



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

The interaction effect of carbohydrase enzyme and phytogetic compound on performance, digestibility, and egg quality characteristics in laying hens fed with reduced energy levels

E. Salehifar^{1*}, A. Ghasban Sakhil¹, R. Bahari Kashani¹

1. Department of Agricultural Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

(Received: 11-06-2025 – Revised: 06-08-2025 – Accepted: 06-08-2025 – Available online: 03-09-2025)

Abstract

Introduction: As the cost of high-energy feed ingredients like oils and cereals continues to rise, creating cost-effective poultry diets while maintaining production performance has become increasingly challenging. One approach to tackle this issue is to lower dietary metabolizable energy (ME) levels and offset the reduction by incorporating feed additives such as multi-enzymes and phytogetic compounds. Multi-enzymes enhance nutrient digestibility by breaking down anti-nutritional factors like non-starch polysaccharides, which improves gut function and nutrient absorption. Phytogetic compounds, sourced from herbs and spices, are recognized for their antimicrobial, antioxidant, and digestive stimulant properties. However, their effectiveness in low-energy diets is not yet fully understood. This study aimed to assess the individual and combined impacts of multi-enzymes and a phytogetic compound on the performance, nutrient digestibility, and egg quality of laying hens fed reduced-energy diets.

Materials and methods: A total of 320 Hy-Line W-36 laying hens, aged 70 weeks, were randomly assigned to eight dietary treatments using 2×2×2 factorial arrangements in a completely randomized design, with eight replicates of five birds each. The study continued until the hens reached 78 weeks of age. The experimental factors included two levels of dietary metabolizable energy (2800 and 2650 kcal/kg), the inclusion or exclusion of multi-enzyme supplementation (200 g/ton), and the presence or absence of a standardized phytogetic compound (0.02%). The eight dietary treatments were as follows: (1) control diet (2800 kcal/kg), (2) control diet with enzyme, (3) control diet with phytogetic compound, (4) control diet with both enzyme and phytogetic compound, (5) reduced-energy diet (2650 kcal/kg), (6) reduced-energy diet with enzyme, (7) reduced-energy diet with phytogetic compound, and (8) reduced-energy diet with both enzyme and phytogetic compound. Data were collected on feed intake, egg production, egg weight, feed conversion ratio, mortality, nutrient digestibility (using acid-insoluble ash marker), and egg quality traits, including yolk color, shell strength, and Haugh unit.

Results and discussion: Hens on the control diet (2800 kcal/kg) demonstrated significantly superior ($P<0.05$) performance in egg production, egg weight, egg mass, and feed conversion ratio compared to those on a reduced-energy diet (2650 kcal/kg). However, supplementing the reduced-energy diet with multi-enzymes and phytogetic compounds markedly enhanced these parameters. Notably, hens receiving both enzyme and phytogetic compound supplements with the reduced-energy diet achieved production performance comparable to the control group, indicating that these additives effectively offset the lower energy content. Digestibility studies revealed that supplementation with enzymes and phytogetic compounds, whether alone or combined, significantly improved ($P<0.05$) the digestibility of dry matter, crude protein, crude fiber, and metabolizable energy, especially in reduced-energy diets. This improvement likely resulted from enhanced enzyme-substrate interactions, better gut

* Corresponding author: E.salehifar@iaui.ac.ir



morphology, and improved microbial balance in the gastrointestinal tract. Egg quality also benefited from the supplements. Phytogetic compounds enhanced yolk color through their natural carotenoid content, while enzyme supplementation improved eggshell strength, likely by increasing calcium absorption. A significant three-way interaction among energy level, enzyme, and phytogetic compound was observed for various traits, including egg production, egg mass, feed conversion ratio, and yolk pigmentation, underscoring a synergistic effect of these dietary components.

Conclusions: Reducing dietary energy from 2800 to 2650 kcal/kg adversely affected the performance, nutrient digestibility, and egg quality of laying hens. However, adding multi-enzymes and phytogetic compounds helped counteract these negative effects. The combination of these additives was especially effective in improving performance, digestibility, and egg quality in hens on reduced-energy diets. This makes the additives a viable strategy for cost-effective and sustainable poultry production. These findings highlight the potential of integrating enzyme-phytogetic mixtures into layer diets with lower metabolizable energy to maintain optimal productivity without sacrificing economic efficiency.

Keywords: Enzyme, Phytogetic compound, Performance, Egg quality, Laying hen

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 the Islamic Azad 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 project.

How to cite this article:

Salehifar, E., Sakhil Ghasban, A., & Bahari Kashani, R. (2026). The interaction effect of carbohydrase enzyme and phytogetic compound on performance, digestibility, and egg quality characteristics in laying hens fed with reduced energy levels. *Animal Production Research*, 15(2), 31-43. doi: 10.22124/ar.2025.30943.1905



اثر متقابل آنزیم کربوهیدراز و ترکیب فیتوژنیک بر عملکرد، قابلیت هضم و خصوصیات کیفی تخم مرغ در مرغ های تخم گذار تغذیه شده با سطح انرژی کاهش- یافته

احسان صالحی فر^{۱*}، علی غصبان صخیل^۱، رضا بهاری کاشانی^۱

۱- گروه مهندسی کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵ - تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۶/۱۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر متقابل مولتی آنزیم و ترکیب فیتوژنیک بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و خصوصیات کمی و کیفی تخم مرغ در مرغ های تخم گذار، تعداد ۳۲۰ قطعه مرغ تخم گذار در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایش فاکتوریل به هشت تیمار، چهار تکرار و ۱۰ مرغ در هر تکرار از سن ۷۰ تا ۷۸ هفتگی اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: (۱) جیره پایه، (۲) جیره پایه + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم، (۳) جیره پایه + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک، (۴) جیره پایه + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم، (۵) جیره با انرژی کاهش یافته، (۶) جیره با انرژی کاهش یافته + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم، (۷) جیره با انرژی کاهش یافته + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک و (۸) جیره با انرژی کاهش یافته + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک. نتایج این تحقیق نشان داد که مرغ های دریافت کننده جیره دارای انرژی توصیه شده همراه با دو ترکیب گیاهی و آنزیم، بیشترین درصد تولید، وزن تخم مرغ، توده تخم مرغ، درصد زرده تخم مرغ، رنگ زرده تخم مرغ، انرژی قابل سوخت و ساز، پروتئین خام و الیاف خام جیره و کمترین میزان خوراک مصرفی را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی داشتند و مرغ های تخم گذار دریافت کننده جیره با انرژی کاهش یافته، کمترین میزان این فراسنجه ها را داشتند. افزودن هر دو ترکیب افزودنی منجر به بهبود عملکرد و خصوصیات تخم مرغ مرغ های تخم گذار دریافت کننده جیره با انرژی کاهش یافته شد، به طوری که تفاوت معنی داری با گروه شاهد نداشت. به طور کلی، افزودن مولتی آنزیم و ترکیب فیتوژنیک به جیره های کم انرژی منجر به افزایش قابلیت استفاده از جیره ها و قابلیت رقابت با جیره های با انرژی قابل سوخت و ساز بالاتر شد.

واژه های کلیدی: آنزیم، ترکیب فیتوژنیک، عملکرد، کیفیت تخم مرغ، مرغ تخم گذار

* نویسنده مسئول: E.salehifar@iaau.ac.ir

مقدمه

تأمین انرژی کافی در جیره غذایی طیور تخم‌گذار از ارکان اصلی حفظ عملکرد تولیدی طی دوره پرورش به‌شمار می‌رود. پرندگان به‌طور طبیعی مصرف خوراک خود را بر اساس غلظت انرژی تنظیم می‌کنند (Windisch et al., 2008). کاهش سطح انرژی جیره ممکن است منجر به کاهش تولید، کاهش وزن تخم‌مرغ و افت بازده خوراک شد. این مسئله به‌ویژه در شرایطی که هزینه خوراک افزایش یافته و استفاده از منابع انرژی‌زا گران تمام می‌شود، تولیدکنندگان را به یافتن راهکارهایی برای بهینه‌سازی مصرف خوراک و ارتقاء راندمان سوق می‌دهد. در این راستا، افزودنی‌های خوراکی از جمله آنزیم‌ها و ترکیبات فیتوژنیک به‌عنوان جایگزین‌های بالقوه برای منابع انرژی پرهزینه یا به‌عنوان مکمل‌هایی جهت جبران کاهش سطح انرژی جیره، در بهبود کارایی طیور مطرح شده‌اند (Weiss & Fintelmann, 1999). ترکیبات فیتوژنیک با خواص عملکردی متعدد نظیر بهبود ترشح موکوس، افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی از جمله آمیلاز و تریپسین، کاهش تولید متابولیت‌های سمی ناشی از تخمیر روده ای و همچنین، ویژگی‌های ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی، قادر هستند بازده جذب مواد مغذی را ارتقاء دهند (El-Hack & Alagawany, 2015). این ویژگی‌ها از مسیر بهبود سلامت روده و کاهش رقابت بین میکروفلور روده ای و میزبان بر سر استفاده از مواد مغذی، عملکرد تغذیه‌ای طیور را بهبود می‌بخشند. از سوی دیگر، استفاده از آنزیم‌های تغذیه‌ای به‌ویژه در جیره‌هایی با مقادیر بالای غلاتی مانند گندم، رواج یافته است. آنزیم‌های تجاری قادرند با تجزیه پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، ویسکوزیته روده را کاهش داده و نفوذپذیری و جذب مواد مغذی را افزایش دهند. این فرآیند منجر به آزادسازی مواد مغذی محبوس و در نتیجه، بهبود ارزش تغذیه‌ای خوراک می‌شود. پلی‌ساکاریدهای محلول موجود در برخی غلات می‌توانند با ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در دستگاه گوارش و تغییر اکوسیستم روده‌ای، تأثیر منفی بر هضم و جذب بگذارند (Lázaro et al., 2003; Mirzaie et al., 2012). با توجه به این ملاحظات، فرض این تحقیق آن است که کاهش سطح انرژی جیره در دوره پایانی تولید مرغ‌های تخم‌گذار، در صورت عدم اصلاح انرژی جیره، ممکن است موجب افت عملکرد شود، اما استفاده از آنزیم‌های کربوهیدراز و ترکیبات

فیتوژنیک می‌تواند با بهبود بهره‌وری انرژی، عملکرد تولیدی را حفظ کرده یا ارتقاء بخشد. از این رو، هدف مطالعه حاضر، بررسی آثار هم‌زمان آنزیم و ترکیبات فیتوژنیک بر عملکرد تولیدی، قابلیت هضم مواد مغذی و ویژگی‌های کمی و کیفی تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۲۰ قطعه مرغ تخم‌گذار هایلاین W-36 در سن ۷۰ هفتگی به‌مدت هشت هفته در قالب طرح کاملاً تصادفی و آرایش فاکتوریل $2 \times 2 \times 2$ ، شامل سه عامل سطح انرژی جیره (استاندارد و کاهش‌یافته)، افزودن آنزیم (۰ و ۲۰۰ گرم در تن) و افزودن ترکیب فیتوژنیک (۰ و ۰/۰۲ درصد)، در قالب هشت تیمار، هر کدام با چهار تکرار و ۱۰ مرغ در هر تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی عبارتند بودند از: ۱) جیره بر پایه ذرت و سویا (جیره دارای انرژی توصیه شده: ۲۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز، ۲) جیره شاهد + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم، ۳) جیره شاهد + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک، ۴) جیره شاهد + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم، ۵) جیره شاهد با انرژی کاهش یافته (۲۶۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم)، ۶) جیره با انرژی کاهش یافته + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم، ۷) جیره با انرژی کاهش یافته + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک و ۸) جیره با انرژی کاهش یافته + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک + ۲۰۰ گرم در تن خوراک آنزیم + ۰/۰۲ درصد ترکیب فیتوژنیک. مرغ‌های تخم‌گذار در قفس‌هایی به ابعاد $۵۶ \times ۴۰ \times ۴۲$ سانتیمتر و تعداد پنج مرغ تخم‌گذار در هر قفس قرار گرفتند. مولتی‌آنزیم مورد استفاده اندوپاور بتا (ساخت بلژیک) حاوی آلفا-گالاکتوزیداز، گالاکتومانناز، زایلاناز، بتا-گلوکاناز و سایر آنزیم‌ها مانند آمیلاز، فیتاز، پروتئاز و سلولاز است و ترکیب گیاهی مورد استفاده بیواسترانگ ۵۱۰ (ساخت اتریش) حاوی گیاهان دارویی است که در چهار گروه روغن‌های گیاهی، ترکیبات تند، ترکیبات تلخ و ساپونین‌های غیراستروئیدی قرار می‌گیرند. برنامه روشنایی سالن به‌صورت ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی اعمال شد. جیره‌های آزمایشی بر اساس کاتالوگ سویه هایلاین W-36 سال ۲۰۱۵ و بر پایه ذرت-کنجاله سویا و با نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA و بر اساس

در رابطه زیر قرار داده شدند و میزان قابلیت هضم هر یک از مواد مغذی جیره محاسبه شد (Carre et al., 2002).
قابلیت هضم ماده خشک جیره =

$$\times \frac{\text{گرم معرف در کیلو گرم ماده خشک غذا - گرم معرف در کیلو گرم ماده خشک مدفوع}}{\text{گرم معرف در کیلو گرم ماده خشک مدفوع}}$$

۱۰۰

تجزیه آماری: داده‌های حاصل با رویه GLM نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) (SAS, 2004) تجزیه شده و میانگین تیمارها در سطح معنی‌داری پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم مقایسه شدند.

نتایج

اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر متقابل انرژی، آنزیم و مکمل گیاهی معنی‌دار بود ($P < 0.05$). مرغ‌هایی که جیره دارای انرژی توصیه‌شده به همراه هر دو افزودنی (آنزیم و ترکیب فیتوژنیک) دریافت کردند، بیشترین درصد تولید، وزن تخم‌مرغ و توده تخم‌مرغ و نیز کمترین مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و درصد تلفات را داشتند. در مقابل، گروه دریافت‌کننده جیره کم‌انرژی بدون افزودنی، کمترین عملکرد تولیدی و بیشترین مصرف خوراک، ضریب تبدیل و تلفات را نشان داد. افزودن هم‌زمان آنزیم و ترکیب فیتوژنیک به جیره کم‌انرژی، توانست آثار منفی ناشی از کاهش انرژی را به‌طور کامل جبران کند، به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری با گروه دارای انرژی استاندارد بدون افزودنی مشاهده نشد ($P < 0.05$). نتایج اثر متقابل انرژی با افزودنی‌ها نشان داد که مرغ‌های دریافت‌کننده جیره با انرژی کاهش‌یافته همراه با آنزیم دارای ۶۷/۱ درصد و همراه با مکمل گیاهی دارای ۶۷/۰۵ درصد تولید بودند که با گروه دریافت‌کننده جیره دارای انرژی توصیه شده بدون آنزیم (۶۶/۳ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت و افزودن آنزیم یا مکمل گیاهی به جیره کم‌انرژی توانست کمبود انرژی را جبران کند. مرغ‌های دریافت‌کننده جیره دارای انرژی توصیه شده همراه با آنزیم دارای بالاترین درصد تولید (۶۹ درصد)، بالاترین وزن تخم‌مرغ (به ترتیب ۶۴/۵ و ۶۴ گرم) و بالاترین توده تخم‌مرغ (۴۴/۵) بودند درحالی‌که مرغ‌های دریافت‌کننده جیره با انرژی کاهش یافته بدون آنزیم دارای کمترین درصد تولید (۶۴/۷ درصد) و بیشترین میزان خوراک مصرفی (۱۱۹/۳ گرم) در حالت با و بدون آنزیم دارای بالاترین میزان ضریب

راهنمای سویه هایلاین تنظیم شدند. مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

صفات عملکردی: صفات عملکردی شامل خوراک مصرفی، درصد تخم‌گذاری، توده تخم‌مرغ تولیدی (گرم تخم‌مرغ تولیدی به ازای هر قطعه مرغ در هر روز) و ضریب تبدیل خوراک اندازه‌گیری شد.

صفات کیفی تخم‌مرغ: تعداد پنج عدد تخم‌مرغ از هر تکرار جمع‌آوری شد و پس از توزین هر تخم‌مرغ، ابتدا استحکام پوسته تخم‌مرغ با استفاده از استحکام‌سنج (با پروب ۸ میلی‌متر و سرعت ۱۰ متر بر ثانیه)، اندازه‌گیری شد. پس از آن، محتویات داخل تخم‌مرغ روی صفحه شیشه‌ای قرار داده شد و با استفاده از کولیس، ارتفاع زرده در بلندترین نقطه و میانگین ارتفاع سفیده در سه نقطه سفیده در فاصله یک سانتی‌متری از زرده اندازه‌گیری شد. رنگ زرده با استفاده از رنگ‌سنج راش تعیین شد. ضخامت پوسته از سه مقطع (سر، ته و وسط) به وسیله دستگاه میکرومتر مخصوص با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین سه عدد به دست آمده به عنوان ضخامت پوسته تخم‌مرغ ثبت شد. برای تعیین استحکام پوسته از معیار میلی‌گرم وزن پوسته به ازای هر سانتی‌متر از سطح پوسته استفاده شد که با استفاده از فرمول (Coutts & Wilson 1990) و رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{سطح پوسته} = 3/9782 \times (\text{وزن تخم‌مرغ})^{0.7056}$$

سطح پوسته بر حسب سانتی‌متر مربع و وزن تخم‌مرغ بر اساس گرم و وزن پوسته در واحد سطح بر حسب میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

$$\text{وزن پوسته در واحد سطح بر حسب میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع} = \text{سطح پوسته (سانتی‌متر مربع)} / \text{وزن پوسته (میلی‌گرم)}$$

برای تعیین کیفیت سفیده تخم‌مرغ، هر ۱۵ روز یک‌بار، با استفاده از وسیله کولیس، ارتفاع سفیده غلیظ اندازه‌گیری و طبق رابطه زیر، واحد هاو محاسبه شد:

$$HU = 100 \times \log [(7/57) + H - (1.7) \times (W)^{0.37}]$$

که، HU = واحد هاو، H = ارتفاع سفیده بر حسب میلی‌متر و W = وزن تخم‌مرغ بر حسب گرم.

قابلیت هضم: قابلیت هضم اجزاء جیره با افزودن ۰/۳ درصد کروم سه ظرفیتی به جیره مرغ‌های تخم‌گذار و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. داده‌های تجزیه شده

افزودنی توأمأ به جیره با انرژی کاهش یافته منجر به افزایش درصد زرده تخم مرغ شد.

اثر جیره های آزمایشی بر صفات کیفی تخم مرغ (وزن واحد سطح پوسته تخم مرغ، مقاومت پوسته (N/m^2) ، ضخامت پوسته و واحد هاو) در جدول ۴ نشان داده شده است. آثار اصلی انرژی، آنزیم و مکمل گیاهی و آثار متقابل بین عوامل آزمایشی بر صفات کیفی تخم مرغ به غیر از رنگ زرده تخم مرغ، تاثیر معنی داری نداشتند. مرغ های دریافت کننده جیره دارای ۲۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم نسبت به ۲۶۵۰ کیلوکالری انرژی قابل سوخت و ساز و گروه دریافت کننده مکمل گیاهی نسبت به گروه بدون این افزودنی دارای رنگ زرده تخم مرغ بیشتری بودند ($P < 0.05$).

تبدیل خوراک مصرفی (به ترتیب ۱/۹ و ۱/۸۳) بودند درحالی که تاثیر معنی داری بر درصد تلفات نداشت.

اثر جیره های آزمایشی بر صفات کمی تخم مرغ مانند ارتفاع تخم مرغ، درصد زرده و سفیده تخم مرغ، درصد پوسته، تخم مرغ شکسته و تخم مرغ بدون پوسته در جدول ۳ نشان داده شده است. آثار اصلی انرژی، آنزیم و مکمل گیاهی و آثار متقابل بین عوامل آزمایشی بر صفات کمی تخم مرغ به غیر از درصد زرده تخم مرغ، تاثیر معنی داری نداشتند.

داده های تیمارهای آزمایشی (اثر متقابل انرژی، آنزیم و مکمل گیاهی) نشان داد که مرغ های دریافت کننده جیره با انرژی کاهش یافته و بدون افزودنی و یا دارای یکی از افزودنی های آنزیم یا مکمل گیاهی، کمترین میزان درصد زرده تخم مرغ را داشتند ($P < 0.05$) و افزودن هر دو گروه

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و ترکیبات مغذی جیره های آزمایشی (درصد)

Table 1. Composition of feed ingredients and nutrient components of experimental diets (percentage)

Feed ingredient	Reduced energy	Standard energy
Corn	58	58.1
Soybean meal	28.4	28.5
Oil	1.9	2.6
Calcium carbonate	9.6	9.6
Dicalcium phosphate	0.95	1.16
Vitamin premix ¹	0.25	0.25
Mineral premix ²	0.25	0.25
DL-Methionine	0.185	0.180
Salt	0.41	0.41
Total	100	100
Nutrient composition		
Metabolizable energy (kcal/kg)	2650	2800
Crude protein (%)	17.5	17.5
Calcium (%)	4.10	4.10
Available phosphorus (%)	0.32	0.37
Sodium (%)	0.18	0.18
Methionine (%)	0.46	0.46
Linoleic acid (%)	1.13	1.11
Lysine (%)	0.82	0.84
Threonine (%)	0.67	0.68
Tryptophan (%)	0.20	0.20
Valine (%)	0.74	0.76

¹ Provided (per kilogram of diet): $Ca_3(PO_4)_2$, 28.0 g; K_2HPO_4 , 9.0 g; NaCl, 8.89 g; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 3.5 g; $ZnCO_3$, 0.10 g; $CaCO_3$, 3.0 g; $MnSO_4 \cdot H_2O$, 0.65 g; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.42 g; KI, 40 mg; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 20 mg; $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, 9 mg; H_3BO_3 , 9 mg; $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, 1 mg; Na_2SeO_3 , 0.22 mg.

² Provided (per kilogram of diet): thiamin HCL, 20 mg; niacin, 50 mg; riboflavin, 10 mg; D-Ca-pantothenate, 30 mg; vitamin B₁₂, 0.04 mg; pyridoxine HCL, 6 mg; D-biotin, 0.6 mg; folic acid, 4 mg; menadione dimethylpyrimidinol bisulfate, 2 mg; cholecalciferol, 15 µg; retinyl acetate, 1.789 µg; ascorbic acid, 250 mg.

جدول ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد مرغ‌های تخم‌گذار در کل دوره

Table 2. Effect of experimental treatments on the performance of laying hens over the entire period

Main effect			Mortality (%)	Egg mass	FCR	Egg weight (g)	Feed intake (g)	Production (%)
Metabolizable energy (kcal/kg)								
2800			1.78	42.8 ^a	1.77 ^b	64.3 ^a	113.8 ^b	67.7 ^a
2650			1.78	41.5 ^b	1.78 ^a	63.0 ^b	117.6 ^a	65.9 ^b
SEM			0.03	0.36	0.014	0.12	0.84	0.43
Enzyme								
-			1.78	41.3 ^b	18.5	62.5 ^b	116.2	65.5 ^b
+			1.78	43.1 ^a	1.82	63.8 ^a	115.1	68.1 ^a
SEM			0.02	0.32	0.016	0.19	0.72	0.69
Phytogenic supplement								
-			1.78	41.3	1.84	63.5	116.2	65.6 ^b
+			1.78	43.0	1.82	63.8	115.1	67.9 ^a
SEM			0.03	0.28	0.017	0.16	0.66	0.61
Interaction effects								
Energy	Enzyme	Phytogenic supplement						
2800	-	-	1.9 ^a	41.4 ^c	1.79 ^c	63.9 ^{ab}	112.7 ^c	65.8 ^{bc}
2800	-	+	1.8 ^{ab}	42.6 ^b	1.81 ^c	64.4 ^a	114.5 ^b	67.2 ^c
2800	+	-	1.7 ^b	42.3 ^b	1.80 ^c	64.2 ^a	113.6 ^b	69.9 ^{ab}
2800	+	+	1.7 ^b	45.5 ^a	1.80 ^c	64.6 ^a	114.3 ^b	70.8 ^a
2650	-	-	1.6 ^c	39.8 ^d	1.94 ^a	62.7 ^b	121.9 ^a	63.5 ^d
2650	-	+	1.8 ^{ab}	41.6 ^c	1.84 ^b	62.9 ^b	115.6 ^b	66.1 ^c
2650	+	-	1.9 ^a	41.6 ^c	1.85 ^b	63.1 ^{ab}	116.8 ^b	65.9 ^c
2650	+	+	1.8 ^{ab}	43.2 ^b	1.83 ^{bc}	63.3 ^{ab}	115.9 ^b	68.2 ^b
SEM			0.04	0.54	0.018	0.11	0.71	0.75

^{a-c} Values with a different superscript letter within each column indicate significant difference at $P < 0.05$. SEM: Standard error of the means

داده شده است. آثار اصلی انرژی، آنزیم و مکمل گیاهی و آثار متقابل بین عوامل آزمایشی بر قابلیت هضم خاکستر، کلسیم و فسفر جیره تاثیر معنی داری نداشتند. اضافه کردن افزودنی‌ها به جیره مرغ‌های تخم‌گذار سبب افزایش ضریب قابلیت هضم انرژی و الیاف خام جیره مرغ‌های تخم‌گذار شد. نتایج اثر متقابل انرژی، آنزیم و مکمل گیاهی نشان داد که مرغ‌های دریافت‌کننده جیره‌های دارای ۲۸۰۰ و ۲۶۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز و بدون افزودنی، کمترین ضریب قابلیت هضم انرژی قابل سوخت و ساز و الیاف جیره را داشتند و افزودن آنزیم و مکمل گیاهی توأم با جیره‌ها منجر به بیشترین میزان ضریب قابلیت هضم این اجزاء جیره مرغ‌های تخم‌گذار شد ($P < 0.05$). نتایج این جدول نشان داد که آثار اصلی سطح انرژی جیره، آنزیم و مکمل گیاهی، تاثیر معنی داری بر قابلیت هضم پروتئین خام جیره مرغ‌های تخم‌گذار داشتند ($P < 0.05$). به‌طوری که مرغ‌های دریافت‌کننده جیره دارای ۲۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم نسبت به ۲۶۵۰ کیلوکالری

نتایج نشان دادند که مرغ‌های دریافت‌کننده جیره دارای انرژی توصیه‌شده همراه با آنزیم و مکمل گیاهی و همچنین، مرغ‌های دریافت‌کننده جیره با انرژی کاهش‌یافته (با یا بدون آنزیم و فیتوژنیک) دارای رنگ زرده بالاتری نسبت به گروه شاهد بدون افزودنی بودند. این امر احتمالاً به دلیل تاثیر آنزیم‌ها در بهبود هضم و جذب رنگدانه‌های موجود در جیره و نیز نقش ترکیبات فیتوژنیک در تقویت رنگ‌زایی از مسیر ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی بوده است ($P < 0.05$). اثر متقابل انرژی، آنزیم و مکمل گیاهی نشان داد که مرغ‌های دریافت‌کننده جیره با انرژی کاهش‌یافته و بدون افزودنی و یا دارای یکی از افزودنی‌ها، کمترین میزان رنگ زرده تخم‌مرغ را داشتند ($P < 0.05$) و افزودن هر دو افزودنی توأم با جیره با انرژی کاهش‌یافته منجر به افزایش رنگ زرده تخم‌مرغ در حد جیره دارای ۲۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم جیره شد.

اثر جیره‌های آزمایشی بر قابلیت هضم اجزاء خوراک مرغ‌های تخم‌گذار در سن ۷۷ هفتگی در جدول ۵ نشان

بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز و جیره‌های دارای هر دو افزودنی نسبت به جیره‌های بدون افزودنی دارای قابلیت هضم پروتئین خام بالاتری بودند ($P < 0.05$). مرغ‌های دریافت‌کننده جیره دارای انرژی توصیه شده بدون آنزیم یا مکمل گیاهی و جیره بدون هر دو افزودنی دارای قابلیت هضم پروتئین خام پائین‌تری (۸۰ درصد) نسبت به سایر آثار متقابل دوطرفه عوامل آزمایشی (حدوداً ۸۳ درصد) بودند ($P < 0.05$) و مرغ‌های دریافت‌کننده جیره‌های دارای ۲۸۰۰ و ۲۶۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز و بدون افزودنی، کمترین ضریب قابلیت هضم پروتئین خام جیره را داشتند و افزودن آنزیم یا مکمل گیاهی به صورت انفرادی یا توأم به جیره‌ها منجر به افزایش معنی‌دار ضریب قابلیت هضم پروتئین خام جیره مرغ‌های تخم‌گذار شد ($P < 0.05$).

بحث

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کاهش انرژی جیره از ۲۸۰۰ به ۲۶۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم (به‌میزان ۵ درصد)،

موجب کاهش شاخص‌های عملکردی از قبیل درصد تولید تخم‌مرغ، وزن تخم‌مرغ و توده تخم‌مرغ شد و در عین حال، باعث افزایش مصرف خوراک شد. با این حال، ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر قرار نگرفت که این امر می‌تواند به دلیل تغییرات هم‌زمان و متناسب در میزان خوراک مصرفی و توده تخم‌مرغ تولیدی باشد، به این معنا که کاهش در تولید، هم از نظر تعداد و هم از نظر وزن رخ داده و بنابراین، نسبت مصرف خوراک به توده تخم‌مرغ ثابت مانده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که در صورت استفاده از جیره‌های رقیق، مرغان تخم‌گذار به‌منظور تامین احتیاجات انرژی و مواد مغذی خود، میزان مصرف خوراک را افزایش می‌دهد (Harms et al., 2000; Wu et al., 2005, 2007). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که مرغ‌های تخم‌گذار می‌توانند میزان مصرف خوراک خود را برای حفظ انرژی دریافتی تنظیم کنند (Wu et al., 2005, 2007). بنابراین، مرغ‌ها در مقایسه با جیره‌های متراکم، تمایل به مصرف بیشتر جیره‌های رقیق دارند. با این حال، شواهدی وجود دارد مبنی بر این که در برخی شرایط، به‌ویژه هنگام استفاده

جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات کمی تخم‌مرغ مرغ‌های تخم‌گذار

Table 3. Effect of experimental treatments on the quantitative traits of laying hens' eggs

Main effect			Shell (%)	Albumin (%)	Yolk (%)	Broken Egg (%)	Shell less egg (%)	Height (cm)
Metabolizable energy (kcal/kg)								
2800			8.1	61.8	29.4 ^b	2.54	1.9	6.28
2650			8.6	62.0	30.1 ^a	2.43	1.8	6.25
SEM			0.04	0.04	0.02	0.06	0.84	0.04
Enzyme								
-			8.4	62.0	29.5	2.50	1.9	6.20
+			8.2	61.8	30.0	2.38	1.8	6.33
SEM			0.03	0.03	0.03	0.08	0.72	0.06
Phytogetic supplement								
-			8.7	61.9	29.5 ^b	2.50	1.9	6.25
+			8.0	62.0	30.3 ^a	2.38	1.8	6.28
SEM			0.04	0.02	0.02	0.07	0.66	0.03
Interaction effects								
Energy	Enzyme	Phytogetic supplements						
2800	-	-	8.4	61.8	29.8 ^a	2.6	1.9	6.2
2800	-	+	8.2	61.7	30.1 ^a	2.3	1.8	6.3
2800	+	-	7.9	61.9	30.2 ^a	2.4	1.8	6.2
2800	+	+	7.9	61.8	30.3 ^a	2.5	2.0	6.4
2650	-	-	9.0	62.1	28.9 ^b	2.6	1.9	6.2
2650	-	+	9.0	61.9	29.1 ^b	2.5	1.8	6.3
2650	+	-	8.5	62.2	29.3 ^b	2.4	2.1	6.2
2650	+	+	7.9	61.9	30.2 ^a	2.4	1.9	6.3
SEM			0.53	0.06	0.02	0.11	0.12	0.08

^{a-b} Values with a different superscript letter within each column indicate significant difference at $P < 0.05$. SEM: Standard error of the means

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات کیفی تخم مرغ مرغ‌های تخم‌گذار

Table 4. Effect of experimental treatments on the quality traits of laying hen eggs

Table 4. Effect of experimental treatments on the quality traits of laying hen eggs							
Main effect			Shell weight	Shell strength (N/m ²)	Thickness	Haugh unit	Yolk color
Metabolizable energy (kcal/kg)							
2800			84.03	424	0.339	75.4	3.45 ^b
2650			85.18	425	0.340	74.5	3.56 ^a
SEM			1.16	2.6	0.0035	0.48	0.04
Enzyme							
-			84.42	424	0.337	74.0	3.47 ^b
+			84.79	425	0.341	76.0	3.54 ^a
SEM			1.27	3.5	0.0029	0.89	0.06
Phytogenic supplement							
-			82.92	419	0.334	73.7	3.46 ^b
+			86.29	430	0.344	76.2	3.55 ^a
SEM			2.32	3.8	0.0058	1.27	0.03
Interaction effects							
Energy	Enzyme	Phytogenic supplements					
2800	-	-	81.94	415	0.326	73.5	3.32 ^c
2800	-	+	82.56	421	0.338	74.9	3.49 ^b
2800	+	-	85.76	431	0.346	75.1	3.48 ^b
2800	+	+	85.84	429	0.345	78.2	3.51 ^{ab}
2650	-	-	83.71	418	0.334	72.1	3.47 ^b
2650	-	+	83.45	422	0.337	74.3	3.56 ^a
2650	+	-	86.25	430	0.342	75.2	3.61 ^a
2650	+	+	87.31	428	0.344	76.3	3.58 ^a
SEM			2.502	4.7	0.0042	2.13	0.032

^{a-c} Values with a different superscript letter within each column indicate significant difference at $P < 0.05$. SEM: Standard error of the means

(2001). از طرف دیگر، در جیره‌های کم انرژی ممکن است حجم بودن جیره‌ها به صورت یک عامل محدودکننده مصرف خوراک برای به دست آوردن پروتئین بیشتر عمل کرده باشد. در پرندگان تخم‌گذار، استفاده از جیره پرانرژی نسبت به جیره کم انرژی باعث کاهش ۱۴ درصدی دریافت پروتئین شده است (Leeson & Summers, 2005). گزارش شده است که با افزایش تراکم انرژی و مواد مغذی جیره، وزن تخم‌مرغ از ۱۹ تا ۷۰ هفتگی به طور خطی در همه دوره‌ها افزایش یافت. همچنین، تراکم انرژی و مواد مغذی خوراک مرغ‌های تخم‌گذار سوپه هایلین W-36 از ۱۹ تا ۷۰ هفتگی بر درصد وزن نسبی اجزای تخم‌مرغ (سفیده، زرده و پوسته) و واحد هاو تاثیر نداشت (DePersio et al., 2015). در مطالعه‌ای، اثر سه سطح انرژی قابل سوخت و ساز (۳۰۵۰، ۳۱۵۰ و ۳۲۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) در مرحله نخست تولید بر شاخص شکل تخم‌مرغ مورد بررسی قرار گرفت و اثر معنی‌دار تراکم انرژی بر این

از جیره‌های کم‌چگالی یا دارای حجم بالا، توانایی مرغ‌ها در تنظیم دقیق مصرف خوراک به منظور جبران کاهش انرژی، ممکن است با محدودیت‌هایی مواجه شود که این امر می‌تواند به عوامل رفتاری، فیزیکی جیره یا محدودیت در ظرفیت دستگاه گوارش مرتبط باشد. یکی از دلایل اصلی این عدم توانایی، کاهش گنجایش دستگاه گوارش در سوپه‌های نوین مرغ‌های تخم‌گذار است (Jalal et al., 2006). افزایش خوراک مصرفی در آزمایش حاضر سبب افزایش دریافت انرژی و پروتئین شد و نتایج به دست آمده با گزارش‌های حاصل از تحقیقات پیشین مطابقت دارد (Leeson & Summers, 2005; DePersio et al., 2015). در برخی مطالعات گزارش شده است که افزایش تراکم انرژی و مواد مغذی جیره می‌تواند باعث بهبود دریافت واقعی مواد مغذی شود، اما این افزایش معمولاً به صورت خطی نیست و بسته به شرایط پرند و جیره، می‌تواند محدود یا غیرقابل پیش‌بینی باشد (NRC, 1994; Leeson & Summers, 2005).

تغذیه جیره دارای ۲۸۵۰ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز در مقایسه با جیره دارای انرژی قابل سوخت و ساز کمتر (۲۷۵۰ کیلوکالری در کیلوگرم) سبب کاهش مصرف خوراک (۹۵/۳ در مقابل ۹۷/۹ گرم در روز) و افزایش شاخص رنگ زرده تخم مرغ (۵/۷ در مقابل ۵/۱) شد و ضریب تبدیل خوراک تحت تاثیر سطح انرژی جیره قرار نگرفت درحالی که بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، وزن تخم مرغ، توده تخم مرغ تولیدی، و صفات کیفی تخم مرغ تحت تاثیر سطوح انرژی جیره قرار نگرفت، اما شاخص رنگ زرده با مصرف جیره کم انرژی کاهش یافت. در پژوهش حاضر، مشاهده شد که مصرف جیره با سطح انرژی پایین تر با کاهش شاخص رنگ زرده تخم مرغ همراه بود. این پدیده احتمالاً به دلیل کاهش سطح ذرت، به عنوان منبع اصلی گرانتوفیل ها، کاهش میزان چربی جیره و همچنین، رقیق تر شدن کلی جیره و در نتیجه کاهش تراکم پیگمان ها در واحد

شاخص گزارش شد (Rama Rao et al., 2011). در آزمایشی دیگر، اثر سه سطح انرژی ۲۷۰۰، ۲۸۰۰ و ۲۹۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم جیره روی چهار سویه باب کوک، شیور سفید، هایلاین W-36، هایلاین قهوه ای در سنین ۲۲ تا ۵۰ هفتگی بررسی و گزارش شد که اثر اصلی تراکم انرژی و آثار متقابل انرژی و سویه بر وزن ویژه تخم مرغ، معنی دار نبود (Jalal et al., 2005). در شرایط مطالعه حاضر، با افزایش تراکم انرژی جیره از ۲۷۰۰ به ۲۹۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم، میزان دریافت روزانه انرژی به طور تدریجی افزایش یافت (از ۲۹۹ به ۳۱۴ کیلوکالری در روز). این نتایج نشان می دهد که مرغ ها در این شرایط خاص قادر به تنظیم کامل انرژی مصرفی خود نبودند و با افزایش تراکم انرژی، انرژی بیشتری دریافت کردند، اگرچه این پدیده ممکن است تحت تأثیر عواملی مانند ظرفیت گوارشی، فرم فیزیکی جیره یا ویژگی های سویه مورد استفاده باشد (Hy-Line guide, 2000).

جدول ۵- اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم اجزاء خوراک مرغ های تخم گذار

Table 5. Effect of experimental treatments on the digestibility of feed components in laying hens

Main effect			P (%)	Ca (%)	Ash (%)	Fiber (%)	CP (%)	AME (Kcal/kg)
Metabolizable energy (kcal/kg)								
2800			84.4	85.5	84.6	53.1	82.6 ^b	92.2
2650			85.3	85.9	85.0	52.6	84.0 ^a	93.0
SEM			0.59	0.72	1.23	0.56	0.43	1.26
Enzyme								
-			84.5	85.6	84.1	51.9	81.9 ^b	92.8 ^b
+			85.2	85.8	85.5	53.8	84.7 ^a	94.5 ^a
SEM			0.46	0.51	1.17	0.47	0.58	1.02
Phytogenic supplement								
-			84.4	85.6	83.7	51.5 ^b	81.6 ^b	93.1
+			85.3	85.8	86.0	54.1 ^a	84.9 ^a	94.1
SEM			0.68	0.47	1.59	0.39	0.63	1.13
Interaction effects								
Energy	Enzyme	Phytogenic supplement						
2800	-	-	83.7	85.2	82.1	49.6 ^b	78.1 ^d	92.6 ^b
2800	-	+	84.2	84.9	84.5	53.4 ^a	82.4 ^c	94.8 ^{ab}
2800	+	-	84.6	86.2	85.7	54.1 ^a	83.1 ^{bc}	93.9 ^{ab}
2800	+	+	85.1	85.8	86.2	55.2 ^a	86.7 ^a	95.6 ^a
2650	-	-	84.2	85.7	83.2	50.3 ^b	81.7 ^c	91.7 ^c
2650	-	+	85.6	86.5	84.9	52.9 ^{ab}	84.2 ^b	93.5 ^b
2650	+	-	85.4	85.3	85.6	53.4 ^a	84.6 ^b	92.8 ^b
2650	+	+	86.1	86.1	86.3	53.6 ^a	85.3 ^a	94.1 ^{ab}
SEM			0.83	0.84	1.46	1.12	0.93	1.4

^{a-c} Values with a different superscript letter within each column indicate significant difference at $P < 0.05$. SEM: Standard error of the means

خوراک مصرفی بوده است.

در آزمایش حاضر، آنزیم موجب بهبود عملکرد طیور تخم-گذار مسن شد و در ترکیب با جیره‌های دارای انرژی پایین سبب بهبود عملکرد طیور تخم‌گذار شد به طوری که با جیره دارای انرژی بالاتر (۲۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و موجب استفاده بهتر از مواد مغذی و بهبود قابلیت هضم اجزاء خوراک مانند انرژی، پروتئین و الیاف خام جیره شد. مولتی‌آنزیم اندوپاور بتا از آلفا-گالاکتوزیداز، گالاکتومانناز، زایلاناز، بتا-گلوکاناز و سایر آنزیم‌ها مانند آمیلاز، فیتاز، پروتئاز و سلولاز با فناوری منحصر به فرد تخمیر جامد (از قارچ‌های ۱۰۰ درصد غیرتراریخته با جوانه مالت جو) تهیه شده است. در مطالعه حاضر، وزن تخم‌مرغ و توده تخم‌مرغ در مرغ‌های تغذیه شده با جیره دارای آنزیم بهبود یافت که در توافق با نتایج حاصل از تحقیقات سایرین که از آنزیم‌های فیتازیم، کمزیم و آویزیم استفاده کردند بود (Shehata, 2000; Khan et al., 2011). تحقیقات سایر محققین نشان داده است که افزودن آنزیم به جیره مرغ‌های تخم‌گذار باعث بهبود توده تخم‌مرغ شد (Sohail et al., 2003). در یک تحقیق گزارش شده است که وزن تخم‌مرغ و کیفیت تخم‌مرغ، مرغ‌های تغذیه شده با جیره حاوی آنزیم به تنهایی یا ترکیب آنزیم و آنتی‌بیوتیک بیشتر از گروه شاهد بود (Dipeolu et al., 2005). در مطالعه (Khan et al., 2011) که از مخلوط آنزیم‌های تجاری در جیره مرغ‌های تخم‌گذار استفاده کردند، و همچنین در تحقیق (Scott et al., 2001a) با استفاده از فیتاز، گزارش شد که افزایش وزن تخم‌مرغ عمدتاً با بهبود کیفیت داخلی تخم‌مرغ، از جمله شاخص‌ها، مرتبط بوده است و نه با تغییر در اجزای وزنی مانند پوسته یا زرده تخم‌مرغ. این در حالی است که در مطالعه حاضر، افزایش معنی‌دار وزن تخم‌مرغ در تیمار دریافت‌کننده آنزیم عمدتاً ناشی از افزایش وزن زرده بود (Smith et al., 2001; Khan et al., 2011). نشان داده شده است که بخش اعظم زرده تخم‌مرغ را لیپوپروتئین‌ها تشکیل می‌دهند، لذا افزایش انرژی جیره یا افزایش دسترسی به انرژی به دنبال افزودن آنزیم به جیره طیور تخم‌گذار منجر به تشکیل بیشتر زرده و تولید زرده بزرگ‌تر و افزایش اندازه تخم‌مرغ خواهد شد. پاسخ طیور تخم‌گذار به آنزیم به شدت متغیر است و به عواملی مانند سن و نوع پرند، نوع غلات و سطح و منطقه

جغرافیایی، میزان آنزیم مورد استفاده و فرآوری خوراک بستگی دارد (Scott et al., 2001b).

گزارش شده است که افزودن ۶ گرم در کیلوگرم پودر آویشن (El-Hack et al., 2015) به جیره مرغان تخم‌گذار، درصد تولید و میانگین وزن تخم‌مرغ را افزایش داد. بهبود شاخص‌های عملکرد تولیدی در اثر افزودن مکمل فیتوژنیک به جیره می‌تواند به این دلیل باشد که ترکیبات گیاهی عصاره یا روغن ضروری آنها باعث تحریک ترشحات دستگاه گوارش و ترشحات معده، اسیدهای صفراوی، آنزیم‌های لوزالمعده (لیپاز، آمیلاز و پروتئاز) و مخاط روده‌ای می‌شود (Platel & Srinivasan, 2003). افزایش ارتفاع، سطح ویلی‌ها و هیپرتروفی بافتی ویلی‌ها و سلول‌های اپیتلیال در جیره حاوی ترکیبات فیتوژنیک نشان می‌دهد که پس از تغذیه این ترکیبات در جیره مرغ‌های تخم‌گذار، عملکرد جذب روده افزایش می‌یابد (Lokaewmanee et al., 2010). همچنین، عصاره آویشن دارای ترکیباتی نظیر کارواکرول و منتول است که دارای خاصیت ضد میکروبی بوده و با ضد عفونی نمودن دستگاه گوارش، مانع تجزیه اسیدهای آمینه به وسیله میکروب‌های مضر شده و با افزایش سطح و تعداد سلول‌های انگشتی روده، زمینه جذب بیشتر مواد مغذی را فراهم می‌سازند (Lee et al., 2003). بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، بیان شده است که افزودن ترکیبات فیتوژنیک می‌تواند سبب بهبود ضخامت پوسته تخم‌مرغ در مرغ‌های تخم‌گذار شود. محققین گزارش نمودند که این افزایش ضخامت پوسته می‌تواند در اثر بهبود قابلیت هضم و بهره‌وری از مواد مغذی جیره مصرفی و رسوب مقادیر بیشتری کلسیم در پوسته باشد (Lee et al., 2003; Lokaewmanee et al., 2010). همچنین، سایر محققین گزارش کردند افزودن مکمل فیتوژنیک سینمالدئید و تیمول در (سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به جیره مرغ‌های تخم‌گذار منجر به افزایش ضخامت پوسته تخم‌مرغ شد، اما بر سایر صفات کیفی تخم‌مرغ تأثیر نداشت (Ding et al., 2017). تغذیه مرغان تخم‌گذار با جیره حاوی ۶ گرم در کیلوگرم پودر آویشن منجر به افزایش ضخامت پوسته تخم‌مرغ شد (El-Hack et al., 2015).

استفاده از مولتی‌آنزیم و مکمل گیاهی در جیره‌های کم انرژی (۲۶۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم) در مرغ‌های تخم‌گذار در آزمایش حاضر از ۷۰ تا ۷۸ هفتگی بر عملکرد تولیدی و صفات کیفی تخم‌مرغ تأثیر گذار بودند و منجر به افزایش

وزن تخم مرغ و شاخص های کیفی آن را تحت تأثیر منفی قرار می دهد. با این حال، افزودن آنزیم یا مکمل گیاهی (فیتوژنیک) به جیره های کم انرژی، توانست تا حد قابل توجهی کاهش عملکرد ناشی از محدودیت انرژی را جبران نماید. این یافته بیانگر آن است که استفاده از این افزودنی ها در شرایط کاهش تراکم انرژی می تواند به عنوان یک راهکار عملی و مؤثر در مدیریت تغذیه ای مرغ های تخم گذار مورد توجه قرار گیرد.

عملکرد، بهبود قابلیت هضم و استفاده از اجزاء خوراک و خصوصیات کیفی تخم مرغ های تولید شده شدند به طوری که با عملکرد و تولید تخم مرغ مرغ های تغذیه شده با جیره دارای ۲۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم جیره، از لحاظ آماری در بسیاری از صفات، تفاوت معنی داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش، تفاوتی بین مولتی آنزیم و مکمل گیاهی وجود نداشت.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که کاهش سطح انرژی جیره در مرغ های تخم گذار در پایان دوره تولید، عملکرد تولیدی،

فهرست منابع

- Carre, B.A., Idi, S., Maisonnier, J.P., Melcion, F.X., Oury Gomez, J., & Pluchard, P. (2002). Relationships between Digestibilities of food components and characteristics of wheats introduced as the only cereal source in a broiler chicken diet. *British Poultry Science*, 43, 404-415. doi: 10.1080/00071616022000010190
- Coutts, J. A., & Wilson, G. C. (1990). Egg Quality Handbook. Queensland Department of Primary Industries, Australia.
- DePersio, S., Utterback, P. L., Utterback, C. W., Rochell, S. J., O'Sullivan, N., Bregendahl, K., Arango, J., Parsons, C. M., & Koelkebeck, K. W. (2015). Effects of feeding diets varying in energy and nutrient density to Hy-Line W-36 laying hens on production performance and economics. *Poultry Science*, 94(2), 195-206. doi: 10.1016/J.aninu.2017.04.005
- Ding, X., Yu, Y., Su, Z., & Zhang, K. (2017). Effects of essential oils on performance, egg quality, nutrient digestibility and yolk fatty acid profile in laying hens. *Animal Nutrition*, 3, 127-131.
- Dipeolu, M. A. I., Eruvbetine, D., Oguntona, E. B., Bankole, O. O., & Sowunmi, K. S. (2005). Comparison of effects of antibiotics and enzyme inclusion in diets of laying birds. *Archivos de Zootechnia*, 54, 3-11.
- El-Hack, M. A., & Alagawany, M. (2015). Performance, egg quality, blood profile, immune function, and antioxidant enzyme activities in laying hens fed diets with thyme powder. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 24, 127-133. doi: 10.22358/jafs/65653.2015
- Harms, R. H., Russel, G. B., & Sloan, D. R. (2000). Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *Journal of Applied Poultry Research*, 9, 535-541. doi: 10.1093/japr/9.4.535
- Jalal, M. A., Scheideler, S. E., & Marx, D. (2006). Effect of bird cage space and dietary metabolizable energy level on production parameters in laying hens. *Poultry Science*, 85(2), 306-311. doi: 10.1093/ps/85.2.306
- Khan, S. H., Atif, M., Mukhtar, N., Rehman, A., & Fareed, G. (2011). Effects of supplementation of multi-enzyme and multi-species probiotic on production performance, egg quality, cholesterol level and immune system in laying hens. *Journal of Applied Animal Research*, 39(4), 386-398. doi: 10.1080/09712119.2011.599614
- Lee, K. W., Everts, H., & Beyen, A. C. (2003). Dietary carvacrol lowers body gain but improves feed conversion in female broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 12(4), 394-399. doi: 10.1093/japr/12.4.394
- Leeson, S., & Summers, J. D. (2005). Commercial poultry nutrition. 3rd edition, Nottingham University Press.
- Lokaewmanee, K., Yamauchi, K. E., Komori, T., & Saito, K. (2010). Effects on egg yolk colour of paprika or paprika combined with marigold flower extracts. *Italian Journal of Animal Science*, 9(4), 356-359. doi: 10.4081/ijas.2010.e41
- Mirzaie, S., Zaghari, M., Aminzadeh, S., & Shivazad, M. (2012). The effects of non-starch polysaccharides contents of wheat and xylanase supplementation on the intestinal amylase, amino peptides and lipase activities, ileal viscosity and fat digestibility in layer diet. *Iranian Journal of Biotechnology*, 10(3), 208-214.
- Platel, K., & Srinivasan, K. (2003). Digestive stimulant action of spices: A myth or reality. *Indian Medicine*, 119(5), 167-179.
- Rama Rao, S. V., Ravindran, V., Srilatha, T., Panda, A. K., & Raju, M. (2011). Effect of dietary concentrations of energy, crude protein, lysine, and methionine on the performance of White Leghorn layers in the tropics. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(4), 528-541. doi: 10.3382/japr.2010-00267

- SAS Institute. (2004) SAS User's Guide. Version 9.4 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Scott, T. A., Silversides, F. G., & Bedford, M. R. (2001a). The effect of phytase supplementation on production parameters and nutrient digestibility in laying hens. *Poultry Science*, 80(2), 239-244. doi: 10.1093/ps/80.2.239
- Scott, T. A., Kampen, R., & Silversides, F. G. (2001b). The effect of phytase in nutrient-reduced corn- and wheat-based diets fed to two strains of laying hen. *Canadian Journal of Animal Science*, 81, 393-401. doi: 10.4141/A00-085
- Shehata, A. A. M. (2000). Using some Aquaticplants in feeding chicks. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Zagazig University, Egypt.
- Sohail, S. S., Bryant, A. C., Roland Sr, D. A., Apajalahti, J. H. A., & Pierson, E. M. (2003). Influence of Avizyme 1500 on performance of commercial Leghorns. *Journal of Applied Poultry Research*, 12, 284-290. doi: 10.1093/japr/12.3.284
- Summers, J. & Leeson, S. (1993). Influence of diets varying in nutrient density on the development and reproductive performance of White Leghorn pullets. *Poultry Science*, 72(8), 1500-1509. doi: 10.3382/ps.0721500
- Weiss, R. F., & Fintelmann, V. (1999). Lehrbuch der Phytotherapie. Hippokrates Verlag, Stuttgart. P. 485.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86, E140-E148. doi: 10.2527/jas.2007-0459
- Wu, G., Bryant, M., Voitle, R., & Roland Sr, D. (2005). Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poultry Science*, 84(10), 1610-1615. doi: 10.1093/ps/84.10.1610
- Wu, G., Bryant, M., Gunawardana, P., & Roland Sr, D. (2007). Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial leghorn strains during phase one. *Poultry Science*, 86(4), 691-697. doi: 10.1093/ps/86.4.691