Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 16, Issue 3, 2025 p: 54-69

OPEN ACCESS

Research Paper

The Effect of Adding Emulsifier and Multienzyme in Diets Containing Rapeseed Meal with Different Energy Levels on Performance, Carcass Characteristics, Nutrient Digestibility, and Blood Parameter Concentrations in Broiler Chickens

Sepideh Gazani[1], Mansour Rezaei[2] and Mohammad Kazemifard[3]

1. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, (Corresponding author: mrezaei2000@yahoo.com)
3. Department of Animal Science, College of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 15 February, 2025 Revised: 9 April, 2025 Accepted: 23 May, 2025

Extended Abstract

Background: Due to the high price of protein sources, breeders are looking for alternative sources that are available at a lower cost. The diet energy supply also has a high cost, most of which is provided by different sources of fat and oil. Some additives, such as Vemozyme enzyme and emulsifiers, increase the availability and digestibility of nutrients, especially protein and fats. Therefore, this research was conducted to investigate the effect of adding multi-enzyme and emulsifier in diets containing rapeseed meal with different energy levels on performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and blood parameter concentrations in broiler chickens.

Methods: 800 one-day-old male broiler chickens of Ross 308 strain were reared in a completely randomized design with 2×2×2 factorial arrangement, including two levels of energy (recommended and 100 kilocalories less than the recommended amount), two levels of Vemozyme enzyme (0 and 0.01% of the diet), and two levels of the Lysophospholipid emulsifier (0 and 0.05% of the diet) distributed in 40 experimental units with five replications and 20 birds per replication in three starter (1-10 days), growth (11-24 days), and final (25-42 days) periods for 42 days.

Results: Adding the enzyme and emulsifier to diets with high energy levels improved weight gain during the growth period compared to diets with low energy levels. In the final period, weight gain was different using diets with a low level of energy and using the enzyme and emulsifier compared to those with the recommended level of energy without adding the enzyme and emulsifier, or using the enzyme, emulsifier, or both. In the whole period, using diets with low energy levels with enzyme and emulsifier showed no differences in weight gain compared to diets with recommended energy levels without the enzyme and emulsifier. The three interaction effects of the energy level, enzyme, and emulsifier were not significant on feed consumption in all the rearing periods. In the starter period, using the enzyme and emulsifier in diets with recommended energy levels improved the feed conversion ratio (FCR) compared to diets with low energy levels, without using the enzyme and emulsifier. In the growth period, FCR was improved by using diets with recommended energy levels and using the enzyme and emulsifier compared to low-energy diets without additives or using the enzyme, emulsifier, or both additives. In the final period, there were no differences in the FCR using diets with a low level of energy, containing the enzyme and emulsifier, compared to those with the recommended level of energy without adding the enzyme and emulsifier, or using the enzyme, emulsifier, or both additives. In the whole period, the FCR in diets with low energy levels and using the enzyme and emulsifier showed no significant difference with the FCR of diets with recommended energy without additives or using the enzyme or emulsifier. The highest carcass percentage belonged to the use of diets with recommended levels of energy and containing the enzyme and emulsifier. The highest breast percentage was observed for diets with recommended energy levels and enzyme use. The highest percentage of fat in the abdominal area and the highest percentage of gizzard belonged to the control diets with the recommended energy level. Moreover, the highest percentages of liver and pancreas were recorded for diets with recommended energy levels and containing emulsifier. The highest blood triglyceride and VLDL concentrations were found using diets with the recommended level of energy without using the enzyme and emulsifier. The use of emulsifier in diets with recommended

Copyright ©2025 Gazani et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

energy levels decreased triglyceride and VLDL concentrations compared to diets with recommended energy levels without using the enzyme and emulsifier or diets with recommended energy levels using the enzyme. There were no differences in blood triglyceride and VLDL concentrations when the enzyme and emulsifier were added to diets with low energy levels. Adding the emulsifier to diets with low energy levels led to lower blood triglyceride and VLDL concentrations than diets with recommended energy levels without using the enzyme and emulsifier or using the enzyme or both additives. Diets containing enzymes showed better digestibility of organic matter, crude protein, and crude fat. Using the emulsifier in the diet improved the digestibility of protein and fat.

Conclusion: The results of this experiment show that using the multienzyme Vemozyme and emulsifier in diets containing rapeseed meal with energy levels lower than the recommended amount in the final and the whole period can effectively improve the weight, FCR, and the digestibility of crude protein and crude fat. The amount of oil in the diet was reduced by reducing 100 kcal of energy from the recommended amount of energy in the final and growth periods by about 2%, which effectively reduced the cost of the diet.

Keywords: Cost, Feed conversion ratio, Food additives, Growth, Nutrients

How to Cite This Article: Gazani, S., Rezaei, M., & Kazemifard, M. (2025). The Effect of Adding Emulsifier and Multienzyme in Diets Containing Rapeseed Meal with Different Energy Levels on Performance, Carcass Characteristics, Nutrient Digestibility, and Blood Parameter Concentrations in Broiler Chickens. *Res Anim Prod,* 16(3), 54-69. DOI: 10.61882/rap.2025.1476

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

مقاله پژوهشی

اثر افزودن امولسی‌فایر و مولتی‌آنزیم در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا با سطوح متفاوت انرژی بر عملکرد، ویژگی‌های لاشه، قابلیت هضم مواد مغذی و برخی فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی

سپیده گزانی[۱]، منصور رضایی[۲] و محمد کاظمی‌فرد[۳]

۱- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: mrezaei2000@yahoo.com)
۳- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۲
صفحه ۵۴ تا ۶۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: به‌دلیل بالابودن قیمت منابع پروتئینی، پرورش‌دهندگان به دنبال منابع جایگزین برای مکمل‌های پروتئینی هستند که با هزینه کمتری در دسترس باشند. تأمین انرژی جیره نیز هزینه بالایی دارد که قسمت عمده آن در جیره توسط منابع مختلف چربی و روغن تامین می‌شود. برخی از مواد افزودنی‌ها، مانند مولتی‌آنزیم‌ها و امولسی‌فایرها، می‌توانند در دسترس بودن و قابلیت هضم مواد مغذی به‌ویژه پروتئین‌ها و چربی‌ها را افزایش دهند. از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی اثر افزودن مولتی‌آنزیم وامولسی‌فایر در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا با سطوح متفاوت انرژی بر عملکرد، ویژگی‌های لاشه، فراسنجه‌های خونی، و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۸۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲ شامل دو سطح انرژی (توصیه شده و صد کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه شده)، دو سطح مولتی‌آنزیم وموزایم (صفر و ۰/۰۱ درصد جیره) و دو سطح امولسی‌فایر لیزوفسفولیپید (صفر و ۰/۰۵ درصد جیره) در ۴۰ واحد آزمایشی با پنج تکرار و ۲۰ پرنده در هر تکرار توزیع و به‌مدت ۴۲ روز در سه دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) پرورش داده شدند.

یافته‌ها: افزودن آنزیم و امولسی‌فایر به جیره‌های با سطح بالای انرژی در مقایسه با جیره‌های با سطح پایین انرژی سبب بهبود افزایش وزن در دوره رشد شد. در دوره پایانی، تفاوتی در افزایش وزن با استفاده از جیره‌های با سطح پایین انرژی و استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر ددر مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا استفاده از امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی ایجاد نشد. در کل دوره، استفاده از جیره‌های با سطوح پایین انرژی با استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر تفاوتی در افزایش وزن در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بدون آنزیم و امولسی‌فایر نشان نداد. اثرات متقابل سه جانبه سطح انرژی، آنزیم و امولسی‌فایر بر مصرف خوراک در هیچ یک از دوره‌های پرورش معنی‌دار نبود. در دوره آغازین، استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک نسبت به جیره‌های با سطوح پایین انرژی، بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر شد. در دوره رشد، ضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های با سطح انرژی توصیه‌شده و با استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر نسبت به جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودنی و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی بهبود یافت. در دوره پایانی، تفاوتی درضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های با سطوح پایین انرژی، حاوی آنزیم و امولسی‌فایر در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی مشاهده نشد. در کل دوره، ضریب تبدیل خوراک در جیره‌های با سطح پایین انرژی و استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر با ضریب تبدیل خوراک جیره‌های با انرژی توصیه شده بدون افزودنی و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. بیشترین درصد لاشه مربوط به استفاده از جیره‌های با سطوح توصیه شده انرژی و حاوی آنزیم و امولسی‌فایر بود. بیشترین درصد سینه مربوط به جیره‌های با سطح انرژی توصیه شده و استفاده از آنزیم بود. بیشترین درصد چربی محوطه بطنی و بیشترین درصد سنگدان مربوط به جیره‌های شاهد با سطح انرژی توصیه شده بودند. همچنین، بیشترین درصدهای کبد و پانکراس به جیره‌های با سطوح انرژی توصیه‌شده و حاوی امولسی‌فایر تعلق داشت. بیشترین غلظت‌های تری‌گلیسرید و *VLDL* خون در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر یافت شد. استفاده از امولسی‌فایر در جیره‌های با سطوح توصیه شده انرژی موجب کاهش غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* نسبت به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر و یا جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی با استفاده از آنزیم شد. تفاوتی در غلظت‌های تری‌گلیسرید و *VLDL* خون با افزودن آنزیم و امولسی‌فایر در جیره‌های با سطوح پایین انرژی مشاهده نشد. افزودن امولسی‌فایر به جیره‌های با سطح پایین انرژی، غلظت‌های تری گلیسرید و *VLDL* خون کمتری را نسبت به جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم یا هر دو افزودنی نشان داد. جیره‌های حاوی آنزیم، قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام بهتری را نشان دادند. استفاده از امولسی‌فایر در جیره قابلیت هضم پروتئین و چربی را بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان می‌دهند که استفاده از مولتی‌آنزیم وموزایم و امولسی‌فایر در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا با سطح انرژی پایین‌تر از میزان توصیه شده (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه شده) در دوره پایانی و کل دوره می‌تواند در بهبود وزن و ضریب تبدیل خوراک و قابلیت هضم پروتئین خام و چربی خام موثر باشد. با کاهش ۱۰۰ کیلوکالری انرژی از مقدار انرژی توصیه‌شده در دوره پایانی و رشد، حدود ۲ درصد از مقدار روغن جیره کاسته شد که این امر در کاهش هزینه جیره موثر بود.

واژه‌های کلیدی: افزودنی‌های خوراکی، رشد، ضریب تبدیل، مواد مغذی، هزینه

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

مقدمه

بیشترین هزینه جیره جوجه‌های گوشتی مربوط به تأمین انرژی و پروتئین است. به‌دلیل بالابودن قیمت بالای منابع پروتئینی، بسیاری از پرورش‌دهندگان به‌دنبال منابع جایگزین پروتئینی هستند که ممکن است با هزینه کمتری در دسترس باشند. در اکثر کشورهای جهان، کنجاله سویا به‌عنوان منبع اصلی تأمین پروتئین در جیره طیور است (Husak *et al*., 2008). دسترسی کم به کنجاله سویا و قیمت بالای آن باعث تشویق تولیدکنندگان خوراک طیور به استفاده از جایگزین‌هایی مانند کنجاله کلزا شده است. بعضی مواد ضدتغذیه‌ای، مانند پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای، به‌دلیل ایجاد گرانروی از عملکرد موثر آنزیم‌های گوارشی جلوگیری می‌کنند و قابلیت دسترسی مواد مغذی را در جیره کاهش می‌دهند (Tiwari *et al*., 2018). پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای حاوی ترکیبات سلولزی و غیرسلولزی از جمله آرابینان‌ها، آرابینوزایلان‌ها، بتاگلوکان، مانان‌ها، زایلوگلوکانها، زایلان‌ها و پلی‌ساکاریدهای پکتیکی هستند (Khajali & Slominski, 2012). دانه‌های غلات مانند گندم و جو سرشار از پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول در آب هستند که می‌توانند گرانروی محتویات گوارش را افزایش و هضم و جذب مواد مغذی را کاهش دهند (Choct & Annison, 1992). افزایش گرانروی می‌تواند سرعت عبور محتویات گوارشی را کاهش دهد و موجب کاهش مصرف خوراک و عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی شود (Tejeda & Kim, 2021). غلاتی مانند ذرت و سورگوم دارای پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول کمتری هستند و مشکل افزایش گرانروی را ایجاد نمی‌کنند. بااین حال، پلی‌ساکاریدهای نامحلول ممکن است به‌عنوان یک مانع فیزیکی برای آنزیم‌ها عمل کنند، بنا بر این مانع هضم کارآمد نشاسته و پروتئین شوند (Morgan *et al*., 2018). میزان پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای نامحلول کنجاله کلزا (۱۵۲ تا ۲۰۳ گرم/کیلوگرم ماده خشک)، کنجاله سویا (۱۱۸ تا ۱۹۱ گرم/کیلوگرم ماده خشک) و میزان پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول کنجاله کلزا (۱۱ تا ۵۵ گرم/کیلوگرم ماده خشک)، کنجاله سویا (۱۲ تا ۶۳ گرم/ کیلوگرم ماده خشک) هستند (Jankowski *et al.,* 2011; Navarro *et al.,* 2019). استفاده از آنزیم‌های تجزیه‌کننده پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در جیره طیور می‌تواند گرانروی محتویات گوارشی روده را کاهش دهد و منجر به بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد رشد شود (Chesson, 2001). از چربی‌ها و روغن‌ها برای تأمین انرژی در جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی استفاده می‌شود. چربی‌ها ۲/۲۵ برابر بیشتر از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها انرژی دارند (Ravindran *et al*., 2016). با این حال، منابع تأمین‌کننده چربی جیره گران هستند، بنا بر این می‌توان ازامولسی‌فایرها جهت بهبود قابلیت هضم چربی و کاهش انرژی قابل سوخت و ساز مورد نیاز در جیره بدون کاهش عملکرد استفاده کرد (Liu *et al*., 2020). دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی در سنین پایین توانایی تولید امواسی‌فایر کمتری دارد، بنا بر این، هضم چربی در روده در سنین پایین برای تأمین انرژی کارآمد نیست. در هفته اول زندگی، تولید اسیدهای صفراوی و لیپاز پانکراس در جوجه‌های گوشتی اندک است و به تدریج تا ۱۴ روزگی افزایش می‌یابد (Zaefarian *et al*., 2019). ازاین‌رو، افزودن امولسی‌فایرها به جیره‌های غذایی می‌تواند به هضم روغن‌ها و چربی‌ها کمک کند. مکمل‌کردن جیره غذایی جوجه‌های گوشتی با امولسی‌فایر می‌تواند باعث افزایش ریزشدن چربی و در نتیجه به حداکثر رساندن اثر آنزیم‌های تجزیه‌کننده چربی شود (Bontempo *et al*.,2018). این افزودنی‌ها می‌توانند با کوچک‌تر کردن قطر میسل‌ها و افزایش سطح تماس بین آنزیم‌ها و میسل‌های کوچک‌تر موجب افزایش قابلیت هضم چربی‌ها شوند (Ravindran *et al*., 2016). در پژوهشی، اثر استفاده از امولسی‌فایر و مولتی‌آنزیم در جیره‌های حاوی ذرت، گندم، کنجاله سویا، روغن گیاهی و انرژی کمتر از سطح توصیه‌شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان دادند که استفاده از امولسی‌فایر و مولتی‌آنزیم در جیره‌های با انرژی پایین توانست افزایش وزن روزانه مشابهی را با جیره‌های با سطح انرژی توصیه شده نشان دهد (Wickramasuriya *et al.,* 2022). در تحقیقی، اثرات انرژی قابل سوخت و ساز و مکمل امولسی‌فایر برعملکرد رشد، قابلیت هضم موادمغذی، ترکیب بدن و عملکرد لاشه در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرارگرفت. نتایج آزمایش نشان دادند که کاهش ۱۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی متابولیسمی در جیرها اثرات نامطلوبی بر عملکرد رشد و ویژگی‌های لاشه داشت، اما استفاده از مکمل امولسی‌فایر برونزادی عملکرد رشد و قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود بخشید (Ko *et al*., 2023). نتایج پژوهشی نشان دادند که استفاده از مولتی‌آنزیم کربوهیدرازی به‌طور قابل توجهی پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای را در شرایط آزمایشگاهی تجزیه کرد و اثر مشابهی را در داخل بدن جوجه‌های گوشتی با بهبود افزایش وزن بدن و قابلیت هضم پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای نشان داد. نتایج تأیید می‌کنند که آنزیم‌های تجزیه‌کننده پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای مواد مغذی را از اجزای فیبر آزاد و انرژی اضافی را برای جوجه‌های گوشتی تأمین می‌کنند (Niu *et al*., 2022).

با توجه به قیمت بالای منابع پروتئینی و انرژی و دسترسی محدود به منابع پروتئینی از جمله کنجاله سویا، این پژوهش با هدف بررسی اثر افزودن امولسی‌فایر و مولتی‌آنزیم در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا با سطوح متفاوت انرژی بر عملکرد، ویژگی‌های لاشه، قابلیت هضم مواد مغذی و برخی فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، ۸۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲، اثر دو سطح مولتی‌آنزیم وموزایم (صفر و ۰/۰۱ درصد) و دو سطح امولسی‌فایر (لیزوفسفولیپید شرکت دیبالیز) (صفر و ۰/۰۵ درصد) در جیره حاوی کنجاله کلزا با دو سطح انرژی (توصیه‌شده و ۱۰۰ کیلوکالری کمتر) در هشت تیمار با پنج تکرار (۲۰ قطعه جوجه در هر تکرار) و ۴۰ واحد آزمایشی (پن) به‌مدت ۴۲ روز پرورش داده شدند.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره با سطح انرژی توصیه‌شده (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه‌شده آن در راهنمای پرورش جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ (۲۰۱۴)) بدون افزودن مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایر، ۲) جیره با سطح انرژی توصیه‌شده با افزودن مولتی‌آنزیم، ۳) جیره با سطح انرژی توصیه‌شده با افزودن امولسی‌فایر، ۴) جیره با سطح انرژی توصیه شده با افزودن مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایر، ۵) جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه‌شده) بدون افزودن مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایر، ۶) جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه‌شده) با افزودن مولتی‌آنزیم، ۷) جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه‌شده) با افزودن امولسی‌فایر و ۸) جیره با کاهش سطح انرژی (۱۰۰ کیلوکالری کمتر از مقدار توصیه‌شده) با افزودن مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایر بودند (جدول ۱). همچنین، در دوره‌های آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۱۱-۲۴ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) کنجاله کلزا به‌ترتیب به مقدار ۶، ۱۰ و ۱۸ درصد در جیره مورد استفاده قرار گرفت. جیره‌های حاوی آنزیم در این آزمایش با ۱۰۰ گرم در تن (براساس توصیه تولیدکننده) آنزیموموزایم (حاوی آنزیم‌های کربوهیدرازی بتامانانز، زایلاناز، بتاگلوکاناز، و سلولاز شرکت وومو۹۹، بلغارستان) و جیره‌های حاوی امولسی‌فایر حاوی ۵۰۰ گرم در تن (براساس توصیه تولیدکننده) لیزوفسفولیپید دیبالیز (شرکت طلوعی دارو) مکمل شدند.

صفات عملکردی

وزن‌کشی جوجه‌ها در پایان روزهای ۱۰، ۲۴ و ۴۲ روزگی با اعمال گرسنگی به شیوه تجمعی انجام شد. مقدار مصرف خوراک هر واحد آزمایشی در پایان هر دوره همزمان با وزن‌کشی جوجه‌ها، با تفاضل خوراک داده‌شده و خوراک باقیمانده در دانخوری‌ها به‌دست آمد. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم خوراک مصرفی بر افزایش وزن در هر واحد آزمایشی برای هر دوره و کل دوره آزمایشی محاسبه شد. همچنین، تلفات روزانه وزن‌کشی و در تصحیح ضریب تبدیل خوراک محاسبه شدند.

ویژگی‌های لاشه

در پایان دوره پرورش (۴۲ روزگی) بعد از اعمال ۳ تا ۴ ساعت گرسنگی، دو قطعه جوجه نر با وزنی نزدیک به میانگین وزنی آن واحد آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب، وزن زنده آن‌ها ثبت و کشتار شدند. وزن لاشه شکم پر و خالی مشخص و درصد لاشه نسبت به وزن زنده تعیین گردید. سپس وزن سینه، ران و چربی محوطه شکمی اندازه‌گیری و به‌صورت درصدی ازوزن لاشه ثبت گردید. وزن اجزای داخلی لاشه مانند قلب، سنگدان، کبد، پانکراس، طحال و بورس‌فابرسیوس اندازه‌گیری و به‌صورت درصدی از وزن زنده تعیین گردیدند (Ko *et al.*, 2023).

فراسنجه‌های خونی

در پایان دوره پرورش، دو قطعه جوجه گوشتی از هر واحد آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب و از ورید زیر بال آن‌ها خون‌گیری شد. نمونه‌های سرم پس از جداسازی (با دور سانتریفیوژ ۳۰۰۰ به‌مدت ۵ دقیقه) و انتقال آن‌ها به میکروتیوب، تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. مقادیر گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی بالا (*HDL-c*[1]) با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون) و دستگاه طیف‌سنج خودکار (*Technicon RA-1000, USA*)، براساس دستورالعمل شرکت سازنده، اندازه‌گیری شدند. مقادیر لیپوپروتئین با چگالی پایین (*LDL-c*[2]) و لیپوپروتئین با چگالی بسیار پایین (*VLDL*[3]) هر یک از نمونه‌های سرم خون باتوجه به فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Friedewald *et al.*,1972).

$$VLDL = \frac{TG}{5}$$ رابطه (۱)

$$LDL = Choestrol - (HDL + VLDL)$$ رابطه (۲)

اندازه‌گیری قابلیت هضم

جهت اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک، چربی خام، پروتئین خام و ماده آلی از اکسیدکرومیک به مقدار ۰/۳ درصد به‌عنوان نشانگر استفاده شد. روش کار به این صورت بود که در روزهای ۱۸، ۱۹ و ۲۰ دوره پرورش، نمونه‌های خوراک و فضولات دارای نشانگر جمع‌آوری شدند. برای عادت‌دهی جوجه‌ها به خوراک دارای نشانگر، این خوراک از سه روز قبل یعنی ۱۵ روزگی در اختیارشان قرارگرفت. مقدار نشانگر نمونه‌های مربوط به خوراک و فضولات با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی اندازه‌گیری شد (Fenton & Fenton, 1979). قابلیت هضم با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد:

رابطه (۳)

$$\text{قابلیت هضم}(\%) = [1 - \frac{\text{اکسید کرومیک جیره}(\%)}{\text{اکسید کرومیک نمونه فضولات}(\%)} \times \frac{\text{ماده مغذی نمونه فضولات}(\%)}{\text{ماده مغذی جیره}(\%)}] \times 100$$

مدل آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

تیمارهای آزمایشی در قالب طرح کاملا"تصادفی با آرایش فاکتوریل۲×۲×۲ با استفاده از نرم‌افزار آماری (*SAS2004*) مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه دانکن (۱۹۵۵) درسطح معنی‌داری ۰/۰۵ مقایسه شد. مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش به این صورت بود:

رابطه (۴)

$$Y = \mu + (A)_i + (B)_j + (C)_k + (AB)_{ij} + (\mathrm{AC})_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \mathrm{e}_{ijkl}$$

K: مقدار هر مشاهده **μ**: میانگین جامعه l: تکرارA_i: اثر انرژی B_j: اثر مولتی‌آنزیم C_K: اثر امولسی‌فایرAB_{ij}: اثر متقابل انرژی و مولتی‌آنزیم AC_{ik}: اثر متقابل انرژی و امولسی‌فایرBC_{jk}: اثر متقابل مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایرABC_{ijk}: اثر متقابل انرژی، مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایرe_{ijkl}: خطای آزمایشی

[1]High-Density Lipoprotein
[2]Low-Density Lipoprotein
[3]Very-Low Density Lipoprotein

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های گوشتی (دوره‌های آغازین، رشد، پایانی)
Table 1. Ingredients and calculated nutrient composition of experimental diets (Starter, Grower, and Finisher)

پایانی (42- 25روزگی) Finisher (25-42 days)		رشد (24-11 روزگی) Grower (11-24 days)		آغازین (10- 1 روزگی) Starter (1-10 days)		
کاهش سطح انرژی Energy reduction	جیره پایه Basic diet	کاهش سطح انرژی Energy reduction	جیره پایه Basic diet	کاهش سطح انرژی Energy reduction	جیره پایه Basic diet	اجزای جیره (درصد) Components of diet (%)
51.03	48.67	52.05	49.67	50.37	51.46	ذرت Corn
21.55	21.99	28.89	29.35	31.72	31.52	کنجاله سویا Soybean meal
0.00	0.00	2.00	2.00	4.00	4.00	کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal
18.00	18.00	10.00	10.00	6.00	6.00	کنجاله کلزا Canola meal
5.96	7.89	3.00	4.93	1.50	2.27	روغن سویا Soybean oil
0.82	0.81	0.99	0.98	1.13	1.14	سنگ آهک Lime stone
1.37	1.37	1.60	1.60	1.86	1.86	دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate
0.23	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	نمک کلرید سدیم Sodium chloride
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	بیکربنات سدیم Sodium Bicarbonate
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	مکمل ویتامینه[1] Vitamin Supplement[1]
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	مکمل معدنی[2] Mineral supplement[2]
0.20	0.20	0.25	0.25	0.31	0.31	دی-ال متیونین DL-Methionine
0.15	0.14	0.24	0.22	0.39	0.40	ال-لیزین L-lysine
-	-	0.04	0.03	0.09	0.09	ال-ترئونین L-Threonine
-	-	-	-	1.67		ماسه شسته شده Washed sand
3000	3100	2900	3000	2800	2900	ترکیبات شیمیایی محاسبه شده انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح شده برای نیتروژن (کیلوکالری/ کیلوگرم) Apparent metabolizable energy corrected for (kcal/kg) nitrogen
18.89	18.89	20.79	20.79	22.21	22.21	پروتئین خام Crude Protein
0.77	0.77	0.84	0.84	0.93	0.93	کلسیم Calcium
0.38	0.38	0.42	0.42	0.46	0.46	فسفر قابل دسترس Available phosphorus
0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	سدیم Sodium
1.12	1.12	1.25	1.25	1.39	1.39	لیزین Lysine
0.88	0.88	0.96	0.96	1.04	1.04	متیونین + سیستین Methionine + Cystine
0.76	0.76	0.85	0.85	0.93	0.93	ترئونین Threonine

۱. مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره حاوی: ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۱۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۱ میلی‌گرم ویتامین k، ۰.۰۱۵ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۱ میلی‌گرم تیامین (B1)، ۵ میلی‌گرم ریبوفلاوین (B2)، ۳۰ میلی‌گرم نیاسین (B3)، ۱/۵ میلی‌گرم پیریدوکسین هیدروکلراید (B6)، ۱۰ میلی‌گرم پانتوتنیک اسید (B5)، ۰/۰۵ میلی‌گرم بیوتین (B8)، و ۱ میلی‌گرم اسید فولیک (B9) بود.

1. Vitamin supplement per kilogram of diet contained 10,000 international units of vitamin A, 2,000 international units of vitamin D3, 10 mg of vitamin E, 1 mg of vitamin K, 0.015 mg of vitamin B12, 1 mg of thiamine (B1), 5 mg of riboflavin (B2), 30 mg of niacin (B3), 1.5 mg of pyridoxine hydrochloride (B6), 10 mg of pantothenic acid (B5), 0.05 mg of biotin (B8), and 1 mg of folic acid (B9).

۲. مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره حاوی: ۱۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم روی، ۴۰ میلی‌گرم آهن، ۱۵ میلی‌گرم مس، ۰.۳۵ میلی‌گرم سلنیوم و ۱ میلی‌گرم ید بود. دو سطح مولتی‌آنزیم وموزایم (صفر و ۰/۰۱ درصد جیره) و دو سطح امولسی‌فایر لیزوفسفولیپید (صفر و ۰/۰۵ درصد جیره) مورد استفاده قرار گرفتند.

2. Mineral supplement per kg of diet contained 100 mg manganese, 100 mg zinc, 40 mg iron, 15 mg copper, 0.35 mg selenium, and 1 mg iodine. Two levels of multienzyme Vemozyme (0 and 0.01% of diet), and two levels of lysophospholipid emulsifier (0 and 0.05% of diet) were used.

نتایج و بحث

عملکرد (افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل)

جدول ۲ اثرات اصلی، اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی را بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این جدول، اثر سطوح انرژی جیره بر مصرف خوراک در دوره رشد معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بر این اساس، میزان مصرف خوراک در دوره رشد در جیره‌های با سطوح پایین انرژی بیشتر بود. اثر سطوح انرژی در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره بر افزایش وزن تاثیر معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۵$). بیشترین افزایش وزن مربوط به جیره‌های با سطوح انرژی توصیه شده بود. اثر استفاده از آنزیم در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره و اثر استفاده از امولسی‌فایر در دوره آغازین و کل دوره بر افزایش وزن معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره و جیره‌های حاوی امولسی‌فایر در دوره آغازین و کل دوره افزایش وزن بیشتری را نشان دادند. اثر سطوح انرژی بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بهترین ضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های با سطوح انرژی توصیه شده

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

به‌دست آمد. اثر استفاده از آنزیم بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بهترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم بود. اثر استفاده از امولسی‌فایر بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بهترین ضریب تبدیل خوراک با استفاده ازجیره‌های حاوی امولسی‌فایر به‌دست آمد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۲، اثرات متقابل سه‌جانبه سطح انرژی، آنزیم و امولسی‌فایر بر مصرف خوراک در هیچ یک از دوره‌های پرورش معنی‌دار نبود ($P > ۰/۰۵$). اثرات متقابل سه‌جانبه بر افزایش وزن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). اثرات متقابل سه‌جانبه سطح انرژی، آنزیم و امولسی‌فایر بر افزایش وزن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). در دوره رشد، استفاده از جیره با سطح انرژی توصیه‌شده با و بدون افزودن آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا با هر دو افزودنی افزایش وزن بیشتری در مقایسه با استفاده از جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون آنزیم و امولسی‌فایر و یا با آنزیم و یا با امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی نشان داد. در دوره پایانی، استفاده از جیره‌های با سطوح پایین انرژی و استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر در مقایسه با جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا استفاده از امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی تفاوتی در افزایش وزن نشان نداد. در کل دوره، استفاده از جیره‌های با سطوح انرژی توصیه شده با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی نسبت به جیره‌های با سطح پایین انرژی بدون افزودنی و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر یا هر دو افزودنی افزایش وزن بهتری را نشان داد. اثرات متقابل سطح انرژی، استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). در دوره آغازین، استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر در جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با جیره‌های با سطوح انرژی توصیه‌شده بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر و همچنین جیره‌های با سطوح پایین انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر شد. در دوره رشد، ضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با افزودن آنزیم یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی در مقایسه با جیره‌های با سطوح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی بهبود یافت. در دوره پایانی، تفاوتی در ضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های با سطوح پایین انرژی، حاوی آنزیم و امولسی‌فایر در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا با امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی مشاهده نشد. در کل دوره، استفاده از جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی و استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر ضریب تبدیل خوراک بهتری را در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون آنزیم و امولسی‌فایر و یا جیره‌های با سطوح پایین انرژی بدون افزودنی و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی نشان داد.

افزایش قابلیت هضم چربی می‌تواند موجب کاهش نیاز چربی و انرژی قابل متابولیسم درجیره جوجه‌های گوشتی شود و در نتیجه هزینه‌های تولید خوراک را کاهش دهد (Khonyoung *et al.,* 2015). استفاده از امولسی‌فایرهای برون‌زادی در جیره طیور می‌تواند بر محدودیت‌های فیزیولوژیکی دستگاه گوارش از نظر قابلیت هضم چربی‌ها و تا حدی دیگر مواد مغذی در طیور، به‌ویژه در پرندگان جوان تا اندازه‌ای موثر باشد (Vinado *et al.,* 2019). نتایج پژوهشی نشان دادند که استفاده از ۰/۱ درصد لیزوفسفولیپید به‌عنوان امولسی‌فایر در جیره‌های با کاهش سطح انرژی، موجب بهبود عملکرد رشد و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی شد (Boontiam *et al.,*2019). نتایج مطالعات دیگری نشان دادند که استفاده از آنزیم‌های مولتی کربوهیدرازی در جیره‌های طیور، مانند زایلاناز، بتاگلوکاناز و آرابینوفورانوزیداز، می‌تواند قابلیت هضم موادمغذی و سرعت رشد را بهبود بخشد (Cozannet *et al.,* 2017; Saleh *et al.,* 2019). محتوای بالای پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در دانه‌های غلات استفاده از آن‌ها را در خوراک طیور محدود می‌کند. پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول، مانند آرابینوزایلان‌ها و بتاگلوکان‌ها، دردانه‌های غلات موجب کاهش استفاده از موادمغذی می‌شوند و عملکرد رشد را در جوجه‌های گوشتی کاهش می‌دهند. اثر ضد تغذیه‌ای پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای به افزایش گرانروی محتویات گوارشی نسبت داده می‌شود (Wickramasuriya *et al.,* 2019). آنزیم‌های برون‌زادی با کاهش گرانروی محتویات گوارشی روده، از طریق تخریب پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای، دسترسی به مواد مغذی را بهبود می‌بخشند (Liu & Kim, 2017). آنزیم‌های کربوهیدرازی برونزادی نقش‌های مختلفی را در جیره‌های جوجه‌های گوشتی از جمله تخریب پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای دیواره سلولی، در دسترس قرار دادن مواد مغذی کپسوله شده، بهبود قابلیت استفاده از مواد مغذی، تعدیل گرانروی محتویات گوارشی در روده و افزایش سرعت عبور مواد هضمی دارند (Roofchaei *et al.,* 2019). در راستای نتایج پژوهش حاضر، در تحقیقی اثر استفاده از امولسی‌فایر لیزولسیتین و آنزیم مولتی‌کربوهیدرزای در جیره‌های کم انرژی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که استفاده از امولسی‌فایر و آنزیم مولتی‌کربوهیدرزای اثرات منفی تغذیه با جیره‌های کم‌انرژی را کاهش داد و عملکرد جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشید (Mohammadigheisar *et al.,* 2018).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

جدول ۲- اثرات اصلی، اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی برعملکرد جوجه‌های گوشتی

Table 2. Main effects, two, and three interaction effects of experimental treatments on the performance of broiler chicken

دوره آغازین (10-1 روزگی)			دوره رشد (24-11 روزگی)			دوره پایانی (42-25 روزگی)			کل دوره (42-1 روزگی)			
مصرف خوراک (گرم)	افزایش وزن(گرم)	ضریب تبدیل گرم/گرم	مصرف خوراک (گرم)	افزایش وزن(گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	مصرف خوراک (گرم)	افزایش وزن (گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	مصرف خوراک (گرم)	افزایش وزن(گرم)	ضریب تبدیل گرم/گرم	اثر سطح انرژی
201.20	201.85	0.99	1077.85^{b}	769.85^{a}	1.40^{b}	2994.15	1613.55^{a}	1.85^{b}	4273.20	2622.95^{a}	1.62^{b}	توصیه شده (Recommended)
203.05	199.95	1.01	1102.55^{a}	711.60^{b}	1.55^{a}	3012.10	1587.65^{b}	1.88^{a}	4303.95	2537.10^{b}	1.70^{a}	کاهش انرژی (Energy reduction)
0.4898	0.4769	0.2724	0.0129	0.0001	0.0001	0.7546	0.0005	0.0030	0.0563	0.0001	0.0001	P-value
1.872	1.866	0.011	6.628	3.965	0.010	9.420	4.742	0.007	10.978	4.964	0.004	SEM
												اثر سطح آنزیم (Enzyme level)
204.35	197.85^{b}	1.03^{a}	1092.75	731.65^{b}	1.49^{a}	3004.20	1598.80	1.87	4301.30	2566.15^{b}	1.67^{a}	0
199.90	203.95^{a}	0.98^{b}	1087.65	749.80^{a}	1.45^{b}	2988.30	1602.40	1.86	4275.85	2593.90^{a}	1.64^{b}	0.01
0.1026	0.0274	0.0028	0.5902	0.0028	0.0055	0.2414	0.5951	0.1833	0.1110	0.0004	0.0002	P-value
1.872	1.866	0.011	6.628	3.965	0.010	9.420	4.742	0.007	10.978	4.964	0.004	SEM
												اثر سطح امولسی‌فایر (Emulsifier level effect)
203.60	197.90^{b}	1.03^{a}	1091.20	736.00	1.48	3008.75	1593.85	1.88^{a}	4303.55	2565.50^{b}	1.67^{a}	0
200.65	203.90^{a}	0.98^{b}	1089.20	745.45	1.46	2983.75	1607.35	1.85^{b}	4273.60	2594.55^{a}	1.64^{b}	0.05
0.2735	0.0299	0.0107	0.8324	0.1017	0.1525	0.0697	0.0526	0.0046	0.0626	0.0002	0.0001	P-value
1.872	1.866	0.011	6.628	3.965	0.010	9.420	4.742	0.007	10.978	4.964	0.004	SEM
												اثرات متقابل انرژی× آنزیم (Interactions Energy × Enzyme)
203.10	199.80	1.01^{ab}	1079.70	765.00^{a}	1.41^{c}	2992.50	1612.70^{a}	1.85^{b}	4275/30	2615.30^{a}	1.63^{c}	توصیه شده×0 (Recommended×0)
199.30	203.90	0.97^{b}	1076.00	774.70^{a}	1.38^{c}	2995.80	1614.40^{a}	1.85^{b}	4271.10	2630.60^{a}	1.62^{c}	توصیه شده×0.01 (Recommended×0.01)
205.60	195.90	1.05^{a}	1105.80	698.30^{c}	1.58^{a}	3015.90	1584.90^{b}	1.90^{a}	4327.30	2517.00^{c}	1.71^{a}	کم انرژی× 0 (Low energy×0)
200.50	204.00	0.98^{b}	1099.30	724.90^{b}	1.51^{b}	2980.80	1590.40^{b}	1.87^{ab}	4280.60	2557.20^{b}	1.67^{b}	کم انرژی× 0.01 (Low energy×0.01)
0.3176	0.1252	0.01	0.0589	0.0001	0.0001	0.3409	0.0088	0.0260	0.0566	0.0001	0.0001	P-value
2.545	2.704	0.01	8.846	5.555	0.014	13.590	7.131	0.011	15.734	8.449	0.008	SEM
												اثرات متقابل انرژی×امولسی‌فایر (Interactions Energy × Emulsifier)
202.60	198.30	1.02	1079.10	763.30^{a}	1.41^{b}	3004.90	1610.90^{a}	1.86^{b}	4286/60	2610.10^{b}	1.64^{c}	توصیه شده× 0 (Recommended×0)
199.80	205.40	0.97	1076.60	776.40^{a}	1.38^{b}	2983.40	1616.20^{a}	1.84^{b}	4259/80	2635.80^{a}	1.61^{d}	توصیه شده×0.05 (Recommended×0.05)
204.60	197.50	1.03	1103.30	708.70^{b}	1.55^{a}	3012.60	1576.80^{b}	1.91^{a}	4320/50	2520.90^{d}	1.71^{a}	کم انرژی× 0 (Low energy×0)
201.50	202.40	0.99	1101.80	714.50^{b}	1.54^{a}	2984.10	1598.50^{a}	1.86^{b}	4287/40	2553.30^{c}	1.67^{b}	کم انرژی× 0.05 (Low energy×0.05)
0.6219	0.1587	0.0864	0.0675	0.0001	0.0001	0.3292	0.0009	0.0020	0.0800	0.0001	0.0001	P-value
2.607	2.725	0.018	8.883	6.256	0.016	13.574	6.662	0.011	15.902	8.564	0.008	SEM
												اثرات متقابل آنزیم ×امولسی‌فایر (Interactions Enzyme × Emulsifier)
205.90	194.30^{b}	1.06^{a}	1094.30	727.50	1.50	3011.30	1596.80	1.88^{a}	4311.50^{a}	2556.40	1.68^{a}	0×0
202.80	201.40^{ab}	1.00^{b}	1091.20	735.80	1.48	2997.10	1600.80	1.87^{ab}	4291.10^{ab}	2575.90	1.66^{ab}	0.05× 0
201.30	201.50^{ab}	0.99^{b}	1088.10	744.50	1.46	3006.20	1590.90	1.89^{a}	4295.60^{ab}	2574.60	1.66^{ab}	0 ×0.01
198.50	206.40^{a}	0.96^{b}	1087.20	755.10	1.44	2970.40	1613.90	1.84^{b}	4256.10^{b}	2613.20	1.62^{b}	0.05×0.01
0.2312	0.0179	0.0015	0.9541	0.3523	0.4206	0.1477	0.2223	0.0250	0.1166	0.1010	0.0290	P-value
2.518	2.548	0.016	9.752	11.161	0.028	13.222	11.660	0.011	16.090	15.951	0.013	SEM
												اثرات سطح انرژی ×آنزیم ×امولسی‌فایر (Level Effects Energy ×Enzyme × Emulsifier)
204.40	196.40	1.04^{ab}	1081.40	758.60^{a}	1.42^{c}	3005.20	1611.20^{abc}	1.86^{bc}	4291.00	2603.80^{bc}	1.64^{b}	توصیه شده×0 × 0 (Recommended×0×0)
200.80	200.20	1.00^{bc}	1076.80	768.00^{a}	1.40^{c}	3004.60	1610.60^{abc}	1.86^{bc}	4282.20	2616.40^{ab}	1.63^{bc}	توصیه شده ×0.01×0 (Recommended×0.01×0)
201.80	203.20	0.99^{bc}	1078.00	771.40^{a}	1.39^{c}	2979.80	1614.20^{ab}	1.84^{c}	4259.60	2626.80^{ab}	1.62^{bc}	توصیه شده×0× 0.05 (Recommended×0×0.05)
197.80	207.60	0.95^{c}	1075.20	781.40^{a}	1.37^{c}	2987.00	1618.20^{a}	1.84^{c}	4260.00	2644.80^{a}	1.61^{c}	توصیه شده×0.01× 0.05 (Recommended×0.01×0.05)
207.40	192.20	1.08^{a}	1107.20	696.40^{d}	1.58^{a}	3017.40	1582.40^{cd}	1.90^{ab}	4332.00	2509.00^{d}	1.72^{a}	کم انرژی× 0 × 0 (Low energy×0×0)
201.80	202.80	0.99^{bc}	1099.40	721.00^{bc}	1.52^{ab}	3007.80	1571.20^{d}	1.91^{a}	4309.00	2532.80^{d}	1.70^{a}	کم انرژی×0.01× 0 (Low energy×0.01×0)
203.80	199.60	1.02^{abc}	1104.40	700.20^{cd}	1.57^{a}	3014.40	1587.40^{bcd}	1.89^{ab}	4322.60	2525.00^{d}	1.71^{a}	کم انرژی× 0 × 0.05 (Low energy×0×0.05)
199.20	205.20	0.97^{bc}	1099.20	728.80^{b}	1.50^{b}	2953.80	1609.60^{abc}	1.83^{c}	4252.20	2581.60^{c}	1.64^{b}	کم انرژی ×0.01× 0.05 (Low energy×0.01×0.05)
0.7015	0.1332	0.0180	0.4195	0.0001	0.0001	0.2843	0.0076	0.0017	0.0985	0.0001	0.0001	P-value
3.744	3.732	0.023	13.256	7.931	0.020	18.840	9.484	0.014	21.957	9.928	0.009	SEM

$^{a-b}$تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$). SEM :خطای استاندارد میانگین

$^{a-d}$Means with different superscripts within the same column indicate significant differences (P < 0.05). SEM: Standard error of the mean

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

خصوصیات لاشه

جدول ۳ اثرات اصلی، اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه و وزن اندام‌های جوجه‌های گوشتی را در سن ۴۲ روزگی نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از این جدول نشان می‌دهند که اثر سطح انرژی بر درصد لاشه، سینه، چربی محوطه بطنی، سنگدان، کبد و قلب معنی‌دار است ($P < ۰/۰۵$). بیشترین درصد لاشه، سینه، چربی محوطه بطنی، سنگدان، کبد و قلب مربوط به استفاده از جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بود. اثر استفاده از آنزیم بر درصد لاشه، سینه، سنگدان و کبد معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بیشترین درصد لاشه و سینه مربوط به جیره‌های حاوی آنزیم بود در حالی‌که کمترین درصد سنگدان و کبد مربوط به استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم بود. اثر استفاده از امولسی‌فایر بر درصد لاشه، چربی محوطه بطنی، کبد و بورس فابرسیوس معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بیشترین درصد لاشه، کبد و بورس فابرسیوس مربوط به جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بود. کمترین درصد چربی محوطه بطنی مربوط به جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بود.

درصد لاشه، سینه، چربی محوطه بطنی، سنگدان،کبد و قلب مربوط به استفاده از جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بود. اثر استفاده از آنزیم بر درصد لاشه، سینه، سنگدان و کبد معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بیشترین درصد لاشه و سینه مربوط به جیره‌های حاوی آنزیم بود در حالی‌که کمترین درصد سنگدان و کبد مربوط به استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم بود. اثر استفاده از امولسی‌فایر بر درصد لاشه، چربی محوطه بطنی، کبد و بورس فابرسیوس معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). بیشترین درصد لاشه، کبد و بورس فابرسیوس مربوط به جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بود. کمترین درصد چربی محوطه بطنی مربوط به جیره های حاوی امولسی فایر بود.

جدول ۳- اثرات اصلی، اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه (درصدی از لاشه) و وزن اندام‌ها (درصدی از وزن بدن) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 3. Main effects, two, and three interaction effects of experimental treatments on carcass characteristics (percentage of carcass) and organ weight (the percentage of body weight) in broiler chickens at 42 days of age

بورس Bursa fabricii	پانکراس Pancreas	طحال Spleen	قلب Heart	کبد Liver	سنگدان Gizzard	چربی محوطه بطنی Abdominal fat	ران Thigh	سینه Breast	لاشه Carcass	اثر سطح انرژی (Energy level effect)
0.13	0.22	0.10	0.49^{a}	2.63^{a}	1.42^{a}	1.73^{a}	30.04	33.36^{a}	74.77^{a}	توصیه شده Recommended
0.12	0.22	0.09	0.47^{b}	2.46^{b}	1.31^{b}	1.58^{b}	29.42	32.26^{b}	73.78^{b}	کاهش انرژی Energy reduction
0.1649	0.0575	0.6277	0.0023	0.0001	0.0001	0.0001	0.0600	0.0037	0.0001	P-value
0.0008	0.0009	0.0007	0.004	0.009	0.006	0.013	0.223	0.247	0.311	SEM
										اثر سطح آنزیم Enzyme level
0.13	0.22	0.09	0.49	2.61^{a}	1.39^{a}	1.67	29.76	32.26^{b}	74.15^{b}	0
0.13	0.22	0.09	0.48	2.48^{b}	1.33^{b}	1.64	29.70	33.35^{a}	74.41^{a}	0.01
0.1004	0.1213	0.9648	0.0858	0.0001	0.0001	0.2018	0.8696	0.0039	0.0018	P-value
0.0008	0.0009	0.0007	0.004	0.009	0.006	0.013	0.223	0.247	0.311	SEM
										اثر سطح امولسی‌فایر Emulsifier level effect
0.13	0.22^{b}	0.09	0.49	2.49^{b}	1.36	1.72^{a}	29.47	33.06	74.00^{b}	0
0.13	0.23^{a}	0.09	0.48	2.59^{a}	1.37	1.59^{b}	29.99	32.56	74.55^{a}	0.05
0.4461	0.0001	0.9648	0.2277	0.0001	0.4963	0.0001	0.1139	0.1622	0.0001	P-value
0.0008	0.0009	0.0007	0.004	0.009	0.006	0.013	0.223	0.247	0.311	SEM
										اثرات متقابل انرژی× آنزیم Interactions Energy × Enzyme
0.13	0.22	0.09	0.50^{a}	2.70^{a}	1.46^{a}	1.76^{a}	30.08	32.52^{b}	74.59^{b}	توصیه شده×0 Recommended×0
0.13	0.22	0.10	0.48^{ab}	2.56^{b}	1.37^{b}	1.69^{a}	29.99	34.19^{a}	74.95^{a}	توصیه شده×0.01 Recommended×0.01
0.13	0.22	0.09	0.48^{b}	2.52^{b}	1.32^{c}	1.58^{b}	29.43	32.01^{b}	73.70^{c}	کم انرژی× 0 Low energy×0
0.13	0.22	0.09	0.47^{b}	2.39^{c}	1.29^{c}	1.59^{b}	29.41	32.51^{b}	73.87^{c}	کم انرژی × 0.01 Low energy×0.01
0.1491	0.3842	0.9438	0.0040	0.0001	0.0001	0.0020	0.2952	0.0010	0.0001	P-value
0.001	0.002	0.001	0.005	0.024	0.011	0.035	0.315	0.368	0.410	SEM
										اثرات متقابل انرژی ×امولسی‌فایر Interactions Energy × Emulsifier
0.13	0.22^{b}	0.10	0.50^{a}	2.55^{b}	1.42^{a}	1.84^{a}	29.96^{a}	33.72^{a}	74.46^{b}	توصیه شده× 0 Recommended×0
0.13	0.23^{a}	0.10	0.49^{ab}	2.71^{a}	1.42^{a}	1.61^{b}	30.11^{a}	32.99^{ab}	75.09^{a}	توصیه شده× 0.05 Recommended×0.05
0.13	0.22^{b}	0.09	0.47^{b}	2.44^{c}	1.30^{b}	1.60^{b}	28.99^{b}	^{b}32.39	73.55^{d}	کم‌انرژی× 0 Low energy×0
0.13	0.22^{ab}	0.09	0.47^{b}	2.47^{bc}	1.32^{b}	1.56^{b}	29.86^{a}	32.13^{b}	74.02^{c}	کم‌انرژی0.05× Low energy×0.05
0.7073	0.0011	0.9545	0.0108	0.0001	0.0001	0.0001	0.0482	0.0452	0.0001	P-value

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

بورس Bursa fabricii	پانکراس Pancreas	طحال Spleen	قلب Heart	کبد Liver	سنگدان Gizzard	چربی محوطه بطنی Abdominal fat	ران Thigh	سینه Breast	لاشه Carcass	اثر سطح انرژی (Energy level effect)
0.001	0.001	0.001	0.005	0.027	0.016	0.023	0.298	0.412	0.421	SEM
										اثرات متقابل آنزیم ×امولسی‌فایر Interactions Enzyme × Emulsifier
0.12^{c}	0.21^{c}	0.09	0.49	2.54^{b}	1.41^{a}	1.77^{a}	29.50	32.14^{b}	73.92^{b}	0×0
0.13^{b}	0.23^{a}	0.09	0.48	2.68^{a}	1.38^{a}	1.57^{c}	30.02	32.39^{b}	74.38^{ab}	0.05× 0
0.13^{a}	0.22^{b}	0.09	0.48	2.45^{b}	1.31^{b}	1.67^{ab}	29.45	33.98^{a}	74.09^{b}	0 ×0.01
0.13^{bc}	0.22^{b}	0.09	0.47	2.50^{b}	1.36^{ab}	1.61^{bc}	29.96	32.72^{b}	74.72^{a}	0.05× 0.01
0.0001	0.0001	0.9999	0.2999	0.0002	0.0147	0.0019	0.4690	0.0109	0.0185	P-value
0.001	0.001	0.001	0.006	0.033	0.021	0.035	0.320	0.394	0.480	SEM
										اثرات متقابل سطح انرژی و آنزیم و امولسی‌فایر Level Effects Energy ×Enzyme × Emulsifier
0.12^{d}	0.21^{c}	0.09	0.51^{a}	2.58^{b}	1.50^{a}	1.93^{a}	30.01	32.36^{b}	74.34^{cd}	توصیه شده×0 × 0 Recommended×0×0
0.14^{a}	0.22^{b}	0.10	0.49^{ab}	2.52^{c}	1.34^{c}	1.75^{b}	29.91	35.09^{a}	74.57^{bc}	توصیه‌شده ×0.01× 0 Recommended× 0.01×0
0.13^{abc}	0.23^{a}	0.10	0.50^{ab}	2.82^{a}	1.43^{b}	1.59^{cd}	30.15	32.67^{b}	74.85^{b}	توصیه شده×0× 0.05 Recommended ×0×0.05
0.13^{bcd}	0.22^{b}	0.10	0.48^{b}	2.60^{b}	1.40^{b}	1.64^{c}	30.08	33.30^{b}	75.32^{a}	توصیه‌شده×0.01×0.05 Recommended× 0.01×0.05
0.12^{d}	0.21^{c}	0.10	0.48^{b}	2.50^{c}	1.33^{c}	1.61^{cd}	28.98	31.91^{b}	73.49^{g}	کم انرژی× 0 × 0 Low energy×0×0
0.13^{ab}	0.22^{b}	0.09	0.47^{b}	2.38^{d}	1.28^{d}	1.60^{cd}	28.99	32.88^{b}	73.61^{fg}	کم انرژی×0.01 × 0 Low energy×0.01×0
0.13^{bcd}	0.22^{b}	0.09	0.47^{b}	2.54^{bc}	1.32^{c}	1.55^{d}	29.88	32.10^{b}	73.91^{ef}	کم‌انرژی× 0 × 0.05 Low energy×0×0.05
0.13^{cd}	0.22^{b}	0.09	0.47^{b}	2.41^{d}	1.31^{cd}	1.58^{cd}	29.84	32.15^{b}	74.12^{ed}	کم انرژی ×0.01×0.05 Low energy× 0.01×0.05
0.0001	0.0001	0.9994	0.0431	0.0001	0.0001	0.0001	0.3792	0.0019	0.0001	P-value
0.001	0.001	0.001	0.008	0.019	0.013	0.027	0.446	0.495	0.499	SEM

[a-b]تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه، معنی دار است (P < ۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین

[a-d] Means with different superscripts within the same column indicate significant differences (P < 0.05). SEM: Standard error of the mean

بر اساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۳، اثرات متقابل سه‌جانبه سطح انرژی، استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر بر درصد لاشه، سینه، چربی محوطه بطنی، سنگدان، کبد، قلب، پانکراس و بورس فابرسیوس معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). افزودن آنزیم و امولسی‌فایر به جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی سبب بهبود درصد لاشه در مقایسه با جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و همچنین جیره‌های با سطوح پایین انرژی بدون افزودنی و یا با افزودن آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی شد. افزودن آنزیم به جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی موجب بهبود درصد سینه در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با افزودن امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی و همچنین جیره‌های با سطوح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با افزودن آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی شد. استفاده از جیره‌های با سطوح انرژی توصیه‌شده بدون افزودنی سبب افزایش درصد چربی محوطه بطنی و سنگدان در مقایسه با جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی با افزودن آنزیم یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی و همچنین جیره‌های با سطوح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با افزودن آنزیم یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی شد. افزودن امولسی‌فایر به جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی موجب افزایش درصد کبد و پانکراس در مقایسه با جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا هر دو افزودنی و همچنین جیره‌های با سطوح پایین انرژی بدون افزودنی و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی شد. نتایج مطالعاتی نشان دادند که استفاده از امولسی‌فایرهای برون‌زادی در جیره‌های کم‌انرژی موجب بهبود در عملکرد رشد ،قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد لاشه شد. استفاده ازامولسی‌فایرها می‌تواند موجب بهبود متابولیسم چربی جیره شود (Wang *et al*., 2020; Zhao & Kim, 2017). رشد بدن و تولید لاشه بیشتر نه‌تنها تحت تأثیر انرژی جیره غذایی قرار می‌گیرد بلکه متابولیسم پیچیده سایر مواد مغذی مانند پروتئین و اسیدهای آمینه، که منابع اساسی برای رشد عضلانی هستند، نیز موثر هستند (Zhao & Kim, 2017). اثربخشی آنزیم‌های تخریب‌کننده پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در افزایش استفاده از مواد مغذی و انرژی در طیور به خوبی شناخته شده است و تا حد زیادی با کاهش گرانروی محتویات گوارشی از طریق تجزیه پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای مرتبط است (Liu & Kim, 2017). کبد محل اولیه سنتز اسیدهای چرب در طیور است (Xu *et al*., 2003). گزارش شده است که انرژی زیاد جیره می‌تواند باعث رسوب بیش از حد تری‌گلیسرید در کبد شود (Zaman *et al*., 2008). محوطه شکمی محل اصلی رسوب چربی در جوجه‌های گوشتی است (Luo *et al*., 2022). جیره غذایی با سطح بالای انرژی رسوب چربی را افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از پژوهشی نشان دادند که استفاده از جیره‌های با سطح بالای انرژی درصد چربی شکم را در ۴۲ روزگی افزایش داد (Ge *et al*., 2019).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

نتایج مطالعاتی نشان دادند که افزایش وزن نسبی کبد ممکن است مربوط به افزایش فعالیت‌های متابولیکی مربوط به بهبود قابلیت هضم چربی باشد (Upadhaya *et al*., 2018). همچنین، افزایش وزن پانکراس ممکن است به‌دلیل افزایش هیدرولیز چربی جیره غذایی باشد (Boontiam *et al*., 2017).

فراسنجه‌های خونی

جدول ۴ اثرات اصلی، اثرات دوجانبه و سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از این جدول نشان می‌دهند که اثر استفاده از جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بر غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* خون معنی‌دار بود (*P*<۰/۰۵). بیشترین غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* مربوط به جیره‌های با سطوح انرژی توصیه شده بود. اثر استفاده از جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بر غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* معنی‌دار بود (*P* < ۰/۰۵). کمترین غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* مربوط به جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بود.

جدول ۴- اثرات اصلی، اثرات دوجانبه و سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی (میلی‌گرم /دسی‌لیتر)

Table 4. Main effects, two, and three interaction effects of experimental treatments on blood parameters of broiler chickens at 42 days of age (mg/dL)

HDL	LDL	VLDL	کلسترول Cholesterol	تری گلیسرید Triglyceride	گلوکز Glucose	اثر سطح انرژی (Energy level effect)
59.89	60.33	9.02[a]	129.25	45.10[a]	231.05	توصیه شده (Recommended)
58.85	61.79	8.10[b]	128.75	40.50[b]	229.25	کاهش انرژی (Energy reduction)
0.2056	0.5036	0.0002	0.7872	0.0002	0.3771	P-value
0.568	1.525	0.151	1.299	0.757	1.421	SEM
						اثر سطح آنزیم (Enzyme level)
59.44	60.55	8.60	128.60	43.00	230.95	0
59.30	61.57	8.52	129.40	42.60	229.35	0.01
0.8629	0.6395	0.7113	0.6661	0.7113	0.4318	P-value
0.568	1.525	0.151	1.299	0.757	1.421	SEM
						اثر سطح امولسی‌فایر (Emulsifier level effect)
59.59	61.48	9.07[a]	130.15	45.35[a]	230.00	0
59.15	60.64	8.05[b]	127.85	40.25[b]	230.20	0.05
0.5937	0.6973	0.0001	0.2197	0.0001	0.9606	P-value
0.568	1.525	0.151	1.299	0.757	1.421	SEM
						اثرات متقابل انرژی× آنزیم Interactions Energy × Enzyme
59.93	61.19	9.08[a]	130.20	45.40[a]	232.00	توصیه شده× 0 (Recommended×0)
59.86	59.47	8.96[a]	128.30	44.80[a]	230.10	توصیه شده×0.01 (Recommended×0.01)
58.96	59.91	8.12[b]	127.00	40.60[b]	229.90	کم‌انرژی× 0 (Low energy×0)
58.75	63.66	8.08[b]	130.50	40.40[b]	228.60	کم‌انرژی × 0.01 (Low energy×0.01)
0.6014	0.4779	0.0286	0.4694	0.0286	0.6594	P-value
0.765	2.046	0.290	1.778	1.451	1.910	SEM
						اثرات متقابل انرژی ×امولسی‌فایر Interactions Energy × Emulsifier
60.30	60.61	9.68[a]	130.60	48.40[a]	230.70	توصیه شده× 0 (Recommended×0)
59.48	60.05	8.36[bc]	127.90	41.80[bc]	231.40	توصیه شده0.05× (Recommended×0.05)
58.87	62.36	8.46[b]	129.70	42.30[b]	229.50	کم‌انرژی × 0 Low energy×0
58.83	61.22	7.74[C]	127.80	38.70[c]	229.00	کم‌انرژی0.05× Low energy×0.05
0.4912	0.8806	0.0001	0.6267	0.0001	0.8080	P-value
0.759	2.098	0.230	1.797	1.152	1.927	SEM
						اثرات متقابل آنزیم ×امولسی‌فایر Interactions Enzyme × Emulsifier
59.55	60.76	9.38[a]	129.70	46.90[a]	231.40	0×0
59.34	60.33	7.82[c]	127.50	39.10[c]	230.50	0 × 0.05
59.63	62.20	8.76[ab]	130.60	43.80[ab]	228.80	0.01 ×0
58.97	60.94	8.28[bc]	128.20	41.40[bc]	229.90	0.05×0.01
0.9349	0.9320	0.0015	0.6103	0.0015	0.8106	P-value
0.780	2.100	0.266	1.795	1.331	1.927	SEM
						اثرات متقابل سطح انرژی و آنزیم و امولسی‌فایر Level Effects Energy ×Enzyme × Emulsifier
60.22	60.77	10.20[a]	131.20	51.00[a]	232.60	توصیه‌شده× 0 × 0 (Recommended×0×0)
60.39	60.44	9.16[b]	130.00	45.80[b]	228.80	توصیه‌شده ×0.01× 0 (Recommended×0.01×0)
59.63	61.60	7.96[cd]	129.20	39.80[cd]	231.40	توصیه‌شده×0× 0.05 (Recommended×0×0.05)
59.33	58.50	8.76[bc]	126.60	43.80[bc]	231.40	توصیه‌شده×0.01× 0.05 Recommended×0.01×0.05
58.87	60.76	8.56[bcd]	128.20	42.80[bcd]	230.20	کم‌انرژی× 0 × 0 (Low energy×0×0)
58.80	63.96	8.36[bcd]	131.20	41.80[bcd]	228.80	کم‌انرژی×0.01 × 0 (Low energy×0.01×0)
59.04	59.07	7.68[d]	125.80	38.40[d]	229.60	کم‌انرژی× 0 × 0.05 Low energy×0×0.05
58.62	63.37	7.80[cd]	129.80	39.00[cd]	228.40	کم‌انرژی × 0.01 × 0.05 Low energy×0.01×0.05
0.9344	0.9042	0.0001	0.7570	0.0001	0.9550	P-value
1.137	3.050	0.302	2.598	1.514	2.842	SEM

[a-b]تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است (P < ۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین

[-d] Means with different superscripts within the same column indicate significant differences (P < 0.05). SEM: Standard error of the mean

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

براساس نتایج به‌دست آمده از جدول۴، اثرات متقابل سه‌جانبه سطح انرژی، استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر بر غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* خون تاثیر معنی‌داری داشتند ($P < ۰/۰۵$). بیشترین غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* خون مربوط به جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر بود. استفاده از امولسی‌فایر در جیره‌های با سطوح توصیه‌شده انرژی موجب کاهش غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* خون نسبت به جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم شد. افزودن امولسی‌فایر به جیره‌های با سطح پایین انرژی، غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* خون کمتری را نسبت به جیره‌های با سطح توصیه‌شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم یا هر دو افزودنی نشان داد. امولسیون‌سازی می‌تواند سطح اسیدهای چرب آزاد و کلسترول را درپلاسما با کاهش ترشح مولکول‌های لیپوپروتئین در خون کاهش دهد (Jones *et al*., 1999).

قابلیت هضم

جدول ۵ اثرات اصلی، اثرات دوجانبه و سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم (ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام) را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر استفاده از آنزیم بر قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام اثر معنی‌داری دارد ($P < ۰/۰۵$). جیره‌های حاوی آنزیم، قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام بهتری را از خود نشان دادند. اثر استفاده از امولسی‌فایر بر قابلیت هضم پروتئین خام و چربی خام جیره تاثیر معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۵$). نتایج حاصل نشان دادند که استفاده از امولسی‌فایر در جیره قابلیت هضم پروتئین خام و چربی خام را بهبود بخشید. در راستای نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، نتایج تحقیقی نشان دادند که استفاده از آنزیم مولتی کربوهیدرازی به‌طور قابل توجهی قابلیت هضم ماده خشک، نشاسته، پروتئین‌خام و چربی‌خام را افزایش داد (Attia *et al*., 2021). این نتایج را می‌توان به اثر آنزیم در تخریب پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای دیواره سلولی و اجازه دسترسی آنزیم‌های گوارشی به مواد مغذی نسبت داد (Wickramasuriya *et al*., 2019). تجزیه کارآمد چربی پس از استفاده از امولسی‌فایر باعث بهبود تشکیل میسل و افزایش قرارگرفتن مواد مغذی در معرض آنزیم‌های درونزادی و برونزادی شد و مواد مغذی را مستعد هضم و جذب کرد (Cho *et al*., 2012). افزودن امولسی‌فایر احتمالاً دسترسی فیزیکی آنزیم به سوبسترا را به‌دلیل افزایش قابلیت هضم چربی تضمین می‌کند (Danicke *et al*., 1999).

جدول ۵- اثرات اصلی، اثرات دو جانبه و سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم (ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام) (٪)
Table 5. Main effects, two, and three interaction effects of experimental treatments on digestibility (Dry matter, Organic matter, Crude Protein, and Ether extract) in broilers (%)

چربی خام Crude fat	پروتئین خام Crude protein	ماده آلی (Organic matter)	ماده خشک (Dry matter)	اثر سطح انرژی (Energy level effect)
80.70	69.35	71.20	72.00	توصیه شده (Recommended)
81.95	69.90	70.80	71.35	کاهش انرژی (Energy reduction)
0.1777	0.5843	0.4502	0.5057	P-value
0.641	0.703	0.369	0.682	SEM
				اثر سطح آنزیم (Enzyme level)
80.35^{b}	68.45^{b}	70.20^{b}	70.90	0
82.30^{a}	70.80^{a}	71.80^{a}	72.45	0.01
0.0392	0.0244	0.0045	0.1183	P-value
0.641	0.703	0.369	0.682	SEM
				اثر سطح امولسی‌فایر (Emulsifier level effect)
80.15^{b}	68.60^{b}	70.95	70.85	0
82.50^{a}	70.65^{a}	71.05	72.50	0.05
0.0143	0.0476	0.8496	0.0972	P-value
0.641	0.703	0.369	0.682	SEM
				اثرات متقابل انرژی× آنزیم (Interactions Energy × Enzyme)
79.90	68.20	70.40^{bc}	71.60	توصیه‌شده× 0 (Recommended×0)
81.50	70.50	72.00^{a}	72.40	توصیه‌شده×0.01 (Recommended×0.01)
80.80	68.70	70.00^{c}	70.20	کم‌انرژی× 0 (Low energy×0)
83.10	71.10	71.60^{ab}	72.50	کم‌انرژی × 0.01 (Low energy×0.01)
0.1248	0.1428	0.0247	0.3109	P-value
0.945	1.004	0.507	0.955	SEM
				اثرات متقابل انرژی ×امولسی‌فایر Interactions Energy × Emulsifier
79.60	68.60	71.10	71.00	توصیه‌شده× 0 (Recommended×0)
81.80	70.10	71.30	73.00	توصیه‌شده× 0.05 (Recommended×0.05)
80.70	68.60	70.80	70.70	کم‌انرژی× 0 (Low energy×0)
83.20	71.20	70.70	72.00	کم‌انرژی× 0.05 (Low energy×0.05)
0.0544	0.2195	0.9074	0.3281	P-value
0.921	1.018	0/573	0.957	SEM

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

چربی خام Crude fat	پروتئین خام Crude protein	ماده آلی (Organic matter)	ماده خشک (Dry matter)	اثر سطح انرژی (Energy level effect)
				اثرات متقابل انزیم ×امولسی‌فایر Interactions Enzyme × Emulsifier
79.40^{b}	67.30^{b}	69.80^{b}	70.10	0×0
81.30^{ab}	69.60^{ab}	70.60^{ab}	71.70	0 × 0.05
80.90^{b}	69.90^{ab}	72.10^{a}	71.60	0.01×0
83.70^{a}	71.70^{a}	71.50^{a}	73.30	0.01× 0.05
0.0139	0.0219	0.0132	0.1351	P-value
0.884	0.947	0.498	0.930	SEM
				اثرات متقابل سطح انرژی و آنزیم و امولسی‌فایر Level Effects Energy ×Enzyme × Emulsifier
79.20	67.20	70.00	70.40	توصیه‌شده×0 × 0 (Recommended×0×0)
80.00	70.00	72.20	71.60	توصیه‌شده ×0.01× 0 (Recommended×0.01×0)
80.60	69.20	70.80	72.80	توصیه‌شده×0× 0.05 (Recommended ×0×0.05)
83.00	71.00	71.80	73.20	توصیه‌شده×0.01× 0.05 (Recommended×0.01×0.05)
79.60	67.40	69.60	69.80	کم‌انرژی× 0 × 0 (Low energy×0×0)
81.80	69.80	72.00	71.60	کم‌انرژی×0.01 × 0 (Low energy×0.01×0)
82.00	70.00	70.40	70.60	کم‌انرژی× 0 × 0.05 (Low energy×0×0.05)
84.40	72.40	71.20	73.40	کم‌انرژی ×0.01× 0.05 (Low energy×0.01×0.05)
0.0902	0.1997	0.1467	0.4585	P-value
1.282	1.407	0.739	1.365	SEM

[a-b]تفاوت میانگین‌ها در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است (P < ۰/۰۵). SEM : خطای استاندارد میانگین

[-d] Means with different superscripts within the same column indicate significant differences (P < 0.05). SEM: Standard error of the mean

براساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۵، اثرات متقابل سطح انرژی، استفاده از آنزیم و امولسی‌فایر بر قابلیت هضم (ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام) تاثیر معنی‌داری نداشتند (*P* > ۰/۰۵). نتایج این آزمایش نشان می‌دهند که استفاده از مولتی‌آنزیم وموزایم و امولسی‌فایر در جیره‌های حاوی کلزا با سطح انرژی پایین‌تر از مقدار توصیه‌شده در دوره پایانی، می‌تواند در بهبود ضریب تبدیل خوراک و قابلیت هضم پروتئین خام و چربی، همچنین کاهش غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* خون، موثر باشد. با کاهش ۱۰۰ کیلوکالری انرژی از مقدار انرژی توصیه‌شده در دوره‌های پایانی و رشد، حدود ۲ درصد از مقدار روغن جیره کاسته شد که این امر در کاهش هزینه جیره موثر بود. به حداقل رساندن هزینه‌های خوراک در پرورش طیور نیازمند پژوهش‌هایی در زمینه کاهش مصرف انرژی قابل متابولیسم وپروتئین‌خام بدون به خطر انداختن عملکرد یا سلامتی است. با توجه به افزایش مداوم قیمت مواد خوراکی و هزینه انرژی و پروتئین، نتایج به‌دست آمده استفاده از مولتی‌آنزیم کربوهیدرازی و امولسی‌فایر مورد استفاده در این پژوهش را در جیره‌های کم‌انرژی برای کاهش هزینه‌های تغذیه و در نتیجه افزایش سودآوری تایید می‌کنند. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده اثرات منابع و سطوح مختلف امولسی‌فایر و مولتی‌آنزیم بر عملکرد رشد و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گیرند.

References

Attia, G. A., Metwally, A. E., Beheiry, R. R., & Farahat, M. H. (2021). Effect of a multicarbohydrase supplementation to diets varying in metabolisable energy level on the performance, carcase traits, caecal microbiota, intestinal morphology, and nutrient digestibility in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *20*(1), 215-225. 10.1080/1828051X.2021.1875337

Bontempo, V., Comi, M., Jiang, X. R., Rebucci, R., Caprarulo, V., Giromini, C., & Baldi, A. (2018). Evaluation of a synthetic emulsifier product supplementation on broiler chicks. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 240, 157-164. 10.1016/j.anifeedsci.2018.04.010

Boontiam, W., Jung, B., & Kim, Y. Y. (2017). Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. *Poultry Science,* 96(3), 593-601.10.3382/ps/pew269

Boontiam, W., Hyun, Y. K., Jung, B., & Kim, Y. Y. (2019). Effects of lysophospholipid supplementation to reduced energy, crude protein, and amino acid diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood profiles in broiler chickens. *Poultry Science*, *98*(12), 6693-6701.10.3382/ps/pex005

Chesson, A. (2001). Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. *World's Poultry Science Journal*, *57*(3), 251-263. 10.1079/WPS20010018

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

Cho, J. H., Zhao, P., & Kim, I. H. (2012). Effects of emulsifier and multi-enzyme in different energydensitydiet on growth performance, blood profiles, and relative organ weight in broiler chickens. *Journal of Agricultural Science,* 4(10), 161- 168.10.5539/jas. v4n10p161

Choct, M., & Annison, G. (1992). Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science*, *33*(4), 821-834. 10.1080/00071669208417524

Cozannet, P., Kidd, M. T., Neto, R. M., & Geraert, P. A. (2017). Next-generation non-starch polysaccharide-degrading, multi-carbohydrase complex rich in xylanase and arabinofuranosidase to enhance broiler feed digestibility. *Poultry Science*, *96*(8), 2743-2750. 10.3382/ps/pex084

Danicke, S., Vahjen, W., Simon, O., &Jeroch, H. (1999). Effects of dietary fat type and xylanase supplementation to rye-based broiler diets on selected bacterial groups adhering to the intestinal epithelium. on transit time of feed, and on nutrient digestibility. *Poultry Science*, *78*(9), 1292-1299.10.1093/ps/78.9.1292

Fenton, T. W., & Fenton, M. (1979). An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science,* 59(3), 631-634. 10.4141/cjas79-081

Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry,* 18(6), 499-502. 10.1093/clinchem/18.6.499

Ge, X. K., Wang, A. A., Ying, Z. X., Zhang, L. G., Su, W. P., Cheng, K& Wang, T. (2019). Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. *Poultry Science,* 98(2), 887-895. 10.3382/ps/pey434

Husak, R. L., Sebranek, J. G., & Bregendahl, K. (2008). A survey of commercially available broilers marketed as organic, free-range, and conventional broilers for cooked meat yields, meat composition, and relative value. *Poultry Science*, *87*(11), 2367-2376.10.3382/ps.2007-00294

Jankowski, J., Lecewicz, A., Zdunczyk, Z., Juskiewicz, J., & Slominski, B. A. (2011). The effect of partial replacement of soyabean meal with sunflower meal on ileal adaptation, nutrient utilisation and growth performance of young turkeys. *British Poultry Science*, *52*(4), 456-465 10.1080/00071668.2011.602664

Jones, D. E., Feng, H., Mintz, K. J., &Augsten, R. A. (1999). Parameters affecting the thermal behaviour of emulsion explosives. *Thermochimica Acta,* 331(1), 37-44.10.1016/S0040-6031(98)00660-1

Khajali, F., & Slominski, B. A. (2012). Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry Science, 91*(10), 2564-2575. 10.3382/ps.2012-02332

Khonyoung, D., Yamauchi, K., & Suzuki, K. (2015). Influence of dietary fat sources and lysolecithin on growth performance, visceral organ size, and histological intestinal alteration in broiler chickens. *Livestock Science*, *176*, 111-120.10.1016/j.livsci.2015.03.011

Ko, H., Wang, J., Chiu, J. W. C., & Kim, W. K. (2023). Effects of metabolizable energy and emulsifier supplementation on growth performance, nutrient digestibility, body composition, and carcass yield in broilers. *Poultry Science,* 102(4), 102509.10.1016/j.psj.2023.102509

Liu, W. C., & Kim, I. H. (2017). Effects of dietary xylanase supplementation on performance and functional digestive parameters in broilers fed wheat-based diets. *Poultry Science*, *96*(3), 566-573. 10.3382/ps/pew258

Liu, X., Yoon, S. B., & Kim, I. H. (2020). Growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microbial counts, meat quality and organ weight on broilers fed with de-oiled lecithin emulsifier. *Animals*, *10*(3), 478.10.3390/ani10030478

Luo, N., Shu, J., Yuan, X., Jin, Y., Cui, H., Zhao, G., & Wen, J. (2022). Differential regulation of intramuscular fat and abdominal fat deposition in chickens. *BMC Genomics*, *23*(1), 308. 10.1186/s12864-022-08538-0

Mahagna, M., Nir, I., Larbier, M., &Nitsan, Z. (1995). Effect of age and exogenous amylase and protease on development of the digestive tract, pancreatic enzyme activities and digestibility of nutrients in young meat-type chicks. *Reproduction Nutrition Development,* 35(2), 201-212

Mohammadigheisar, M., Kim, H. S., & Kim, I. H. (2018). Effect of inclusion of lysolecithin or multi-enzyme in low energy diet of broiler chickens. Journal of Applied Animal Research, *46*(1), 1198-1201.10.1080/09712119.2018.1484358

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

Morgan, N., Choct, M., Toghyani, M., & Wu, S. (2018). Effects of dietary insoluble and soluble non-starch polysaccharides on performance and ileal and excreta moisture. In *29th Annual Australian Poultry Science Symposium* (p. 34).

Navarro, D. M. D. L., Bruininx, E. M. A. M., De Jong, L., & Stein, H. H. (2019). Effects of inclusion rate of high fiber dietary ingredients on apparent ileal, hindgut, and total tract digestibility of dry matter and nutrients in ingredients fed to growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *248*, 1-9. 10.1016/j.anifeedsci.2018.12.001

Niu, Y., Rogiewicz, A., Shi, L., Patterson, R., & Slominski, B. A. (2022). The effect of multi-carbohydrase preparations on non-starch polysaccharides degradation and growth performance of broiler chickens fed diets containing high inclusion level of canola meal. *Animal Feed Science and Technology*, *293*, 115450. 10.1016/j.anifeedsci.2022.115450

Qaisrani, S. N., Van Krimpen, M. M., Kwakkel, R. P., Verstegen, M. W. A., & Hendriks, W. H. (2015). Dietary factors affecting hindgut protein fermentation in broilers: a review. *World's Poultry Science Journal,* 71(1), 139-160.10.1017/S0043933915000124

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*, 1-21.10.1016/j.anifeedsci.2016.01.012

Ravindran, V., Hew, L. I., & Ravindran, G. (2004). Endogenous amino acid flow in the avian ileum: quantification using three techniques. *British Journal of Nutrition,* 92(2), 217-223.

Roofchaei, A., Rezaeipour, V., Vatandour, S., &Zaefarian, F. (2019). Influence of dietary carbohydrases, individually or in combination with phytase or an acidifier, on performance, gut morphology and microbial population in broiler chickens fed a wheat-based diet. *Animal Nutrition,* 5(1), 63-67. [In Persian]

Saleh, A. A., Kirrella, A. A., Abdo, S. E., Mousa, M. M., Badwi, N. A., Ebeid, T. A., ... & Mohamed, M. A. (2019). Effects of dietary xylanase and arabinofuranosidase combination on the growth performance, lipid peroxidation, blood constituents, and immune response of broilers fed low-energy diets. *Animals*, *9*(7), 467.

Tejeda, O.J, & Kim, W.K (2021). Role of dietary fiber in poultry nutrition. *Animals*, *11*(2), 461. 10.3390/ani11020461

Tiwari, U. P., Chen, H., Kim, S. W., & Jha, R. (2018). Supplemental effect of xylanase and mannanase on nutrient digestibility and gut health of nursery pigs studied using both in vivo and in vitro models. *Animal Feed Science and Technology,* 245, 77-90. 10.1016/j.anifeedsci.2018.07.002

Upadhaya, S. D., Lee, J. S., Jung, K. J., & Kim, I. H. (2018). Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poultry Science,* 97(1), 255-261.10.3382/ps/pex303

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*(11),5601-5612.10.3382/ps/pez318

Wang, J., Choi, H., & Kim, W. K. (2020). Effects of dietary energy level and 1, 3-diacylglycerol on growth performance and carcass yield in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, *29*(3), 665-672.10.1016/j.japr.2020.04.004

Wickramasuriya, S., Kim, E., Shin, T. K., Cho, H. M., Kim, B., Patterson, R & Heo, J. M. (2019). Multi-carbohydrase addition into a corn-soybean meal diet containing wheat and wheat by products to improve growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, *28*(2), 399-409.10.3382/japr/pfz002

Wickramasuriya, S. S., Macelline, S. P., Kim, E., Shin, T. K., Cho, H. M., Jayasena, D. D., & Heo, J. M. (2022). Exogenous emulsifiers and multi-enzyme combination improves growth performance of the young broiler chickens fed low energy diets containing vegetable oil. *Animal Bioscience*, *35*(10), 1585.10.5713/ab.22.0024

Xu, Z. R., Wang, M. Q., Mao, H. X., Zhan, X. A., & Hu, C. H. (2003). Effects of L-carnitine on growth performance, carcass composition, and metabolism of lipids in male broilers. *Poultry Science,* 82(3), 408-413.

Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., Cowieson, A., & Ravindran, V. (2019). Avian liver: the forgotten organ. *Animals*, *9*(2), 63.10.3390/ani9020063

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]

Zaman, Q. U., Mushtaq, T., Nawaz, H., Mirza, M. A., Mahmood, S., Ahmad, T., & Mushtaq, M. M. H. (2008). Effect of varying dietary energy and protein on broiler performance in hot climate. *Animal Feed Science and Technology,* 146(3-4), 302-312. 10.1016/j.anifeedsci.2008.01.006

Zhao, P. Y., & Kim, I. H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science, 96*(5), 1341-1347.10.3382/ps/pew469

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.66224/rap.2025.1476]