The Effect of substituting soybean meal with Camelina Meal on Performance, Egg Quality Characteristics, and blood Biochemical Parameters of laying hens

Alidad Boostani[1], Mohammad Javad Agah*[2], Elnaz Kami [3], Mohammad Javad Abarghuei[1], Majid Hashemi[4], Roham Rahmani[5]

1- Assistant Professor, Animal Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
2- Associate Professor, Animal Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
3- PhD Candidate, Animal Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
4- Associate Professor, Shiraz Branch, Razi Vaccine ang Serum Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
5- Assistant Professor of Economic, Social and Extension Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
*Corresponding Author's Email: mjagah1400@gmail.com
https://doi.org/10.22067/ijasr.2026.100099.1324

Introduction: Research on balanced diets using indigenous feed sources is essential. A significant challenge in Iran is the country's distinctive climate conditions, characterized by drought and the irregular temporal and spatial distribution of rainfall. These factors make the production of any feedstuff or agricultural crop reliant on the effective management of limited water resource. One of these new feedstuffs is camelina (*Camelina Sativa*). This plant is characterized by its minimal water requirements, adaptability to saline soils and extreme climatic conditions, suitability for dryland cultivation, resistance to pests and diseases, and low nutritional demands. Camelina seeds contain approximately 40% fat and 27-32% crude protein. Camelina meal possesses significant nutritional value. It contains 91-93% dry matter, 30-46% crude protein, 5-26% crude fat, 23-34% neutral detergent fiber (NDF), and 11-24% acid detergent fiber (ADF). Camelina meal protein is rich in the essential amino acids arginine, cysteine, lysine, methionine, and threonine for poultry. Furthermore, as a member of the *Brassica* family camelina seeds are expected to contain anti-nutritional compounds such as glucosinolates and sinapine. Glucosinolate levels in camelina seeds from various genotypes have been reported to range from 15.2 to 24.6 mmol/kg, while a level of 34.4 mmol/kg has been reported for camelina meal. Therefore, this study aims to investigate the feasibility and determine appropriate substitution levels of camelina meal for soybean meal in the diets of Nick Chick laying hens, by evaluating production performance, egg quality characteristics, and economic indices.

Materials and Methods: A total of 160 laying hen (Nick Chick strain) were obtained at 32 weeks of age and transferred to the research farm. The experimental period was 12 weeks (from 32 to 44 weeks of age), with the first 2 weeks dedicated to habituation and the remaining 10 weeks focused on collecting experimental data. The experiment was conducted using a completely randomized design with 5 treatments, 4 replicates and 8 birds in each experimental unit. The treatments were as follows: 1) control group based on corn grain and soybean meal, 2) inclusion 5% camelina meal in the diet, 3) inclusion 10% camelina meal in the diet, 4) inclusion 15% camelina meal in the diet, and 5) inclusion 20% camelina meal in the diet. Performance parameters, egg quality traits, and economic indices were evaluated throughout the experimental period. At the end of the experimental period (44 weeks) blood samples were

taken from two birds from each experimental unit and serum lipid concentrations and hormonal parameters were measured.

Results and Discussion: The results showed that inclusion of 10% and 15% camelina meal in the laying hens diet had the highest egg mass, egg production, the best feed conversion ratio, the highest average feed efficiency, and the lowest production cost per kilogram of eggs (P<0.05). The highest average egg weight was observed in the treatment containing 10% camelina meal in the diet (P<0.05). The inclusion of 20% camelina meal in the diet significantly reduced average egg weight, egg mass, feed intake, and feed efficiency (P<0.05). Camelina belongs to the *Brassica* family and species of this family contains various anti-nutritional factors such as non-starch polysaccharides, glucosinolates and phenolic compounds such as phenolic acids and tannins, which may reduce feed intake. Furthermore, these anti-nutritional factors react with proteins, enzymes or essential amino acids to form various complexes, thereby impacting nutrient digestibility and utilization in poultry. The inclusion of different levels of camelina meal had no significant effect on the egg quality traits of laying hens at 38 and 44 weeks of age. Different levels of camelina meal in the diet did not have a significant effect on serum lipid profiles and thyroid hormones of laying hens at 44 weeks of age.

Conclusion: egg quality traits, serum lipid profiles, and thyroid hormone levels did not differ significantly between different levels of camelina meal compared with the control group. In contrast, performance parameters-most notably egg mass, egg production, and feed efficiency-were significantly enhanced in the 10% and 15% camelina meal groups compared with other treatments. Additionally, the 10% and 15% camelina meal treatments exhibited the most favorable feed conversion ratios and the lowest production cost per kilogram of eggs. Consequently, the inclusion of Camelina meal at a level of up to 15% in the diet of laying hens, replacing a portion of the soybean meal, is recommended.
Keywords: Egg mass, Egg production, Feed conversion ratio, Lipid profile, Poultry

تأثیر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله کاملینا با کنجاله سویا بر عملکرد، ویژگی‌های کیفیت تخم-مرغ و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار

علی داد بوستانی[۱]، محمدجواد آگاه[۲]*، الناز کمی[۳] ، محمد جواد ابرقوئی[۱]، مجید هاشمی[۴] ، رهام رحمانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۸/۱۳

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۲- دانشیار، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۳- دانشجوی دکتری تخصصی علوم دامی، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۴- دانشیار پژوهشی شعبه شیراز، موسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۵- استادیار، بخش اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
*Corresponding Author's Email: mjagah1400@gmail.com
https://doi.org/10.22067/ijasr.2026.100099.1324

چکیده

کنجاله کاملینا، محصول جانبی حاصل از استخراج روغن از دانه کاملینا است. این فرآورده با دارا بودن پروتئین نسبتاً بالا، و مقدار قابل توجهی روغن باقیمانده، یک منبع مناسب پروتئین و انرژی در تغذیه طیور است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات کاربرد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار سویه نیک چیک انجام شد. بدین منظور تعداد ۱۶۰ قطعه مرغ تخم‌گذار در سن ۳۲ هفتگی در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، چهار تکرار و ۸ قطعه مرغ در هر تکرار توزیع شدند. تیمار۱، جیره شاهد بر پایه دانه ذرت و کنجاله سویا، تیمارهای ۲ تا ۵ به‌ترتیب گنجاندن سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره بودند. استفاده از سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره غذایی مرغ‌های تخم‌گذار بیشترین میزان توده تخم‌مرغ تولیدی، درصد تخم‌گذاری، بهترین ضریب تبدیل خورک، بیشترین میانگین بازده خوراک و کمترین هزینه خوراک کیلوگرم تخم‌مرغ تولیدی در مقایسه با سایر تیمارها را داشت ($P<0/05$). بیشترین میانگین وزن تخم‌مرغ مربوط به تیمار ۱۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره بود ($P<0/05$). استفاده از ۲۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار کمترین میانگین وزن تخم‌مرغ، توده تخم‌مرغ تولیدی، مصرف خوراک و میانگین بازده خوراک را داشت ($P<0/05$). استفاده از سطوح مختلف کنجاله کاملینا اثر معنی‌داری بر میانگین صفات کیفیت تخم‌مرغ و فراسنجه‌های لیپیدی و هورمونی سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار نداشت. بنابراین با توجه به شاخص‌های عملکردی و اقتصادی، استفاده از کنجاله کاملینا تا سطح ۱۵ درصد در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: توده تخم‌مرغ، درصد تخم‌گذاری، ضریب تبدیل خوراک، طیور، فراسنجه‌های لیپیدی

مقدمه

مطالعه بر روی جیره‌های غذایی متعادل شده با استفاده از منابع خوراکی داخلی با توجه به شرایط و ویژگی‌های موجود در کشور ضرورتی انکارناپذیر است. یکی از مسائل مهم در کشور ایران شرایط اقلیمی خاص، خشکسالی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی‌ها می‌باشد که تولید هرگونه مواد غذایی و محصولات کشاورزی را منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب کرده است (Kahrizi and Rostami-Ahmadvandi, 2015). با استفاده از منابع خوراکی کم آب‌بر و مقاوم به شرایط خشکی می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، هزینه‌های تولیدات دامی را نیز کاهش داد. یکی از این منابع خوراکی جدید، گیاه کاملینا (*Camelina sativa*) است.

گیاه کاملینا جزء خانواده براسیکا بوده و خاستگاه اصلی این گیاه کشورهای فنلاند و رومانی و کوهستان اورال است (Mierlita and Vicas, 2015). از ویژگی‌های این گیاه می‌توان به نیاز آبی کم، سازگاری با شرایط شوری خاک و شرایط دشوار آب و هوایی، پتانسیل کاشت در شرایط دیم، مقاوم به بیماری و آفات و نیازهای تغذیه‌ای کم اشاره کرد (Paula *et al*., 2019). دانه‌های کاملینا حدود ۴۰ درصد چربی و ۳۲-۲۷ درصد پروتئین خام دارد. چربی این گیاه حاوی ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه است. روغن کاملینا حاوی ۲۵-۱۲ درصد اسید اولئیک، ۲۰-۱۰ درصد اسید لینولئیک، ۴۰-۲۰ درصد آلفا – لینولئیک و ۳ درصد اسید اروسیک است (Paula *et al*., 2019). همچنین دانه این گیاه منبع خوبی از ویتامین‌ها از قبیل ویتامین‌های B1، B3، B5 و گاماتوکوفرول، مواد معدنی مانند آهن، منگنز، روی و ترکیبات فنولیک می‌باشد (Juodka *et al*., 2022). کنجاله کاملینا دارای ارزش غذایی بالایی است. این کنجاله حاوی مقدار ۹۳-۹۱ درصد ماده خشک، ۴۶-۳۰ درصد پروتئین خام، ۲۶-۵ درصد چربی خام، ۳۴-۲۳ درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ۲۴-۱۱ درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی است (Paula *et al*., 2019; Juodka *et al*.,

(2022. پروتئین کنجاله کاملینا غنی از اسید آمینه‌های ضروری آرژنین، سیستئین، لیزین، متیونین و ترئونین برای طیور است. این کنجاله حاوی اسید چرب امگا ۳، ترکیبات آنتی‌اکسیدان، فنولیک و توکوفرول است که در کیفیت گوشت طیور نقش مهمی دارند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری چربی‌ها را در محصولات طیور بهبود داده و سودمندی اقتصادی محصولات را افزایش می‌دهد (Oryschak *et al*., 2020; Juodka *et al*., 2022). علاوه بر این، به‌عنوان عضوی از خانواده براسیکا انتظار می‌رود دانه‌های کاملینا حاوی ترکیبات ضد تغذیه‌ای مانند گلوکوزینولات‌ها و سیناپین باشد. سطح گلوکوزینولات در دانه‌های کاملینا از ژنوتیپ‌های مختلف بین ۱۵/۲ تا ۲۴/۶ میلی‌مول بر کیلوگرم و در کنجاله کاملینا ۳۴/۴ میلی‌مول بر کیلوگرم گزارش شده است (Sizmaz *et al*., 2016). مطالعات در زمینه گنجاندن گیاه کاملینا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار نتایج متناقضی داشته است. در پژوهشی افزودن ۱۰ درصد دانه کاملینا به جیره مرغ‌های تخم‌گذار، تولید تخم‌مرغ را ۵/۱ درصد بهبود بخشیده و همچنین میزان مصرف خوراک را در مقایسه با گروه شاهد به میزان ۹/۴۴ گرم به ازای هر پرنده در روز افزایش داده است (Cherian and Quezada, 2016). افزودن ۱۰ درصد کنجاله کاملینا به جیره مرغ‌های تخم‌گذار، تولید تخم‌مرغ را در مقایسه با جیره شاهد به میزان ۸ درصد افزایش داده، بدون اینکه بر وزن تخم‌مرغ تأثیر بگذارد (Aziza *et al*., 2013). استفاده از کنجاله کاملینا در جیره مرغ‌های تخم‌گذار به میزان ۱۵ درصد تولید تخم‌مرغ را به‌طور معنی‌داری کاهش داده است (Cherian *et al*., 2009)، درحالی‌که افزودن ۲۰ درصد کنجاله کاملینا تأثیر منفی بر مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و تولید تخم‌مرغ نداشته است (Lolli *et al*., 2020). برخی پژوهشگران با افزودن ۵ درصد (Cherian *et al*., 2009) یا ۱۰ درصد (Kakani *et al*., 2012; Lolli *et al*., 2020) کنجاله کاملینا تفاوت معنی‌داری در کیفیت تخم‌مرغ مشاهده نکردند. در مقابل، برخی دیگر گزارش کردند که افزودن ۱۰ درصد کنجاله کاملینا باعث افزایش (Orczewska-Dudek *et al*., 2020) یا کاهش رنگ زرده و همچنین کاهش وزن زرده (Cherian *et al*., 2009; Aziza *et al*., 2013) شده است. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی امکان استفاده و تعیین سطوح مناسب جایگزینی کنجاله کاملینا به‌جای کنجاله سویا در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار سویه نیک چیک از طریق ارزیابی عملکرد تولیدی، ویژگی‌های کیفیت تخم‌مرغ و ارزیابی شاخص‌های اقتصادی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سالن مرغ تخم‌گذار بخش خصوصی واقع در شهرستان کوار استان فارس انجام شد. شهرستان کوار با عرض جغرافیایی ۱۱ درجه و ۲۹ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۲ درجه و ۵۲ دقیقه و متوسط ارتفاع ۱۵۸۹ متر از سطح دریا در فاصله ۵۵ کیلومتری شمال شهر شیراز قرار دارد.

پرنده‌ها و مدیریت پرورش

سویه مورد مطالعه در این پژوهش سویه تخم‌گذار نیک چیک (Nick Chik) بود. در سن ۱۸ هفتگی نیمچه‌های تخم‌گذار واکسینه شده برعلیه بیماری‌های برونشیت و نیوکاسل خریداری شده و سپس نیمچه‌ها در قفس‌های تخم‌گذاری با درجه حرارت بین ۲۰ تا ۲۲ درجه پرورش داده شدند. شرایط پرورش از قبیل نور، دما و تهویه طبق توصیه راهنمای پرورش سویه نیک چیک برای کلیه واحدهای آزمایشی تأمین شد. سیکل نوری از ۱۲ ساعت روشنایی در روز در سن ۱۸ هفتگی به ۱۶ ساعت در روز تا سن ۲۲ هفتگی (شدت نور ۱۲ لوکس) افزایش یافت. سالن به‌طور یکنواخت در طی شبانه روز تهویه شد (H&N, 2020). آزمایش از سن ۳۲ هفتگی شروع شده و به مدت ۱۲ هفته (تا سن ۴۴ هفتگی) ادامه پیدا کرد. تعداد ۱۶۰ قطعه مرغ تخم‌گذار به واحدهای آزمایشی اختصاص داده شد. واحدهای آزمایشی با در نظر گرفتن دو قفس کنار هم که در هر قفس تعداد چهار قطعه مرغ تخم‌گذار با میانگین وزن مشابه قرار داده شد، مشخص شدند. بنابراین در هر واحد آزمایشی تعداد ۸ قطعه مرغ تخم‌گذار در نظر گرفته شد. آزمایش از سن ۳۲ هفتگی شروع و به مدت ۱۲ هفته (تا سن ۴۴ هفتگی) ادامه پیدا کرد.

تیمارهای آزمایشی

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، چهار تکرار و ۸ قطعه مرغ تخم‌گذار در هر واحد آزمایشی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره شاهد بر پایه ذرت و کنجاله سویا ۲) استفاده از ۵ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره، ۳) استفاده از ۱۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره، ۴) استفاده از ۱۵ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره و ۵) استفاده از ۲۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره بودند. جیره‌های آزمایشی بر اساس راهنمای پرورش مرغ تخم‌گذار سویه نیک چیک تنظیم شدند (جدول ۱) (H&N, 2020).

تعیین ترکیب شیمیایی کنجاله کاملینا

در این پژوهش، رقم کاملینا مورد استفاده رقم سهیل بود. ترکیبات شیمیایی کنجاله کاملینا شامل ماده خشک، پروتئین خام، فیبر خام، خاکستر و چربی خام با روش AOAC (۲۰۰۵) در آزمایشگاه تغذیه دام و طیور بخش تحقیقات علوم دامی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس اندازه‌گیری شد و عصاره عاری از ازت (NFE[1]) آن از معادله ۱ به‌دست آمد (Pond, 2004) (جدول ۲).

۱) $NFE = 100 - (\%EE + \%Ash + \%CP + \%Fiber)$

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های پایه و آزمایشی

Table 1- Ingredient and chemical composition of basal and experimental diets

اجزای خوراکی (درصد) Ingredients (%)	جیره‌های آزمایشی Experimental diets				
	شاهد Control	۵ درصد کنجاله کاملینا 5% Camelina meal	۱۰ درصد کنجاله کاملینا 10% Camelina meal	۱۵ درصد کنجاله کاملینا 15% Camelina meal	۲۰ درصد کنجاله کاملینا 20% Camelina meal
ذرت Corn	58.72	57.53	56.41	55.27	54.10
کنجاله کاملینا (۳۷ درصد پروتئین خام) Camelina meal (37% Crude protein)	0	5	10	15	20
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44% Crude protein)	26.86	22.78	18.65	14.52	10.39
گلوتن ذرت Corn gluten	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
سنگ آهک (کربنات کلسیم) Limestone (Calcium carbonate)	9.28	9.30	9.30	9.33	9.34
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.42	1.40	1.37	1.32	1.31
نمک Common Salt	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29
بیکربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
ال- ترئونین L-Threonine	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
ال- لیزین کلراید L-Lysine HCl	0.02	0.02	0.04	0.06	0.10
دی ال- متیونین DL-Methionine	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16
روغن سویا Soybean oil	1.80	2.08	2.33	2.59	2.85

[1] Nitrogen Free Extract

مکمل ویتامین و معدنی[1] Vitamin and Mineral premix[1]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ویتامین E و D Vitamin E and D	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
ترکیبات محاسبه شده **Calculated compositions**					
انرژی قابل متابولیسم ظاهری (کیلوکالری بر کیلوگرم) Apparent metabolizable energy (kcal/kg)	2750	2750	2750	2750	2750
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	17.10	17.09	17.10	17.09	17.10
کلسیم (درصد) Calcium (%)	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
متیونین کل (درصد) Total Methionine (%)	0.45	0.43	0.43	0.42	0.42
متیونین + سیستئین کل (درصد) Total Methionine + Cysteine (%)	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72
لیزین کل (درصد) Total Lysine (%)	0.90	0.88	0.88	0.88	0.88
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16

[1]هرکیلوگرم جیره حاوی: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ کوله کلسیفرول، ۲۳۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۲۱ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K3، ۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B12، ۰/۰۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۴ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین؛ ۴ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۱ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۰۳ میلی‌گرم؛ پیرودوکسین، ۴ میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۸۴۰ میلی‌گرم؛ اتوکسی کوئین، ۰/۱۲۵ میلی‌گرم؛ سولفات منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم (سلنات سدیم)، ۰/۲ میلی‌گرم؛ ید، ۱ میلی‌گرم؛ سولفات مس، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۵۰ میلی‌گرم بود.

[1] Per kilogram of diet contains: Vitamin A: 11000 IU; Vitamin D_3: 2300 IU; Vitamin E: 121 IU; Vitamin K_3: 2 mg; Vitamin B_{12}: 0.02 mg; Thiamine: 4 mg; Riboflavin: 4 mg; Folic acid: 1 mg; Biotin: 0.03 mg; Vitamin B_6: 4 mg; Choline Chloride: 840 mg; Etoxyquin: 0.125 mg; Manganese (II) sulfate: 100 mg; Se (Sodium selenite): 0.2 mg; Iodine: 1 mg; Copper (II) sulfate: 100 mg and Fe: 50 mg.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی و مقدار گلوکوزینولات کنجاله کاملینا (رقم سهیل)

Table 2- Chemical composition and glucosinolate content of camelina meal (Soheil variety)

انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم)[1] Metabolizable energy (Kcal/kg)[1]	عصاره عاری از ازت (درصد) Nitrogen free extract (%)	چربی خام (درصد) Ether extract (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	فیبر خام (درصد) Crude fiber (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	گلوکوزینولات کل (میکرومول در گرم ماده خشک)[2] Total glucosinolate (µmol/g DM)
2130	38.69	6.30	7.01	11	37	95.12	36.48

[1]میانگین مقادیر انرژی قابل متابولیسم از مقالات در نظر گرفته شد (Kakani *et al*., 2012; Pekel *et al*., 2015; Sizmaz *et al*., 2016).

[1]The mean values of metabolizable energy were derived from the articles (Kakani *et al*., 2012; Pekel *et al*., 2015; Sizmaz *et al*., 2016).

[2] سنجش کمی گلوکوزینولات‌ها با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع–طیف‌سنجی جرمی (LC-MS) و بر اساس روش رسمی HPLC (استاندارد ISO9167-1؛ Russo و Reggiani، ۲۰۱۷) در آزمایشگاه بخش خصوصی انجام شد.

عملکرد تولید تخم‌مرغ

صفات عملکردی شامل خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شد. میانگین خوراک مصرفی روزانه هر پرنده، با احتساب تلفات و بر اساس گرم/پرنده/روز با استفاده از معادله‌های ۲ و ۳ محاسبه شد (Agah *et al*., 2019).

۲) مرغ روز = مجموع تعداد مرغ‌های زنده در هر روز طی دوره آزمایش

$$\text{۳) خوراک مصرفی} = \frac{\text{گرم خوراک باقیمانده در انتهای دوره} - \text{گرم خوراک توزیع شده ابتدای دوره}}{\text{پرنده/روز}}$$

ضریب تبدیل خوراک در یک دوره زمانی برای یک واحد آزمایشی و یا گروه پرندگان، از تقسیم گرم خوراک مصرفی روزانه بر وزن تجمعی تخم‌های تولیدی همان گروه محاسبه شد (Agah *et al*., 2019).

برای اندازه‌گیری درصد تخم‌گذاری، تخم مرغ‌های هر واحد آزمایشی روزانه ساعت ۸ صبح جمع‌آوری، شمارش و رکوردها شامل تعداد تخم‌مرغ‌های مشکل‌دار از نظر پوسته (تخم‌مرغ‌های بی‌پوسته یا لمبه، تخم‌مرغ‌های با پوسته شکسته و تخم‌مرغ‌های بدشکل) و تعداد تخم‌مرغ‌های سالم و وزن تخم‌مرغ‌ها به‌همراه تعداد تلفات احتمالی روزانه هر تکرار ثبت شدند. درصد تولید در نهایت از معادله ۴ محاسبه شد (Baylan *et al*., 2024).

$$\text{۴)درصد تولید} = \frac{\text{تعداد تخم‌مرغ تولیدی}}{\text{تعداد مرغ‌های زنده موجود}}$$

میانگین وزن تخم‌مرغ‌ها از معادله ۵ به‌دست آمد. در این معادله، منظور از وزن کل تخم‌مرغ شامل همه تخم‌مرغ‌ها اعم از شکسته، لمبه و بدشکل است (Agah *et al*., 2019).

$$\text{۵)گرم میانگین وزن تخم مرغ} = \frac{\text{گرم وزن‌کل تخم مرغ گروه آزمایشی}}{\text{تعداد کل تخم مرغ تولیدی گروه آزمایشی}}$$

گرم توده تخم‌مرغ تولیدی از حاصل ضرب میانگین وزن تخم‌مرغ پرنده در دوره مورد نظر در میزان تخم‌مرغ تولیدی (درصد) به‌دست آمد (Agah *et al*., 2019).

صفات کیفیت تخم‌مرغ

ویژگی‌ها کیفیت تخم‌مرغ شامل واحد هاو (Haugh unit)، وزن پوسته، ضخامت پوسته، درصد سفیده، درصد زرده، درصد پوسته و شاخص رنگ زرده در دو مرحله (ابتدای هفته‌های ۳۸ و ۴۴) بر روی ۴ عدد تخم‌مرغ (سالم و بدون ترک خوردگی با اندازه متوسط) از هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن پوسته، ابتدا محتویات پوسته تخم‌مرغ‌ها تمیز شده و پوسته‌ها به مدت ۴۸ ساعت برای خشک شدن در دمای اتاق نگه‌داری شدند. بعد از خشک شدن، وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius, TE153S, Germany) اندازه‌گیری شد (Yılmaz *et al*., 2011). پس از محاسبه وزن پوسته (گرم) و تقسیم آن به وزن کل تخم (گرم)، حاصل آن در ۱۰۰ ضرب شده و درصد پوسته تخم‌مرغ به‌عنوان معیاری از کیفیت پوسته مورد ارزیابی قرار گرفت (Yılmaz *et al*., 2011). برای اندازه‌گیری ضخامت پوسته، ابتدا ضخامت پوسته تخم‌مرغ با استفاده از ریزسنج دیجیتال (مدل FE20) با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر در سه نقطه نوک پهن، وسط و نوک باریک اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان ضخامت نهایی پوسته در نظر گرفته شد (Baylan *et al*., 2024). برای مشخص کردن رنگ زرده از واحد راش (Rhosh) استفاده شد (Wu *et al*., 2005). از تقسیم وزن زرده به وزن تخم‌مرغ (گرم)، حاصل آن، در ۱۰۰ ضرب شده و درصد زرده تخم‌مرغ به‌عنوان معیاری از کیفیت زرده مورد ارزیابی قرار گرفت (Yılmaz *et al*., 2011). با کم کردن وزن زرده و وزن پوسته از وزن کل تخم‌مرغ، وزن سفیده بر حسب گرم محاسبه شد. سپس از تقسیم وزن سفیده به وزن تخم‌مرغ (گرم) و ضرب حاصل آن در ۱۰۰،

درصد سفیده تخم‌مرغ به‌عنوان معیاری از کیفیت سفیده مورد ارزیابی قرار گرفت (Yılmaz *et al*., 2011). برای تعیین واحد هاو، ارتفاع سفیده غلیظ از یک نقطه مشخص برای تمامی تخم‌مرغ‌ها با استفاده از دستگاه ارتفاع سنج (TESA Cal, IP65, SWISS) اندازه‌گیری و با استفاده از معادله ۶ واحد هاو محاسبه شد (Baylan *et al*., 2024).

$$۶)\ HU = 100 \log (H + 7.57 - 1.7\ W^{0.37})$$

در این معادله، HU: واحد هاو، H: ارتفاع سفیده (میلی‌متر) و W: وزن تخم‌مرغ (گرم) است.

ارزیابی اقتصادی جیره‌های آزمایشی

هزینه کیلوگرم جیره مصرفی (CF_j) برای هر تیمار با در نظر گرفتن درصد مصرفی هر نهاده در جیره و متوسط قیمت نهاده در طول دوره اجرای پژوهش از طریق معادله ۷ محاسبه شد (Kay, 1991; Shakeri, 2010).

$$۷)\ CF_j = (Pe_{ij} \times Pr_{ij}) + \cdots + (Pe_{nj} \times Pr_{nj})$$

در این معادله، CF_j: هزینه کیلوگرم جیره‌ی مصرفی برای هر تیمار، Pe_{ij}: درصد مصرف نهاده خوراکی i در جیره j، Pr_{ij}: متوسط قیمت نهاده خوراکی i در جیره و $i=1,2,\ldots,n$: تعداد اقلام مصرفی در جیره است

بازده خوراک، کیلوگرم افزایش وزن تخم‌مرغ به ازای ۱۰۰ کیلوگرم خوراک مصرفی برای تیمارهای مختلف می‌باشد. شاخص بازده خوراک با استفاده از رابطه ۸ محاسبه شد (Hosainy Abrandabadi *et al*., 2015).

$$۸)\ \text{بازده‌خوراک} = \left(\frac{۱}{\text{ضریب تبدیل خوراک}}\right) \times ۱۰۰$$

فراسنجه‌های خون

به‌منظور تعیین غلظت لیپیدهای خون در پایان دوره (۴۴ هفتگی) از هر واحد آزمایشی از دو پرنده در هر تکرار نمونه خون گرفته شد. پس از جداسازی سرم خون به کمک سانتریفیوژ (۲۵۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه)، در میکروتیوب‌های ۰/۵ سی‌سی تا زمان آنالیز در دمای منفی۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در آزمایشگاه مقدار کلسترول تام، لیپوپروتئین با دانسیته پایین (LDL)، لیپوپروتئین با دانسیته بالا (HDL) و تری‌گلیسرید هر نمونه پس از یخ‌گشایی توسط دستگاه اتوآنالیزر اسپکتروفتومتری (BIOSYSTEM A15, Spain) و با استفاده از کیت تجاری زیست شیمی (Ziest Chem Diagnostic, Tehran, Iran)و هورمون‌های تری یدوتیرونین (T3) و تیروکسین (T4) با کیت الایزا اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تمامی داده‌ها بعد از مرتب شدن با نرم‌افزار JMP تست نرمالیته شدند. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (SAS, 2008) و با استفاده از رویه One Way ANOVA در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. مدل آماری استفاده شده در این آزمایش به‌صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + e_{ij}$$

در رابطه فوق، Y_{ijk}: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین جامعه، A_i: اثر تیمار و e_{ij}: اثر خطای آزمایش بود.

نتایج و بحث

عملکرد و صفات کمی تولید تخم

وزن تخم‌مرغ، درصد تخم‌گذاری، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و توده تخم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۳). بیشترین میانگین وزن تخم‌مرغ را تیمارهای ۱۰ درصد کنجاله کاملینا، ۵ درصد کنجاله کاملینا و تیمار شاهد (به‌ترتیب ۶۲/۴۶، ۶۲/۴۱ و ۶۲/۳۷ گرم) داشتند، در حالی‌که کمترین میانگین وزن تخم‌مرغ مربوط به تیمار ۲۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره (۶۰/۸۹ گرم) بود (P<۰/۰۵). تیمار ۱۵ درصد کنجاله کاملینا بیشترین میزان تخم‌گذاری را داشت (۹۶/۹۰ درصد) که با تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد کنجاله کاملینا تفاوت معنی‌داری نداشت، درحالی‌که که کمترین میزان تخم‌گذاری مربوط به تیمار شاهد (۹۵/۶۵ درصد) بود (P<۰/۰۵). گروه شاهد بیشترین مقدار مصرف خوراک در طول دوره آزمایش را داشت و گروه‌های دیگر مقدار کمتری را نشان دادند، به‌طوری که از لحاظ عددی کمترین مقدار خوراک مصرفی مربوط به گروه تغذیه شده با ۲۰ درصد کنجاله کاملینا (۱۰۸/۹ گرم/پرنده/ روز) در کل دوره آزمایش بود (P<۰/۰۵). استفاده از ۲۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار باعث افزایش معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک (۱/۸۷) شد، حال آنکه در گروه تغذیه شده با ۱۰ درصد کنجاله کاملینا بهترین ضریب تبدیل خوراک (۱/۸۲) مشاهده شد، که این مقدار با ضریب تبدیل خوراک گروه تغذیه شده با ۱۵ درصد کنجاله کاملینا (۱/۸۴) تفاوت معنی‌داری نداشت (P<۰/۰۵). بالاترین مقدار عددی توده تخم‌مرغ تولیدی (۶۰/۲۳ گرم) مربوط به گروه تغذیه شده با ۱۰ درصد کنجاله کاملینا بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۵ درصد کنجاله کاملینا (۵۹/۹۱ گرم) نداشت. درحالی‌که، استفاده از بالاترین سطح کنجاله کاملینا (۲۰ درصد) در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار باعث کاهش معنی‌دار توده تخم‌مرغ تولیدی (۵۸/۶۵ گرم) شد (P<۰/۰۵).

پژوهش‌هایی که توسط محققان در سایر کشورها در مورد استفاده از کنجاله کاملینا در جیره طیور انجام شده است، نتایج یکسانی را بر عملکرد تولیدی به‌دنبال نداشته است. از جمله دلایلی که می‌توان برای تفاوت عملکرد ناشی از مصرف این کنجاله در جیره انواع طیور برشمرد شامل: ۱- تفاوت در سطح کنجاله کاملینا مصرفی در ترکیب جیره، ۲- کیفیت مختلف دانه کاملینا در شرایط متفاوت رشد و آب و هوایی که می‌تواند علاوه بر اثرگذاری بر ترکیبات شیمیایی دانه و کنجاله تولیدی بر مقدار مواد مضر تغذیه‌ای آن هم اثرگذار باشد (Orczewska-Dudek and Pietras, 2019)، ۳- روش روغن‌کشی از دانه کاملینا (استخراج حلال یا پرس سرد) که تأثیر زیادی بر ترکیبات شیمیایی و مواد مضر تغذیه‌ای کنجاله خواهد داشت (Juodka *et al*., 2022) و ۴- تفاوت گونه و سن پرنده مورد آزمایش، می‌باشد (Frame *et al*., 2007; Pekel *et al*., 2015).

در پژوهش حاضر، گروه تغذیه شده با ۲۰ درصد کنجاله کاملینا کمترین مقدار خوراک مصرفی را داشتند که احتمالاً ناشی از افزایش دریافت ترکیبات ضد تغذیه‌ای، به‌ویژه گلوکوزینولات، کاهش خوش‌خوراکی جیره و همچنین افزایش فیبر و کاهش قابلیت هضم مواد مغذی باشد (Pekel *et al*., 2009; Lolli *et al*., 2020; Oryschak *et al*., 2020). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، گزارش کردند که گنجاندن کنجاله کاملینا تا سطح ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های تولید تخم‌مرغ، مصرف خوراک و وزن زرده تخم‌مرغ در مقایسه با گروه شاهد نداشت، در حالی‌که کمترین میزان تولید تخم‌مرغ روزانه مربوط به گروه تغذیه شده با تیمار ۱۵ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره بود (Cherian *et al*., 2009). همچنین در پژوهشی تأثیر تغذیه مرغ‌های تخم‌گذار (از سن ۱۸ تا ۵۱ هفتگی) با سطوح ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد کنجاله کاملینا با مقادیر پایین گلوکوزینولات کل (۱۵/۵ میکرومول بر کیلوگرم ماده خشک) بر عملکرد، کیفیت پوسته تخم‌مرغ و شاخص رفاه مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف خوراک، وزن تخم‌مرغ تولیدی، ضریب تبدیل خوراک و رفاه پرنده تحت تأثیر سطوح مختلف کنجاله قرار نگرفت (Lolli *et al*., 2020). علاوه بر این، گزارش کردند که شاخص‌های عملکردی خوراک مصرفی، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک و درصد تلفات جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با دو تیمار افزودن ۱۰ درصد کنجاله کاملینا و ۴ درصد روغن کاملینا در جیره در مقایسه با تیمار شاهد،

از سن ۲۱ تا ۴۲ روزگی تفاوت معنی‌داری نشان نداد (Orczewska-Dudek and Pietras, 2019). در پژوهشی دیگر افزودن کنجاله کاملینا تا سطح ۹ درصد تا سن ۲۴ روزگی و ۱۸ درصد تا سن ۴۵ روزگی در ترکیب جیره جوجه‌های گوشتی سویه آرین به‌جای بخشی از کنجاله سویا به‌دلیل کاهش هزینه خوراک پرنده و نداشتن تأثیر منفی معنی‌دار بر شاخص‌های عملکردی پیشنهاد شد (Agah *et al*., 2024). در پژوهشی نیز تأثیر استفاده از ۱۰ درصد کنجاله‌کاملینا و ۱۰ درصد کنجاله‌کتان در مقایسه با تیمار شاهد در تغذیه مرغ‌های تخم‌گذار پوست قهوه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش درصد تخم‌گذاری و گرم توده تخم‌مرغ تولیدی در گروه تغذیه شده با تیمار حاوی ۱۰ درصد کنجاله‌کاملینا در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌داری نشان دادند. هرچند که گرم وزن تخم‌مرغ تولیدی و گرم وزن زرده تخم‌مرغ در گروه تغذیه شده با تیمار حاوی ۱۰ درصد کنجاله کاملینا در مقایسه با گروه شاهد، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Aziza *et al*., 2013). از آنجا که گیاه کاملینا متعلق به خانواده براسیکا است و گونه‌های این خانواده دارای عوامل ضدتغذیه‌ای مختلف مانند پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، گلوکوزینولات‌ها و ترکیبات فنولی مانند اسیدهای فنولیک و تانن هستند (Quezada and Cherian, 2012). این عوامل ضد تغذیه‌ای با پروتئین، آنزیم‌ها یا اسید آمینه‌های ضروری واکنش داده و کمپلکس‌های مختلفی را تشکیل می‌دهند، بنابراین بر قابلیت هضم و استفاده از مواد مغذی در طیور تأثیر می‌گذارند (Pekel *et al*., 2009). علاوه بر این، کاملینا حاوی بازدارنده تریپسین است که می‌تواند هضم پروتئین را نیز کاهش دهد (Budin *et al*., 1995). سایر پژوهشگران هم بیان کردند که اگرچه کاملینا منبع خوبی از پروتئین، آنتی-اکسیدان‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه است، اما وجود ترکیبات ضد تغذیه‌ای استفاده از آن را در تغذیه حیوانات محدود می‌کند (Lolli *et al*., 2020).

جدول ۳- اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر میانگین صفات عملکردی مرغ‌های تخم‌گذار در طول دوره آزمایشی (۳۴ تا ۴۴ هفتگی)

Table 3- The effect of different levels of camelina meal on the average performance parameters of laying hens during the experimental period (34 to 44 weeks of age)

شاخص‌ها Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments					خطای استاندارد میانگین SEM	سطح احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	۵ درصد کنجاله کاملینا 5% Camelina meal	۱۰ درصد کنجاله کاملینا 10% Camelina meal	۱۵ درصد کنجاله کاملینا 15% Camelina meal	۲۰ درصد کنجاله کاملینا 20% Camelina meal		
وزن تخم (گرم/پرنده/روز) Egg Weight (g\bird\d)	62.37^{a}	62.41^{a}	62.46^{a}	61.80^{b}	60.89^{c}	0.052	0.001
میزان تخم‌گذاری (٪) Egg Production rate (%)	95.65^{bc}	94.98^{c}	96.50^{ab}	96.90^{a}	96.24^{ab}	0.155	0.001
تخم‌مرغ پوسته نازک (٪) Thin shell eggs (%)	0.26	0.22	0.38	0.22	0.17	0.046	0.120
مصرف خوراک (گرم/پرنده/روز) Feed Intake (g/bird/d)	109.63^{a}	109.33^{b}	109.04^{c}	109.14^{bc}	108.90^{c}	0.041	0.001
ضریب تبدیل خوراک Feed Conversion Ratio	1.85^{ab}	1.86^{ab}	1.82^{c}	1.84^{bc}	1.87^{a}	0.004	0.002
توده تخم (گرم) Egg mass (g)	59.66^{ab}	59.27^{bc}	60.23^{a}	59.91^{ab}	58.65^{c}	0.106	0.001

SEM: خطای استاندارد میانگین؛ $^{a-c}$: در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌داری دارند ($P<0.05$).

SEM: Standard error of the mean; $^{a-c}$: Means with different superscript within the same row differ significantly ($P<0.05$).

صفات کیفیت تخم‌مرغ

استفاده از سطوح مختلف کنجاله کاملینا در ترکیب جیره اثر معنی‌داری بر میانگین صفات کیفی تخم‌مرغ‌های تولیدی در سنین ۳۸ و ۴۴ هفتگی در مقایسه با تیمار شاهد نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۴). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، گزارش کردند که استفاده از ۱۶/۶ و ۲۷/۶ درصد مخلوط کنجاله ذرت و دانه کاملینا اکسترود شده در مرغ‌های تخم‌گذار اثر معنی‌داری بر صفات کیفی تخم‌مرغ شامل وزن تخم‌مرغ، وزن زرده، وزن سفیده، وزن پوسته، ضخامت پوسته، شاخص رنگ زرده، pH زرده و سفیده نداشت (Spazevski *et al*., 2020). همچنین گزارش کردند که استفاده از ۱۰ درصد کاملینای پرچرب تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های کیفیت واحد هاو، نسبت زرده به سفیده، درصد سفیده، درصد زرده و ضخامت پوسته در مقایسه با گروه شاهد نداشت (Cherian and Quezada, 2016). علاوه بر این، هیچ اثر متقابل معنی‌داری بین سن مرغ و رژیم غذایی با استفاده از سطوح ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار بر روی درصد و ضخامت پوسته مشاهده نکردند، هرچند درصد پوسته در همه گروه‌ها با افزایش سن کاهش یافت (Lolli *et al*., 2020). پژوهش‌های مختلف در مورد افزودن کنجاله کاملینا در محدوده ۱۵-۳ درصد در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار تأثیر کمی بر ضخامت و درصد پوسته نشان دادند (Cherian *et al*., 2009; Vasilachi *et al*., 2012; Aziza *et al*., 2013). همچنین استفاده از کاملینا پرچرب تا سطح ۱۰ درصد در ترکیب جیره تأثیر معنی‌داری بر صفات پوسته نداشت (Cherian and Quezada, 2016). از طرفی کاربرد کنجاله کاملینا در سطوح ۵ و ۱۰ درصد به‌طور قابل توجهی مقاومت پوسته در برابر شکستگی را افزایش داد (Quezada and Cherian, 2012; Lolli *et al*., 2020). گزارش کردند که مولکول‌های فعال زیستی (فنول‌ها، توکوفرول‌ها و فلاونوئیدها) موجود در کنجاله کاملینا می توانند در محافظت از پوسته تخم‌مرغ با افزایش سن مرغ‌ها نقش داشته باشند (Quezada and Cherian, 2012; Lolli *et al*., 2020). از طرف دیگر، در پژوهشی تفاوت قابل توجهی در ضخامت پوسته بین دو گروه کاملینا گزارش کردند، به‌طوری‌که کاربرد ۱۰ درصد کاملینا، ضخامت پوسته را به‌طور قابل توجهی کمتر از سطح ۵ درصد کاملینا نشان داد که در تضاد با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. با این حال، تفاوت‌های حاصل بین نتایج ذکر شده در مورد اثرات کنجاله کاملینا بر کیفیت پوسته در برخی از پژوهش‌ها، می‌تواند در ارتباط با ژنوتیپ و سن مرغ و درصد کاملینای بکار رفته در جیره باشد (Kakani *et al*., 2012). علاوه بر این، استفاده از کنجاله کاملینا تا سطح ۱۵ درصد جیره باعث کاهش معنی‌دار رنگ زرده تخم‌مرغ، نسبت زرده و نسبت زرده به سفیده تخم‌مرغ و افزایش معنی‌دار نسبت سفیده شد، که در تضاد با نتایج پژوهش حاضر بود (Cherian *et al*., 2009). دلیل مشخصی در ارتباط با کاهش نسبت زرده بیان نشد، اما کاهش رنگ زرده ممکن است به‌دلیل این مسئله باشد که پس از فرآیند روغن‌کشی دانه کاملینا و خروج درصد بالای روغن از دانه، میزان رنگدانه‌های محلول در چربی مثل کاروتنوئیدها کاهش پیدا می‌کند (Cherian *et al*., 2009).

جدول ٤- اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر میانگین صفات کیفی تخم‌مرغ‌های تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار در سنین ۳۸ و ۴۴ هفتگی

Table 4- The effect of different levels of camelina meal on the average quality traits of eggs produced by laying hens at 38 and 44 weeks of age

شاخص‌ها Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments					خطای استاندارد میانگین SEM	سطح احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	۵ درصد کنجاله کاملینا 5% Camelina meal	۱۰ درصد کنجاله کاملینا 10% Camelina meal	۱۵ درصد کنجاله کاملینا 15% Camelina meal	۲۰ درصد کنجاله کاملینا 20% Camelina meal		
واحد هاو Haugh Unit							

در سن ۳۸ هفتگی At 38 weeks of age	90.65	91.31	90.83	90.48	90.53	0.434	0.094
در سن ۴۴ هفتگی At 44 weeks of age	89.51	90.70	89.62	89.53	88.48	0.454	0.696
نسبت پوسته (٪) Eggshell Ratio (%)							
در سن ۳۸ هفتگی At 38 weeks of age	10.10	10.12	10.04	10.51	9.99	0.069	0.317
در سن ۴۴ هفتگی At 44 weeks of age	9.26	10.26	9.72	10.20	10.07	0.174	0.554
نسبت سفیده (٪) Albumen Ratio (%)							
در سن ۳۸ هفتگی At 38 weeks of age	62.58	62.41	63.22	62.26	63.26	0.226	0.700
در سن ۴۴ هفتگی At 44 weeks of age	62.06	61.80	62.95	61.88	62.67	0.275	0.256
نسبت زرده (٪) Yolk Ratio (%)							
در سن ۳۸ هفتگی At 38 weeks of age	27.32	27.50	26.74	27.23	26.83	0.209	0.798
در سن ۴۴ هفتگی At 44 weeks of age	27.91	27.94	27.33	27.92	27.26	0.267	0.345
ضخامت پوسته (میلی‌متر) Eggshell Thickness (mm)							
در سن ۳۸ هفتگی At 38 weeks of age	0.49	0.50	0.49	0.49	0.48	0.004	0.915
در سن ۴۴ هفتگی At 44 weeks of age	0.45	0.46	0.44	0.45	0.45	0.003	0.958
شاخص رنگ زرده (راش) Yolk Color Index (Rhosh)							
در سن ۳۸ هفتگی At 38 weeks of age	6.05	6.38	6.20	6.28	6.24	0.072	0.981
در سن ۴۴ هفتگی At 44 weeks of age	6.65	6.70	6.67	6.65	6.65	0.014	0.817
وزن مخصوص تخم Egg specific gravity							
در سن ۳۸ هفتگی At 38 weeks of age	1.087	1.087	1.086	1.089	1.086	0.0004	0.344
در سن ۴۴ هفتگی At 44 weeks of age	1.083	1.088	1.085	1.088	1.087	0.0009	0.558

SEM: خطای استاندارد میانگین.

SEM: Standard error of the mean.

ارزیابی اقتصادی جیره‌های آزمایشی

اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر شاخص‌های اقتصادی مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۵ نشان داده شده است. پرندگان تغذیه شده با تیمارهای ۱۰ درصد کنجاله کاملینا، ۵ درصد کنجاله کاملینا و شاهد بیشترین میزان میانگین تخم‌مرغ تولیدی را داشتند (به‌ترتیب ۶۲/۴۴، ۶۲/۳۹ و ۶۲/۳۶ گرم در روز) (P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان میانگین هزینه خوراک کیلوگرم تخم‌مرغ تولیدی به‌ترتیب مربوط به گروه‌های تغذیه شده با تیمارهای شاهد و ۱۰ درصد کنجاله کاملینا در جیره (۲۸۳۵۳۵/۱ و ۲۷۷۹۱۸/۰۷ ریال) بود. کمتر بودن میانگین هزینه خوراک کیلوگرم تخم‌مرغ

تولیدی در گروه ۱۰ در صد کنجاله کاملینا را می‌توان به نرخ بیشتر تولید در مقایسه با سایر گروه‌ها و کمتر بودن قیمت کنجاله کاملینا در مقایسه با کنجاله سویا نسبت داد.

جدول ۵- اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر شاخص‌های اقتصادی مرغ‌های تخم‌گذار در طول دوره آزمایش (۳۴ تا ۴۴ هفتگی)

Table 5- The effect of different levels of camelina meal on economic indicators of laying hens during the experimental period (34 to 44 weeks of age)

شاخص‌ها Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments					خطای استاندارد میانگین SEM	سطح احتمال معنی‌داری P-value
	شاهد Control	۵ درصد کنجاله کاملینا 5% Camelina meal	۱۰ درصد کنجاله کاملینا 10% Camelina meal	۱۵ درصد کنجاله کاملینا 15% Camelina meal	۲۰ درصد کنجاله کاملینا 20% Camelina meal		
*هزینه خوراک کیلوگرم تخم‌مرغ تولیدی (هزار ریال) *Feed cost per kilogram of eggs produced (1000 Rials)	283.54^{a}	281.37^{a}	277.92^{c}	278.85^{c}	281.44^{b}	612.76	<0.0001
میانگین بازده خوراک (درصد) Average feed efficiency (%)	56.9^{ba}	57.07^{a}	57.3^{a}	56.68^{cb}	55.91^{d}	0.05	<0.0001

SEM: خطای استاندارد میانگین؛ $^{a-d}$: در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌داری دارند (P<0.05).

*محاسبه هزینه خوراک بر اساس قیمت‌های زمان انجام پژوهش در اسفند ۱۴۰۲ لغایت تیر ۱۴۰۳ است.

SEM: Standard error of the mean; $^{a-d}$: Means with different superscript within the same row differ significantly (P<0.05).
*The feed cost was calculated based on prices at the time of the research from February 2024 to June 2024.

فراسنجه‌های خون

استفاده از سطوح مختلف کنجاله کاملینا در ترکیب جیره اثر معنی‌داری بر فراسنجه‌های لیپیدی و هورمونی سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۴۴ هفتگی نداشت (جدول ۶). در پژوهشی با استفاده از دو سطح ۵ و ۱۰ درصد کنجاله کاملینا در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار مقدار کلسترول در زرده تخم‌مرغ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نشان نداد (Kakani *et al*., 2012). همچنین گزارش کردند که استفاده از کنجاله کاملینا تا سطح ۹ درصد تا سن ۲۴ روزگی و ۱۸درصد تا ۴۵سن روزگی در ترکیب جیره جوجه‌های گوشتی سویه آرین، بر میانگین فراسنجه‌های لیپیدی (لیپوپروتئین با دانسیته بالا، لیپوپروتئین با دانسیته پایین، کلسترول‌تام و تری‌گلیسرید)، فراسنجه‌های پروتئینی (پروتئین تام، آلبومین و گلوبولین)، فراسنجه‌های آنزیمی (ALT، AST و ALP) و هورمونی سرم خون (T3 و T4) اثر معنی‌داری نداشت (Agah *et al*., 2024). در مقابل، گزارش کردند که گنجاندن کنجاله کاملینا در جیره به‌طور خطی باعث افزایش سطح تیروکسین (T4) شد. همچنین سطح سرمی تری یدوتیرونین (T3) در جوجه‌های گوشتی که با ۸ درصد یا ۱۶درصد تغذیه شده بودند در مقایسه با جوجه‌های تغذیه شده با ۲۴درصد کنجاله کاملینا بیشتر بود. الگوهای مشاهده شده در سطح سرمی T3 و T4 ممکن است به‌دلیل تفاوت در سطوح مواد مغذی قابل هضم ناشی از افزایش سطح گنجاندن کنجاله کاملینا در جیره‌های آزمایشی باشد (Oryschak *et al*., 2020).

جدول ٦- اثر سطوح مختلف کنجاله کاملینا بر فراسنجه‌های لیپیدی و هورمونی سرم خون مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۴۴ هفتگی

Table 6- The effect of different levels of camelina meal on serum lipid and hormonal profiles of laying hens at 44 weeks of age

	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments

شاخص‌ها Items	شاهد Control	۵ درصد کنجاله کاملینا 5% Camelina meal	۱۰ درصد کنجاله کاملینا 10% Camelina meal	۱۵ درصد کنجاله کاملینا 15% Camelina meal	۲۰ درصد کنجاله کاملینا 20% Camelina meal	خطای استاندارد میانگین SEM	سطح احتمال معنی‌داری P-value
	میلی‌گرم بر دسی‌لیتر mg/dl						
تری‌گلیسیرید Triglyceride	720	704	674	664	683	9.88	0.403
لیپوپروتئین با دانسیته بالا High-density lipoprotein	73	67	69	74	78	2.03	0.482
لیپوپروتئین با دانسیته پایین Low-density lipoprrptein	50	46	48	37	57	4.59	0.743
کلسترول تام Total cholesterol	167	155	140	162	138	5.88	0.460
	میلی‌گرم بر نانوگرم mg\ng						
تری یدوتیرونین (T3) Triiodothyronine (T3)	0.98	1.00	0.83	0.95	0.80	0.04	0.316
تیروکسین (T4) Thyroxine (T4)	0.48	0.38	0.30	0.35	0.40	0.03	0.464

SEM: خطای استاندارد میانگین

SEM: Standard error of the mean

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر ویژگی‌های کیفیت تخم‌مرغ و فراسنجه‌های لیپیدی و هورمون‌های تیروئیدی سرم خون تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کنجاله کاملینا و تیمار شاهد نداشت. اما شاخص‌های عملکردی که مهمترین آن گرم توده تخم‌مرغ تولیدی است و همچنین درصد تخم‌گذاری و بازده خوراک در تیمارهای ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله کاملینا نسبت به تیمارهای دیگر به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. علاوه بر این، بهترین ضریب تبدیل خورک و کمترین هزینه خوراک کیلوگرم تخم‌مرغ تولیدی نیز در تیمارهای ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله کاملینا مشاهده شد. بنابراین استفاده از کنجاله کاملینا تا سطح ۱۵ درصد در ترکیب جیره مرغ‌های تخم‌گذار به‌جای بخشی از کنجاله سویای جیره قابل توصیه است.

Refrences

1. Agah, M. J., Boostani, A., Rahmani, R., Noorollahi, H., Hashemi, M., Jokar, L., Izadi, G. H., Movasaghi, S., Jazayeri, S. A., & Moshtaghian, A. M. (2019). Comparison of the effect Multi-Behsil probiotic with a common commercial pribiotic on performance, blood parameters, egg quality, egg yolk cholesterol levels, and immune system of laying hens. Final Report of the Research Project, Institute of Animal Science Research, page 47. (In Persian).
2. Agah, M. J., Rahmani, R., Boostani, A., Amiri Ghanatsaman, Z., Movasaghi, S., Abarghuei, M. J., Alizadeh Ghamsari, A. H., & Asian, F. (2024). The effect of using different levels of camelina meal in Arian strain broiler chicken diet on performance, carcass characteristics and some blood parameters. Final Report of the Research Project, Institute of Animal Science Research, page 57. (In Persian).
3. AOAC International. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC International, Arlington, VA.

4. Aziza, A. E., Panda, A. K., Quezada, N., & Cherian, G. (2013). Nutrient digestibility, egg quality, and fatty acid composition of brown laying hens fed camelina or flaxseed meal. *Journal of Applied Poultry Research*, *22*,832-841. http://dx.doi.org/10.3382/japr.2013-00735
5. Baylan, M., Kursun, K., Abdallah, N., Celik, L. B., Yenilmez, F., & Kutay, H. (2024). The effect of housing systems on the growth, egg production, overall egg weight and egg quality traits of a new Turkish laying hen hybrid, *Akbay*. *Brazilian journal of Poultry Science*, *26*(3),001-014. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2024-1924
۶. Budin, J. T., Breene, W. M., & Putnam, D. H. (1995). Some compositional properties of camelina (Camelina sativa L. Crantz) seeds and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *72*,309-315. https://doi.org/10.1007/BF02541088
7. Cherian, G., & Quezada, N. (2016). Egg quality, fatty acid composition and immunoglobulin Y content in eggs from laying hens fed full fat camelina or flax seed. *Journal of Animal Science Biotechnology*, *7*,2-8. https://doi.org/10.1186/s40104-016-0075-y
8. Cherian, G., Campbell, A., & Parker, T. (2009). Egg quality and lipid composition of eggs from hens fed *Camelina sativa*. *Journal of Applied Poultry Research*, *18*,143-150. https://doi.org/10.3382/japr.2008-00070
9. Frame, D. D., Palmer, M., & Peterson, B. (2007). Use of *Camelina sativa* in the diets of young turkeys. *Journal of Applied Poultry Research*, *16*,381-386. https://doi.org/10.1093/japr/16.3.381
10. H&N International. 2020. Nick Chick Management Guide. H&N International GmbH, Cuxhaven, Germany.
11. Hosainy Abrandabadi, S. A., HosainyNasab, H., Pormirzayee, H. R., & Fazaeli, H. (2015). Performance of fattening lambs fed hydroponic barley green fodder. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, *106*,157-168. (In Persian). https://doi.org/10.22092/asj.2015.101357
12. Janssen, W. M. M. A. 1989. European table of energy values for poultry feedstuffs. 3rd ed. Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services, Beekbergen, Netherlands.
13. Juodka, R., Nainien, R., Juškien, V., Juška, R., Leikus, R., Kadžien, G., & Stankevicien, D. (2022). Camelina (*Camelina sativa (L.) Crantz*) as feedstuffs in meat type poultry diet: a source of protein and n-3 fatty acids. *Animals*, *12*(3),295. https://doi.org/10.3390/ani12030295
14. Kahrizi, D., & Rostami-Ahmadvandi, H. (2015). First report of camelina (*camelina sativa*) biotechnologically breeding and cultivation under dry-land conditions. The 8th Biotechnology Congress of the Islamic Republic of Iran, Shahid Beheshti University, Tehran. (In Persian).
۱۵. Kakani, R., Fowler, J., Haq, A. U., Murphy, E. J., Rosenberger, T. A., Berhow, M., & Bailey, C. A. (2012). Camelina meal increases egg n-3 fatty acid content without altering quality or production in laying hens. *Lipids*, *47*(5),519–526. https://doi.org/10.1007/s11745-012-3656-3
16. Kay, R. D. 1991. Farm management. Vol. 1. Translator: Mohammad Reza Arsalanbod. Urmia University Press. PP. 243-272. (In Persian).
17. Lolli, S., Grilli, G., Ferrari, L., Battelli, G., Pozzo, S., Galasso, I., Russo, R., Brasca, M., Reggiani, R., & Ferrante, V. (2020). Effect of different percentage of *Camelina sativa* cake in laying hens diet: performance, welfare, and eggshell quality. *Animals*, *10*(8),1396. https://doi.org/10.3390/ani10081396

18. Mierlita, D., & Vicas, S. (2015). Dietary effect of silage type and combination with camelina seed on milk fatty acid profile and antioxidant capacity of sheep milk. *South African Journal of Animal Science*, *45*,2-11. https://doi.org/10.4314/sajas.v45i1.1
19. Orczewska-Dudek, S., & Pietras, M. (2019). The effect of dietary *Camelina sativa* oil or cake in the diets of broiler chickens on growth performance, fatty acid profile, and sensory quality of meat. *Animals*, *9*(10),734. https://doi.org/10.3390/ani9100734
20. Orczewska-Dudek, S., Pietras, M., & Nowak, J. (2020). Oil and camelina cake as sources of polyunsaturated fatty acids in the diets of laying hens: effect on hen performance, fatty acid profile of yolk lipids, and egg sensory quality. *Annals of Animal Science*, *20*(4),1365-1377. https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0047
21. Oryschak, M. A., Christianson, C. B., & Beltranena, E. (2020). *Camelina sativa* cake for broiler chickens: Effects of increasing dietary inclusion on clinical signs of toxicity, feed disappearance, and nutrient digestibility. *Translational Animal Science*, *4*(2),1263-1277. https://doi.org/10.1093/tas/txaa029
22. Paula, E. M., da Silva, L. G., Brandao, V. L. N., Dai, X., & Faciola, A. P. (2019). Feeding canola, camelina, and carinata meals to ruminants. *Animals*, *9*(10),704. https://doi.org/10.3390/ani9100704
23. Pekel, A. Y., Kim, J. L., Chapple, C., & Adeola, O. (2015). Nutritional characteristics of camelina meal for 3 week-old broiler chickens. *Poultry Science*, *94*(3),371–378. https://doi.org/10.3382/ps/peu066
24. Pekel, A. Y., Patterson, P. H., Hulet, R. M., Acar, N., Cravener, T. L., Dowler, D. B., & Hunter, J.M. (2009). Dietary camelina meal versus flaxseed with and without supplemental copper for broiler chickens: Live performance and processing yield. *Poultry Science*, *88*,2392-2398. https://doi.org/10.3382/ps.2009-00051
25. Pond, W. G., D. C. Church, and K. R. Pond. 2004. Basic animal nutrition and feeding. 5th ed. Wiley, 608 pages.
26. Quezada, N., & Cherian, G. (2012). Lipid characterization and antioxidant status of the seeds and meals of *Camelina sativa* and flax. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *114*(8),974-982. https://doi.org/10.1002/ejlt.201100298
27. Russo, R. and Reggiani, R. (2017). Glucosinolates and Sinapine in Camelina Meal. *Food and Nutrition Sciences*. 8, 1063-1073. https://doi.org/10.4236/fns.2017.812078.
28. SAS. 2008. Statistical Analysis Systems. Version 9.2. Cary, NC: SAS Inst. Inc.
29. Shakeri, A. 2010. Macroeconomics: Theories and Policies. Pages 95-125. Vol. 1. Rafe Press, Tehran, Iran. (In Persian).
30. Sizmaz, O., Gunturkun, O. B., & Zentek, J. (2016). A point on nutritive value of camelina meal for broilers: a review. *International Journal of Veterinary Science*, *5*(3),114-117. Available at www.ijvets.com
31. Spazevski, N., Peulic, T., Banjac, V., Colovic, R., Pezo, L., Rakita, S., Puvaca, N., Kokic, B., Duragic, O., & Basic, Z. (2020). Influence of Extruded camelina seed and natural colourants addition in laying hens diet on egg yolk colour and fatty acid composition. *Journal of Animal & Plant Sciences*, *30*(6),1347-1356. https://doi.org/10.36899/JAPS.2020.6.0154
32. Vasilachi, A., Criste, R. D., Cornescu, M. G., Olteanu, M., Panaite, T. D., Sredanovic, S. A., & Spasevski, N. 2012. Effect of the dietary camelina meal on layer performance. Pages 1558-1563 in Proc. Central European Congress on Food (CEFood), Institute of Food Technology, Novi Sad, Serbia.
33. Wu, G., Bryant, M. M., Voitle, R. A., & Roland Sr, D. A. (2005). Performance comparison and nutritional requirement of five commercial layer strain in phase four. *International Journal of Poultry Science*, *4*,182-186. https://doi.org/10.3923/IJPS.2005.182.186

34. Yılmaz, A., Tepeliand, C., & Çağlayan, T. (2011). External and internal egg quality characteristics in Japanese quails of different plumagecolor lines. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, *9*(2),375-379. Available at www.world-food.net

نسخه پیش انتشار