیوانی، گیاهی و یا مکمل‌های چربی تجاری در صنعت طیور استفاده می‌شوند (Sattari Najafabadi *et al.*, 2020)، ولی در سال‌های اخیر، قیمت منابع متداول چربی، بخصوص روغن سویا، در جیره طیور افزایش چشمگیر یافته است. بنابراین با هدف کاهش هزینه جیره، استفاده از منابع جایگزین انرژی ضروری است. محصولات جانبی مشتق شده از روغن‌های گیاهی، جایگزینی مناسب برای منابع متداول انرژی از نظر قیمت و امکان بازیافت محصولات به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست هستند (Viñado *et al.,* 2019). تنوع زیادی از منابع لسیتین (گیاهی و حیوانی) وجود دارد، اما منابعی که از دانه‌های سویا به‌دست می‌آیند، از نظر کاربرد و تولید گسترده در جهان، مرتبط‌ترین هستند (Cui and Decker, 2016). لسیتین، یک محصول جانبی صنعت تصفیه روغن و سویا نیز مهمترین منبع قابل دسترس برای لسیتین است (Statista, 2018). لسیتین عمدتاً از لیپیدهای قطبی (بیش از ۶۰ درصد) تشکیل شده است که عمدتاً شامل فسفولیپید، گلیکولیپید و میزان کمتر چربی‌های خنثی از جمله تری گلیسیرید بوده و حاوی سطح بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع است و به دلیل داشتن گروه‌های مذکور، دارای خواص امولسیون‌کننده و آنتی‌اکسیدانی است (Mateos *et al.,* 2012). از طرفی، گزارش شده است که ترکیب آن با سایر منابع چربی می‌تواند به منظور بهره‌مندی از آثار هم افزایی مثبت چربی‌ها مفید باشد (Ravindran *et al.,* 2016). همچنین به دلیل داشتن اسیدهای چرب غیراشباع، لسیتین به‌عنوان پیش‌ساز آیکوزانوییدها برای سلامت انسان‌ها مفید است (Wang *et al., 2004*) استفاده از لسیتین در جیره ممکن است قابلیت هضم چربی و عملکرد کبد را بهبود دهد (سندرم کبد چرب را در طیور کنترل می‌کند) و این اثر در جیره‌های حاوی چربی‌های اشباع بیشتر مشهود است زیرا لسیتین حاوی اسیدهای چرب غیراشباع و فسفولیپیدها است که نقش کلیدی در تشکیل میسل دارند (Huang *et al.,* 2007). اگرچه لسیتین سویا به‌عنوان یک منبع جایگزین اقتصادی مطرح است و منبع مهمی از نظر انرژی خام، فسفر، کولین، اسید لینولئیک و لینولنیک محسوب می‌شود، ولی تحقیقات انجام شده در مرغ‌های تخم‌گذار بخصوص در ترکیب با منابع مختلف چربی بسیار محدود است (Han *et al.,* 2010; Mandalawi *et al.,* 2015). در یک تحقیق، سطوح مختلف لسیتین (صفر، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ درصد) بر عملکرد و صفات کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار بررسی شد. افزایش سطح لسیتین در جیره، خوراک مصرفی را کاهش، ولی وزن تخم-مرغ و راندمان خوراک را افزایش داد و بر صفات کیفی تخم-مرغ به‌جز رنگ زرده اثر معنی‌داری نداشت (Han *et al.,* 2010). همچنین در آزمایش دیگری، اثر جایگزینی چربی حیوانی با لسیتین سویا در جیره بر عملکرد، صفات کیفی تخم‌مرغ و قابلیت هضم مواد مغذی در مرغ‌های تخم‌گذار پوسته قهوه‌ای از سن ۲۳ تا ۵۱ هفتگی بررسی شد. نتایج نشان داد جایگزینی چربی حیوانی با لسیتین، وزن و توده تخم‌مرغ، ضریب تبدیل خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی و نیز رنگ زرده را بهبود داد. بنابراین لسیتین می‌تواند به-عنوان یک منبع چربی با آثار مفید بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار استفاده شود که البته نیاز به تحقیق بیشتر دارد (Mandalawi *et al.,* 2015). از این رو، هدف از انجام این آزمایش، ارزیابی لسیتین سویا و ترکیب آن با سایر منابع چربی (روغن سویا به‌عنوان یک منبع متداول روغن گیاهی غیراشباع، پیه به‌عنوان یک منبع چربی حیوانی و نیز مخلوط آنها) بر عملکرد تولیدی، صفات کیفی تخم‌مرغ، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی در مرغ‌های تخم‌گذار از سن ۳۷ تا ۴۴ هفتگی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سالن پرورش مرغ تخم‌گذار واقع در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. تعداد ۱۴۴ قطعه مرغ تخم‌گذار سویه نیک چیک در سن ۳۷ هفتگی به‌طور تصادفی به ۳۶ گروه یکنواخت از نظر وزن در شش تیمار، شش تکرار و چهار قطعه مرغ در هر تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل ۲×۳ در یک طرح کاملاً تصادفی توزیع شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: تیمار ۱- جیره حاوی سه درصد روغن سویا، ۲- جیره حاوی سه درصد روغن سویا + ۰/۱ درصد لسیتین، ۳- جیره حاوی سه درصد پیه، ۴- جیره حاوی سه درصد پیه + ۰/۱ درصد لسیتین،

۵- جیره حاوی مخلوط روغن سویا + پیه به مقدار مساوی، و ۶- جیره حاوی مخلوط روغن سویا + پیه به مقدار مساوی + ۰/۱ درصد لسیتین بودند. دو هفته قبل از شروع آزمایش، تمامی مرغ‌ها با جیره‌های آزمایشی جهت عادت‌پذیری تغذیه شدند و پس از آن، رکوردبرداری آغاز شد. جیره‌های آزمایشی بر اساس احتیاجات ارائه شده در راهنمای پرورش مرغ تخم‌گذار سویه نیک چیک با استفاده از نرم افزار UFFDA تنظیم شدند، به‌طوری که تمامی جیره‌ها از لحاظ انرژی قابل سوخت و ساز، پروتئین خام و سایر مواد مغذی یکسان بودند. لسیتین مورد استفاده در این پژوهش از شرکت مهدآمین تهیه شد که با نام تجاری برگاپور در بازار عرضه می‌شود. برگاپور حاوی ۷۴۸۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز است و بر اساس توصیه شرکت تولیدکننده به میزان یک کیلوگرم در تن به جیره‌ها افزوده شد. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره-های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. برنامه نوردهی به‌صورت ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی تنظیم شد. درجه حرارت سالن ۲ ± ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی نیز ۵۰ درصد بود. صفات مربوط به عملکرد شامل میزان خوراک مصرفی، درصد تخم‌گذاری (بر اساس روز مرغ) و وزن تخم‌مرغ‌های تولیدی به‌صورت روزانه اندازه-گیری شدند. ضریب تبدیل خوراک بر اساس داده‌های میانگین خوراک مصرفی و توده تخم‌مرغ محاسبه شد. هر دو هفته یک‌بار (دو روز پایانی)، چهار عدد تخم‌مرغ از هر تکرار برای صفات کیفی تخم‌مرغ جمع‌آوری شدند. شاخص شکل، شاخص زرده، وزن زرده، رنگ زرده، واحد هاو، وزن پوسته، درصد پوسته و ضخامت پوسته (میانگین ضخامت پوسته در سه ناحیه انتهای پهن، باریک و ناحیه استوای تخم‌مرغ)، اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری صفات مربوط به پوسته تخم‌مرغ، پوسته‌ها بعد از شسته شدن در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و سپس توزین شدند (Grobas *et al.*, 2001). واحد هاو بر اساس داده‌های وزن تخم‌مرغ و ارتفاع سفیده غلیظ محاسبه شد (Haugh, 1937). ضخامت پوسته با استفاده از میکرومتر دیجیتال (مدل Insize ساخت کشور تایوان) با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی رنگ زرده از شابلون رنگی رش استفاده شد و یک عدد به آن اختصاص داده شد (Vuilleumier, 1969).

جهت تعیین قابلیت هضم مواد مغذی در هفته آخر آزمایش، به جیره‌های غذایی دو درصد سلیت (خاکستر نامحلول در اسید) به‌عنوان نشانگر غیرقابل هضم اضافه شد و جمع‌آوری فضولات در دو روز آخر آزمایش صورت گرفت. سپس قابلیت هضم ماده خشک، چربی، پروتئین و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری جیره‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش، دو قطعه مرغ تخم‌گذار از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و جهت بررسی آنزیم‌های کبدی و فراسنجه‌های خونی از سیاهرگ بال پرنده، خون‌گیری به-عمل آمد. نمونه‌های خون پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۱۰ دقیقه (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه) سانتریفیوژ و پلاسمای خون جدا شد. غلظت آسپارتات آمینوترانسفراز با استفاده از کیت تشخیص کمّی GOT به روش فتومتریک شرکت پارس آزمون و غلظت آلانین آمینوترانسفراز با استفاده از کیت تشخیص کمّی GPT اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری آلکالین فسفاتاز نیز با استفاده از کیت تشخیص کمّی آلکالین فسفاتاز به روش فتومتریک شرکت پارس آزمون با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Autoanalyzer, Claciss AT plus, Iran) تعیین شد. در نهایت برای اندازه-گیری آنزیم لاکتات دهیدروژناز از کیت تشخیصی شرکت پارس آزمون با روش فتومتریک استفاده شد. اندازه‌گیری غلظت تری گلیسرید، کلسترول، HDL (لیپوپروتئین با چگالی بالا) و LDL (لیپوپروتئین با چگالی پایین) با استفاده از کیت تشخیص کمّی شرکت پارس آزمون به روش فتومتریک انجام شد. داده‌های حاصل با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS 9.2 (SAS Institute, 2012) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون توکی درسطح معنی‌داری پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر منبع چربی و لسیتین بر عملکرد تولیدی مرغ‌های تخم-گذار در کل دوره آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. استفاده از مخلوط روغن سویا + پیه، منجر به افزایش معنی-دار درصد تولید و توده تخم‌مرغ شد ($P<0/05$)، خوراک مصرفی نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0/001$). همچنین، ترکیب تیمار مخلوط روغن سویا + پیه بدون لسیتین، توده تخم‌مرغ را افزایش معنی‌دار داد ($P<0/01$).

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی (درصد، بر حسب وضعیت موجود)

Table 1. Ingredients and chemical analysis of experimental diets (%, as is)

Ingredients	Soy oil		Tallow		Soy oil + Tallow	
	-Lec	+Lec	-Lec	+Lec	-Lec	+Lec
Corn	53.77	53.67	54.64	54.54	54.20	54.10
Soybean meal	27.55	27.55	27.77	27.77	27.66	27.66
Wheat bran	4.60	4.60	3.49	3.49	4.05	4.05
Soy oil	3.00	3.00	-	-	1.50	1.50
Tallow	-	-	3.00	3.00	1.50	1.50
Lecithin	-	0.10	-	0.10	-	0.10
Dicalcium phosphate	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.41
Oyster shell	8.67	8.67	8.67	8.67	8.67	8.67
Vitamin and mineral premix[1,2]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
DL-Methionine	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Sodium bicarbonate	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Salt	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Calculated analysis						
Metabolizable energy (kcal/kg)	2750	2750	2750	2750	2750	2750
Crude protein	17.09	17.09	17.09	17.09	17.09	17.09
Calcium	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
Available phosphorus	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Sodium	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Chloride	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Lysine	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Methionine	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Methionine + cysteine	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Threonine	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Dietary Cation-Anion Balance (mEq/kg)	224	224	224	224	224	224

[1,2] Vitamin and mineral premix supplied per kilogram of diet: vitamin A 360000 IU; vitamin D3 800000 IU; vitamin E 7.2 g; vitamin K3 0.8 g; thiamine 0.71 g; vitamin B2 2.64 g; vitamin B6 1.176 g; pantothenate 3.92 g; nicotinic acid 11.88 g; folic acid 0.4 g; biotin 40 mg; vitamin B12 6 mg; choline chloride 100 g; manganese oxide 39.64 g. Zn 33.88 g; Fe 20 g; Cu 4 g; Calcium Iodat 0.64 g; Co 0.2 g and Se 80 mg.

Lec: Lecithin

محققین گزارش کردند که مخلوط کردن روغن‌ها و چربی‌ها با ترکیبات شیمیایی مختلف (طول زنجیر اسید چرب، درجه اشباع بودن و ساختار مولکولی چربی‌ها) به لحاظ بهره‌برداری انرژی و اسید چرب، هم‌افزایی مثبتی را ایجاد می‌کند (Borsatti *et al.,* 2018; Roll *et al.,* 2018). در صورت استفاده از روغن سویا به همراه پیه، انرژی قابل سوخت و ساز مخلوط حاصل، بیشتر از مجموع انرژی قابل سوخت و ساز تک تک آنها می‌شود و بنابراین عملکرد طیور بهبود می‌یابد (Sibbald, 1978). در مطالعه‌ای گزارش شد که روغن سویا حاوی مقادیر بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع با یک یا چند پیوند دوگانه است که سبب افزایش سرعت رشد، کاهش مصرف خوراک و بهبود ضریب تبدیل خوراک می‌شوند (Trushenski *et al.,* 2013). در مطالعه‌ای، ترکیب روغن‌های گیاهی (سویا یا آفتابگردان) و پیه، اثر معنی‌داری بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار نداشت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد (Safamehr *et al.,* 2011). اثر منابع مختلف روغن بر نتایج عملکرد تولیدی مرغ‌های تخم-گذار در تحقیقات مختلف، متفاوت است که به منبع روغن، ترکیب اسیدهای چرب منبع روغن، سویه و سن مرغ‌ها بستگی دارد (Alvarez *et al.,* 2005; Ezhil Valavan *et al.,* 2006). محققین گزارش کردند که مرغ‌های تخم‌گذار دریافت‌کننده لسیتین، خوراک مصرفی بالاتری داشتند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. لسیتین دارای اسید لینولئیک، فسفولیپید و اینوزیتول بالایی است که می‌تواند از راه عمل امولسیون‌کنندگی فسفولیپیدها موجب عملکرد بهتر مرغ‌ها شود (Mandalawi *et al.,* 2015). برعکس، در آزمایشی گزارش شده است مصرف خوراک، وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی تحت تاثیر لسیتین قرار نگرفت (Arce-menocal *et al.,* 2019; Viñado *et al.,* 2020). از سوی دیگر در آزمایشی، استفاده از سه درصد لسیتین سویا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار موجب افزایش وزن بدن و بهبود ضریب تبدیل خوراک شد، اما بر خوراک مصرفی اثری نداشت (Attia *et al.,* 2009).

جدول ۲- اثر منبع چربی و لسیتین بر عملکرد تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار از سن ۳۷ تا ۴۴ هفتگی

Table 2. Effect of fat source and lecithin on laying hens' performance from 37 to 44 weeks of age

Fat source	ADFI[1] (g/d/b)	Egg weight (g)	Egg production (%)	Egg mass (g/d)	FCR[2]
Soy oil	99.28[b]	60.09	96.08[b]	57.75[b]	1.723
Tallow	98.47[b]	60.04	95.77[b]	57.56[b]	1.722
Soy oil + Tallow	101.63[a]	60.64	97.61[a]	59.21[a]	1.718
SEM	0.508	0.258	0.525	0.421	0.0132
P-value	0.0001	0.1921	0.0301	0.0101	0.9691
Lecithin					
0	98.39[b]	60.09	96.22	57.88	1.710
0.1	101.19[a]	60.43	96.75	58.47	1.733
SEM	0.415	0.211	0.428	0.344	0.0112
P-value	0.0001	0.2462	0.3782	0.2243	0.1432
Treatments					
Soy oil					
-Lecithin	97.87[b]	59.62	95.22	56.79[c]	1.728
+Lecithin	100.69[a]	60.56	96.93	58.70[ab]	1.717
Tallow					
-Lecithin	96.26[b]	59.73	95.66	57.27[bc]	1.703
+Lecithin	100.69[a]	60.36	95.89	57.85[abc]	1.742
Soy oil + Tallow					
-Lecithin	101.05[a]	60.91	97.78	59.57[a]	1.698
+Lecithin	102.21[a]	60.38	97.44	58.86[ab]	1.739
SEM	0.719	0.365	0.742	0.596	0.0191
P-value					
Fat source × Lecithin	0.0761	0.1072	0.3601	0.0902	0.3112
Week	0.0001	0.0631	0.4176	0.0571	0.0471
Treatment	0.0001	0.0555	0.1491	0.0042	0.1001

[1] Average daily feed intake.

[2] Feed conversion ratio.

[a-c] Means with different superscripts within a same column differ significantly ($P<0.05$).

SEM: Standard error of the means.

محققین گزارش کردند که بهبود در عملکرد ممکن است به بهبود قابلیت دسترسی انرژی، اسیدهای چرب ضروری، کولین و جذب لیپیدها مربوط باشد. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که جایگزینی روغن سویا با لسیتین سویا (۵۰:۵۰)، وزن بدن، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک را در جوجه‌های گوشتی تغییر نداد (Azman and Ciftci, 2004). نتایج یک پژوهشی نشان داد که روغن سویا و لسیتین باعث بهبود وزن و توده تخم، خوراک مصرفی، ضریب تبدیل خوراک و وزن بدن در بلدرچین‌های ژاپنی شد (Bavaresco *et al.*, 2020). همچنین Mandalawi *et al.* (2015) گزارش کردند که جایگزینی چربی حیوانی با لسیتین سویا، ضریب تبدیل خوراک و وزن و توده تخم‌مرغ را در مرغ‌های تخم‌گذار بهبود داد. در مطالعه دیگری، جایگزینی روغن سویا با لسیتین سویا، ضریب تبدیل خوراک را در جوجه‌های گوشتی بهبود داد (Haung *et al.*, 2007). علت تفاوت نتایج محققین مختلف می‌تواند با منبع و پروفایل اسید چرب محتوی چربی، ترکیب جیره پایه، نوع پرنده و سطح مورد استفاده لسیتین سویا ارتباط داشته باشد.

اثر منبع چربی و لسیتین بر صفات کیفی تخم‌مرغ در جدول ۳ ارائه شده است. استفاده از پیه و مخلوط روغن سویا + پیه نسبت به روغن سویا، موجب افزایش معنی‌دار رنگ زرده تخم مرغ، و تیمار حاوی پیه موجب بهبود ضخامت پوسته تخم‌مرغ شد ($P<۰/۰۵$). افزودن لسیتین، رنگ زرده را افزایش و واحد هاو را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P<۰/۰۵$). در بررسی تیمارها، تیمار پیه سبب کاهش شاخص شکل تخم‌مرغ شد ($P<۰/۰۵$). وزن زرده نیز تحت تأثیر تیمار روغن سویا+ پیه+ لسیتین، افزایش معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد ($P<۰/۰۵$). بالاترین ضخامت پوسته در تیمار پیه مکمل شده با لسیتین مشاهده شد ($P<۰/۰۱$). مشابه با نتایج مطالعه حاضر، Safamehr *et al.* (2011) گزارش کردند که بالاترین ضخامت پوسته در تیمار دریافت‌کننده چهار درصد پیه نسبت به منابع روغن گیاهی مشاهده شد زیرا چربی جیره بر جذب کلسیم

و تشکیل پوسته موثر است. فسفولیپیدها ممکن است انتقال کلسیم از راه کانال‌ها یا دریچه‌های کلسیم را تنظیم کنند (Michell, 1982). همچنین یک ارتباط قوی بین جریان کلسیم و فعالیت Ca^{2+}-ATPas وجود دارد و فقط درصد اندکی از فسفولیپیدها نیاز است که برای ایجاد یک تغییر مشخص در انتقال کلسیم، متیله شوند. گزارش شده است که استفاده از سطوح مختلف چربی‌ها، تفاوت معنی‌داری در وزن و ضخامت پوسته ایجاد نمی‌کند، اما منابع چربی باعث تغییر در وزن پوسته می‌شود (Grobas *et al.,* 2001). همچنین تیمار روغن سویا + پیه بدون لسیتین باعث افزایش معنی‌دار واحد هاو شد ($P<0/01$). محققین مشاهده کردند که وزن زرده تحت تاثیر روغن آفتابگردان + پیه قرار گرفت (Safamehr *et al.,* 2011). اسید لینولئیک روی وزن تخم‌مرغ تاثیر مثبتی دارد و پیه دارای میزان کمتری اسید لینولئیک است، ولی در تیمار روغن سویا + پیه + لسیتین، اثر هم‌افزایی مشاهده شد و وزن زرده افزایش یافت.

مشابه با نتایج مطالعه حاضر، Mandalawi *et al.*(2015) بیان کردند افزودن لسیتین اثر معنی‌داری بر صفات کیفی تخم‌مرغ نداشت ولی رنگ زرده را بهبود داد. همچنین، در مطالعه دیگر، گزارش شد که استفاده از لسیتین در جیره مرغ‌های تخم‌گذار باعث بهبود رنگ زرده شد (Attia *et al.,* 2009). پروفایل اسیدهای چرب غیراشباع لسیتین جهت جذب زانتوفیل مطلوب است. همچنین، افزایش رنگ زرده ممکن است ناشی از بهبود قابلیت دسترسی رنگدانه‌ها باشد که همراه با افزایش قابلیت هضم لیپیدها است. لسیتین، جذب و انتقال چربیها را تسهیل می‌کند و می‌تواند باعث جذب مواد رنگدانه‌ای به‌عنوان ترکیبات محلول در چربی شود (Lochmann and Brown, 1997).

جدول ۳- اثر منبع چربی و لسیتین بر صفات کیفی تخم‌مرغ از سن ۳۷ تا ۴۴ هفتگی

Table 3. Effect of fat source and lecithin on egg quality traits from 37 to 44 weeks of age

Fat source	Shape index (%)	Yolk index (%)	Yolk weight (g)	Yolk color	Shell weight (g)	Haugh unit	Shell percentage	Shell thickness (mm)
Soy oil	75.01	48.48	17.25	6.70^{b}	5.81	82.04	9.63	0.615^{ab}
Tallow	73.97	43.22	17.65	6.97^{a}	5.95	82.67	9.76	0.627^{a}
Soy oil + Tallow	74.07	42.55	17.97	7.02^{a}	5.95	83.12	9.64	0.601^{b}
SEM	0.320	2.826	0.230	0.088	0.056	0.577	0.094	0.0062
P-value	0.056	0.281	0.101	0.035	0.142	0.428	0.593	0.021
Lecithin								
0	74.28	46.73	17.53	6.78^{b}	5.86	83.35^{a}	9.62	0.612
0.1	74.42	42.77	17.71	7.01^{a}	5.95	81.88^{b}	9.73	0.617
SEM	0.261	2.307	0.188	0.072	0.046	0.471	0.076	0.0053
P-value	0.717	0.233	0.501	0.030	0.172	0.035	0.314	0.485
Treatments								
Soy oil								
-Lecithin	74.94^{b}	43.52	17.15^{b}	6.50^{b}	5.82^{b}	82.18^{b}	9.68	0.615^{ab}
+Lecithin	75.06^{a}	43.45	17.34^{b}	6.91^{a}	5.81^{b}	81.91^{b}	9.59	0.615^{ab}
Tallow								
-Lecithin	73.79^{c}	43.58	17.67^{b}	6.86^{a}	5.85^{b}	82.90^{b}	9.60	0.627^{a}
+Lecithin	74.14^{b}	42.85	17.63^{b}	7.08^{a}	6.06^{a}	82.45^{b}	9.91	0.628^{a}
Soy oil + Tallow								
-Lecithin	74.10^{b}	43.09	17.77^{b}	7.00^{a}	5.91^{ab}	84.96^{a}	9.58	0.594^{b}
+Lecithin	74.05^{b}	42.00	18.17^{a}	7.05^{a}	5.99^{ab}	81.28^{b}	9.70	0.609^{ab}
SEM	0.453	3.997	0.325	0.125	0.079	0.815	0.133	0.0094
P-value								
Fat source × Lecithin	0.852	0.408	0.593	0.222	0.208	0.149	0.181	0.545
Week	0.487	0.165	0.297	0.001	0.075	0.077	0.074	0.001
Treatment	0.022	0.341	0.001	0.001	0.002	0.002	0.037	0.009

$^{a-c}$ Means with different superscripts within a same column differ significantly ($P<0.05$).

SEM: Standard error of the means.

لسیتین ممکن است محتوای فسفولیپید و اسیدهای چرب غیراشباع تخم‌مرغ را افزایش دهد که برای سلامت انسان‌ها مفید است. افزودن لسیتین، قابلیت هضم چربی را در تیمار پیه، افزایش عددی داد (۹۰/۰۳ در مقابل ۸۶/۳۰ درصد)، که می‌تواند جذب زانتوفیل را افزایش و رنگ زرده را بهبود بخشد. استفاده از لسیتین هیچ‌گونه اثر منفی بر صفات پوسته تخم‌مرغ نداشت که با نتایج محققین دیگر مطابقت دارد (Attia *et al.,* 2009). در آزمایش دیگری در مرغ‌های مادر، گزارش شده است کیفیت پوسته تحت تاثیر سطح چربی جیره قرار نگرفت، در حالی که چربی طیور، کیفیت پوسته را نسبت به روغن ذرت بهبود داد (Peebles *et al.,* 2000). به نظر می‌رسد اثر چربی‌ها روی کیفیت پوسته به پروفایل اسیدهای چرب منبع روغن بستگی دارد. قابلیت هضم ماده خشک، چربی، پروتئین و نیز انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری جیره‌های آزمایشی تحت تاثیر منبع چربی، لسیتین و اثر متقابل آنها قرار نگرفتند. هر چند با افزودن لسیتین به جیره حاوی پیه، قابلیت هضم چربی از نظر عددی بهبود یافت (جدول ۴).

جدول ۴- اثر منبع چربی و لسیتین بر قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری جیره‌های آزمایشی

Table 4. Effect of fat source and lecithin on nutrient digestibility and apparent metabolizable energy (AME_n) of experimental diets

Fat source	Dry matter (%)	Fat (%)	Crude protein (%)	AME (Kcal/kg)
Soy oil	67.05	87.55	41.00	3160.7
Tallow	69.41	88.18	41.63	3085.1
Soy oil + Tallow	66.50	84.15	34.53	3065.7
SEM	1.383	1.321	4.252	50.33
P-value	0.320	0.107	0.450	0.398
Lecithin				
0	67.30	86.17	38.26	3110.7
0.1	68.01	87.07	39.84	3097.0
SEM	1.130	1.078	3.471	41.1
P-value	0.664	0.566	0.753	0.817
Treatments				
Soy oil				
-Lecithin	69.20	89.73	45.86	3198.5
+Lecithin	64.90	85.36	36.13	3123.0
Tallow				
-Lecithin	67.50	86.30	39.20	3071.8
+Lecithin	71.33	90.06	44.06	3098.0
Soy oil + Tallow				
- Lecithin	65.20	82.50	35.73	3061.8
+ Lecithin	67.80	85.80	39.33	3069.7
SEM	1.957	1.868	6.013	71.187
P-value				
Fat source × Lecithin	0.122	0.088	0.283	0.752
Treatment	0.248	0.105	0.498	0.753

SEM: Standard error of the means.

محققین گزارش کردند که استفاده از لسیتین سویا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار، قابلیت هضم چربی را بهبود داد (Attia *et al.,* 2009). همچنین، گزارش شده است لسیتین دارای اثر مثبت بر جذب چربی‌های حیوانی است (Donaldson and Ward, 1988). مشابه با نتایج مطالعه حاضر، نشان داده شد که لسیتین هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و الیاف خام نداشت (Danicke *et al.,* 2000). همچنین Mandalawi *et al.* (2015) بیان کردند که استفاده از لسیتین در جیره مرغ‌های تخم‌گذار، اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز جیره نداشت. تفاوت نتایج قابلیت هضم می‌تواند مربوط به سویه مرغ‌ها، ترکیب اسید چرب درون لیپیدها و سطح لسیتین مورد استفاده در جیره باشد. اثر منبع چربی و لسیتین بر غلظت آنزیم‌های کبدی مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- اثر منبع چربی و لسیتین بر غلظت آنزیم‌های کبدی در مرغ‌های تخم‌گذار (واحد بین‌المللی بر لیتر)
Table 5. Effect of fat source and lecithin on liver enzymes' concentration of laying hens (IU/L)

Fat source	Aspartate aminotransferase	Alanine aminotransferase	Alkaline phosphatase	Lactate dehydrogenase
Soy oil	160.0	15.1	1498.8	340.0
Tallow	171.7	16.3	1475.1	291.8
Soy oil + Tallow	180.0	19.8	1361.7	335.1
SEM	8.77	2.05	63.07	34.21
P-value	0.287	0.267	0.274	0.555
Lecithin				
0	186.0[a]	16.9	1447.2	365.5[a]
0.1	155.1[b]	17.3	1443.3	279.1[b]
SEM	7.16	1.67	51.49	27.93
P-value	0.004	0.952	0.957	0.036
Treatments				
Soy oil				
- Lecithin	183.2[a]	16.0	1575.8	362.5[a]
+ Lecithin	136.8[b]	13.6	1418.8	317.3[b]
Tallow				
-Lecithin	182.0[a]	15.8	1426.6	348.3
+Lecithin	161.3[ab]	16.8	1523.5	235.3
Soy oil + Tallow				
-Lecithin	192.8[a]	19.0	1324.3	385.7
+Lecithin	167.0[ab]	20.8	1399.2	284.5
SEM	12.40	2.90	89.19	48.38
P-value				
Fat source×Lecithin	0.555	0.784	0.294	0.757
Treatment	0.043	0.696	0.407	0.286

[a-b] Means with different superscripts within a same column differ significantly ($P<0.05$).
SEM: Standard error of the means.

غلظت آنزیم‌های کبدی تحت تاثیر منبع چربی قرار نگرفتند. افزودن لسیتین به جیره مرغ‌های تخم‌گذار، غلظت آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز ($P<۰/۰۱$) و لاکتات دهیدروژناز ($P<۰/۰۵$) را کاهش معنی‌داری داد. تیمارهای حاوی روغن سویا، پیه و نیز مخلوط روغن سویا + پیه بدون لسیتین، فعالیت آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز را افزایش معنی‌دار دادند ($P<۰/۰۵$). محققین گزارش کردند که غلظت آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز، لاکتات دهیدروژناز و آلانین آمینوترانسفراز در موش‌های دریافت-کننده لسیتین کاهش یافت (Vasanth Raj *et al., 2011*)، که با نتایج مطالعه حاضر همسو است. همه این تغییرات در سطح فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون به اثر لسیتین در محافظت از کبد و بازیابی سطوح تغییر یافته ارتباط دارد زیرا اگر فعالیت آنزیم‌های کبدی کاهش یابد به‌عنوان سلامت کبد تفسیر می‌شود. لسیتین می‌تواند تشکیل صفرا و ترشح لیپیدهای صفراوی را از راه تغییر هموستازی کلسترول کبدی و تحریک سوخت و ساز لیپوپروتئین‌ها به میزان قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهد. اثر منبع چربی و لسیتین بر فراسنجه‌های خونی مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۶ ارائه شده است. روغن سویا سبب کاهش معنی‌دار غلظت کلسترول خون شد ($P<۰/۰۵$). افزودن لسیتین به جیره مرغ‌های تخم‌گذار، غلظت تری‌گلیسیرید ($P<۰/۰۱$)، کلسترول و LDL خون را کاهش معنی‌دار داد ($P<۰/۰۵$). همچنین در بررسی ترکیب تیماری، روغن سویا + لسیتین، سطح تری‌گلیسیرید خون ($P<۰/۰۱$)، کلسترول و LDL را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ($P<۰/۰۵$). گزارش شده است که چربی جیره بر ترکیب لیپیدی سرم خون، غلظت لیپو-پروتئین‌های پلاسما و سوخت و ساز کبد موثر است، به-طوری که اسیدهای چرب اشباع موجب افزایش سطوح لیپوپروتئین‌های با چگالی کم و چگالی خیلی کم (VLDL) و تری گلیسیریدهای پلاسما می‌شوند (Oliveira *et al.*, 2010). برعکس، در مطالعه دیگری گزارش شده است که اثر مصرف چربی‌ها (روغن سویا، آفتابگردان و پیه) بر غلظت کلسترول خون و تخم‌مرغ معنی‌دار نبود (Safamehr *et al.*, 2011). همچنین گزارش شده است که استفاده از منابع مختلف روغن (روغن سویا، ماهی، کانولا و چربی ضایعاتی

طیور) در سطح سه درصد در جیره مرغ‌های تخم‌گذار، غلظت کلسترول و تری‌گلیسیرید پلاسما را تحت تاثیر قرار نداد (Murata *et al.*, 2003). اثر منابع چربی بر غلظت کلسترول خون متناقض است که می‌تواند به عوامل جیره‌ای و ژنتیکی طیور ارتباط داشته باشد. نتایج تحقیقات نشان داده است که لسیتین می‌تواند هموستازی کلسترول در کبد و سوخت و ساز لیپوپروتئین را تغییر دهد، فعالیت هیدروکسی متیل گلوتاریل کوآنزیم آ و کلسترول ۷- آلفا هیدروکسیلاز را افزایش و فعالیت آسیل کوآنزیم آ- کلسترول آسیل ترانسفراز میکروزوم را کاهش دهد (LeBlanc *et al*., 2003). لسیتین قادر است میزان LDL اضافی را کاهش دهد. همچنین تولید مقدار زیادی HDL و کلسترول مفید را در کبد توسعه دهد (Mourad *et al.*, 2010).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از مخلوط روغن سویا به همراه پیه در جیره، عملکرد تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار را بهبود داد. همچنین استفاده از مخلوط روغن سویا به همراه پیه و لسیتین موجب افزایش خوراک مصرفی و بهبود رنگ و وزن زرده تخم‌مرغ شد. افزودن لسیتین در جیره هیچ‌گونه اثر منفی بر عملکرد تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار نداشت. بنابراین لسیتین سویا می‌تواند به‌عنوان منبع انرژی در ترکیب با روغن سویا و پیه در جیره مرغ‌های تخم‌گذار استفاده شود.

جدول ۶- اثر منبع چربی و لسیتین بر فراسنجه‌های خونی در مرغ‌های تخم‌گذار (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)

Table 6. Effect of fat source and lecithin on blood parameters of laying hens (mg/dL)

Fat source	Triglyceride	Cholesterol	HDL[1]	LDL[2]
Soy oil	444.2	63.79^{b}	36.82	17.96
Tallow	586.9	75.62^{a}	47.29	22.40
Soy oil + Tallow	669.5	80.79^{a}	42.15	21.22
SEM	65.83	3.968	3.696	1.278
P-value	0.065	0.015	0.152	0.059
Lecithin				
0	695.6^{a}	79.08^{a}	45.65	22.32^{a}
0.1	438.2^{b}	67.72^{b}	38.52	18.73^{b}
SEM	53.75	3.240	3.018	1.043
P-value	0.002	0.019	0.105	0.021
Treatments				
Soy oil				
-Lecithin	525.2^{bc}	71.83^{ab}	40.33	20.50^{ab}
+Lecithin	363.3^{c}	55.75^{b}	33.31	15.42^{b}
Tallow				
-Lecithin	666.8^{ab}	78.08^{a}	50.25	24.60^{a}
+Lecithin	507.0^{bc}	73.16^{a}	44.33	20.20^{ab}
Soy oil + Tallow				
-Lecithin	894.8^{a}	87.33^{a}	46.37	21.86^{a}
+Lecithin	444.2^{bc}	74.25^{a}	37.93	20.58^{ab}
SEM	93.10	5.611	5.228	1.808
P-value				
Fat source × Lecithin	0.215	0.593	0.971	0.541
Treatment	0.005	0.015	0.263	0.038

[1] HDL: High density lipoprotein.

[2] LDL: Low density lipoprotein.

SEM: Standard error of the means.

[a-c] Means with different superscripts within a same column differ significantly (P<0.05).

فهرست منابع

Alvarez, C., Cachaldora, P., Mendez, J., Garcia-Rebollar, P., & De-Blas, J. C. (2005). Effect of dietary conjugated linoleic acid and fish oil supplementation on performance and egg quality in laying hens. *British Poultry Science*, *45*, 524-529.

Arce-menocal, J. O., Cortes-Cuevas, A., López-Coello, C., Pérez-Castro, J. G., González-De los Santos, L. C., Herrera-Camacho, J. O., & Avila-González, E. (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*, 531-536.

Attia, Y. A., Hussein, A. S., Tag El-Din, A. E., Qota, E. M., Abed El-Ghany, A. I., & El-Sudany, A. M. (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.

Azman, M. A., & Ciftci, M. (2004). Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. *Revue de Medecine Veterinaire*, *1558*, 445-448.

Bavaresco, C., Silva, S. N., Dias, R. C., Lopes, D. C., Xavier, E. G., & Roll, V. F. (2020). Performance metabolic efficiency and egg quality in Japanese quails fed with acidulated soybean soapstock and lecithin for a prolonged period. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *92*(Suppl. 1), e20180620.

Borsatti, L., Vieira, S. L., Stefanello, S., Kindlein, L., Oviedo-Rondon, E. O., & Angel, C. R. (2018). Apparent metabolizable energy of by-products from the soybean oil industry for broilers: acidulated soapstock, glycerin, lecithin, and their mixture. *Poultry Science*, *97*, 124-130.

Cui, L., & Decker, E. A. (2016). Phospholipids in foods: prooxidants or antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*, 18-31.

Danicke, S., Halle, I., Jeroch, H., Bottcher, W., Ahrens, P., Zachmann, R., & Gotze, S. (2000). Effect of soy oil supplementation and protein level in laying hen diets on precaecal nutrient digestibility, performance, reproductive performance, fatty acid composition of yolk fat, and on other egg quality parameters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *102*, 218-232.

Donaldson, W. E., & Ward, J. B. (1988). Influence of soybean lecithin and corn lecithin additions to dietary fat on metabolizable energy content of chicks' diets. *Nutrition Report International*, *38*, 691-695.

Ezhil Valavan, S., Mohan, B., Chandrasekaran, D., Mani, K., Mohan, B., & Edwin, S. C. (2006). Effects of various n-3 lipid sources on the quality characteristics and fatty acids composition of chicken egg. In: 12th European Poultry Conference 10-14 September. Italy. Pp. 1-8.

Grobas, S., Mendez, J., Lazaro, R., de Blas, C., & Mateos, G. G. (2001). Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poultry Science*, *80*, 1171-1179.

Han, Y. K., Jin, Y. H., Lee, W. I., Lee, K. T., & Thacker, P.A. (2010). Influence of lysolecithin on the performance of laying hens, interior and exterior egg quality as well as fat soluble vitamin and cholesterol content in the yolk. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *9*, 2583-2588.

Haugh, R. R. (1937). The Haugh unit for measuring egg quality. *The USA Egg and Poultry Magazine*, *43*, 552-555.

Huang, J., Yang, D., & Wang, T. (2007). Effects of replacing soyoil with soy-lecithin on growth performance, nutrient utilization and serum parameters of broilers fed corn-based diets. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, *20*, 1880-1886.

LeBlanc, M. J., Brunet, S., Bouchard, G., Lamireau, T., Yousef, I. M., Gavino, V., Levy, E., & Tuchweber, B. (2003). Effects of dietary soybean lecithin on plasma lipid transport and hepatic cholesterol metabolism in rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*, *14*, 40-48.

Lochmann, R., & Brown, R. (1997). Soybean-lecithin supplementation of practical diets for Juvenile goldfish (*Carassius auratus*). *Journal American Oil Chemistry Society*, *74*, 149-152.

Mandalawi, H. A., Lazaro, R., Redon, M., Herrera, J., Menoyo, D., & Mateos, G. 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.

Mateos, G. G., Serrano, M. P., Berrocoso, J., Perez-Bonilla, A., & Lazaro, R. (2012). Improving the utilization of raw materials in poultry feeding: new technologies and inclusion levels. In: Proceedings of 24th World's Poultry Congress, 5-9 August, Brazil. Pp. 1-13.

Michell, R. H. (1982). Is phosphatidylinositol really out of the calcium gate? *Nature*, *296*, 492-493.

Mourad, A. M., de Carvalho Pincinato, E., Mazzola, P. G., Sabha, M., & Moriel, P. (2010). Influence of soy lecithin administration on hypercholesterolemia. *Cholesterol*, *2010*, 824813.

Murata, L. S., Ariki, J., Machado, C., Silva, L. P. G., & Rezende, M. (2003). Effect of oils sources on blood lipid parameters of commercial laying hens. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, *5*, 203-206.

Nicolosi, R. J., Wilson, T. A., Lawton, C., & Handelman, G. J. (2001). Dietary effects on cardiovascular disease risk factors: beyond saturated fatty acids and cholesterol. *Journal of the American College of Nutrition*, *20*(5), 421-427.

Oliveira, D., Baião, N., Cançado, S., Grimaldi, R., Souza, M., Lara, L., & Lana, A. Q. (2010). Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. *Poultry Science*, *89*, 2484-2490.

Peebles, E. D., Zumwalt, C. D., Doyle, S. M., Gerard, P. D., & Latour, M. A. (2000). Effects of breeder age and dietary fat source and level on broiler hatching egg characteristics. *Poultry Science*, *79*, 698-704.

Ravindran, V., Tancharoenrat, P., Zaefarian, F., & Ravindran, G. (2016). Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. *Animal Feed Science and Technology*, *213*, 1-21.

Roll, A. P., Vilarrasa, E., Tres, A., & Barroeta, A. C. (2018). The different molecular structure and glycerol-to-fatty acid ratio of palm oils affect their nutritive value in broiler chicken diets. *Animal*, *12*, 2040-2048.

Safamehr, A., Taghavi, E., & Nobakht, A. (2011). Influence of tallow and soybean, sunflower vegetable oils on performance, eggshell quality, biochemical and immune parameters in layer hens. *Journal of Veterinary Microbiology*, *7*(21), 19-27. [In Persian]

SAS Institute. (2012). SAS/STAT User Guide. Version 9.1.2 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Sattari Najafabadi, F., Mohit, A., Moravej, H., Darmani Kuhi, H., & Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2020). Effect of different sources of omega-3 and omega-6 calcium fat powder on performance, hatchability, serum lipids and ovarian follicles count in old broiler breeder hen. *Animal Production Research*, *9*(3), 1-15.

Sibbald, I. R. (1978). The true metabolizable energy values of mixtures of tallow with either soybean oil or lard. *Poultry Science*, *57*, 473-477.

Statista. (2018). https://www.statista.com/statistics/675815/averageprices-soybean-oil-worldwide/. Accessed Sept 2018.

Summers, J. D., & Lesson, S. (1981). Influence of dietary lecithin on digestibility of fats in poultry diets. *Nutrition Reports International*, *23*(5), 969-974.

Trushenski, J., Mulligan, B., Jirsa, D., & Drawbridge, M. (2013). Sparing fish oil with soybean oil in feeds for White Seabass: Effects of inclusion rate and soybean oil composition. *North American Journal of Aquaculture*, *75*(2), 305-315.

Vasanth Raj, P., Nitesh, K., Prateek, J., Neena Sankhe, M., Venkata Rao, J., Mallikarjuna Rao, C., & Udupa, N. (2011). Effect of lecithin on D-Galactosamine induced hepatotoxicity through mitochondrial pathway involving Bcl-2 and Bax. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, *26*(4), 378-384.

Viñado, A., Castillejos, L., Rodriguez-Sanchez, R., & Barroeta, A. C. (2019). Crude soybean lecithin as alternative energy source for broiler chicken diets. *Poultry Science*, *98*, 5601-5612.

Viñado, A., Castillejos, L., & Barroeta, A. C. (2020). Soybean lecithin as an alternative energy source for grower and finisher broiler chickens: impact on performance, fatty acid digestibility, gut health, and abdominal fat saturation degree. *Poultry Science*, *99*, 5653-5662.

Wang, Y. W., Sunwoo, H., Cherian, G., & Sim, J. S. (2004). Maternal dietary ratio of linoleic acid to α–linolenic acid affects the passive immunity of hatching chicks. *Poultry Science*, *83*, 2039-2043.

Vuilleumier, J. P. (1969). The 'Roche yolk colour fan' an instrument for measuring yolk colour. *Poultry Science*, *48*, 767-779.