

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 Gazani¹, Mansour Rezaei² and Mohammad Kazemifard³

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



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



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 پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۲

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰
صفحه ۵۴ تا ۶۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: به دلیل بالا بودن 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 تأمین 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 و امولسی‌فایر 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 و موزایم (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 به مدت ۴۲ روز در سه دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی)، رشد (۱۱-۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵-۴۲ 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 در ضریب تبدیل خوراک با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر با سطوح پایین انرژی، حاوی آنزیم و امولسی‌فایر در مقایسه با جیره‌های با سطح توصیه شده انرژی بدون 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 بود. 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 تری‌گلیسرید 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 و موزایم 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

مقدمه

بیشترین هزینه جیره جوجه‌های گوشتی مربوط به تأمین انرژی و پروتئین است. به دلیل بالا بودن قیمت بالای منابع پروتئینی، بسیاری از پرورش دهندگان به دنبال منابع جایگزین پروتئینی هستند که ممکن است با هزینه کمتری در دسترس باشند. در اکثر کشورهای جهان، کنجاله سویا به عنوان 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، به دلیل 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 & Anison, 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. با این حال، پلی‌ساکاریدهای نامحلول ممکن است به عنوان 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 از امولسی‌فایرها 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 امواسی فایر 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). از این رو، افزودن امولسی‌فایرها به جیره‌های غذایی می‌تواند به هضم روغن‌ها و چربی‌ها کمک کند. مکمل کردن جیره غذایی جوجه‌های گوشتی با امولسی فایر می‌تواند باعث افزایش ریزش 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 امولسی فایر و مولتی آنزیم در جیره‌های حاوی ذرت، گندم، کنجاله سویا، روغن گیاهی و انرژی کمتر از سطح توصیه‌شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان دادند که استفاده از امولسی فایر و مولتی آنزیم 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 امولسی فایر بر عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، ترکیب بدن و عملکرد لاشه در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان دادند که کاهش ۱۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی متابولیسمی در جیره‌ها اثرات نامطلوبی بر عملکرد رشد و ویژگی‌های لاشه داشت، اما استفاده از مکمل امولسی فایر برونزادی عملکرد رشد و قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود بخشید (Ko et al., 2023). نتایج پژوهشی نشان دادند که استفاده از مولتی آنزیم کربوهیدرازی به طور 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 امولسی فایر و مولتی آنزیم 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 کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۲×۲، اثر دو سطح مولتی آنزیم و موزایم (صفر و ۰/۰۱ درصد) و دو سطح امولسی فایر (لیزوفسفولیپید شرکت دیبالیز) (صفر و ۰/۰۵ درصد) در جیره حاوی کنجاله کلزا با دو سطح انرژی (توصیه شده و ۱۰۰ کیلوکالری کمتر) در هشت تیمار با پنج تکرار (۲۰ قطعه جوجه در هر تکرار) و ۴۰ واحد آزمایشی (پن) به مدت ۴۲ روز پرورش داده شدند.

تیمارهای آزمایشی

خون‌گیری شد. نمونه‌های سرم پس از جداسازی (با دور سانتریفیوژ ۳۰۰۰ به مدت 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 با توجه به فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Friedewald et al., 1972).

$$VLDL = \frac{TG}{5} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$LDL = \text{Cholesterol} - (HDL + VLDL) \quad \text{رابطه (۲)}$$

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 قرار گرفت. 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:

$$\text{رابطه (۳)}$$

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

مدل آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

تیمارهای آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل $2 \times 2 \times 2$ با استفاده از نرم‌افزار آماری (*SAS2004*) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه دانکن (۱۹۵۵) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مقایسه شد. مدل آماری مورد استفاده در این آزمایش به این صورت بود:

$$\text{رابطه (۴)}$$

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

K: مقدار هر مشاهده μ : میانگین جامعه I: تکرار A_i : اثر انرژی B_j : اثر مولتی‌آنزیم C_k : اثر امولسی‌فایر AB_{ij} : اثر متقابل انرژی و مولتی‌آنزیم AC_{ik} : اثر متقابل انرژی و امولسی‌فایر BC_{jk} : اثر متقابل مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایر ABC_{ijk} : اثر متقابل انرژی، مولتی‌آنزیم و امولسی‌فایر e_{ijkl} : خطای 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 توصیه‌شده 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 به ترتیب 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 بتاماناز، زایلاناز، بتاگلوکاناز، و سلولاز شرکت وومو ۹۹، بلغارستان) و جیره‌های حاوی امولسی‌فایر حاوی ۵۰۰ گرم در تن (براساس توصیه تولیدکننده) لیزوفسفولیبید دیبالیز (شرکت طلوعی دارو) مکمل شدند.

صفاات 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 به دست 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 به صورت 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 به صورت درصدی از وزن لاشه ثبت گردید. وزن اجزای داخلی لاشه مانند قلب، سنگدان، کبد، پانکراس، طحال و بورس فابریسیوس اندازه‌گیری و به صورت درصدی از وزن زنده تعیین گردیدند (Ko et al., 2023).

فراسنجه‌های خونی

در پایان دوره پرورش، دو قطعه جوجه گوشتی از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و از ورید زیر بال آن‌ها

¹High-Density Lipoprotein

²Low-Density Lipoprotein

³Very-Low Density Lipoprotein

جدول ۱- ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی جوجه‌های گوشتی (دوره‌های آغازین، رشد، پایانی)

پایانی (25-42 روزگی) Finisher (25-42 days)		رشد (11-24 روزگی) Grower (11-24 days)		آغازین (1-10 روزگی) Starter (1-10 days)		اجزای جیره (درصد) Components of diet (%)
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	
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 ^۱ Vitamin Supplement ¹
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	مکمل معدنی ^۲ Mineral supplement ²
0.20	0.20	0.25	0.25	0.31	0.31	دی-آل متیونین DL-Methionine
0.15	0.14	0.24	0.22	0.39	0.40	آل-لیزین L-lysine
-	-	0.04	0.03	0.09	0.09	آل-تریونین 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	تریونین Threonine

۱. مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره حاوی: ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۱ میلی‌گرم ویتامین K، ۰.۰۱۵ میلی‌گرم ویتامین B₁₂، ۱ میلی‌گرم تیامین (B₁)، ۵ میلی‌گرم ریبوفلاوین (B₂)، ۳۰ میلی‌گرم نیاسین (B₃)، ۱/۵ میلی‌گرم پیریدوکسین هیدروکلراید (B₆)، ۱۰ میلی‌گرم پانتوتیک اسید (B₅)، ۰/۰۵ میلی‌گرم بیوتین (B₇)، و ۱ میلی‌گرم اسید فولیک (B₉) بود.

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.

۳. دو سطح مولتی آنزیم و موزایم (صفر و ۰/۰۱ درصد جیره) و دو سطح امولسی فایر لیزوفسفالوپلید (صفر و ۰/۰۵ درصد جیره) مورد استفاده قرار گرفتند. دو سطح مولتی آنزیم و موزایم (صفر و ۰/۰۱ درصد جیره) و دو سطح امولسی فایر لیزوفسفالوپلید (صفر و ۰/۰۵ درصد جیره) مورد استفاده قرار گرفتند. 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)

معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). 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 امولسی فایر در دوره آغازین و کل دوره بر افزایش وزن معنی‌دار بود ($P < 0.05$). استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره و جیره‌های حاوی امولسی فایر 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 ($P < 0.05$). بهترین ضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های با سطوح انرژی توصیه شده

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 ($P < 0.05$). 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

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 در جیره 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 ۰/۸ 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 مواد مغذی و سرعت رشد را بهبود بخشد (Cozannet et al., 2019; Saleh et al., 2017). 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، در دانه‌های غلات موجب کاهش استفاده از مواد مغذی 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 غیر نشاسته‌ای 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 مولتی کربوهیدرزی در جیره‌های کم انرژی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که استفاده از امولسی‌فایر و آنزیم مولتی کربوهیدرزی اثرات منفی تغذیه با جیره‌های کم انرژی را کاهش داد و عملکرد جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشید (Mohammadigheisar et al., 2018).

به‌دست آمد. اثر استفاده از آنزیم بر ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های آغازین، رشد و کل دوره معنی‌دار بود ($P < 0/05$). 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 ($P < 0/05$). بهترین ضریب تبدیل خوراک با استفاده از جیره‌های 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 ($P > 0/05$). اثرات متقابل سه‌جانبه بر افزایش وزن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ($P < 0/05$). اثرات متقابل سه‌جانبه سطح انرژی، آنزیم و امولسی‌فایر بر افزایش وزن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود ($P < 0/05$). 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 ($P < 0/05$). 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 سطوح توصیه‌شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی‌فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی‌فایر و یا هر دو افزودنی مشاهده

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

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

کل دوره (1-42 روزگی)		دوره پایانی (25-42 روزگی)			دوره رشد (11-24 روزگی)			دوره آغازین (1-10 روزگی)			اثر سطح انرژی	
ضریب تبدیل گرم/گرم	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	ضریب تبدیل (گرم/گرم)	افزایش وزن (گرم)	مصرف خوراک (گرم)	
1.62 ^b	2622.95 ^a	4273.20	1.85 ^b	1613.55 ^a	2994.15	1.40 ^b	769.85 ^a	1077.85 ^b	0.99	201.85	201.20	توصیه شده (Recommended)
1.70 ^a	2537.10 ^b	4303.95	1.88 ^a	1587.65 ^b	3012.10	1.55 ^a	711.60 ^b	1102.55 ^a	1.01	199.95	203.05	کاهش انرژی (Energy reduction)
0.0001	0.0001	0.0563	0.0030	0.0005	0.7546	0.0001	0.0001	0.0129	0.2724	0.4769	0.4898	P-value
0.004	4.964	10.978	0.007	4.742	9.420	0.010	3.965	6.628	0.011	1.866	1.872	SEM
اثر سطح آنزیم (Enzyme level)												
1.67 ^a	2566.15 ^b	4301.30	1.87	1598.80	3004.20	1.49 ^a	731.65 ^b	1092.75	1.03 ^a	197.85 ^b	204.35	0
1.64 ^b	2593.90 ^a	4275.85	1.86	1602.40	2988.30	1.45 ^b	749.80 ^a	1087.65	0.98 ^b	203.95 ^a	199.90	0.01
0.0002	0.0004	0.1110	0.1833	0.5951	0.2414	0.0055	0.0028	0.5902	0.0028	0.0274	0.1026	P-value
0.004	4.964	10.978	0.007	4.742	9.420	0.010	3.965	6.628	0.011	1.866	1.872	SEM
اثر سطح امولسی‌فایر (Emulsifier level effect)												
1.67 ^a	2565.50 ^b	4303.55	1.88 ^a	1593.85	3008.75	1.48	736.00	1091.20	1.03 ^a	197.90 ^b	203.60	0
1.64 ^b	2594.55 ^a	4273.60	1.85 ^b	1597.35	2983.75	1.46	745.45	1089.20	0.98 ^b	203.90 ^a	200.65	0.05
0.0001	0.0002	0.0626	0.0046	0.0526	0.0697	0.1525	0.1017	0.8324	0.0107	0.0299	0.2735	P-value
0.004	4.964	10.978	0.007	4.742	9.420	0.010	3.965	6.628	0.011	1.866	1.872	SEM
اثرات متقابل انرژی × آنزیم (Interactions Energy × Enzyme)												
1.63 ^c	2615.30 ^a	4275/30	1.85 ^b	1612.70 ^a	2992.50	1.41 ^c	765.00 ^a	1079.70	1.01 ^{ab}	199.80	203.10	توصیه شده × 0 (Recommended×0)
1.62 ^c	2630.60 ^a	4271.10	1.85 ^b	1614.40 ^a	2995.80	1.38 ^c	774.70 ^a	1076.00	0.97 ^b	203.90	199.30	توصیه شده × 0.01 (Recommended×0.01)
1.71 ^a	2517.00 ^c	4327.30	1.90 ^a	1584.90 ^b	3015.90	1.58 ^a	698.30 ^c	1105.80	1.05 ^a	195.90	205.60	کم انرژی × 0 (Low energy×0)
1.67 ^b	2557.20 ^b	4280.60	1.87 ^{ab}	1590.40 ^b	2980.80	1.51 ^b	724.90 ^b	1099.30	0.98 ^b	204.00	200.50	کم انرژی × 0.01 (Low energy×0.01)
0.0001	0.0001	0.0566	0.0260	0.0088	0.3409	0.0001	0.0001	0.0589	0.01	0.1252	0.3176	P-value
0.008	8.449	15.734	0.011	7.131	13.590	0.014	5.555	8.846	0.01	2.704	2.545	SEM
اثرات متقابل انرژی × امولسی‌فایر (Interactions Energy × Emulsifier)												
1.64 ^c	2610.10 ^b	4286/60	1.86 ^b	1610.90 ^a	3004.90	1.41 ^b	763.30 ^a	1079.10	1.02	198.30	202.60	توصیه شده × 0 (Recommended×0)
1.61 ^d	2635.80 ^a	4259/80	1.84 ^b	1616.20 ^a	2983.40	1.38 ^b	776.40 ^a	1076.60	0.97	205.40	199.80	توصیه شده × 0.05 (Recommended×0.05)
1.71 ^a	2520.90 ^d	4320/50	1.91 ^a	1576.80 ^b	3012.60	1.55 ^a	708.70 ^b	1103.30	1.03	197.50	204.60	کم انرژی × 0 (Low energy×0)
1.67 ^b	2553.30 ^c	4287/40	1.86 ^b	1598.50 ^a	2984.10	1.54 ^a	714.50 ^b	1101.80	0.99	202.40	201.50	کم انرژی × 0.05 (Low energy×0.05)
0.0001	0.0001	0.0800	0.0020	0.0009	0.3292	0.0001	0.0001	0.0675	0.0864	0.1587	0.6219	P-value
0.008	8.564	15.902	0.011	6.662	13.574	0.016	6.256	8.883	0.018	2.725	2.607	SEM
اثرات متقابل آنزیم × امولسی‌فایر (Interactions Enzyme × Emulsifier)												
1.68 ^a	2556.40	4311.50 ^a	1.88 ^a	1596.80	3011.30	1.50	727.50	1094.30	1.06 ^a	194.30 ^b	205.90	0×0
1.66 ^{ab}	2575.90	4291.10 ^{ab}	1.87 ^{ab}	1600.80	2997.10	1.48	735.80	1091.20	1.00 ^b	201.40 ^{ab}	202.80	0.05×0
1.66 ^{ab}	2574.60	4295.60 ^{ab}	1.89 ^a	1590.90	3006.20	1.46	744.50	1088.10	0.99 ^b	201.50 ^{ab}	201.30	0×0.01
1.62 ^b	2613.20	4256.10 ^b	1.84 ^b	1613.90	2970.40	1.44	755.10	1087.20	0.96 ^b	206.40 ^a	198.50	0.05×0.01
0.0290	0.1010	0.1166	0.0250	0.2223	0.1477	0.4206	0.3523	0.9541	0.0015	0.0179	0.2312	P-value
0.013	15.951	16.090	0.011	11.660	13.222	0.028	11.161	9.752	0.016	2.548	2.518	SEM
اثرات سطح انرژی × آنزیم × امولسی‌فایر (Level Effects Energy × Enzyme × Emulsifier)												
1.64 ^b	2603.80 ^{bc}	4291.00	1.86 ^{bc}	1611.20 ^{abc}	3005.20	1.42 ^c	758.60 ^a	1081.40	1.04 ^{ab}	196.40	204.40	توصیه شده × 0 × 0 (Recommended×0×0)
1.63 ^{bc}	2616.40 ^{ab}	4282.20	1.86 ^{bc}	1610.60 ^{abc}	3004.60	1.40 ^c	768.00 ^a	1076.80	1.00 ^{bc}	200.20	200.80	توصیه شده × 0.01 × 0 (Recommended×0.01×0)
1.62 ^{bc}	2626.80 ^{ab}	4259.60	1.84 ^c	1614.20 ^{ab}	2979.80	1.39 ^c	771.40 ^a	1078.00	0.99 ^{bc}	203.20	201.80	توصیه شده × 0 × 0.05 (Recommended×0×0.05)
1.61 ^c	2644.80 ^a	4260.00	1.84 ^c	1618.20 ^a	2987.00	1.37 ^c	781.40 ^a	1075.20	0.95 ^c	207.60	197.80	توصیه شده × 0.01 × 0.05 (Recommended×0.01×0.05)
1.72 ^a	2509.00 ^d	4332.00	1.90 ^{ab}	1582.40 ^{cd}	3017.40	1.58 ^a	696.40 ^d	1107.20	1.08 ^a	192.20	207.40	کم انرژی × 0 × 0 (Low energy×0×0)
1.70 ^a	2532.80 ^d	4309.00	1.91 ^a	1571.20 ^d	3007.80	1.52 ^{ab}	721.00 ^{bc}	1099.40	0.99 ^{bc}	202.80	201.80	کم انرژی × 0.01 × 0 (Low energy×0.01×0)
1.71 ^a	2525.00 ^d	4322.60	1.89 ^{ab}	1587.40 ^{bcd}	3014.40	1.57 ^a	700.20 ^{cd}	1104.40	1.02 ^{abc}	199.60	203.80	کم انرژی × 0 × 0.05 (Low energy×0×0.05)
1.64 ^b	2581.60 ^c	4252.20	1.83 ^c	1609.60 ^{abc}	2953.80	1.50 ^b	728.80 ^b	1099.20	0.97 ^{bc}	205.20	199.20	کم انرژی × 0.01 × 0.05 (Low energy×0.01×0.05)
0.0001	0.0001	0.0985	0.0017	0.0076	0.2843	0.0001	0.0001	0.4195	0.0180	0.1332	0.7015	P-value
0.009	9.928	21.957	0.014	9.484	18.840	0.020	7.931	13.256	0.023	3.732	3.744	SEM

^{a-b} تفاوت میانگین‌ها در هر ستون با حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < 0.05$). 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

خصوصیات لاشه

لاشه، چربی محوطه بطنی، کبد و بورس فابریسیوس معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بیشترین درصد لاشه، کبد و بورس فابریسیوس 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 ($P < 0.05$). بیشترین درصد لاشه و سینه مربوط به جیره‌های حاوی آنزیم بود در حالی که 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 فابریسیوس معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بیشترین درصد لاشه، کبد و بورس فابریسیوس مربوط به جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بود. کمترین درصد چربی محوطه بطنی مربوط به جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بود.

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 ($P < 0.05$). 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 ($P < 0.05$). بیشترین درصد لاشه و سینه مربوط به جیره‌های حاوی آنزیم بود در حالی که کمترین درصد سنگدان و کبد مربوط به استفاده از جیره‌های حاوی آنزیم بود. اثر استفاده از امولسی‌فایر بر درصد

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	32.39 ^b	73.55 ^d	کم انرژی × 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	کم انرژی × 0.05 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

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 × امولسی فایر 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 امولسی فایر 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}	توصیه شده × 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	توصیه شده × 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}	کم انرژی × 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 ^{cd}	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 میانگین ها در هر ستون با حروف نامشابه، معنی دار است ($P < 0.05$). 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

و یا هر دو افزودنی و همچنین جیره های با سطوح پایین انرژی بدون افزودنی و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی فایر و یا هر دو افزودنی شد. نتایج مطالعاتی نشان دادند که استفاده از امولسی فایرهای برون زادی در جیره های کم انرژی موجب بهبود در عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد لاشه شد. استفاده از امولسی فایرها می تواند موجب بهبود متابولیسم چربی جیره شود (Wang *et al.*, 2020; Zhao & Kim, 2017). رشد بدن و تولید لاشه بیشتر نه تنها تحت تاثیر انرژی جیره غذایی قرار می گیرد 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 آنزیم های تخریب کننده پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای در افزایش استفاده از مواد مغذی و انرژی در طیور به خوبی شناخته شده است و تا حد زیادی با کاهش گرانشی محتویات گوارشی از طریق تجزیه پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای 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 می تواند باعث رسوب بیش از حد تری گلیسیرید در کبد شود (Zaman *et al.*, 2008). محوطه شکمی محل اصلی رسوب چربی در جوجه های گوشتی است (Luo *et al.*, 2022). جیره غذایی با سطح بالای انرژی رسوب چربی را افزایش می دهد. نتایج حاصل از پژوهشی نشان دادند که استفاده از جیره های با سطح بالای انرژی در درصد چربی شکم را در ۴۲ روزگی افزایش داد (Ge *et al.*, 2019).

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۳، اثرات متقابل سه جانبه سطح انرژی، استفاده از آنزیم و امولسی فایر بر درصد لاشه، سینه، چربی محوطه بطنی، سنگدان، کبد، قلب، پانکراس و بورس فابریسیوس معنی دار بود ($P < 0.05$). افزودن آنزیم و امولسی فایر به جیره های با سطوح توصیه شده انرژی سبب بهبود درصد لاشه در مقایسه با جیره های با سطوح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی فایر و یا با استفاده از آنزیم و یا امولسی فایر و همچنین جیره های با سطوح پایین انرژی بدون افزودنی و یا با افزودن آنزیم و یا امولسی فایر و یا هر دو افزودنی شد. افزودن آنزیم به جیره های با سطوح توصیه شده انرژی موجب بهبود درصد سینه در مقایسه با جیره های با سطوح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی فایر و یا با افزودن آنزیم و امولسی فایر و یا هر دو افزودنی شد. استفاده از جیره های با سطوح انرژی توصیه شده بدون افزودنی سبب افزایش درصد چربی محوطه بطنی و سنگدان در مقایسه با جیره های با سطوح توصیه شده انرژی با افزودن آنزیم یا امولسی فایر و یا هر دو افزودنی و همچنین جیره های با سطوح پایین انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی فایر و یا با افزودن آنزیم یا امولسی فایر و یا هر دو افزودنی شد. افزودن امولسی فایر به جیره های با سطوح توصیه شده انرژی موجب افزایش درصد کبد و پانکراس در مقایسه با جیره های با سطوح توصیه شده انرژی بدون افزودن آنزیم و امولسی فایر و یا با استفاده از آنزیم

روزی 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 ($P < 0.05$). 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 ($P < 0.05$). کمترین غلظت تری‌گلیسرید و *VLDL* مربوط به جیره‌های حاوی امولسی‌فایر بود.

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 به دلیل 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

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

HDL	LDL	VLDL	کلسترول Cholesterol	تری‌گلیسرید 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 شده × 0.05 (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	کم‌انرژی × 0.05 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	توصیه شده × 0 × 0 (Recommended × 0 × 0)
60.39	60.44	9.16 ^b	130.00	45.80 ^b	228.80	توصیه شده × 0.01 × 0 (Recommended × 0.01 × 0)
59.63	61.60	7.96 ^{cd}	129.20	39.80 ^{cd}	231.40	توصیه شده × 0.05 × 0 (Recommended × 0.05 × 0)
59.33	58.50	8.76 ^{bc}	126.60	43.80 ^{bc}	231.40	توصیه شده × 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 یا حروف نامشابه، معنی‌دار است ($P < 0.05$). 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

استفاده از آنزیم بر قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام اثر معنی داری دارد ($P < 0.05$). جیره های حاوی آنزیم، قابلیت هضم ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام بهتری را از خود نشان دادند. اثر استفاده از امولسی فایر بر قابلیت هضم پروتئین خام و چربی خام جیره تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.05$). نتایج حاصل نشان دادند که استفاده از امولسی فایر در جیره قابلیت هضم پروتئین خام و چربی خام را بهبود بخشید. در راستای نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، نتایج تحقیقی نشان دادند که استفاده از آنزیم مولتی کربوهیدرازی به طور قابل توجهی قابلیت هضم ماده خشک، نشاسته، پروتئین خام و چربی خام را افزایش داد (Attia et al., 2021). این نتایج را می توان به اثر آنزیم در تخریب پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای دیواره سلولی و اجازه دسترسی آنزیم های گوارشی به مواد مغذی نسبت داد (Wickramasuriya et al., 2019). تجزیه کارآمد چربی پس از استفاده از امولسی فایر باعث بهبود تشکیل میسل و افزایش قرار گرفتن مواد مغذی در معرض آنزیم های درونزادی و برونزادی شد و مواد مغذی را مستعد هضم و جذب کرد (Cho et al., 2012). افزودن امولسی فایر احتمالاً دسترسی فیزیکی آنزیم به سوبسترا را به دلیل افزایش قابلیت هضم چربی تضمین می کند (Danicke et al., 1999).

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۴، اثرات متقابل سه جانبه سطح انرژی، استفاده از آنزیم و امولسی فایر بر غلظت تری گلیسرید و $VLDL$ خون تاثیر معنی داری داشتند ($P < 0.05$). بیشترین غلظت تری گلیسرید و $VLDL$ خون مربوط به جیره های با سطوح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی فایر بود. استفاده از امولسی فایر در جیره های با سطوح توصیه شده انرژی موجب کاهش غلظت تری گلیسرید و $VLDL$ خون نسبت به جیره های با سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی فایر و یا با استفاده از آنزیم شد. افزودن امولسی فایر به جیره های با سطح پایین انرژی، غلظت تری گلیسرید و $VLDL$ خون کمتری را نسبت به جیره های با سطح توصیه شده انرژی بدون استفاده از آنزیم و امولسی فایر و یا با استفاده از آنزیم یا هر دو افزودنی نشان داد. امولسیون سازی می تواند سطح اسیدهای چرب آزاد و کلسترول را در پلاسما با کاهش ترشح مولکول های لیپوپروتئین در خون کاهش دهد (Jones et al., 1999).

قابلیت هضم

جدول ۵ اثرات اصلی، اثرات دوجانبه و سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم (ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام) را نشان می دهد. بر اساس نتایج به دست آمده، اثر

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 امولسی فایر (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	توصیه شده × 0 (Recommended × 0)
81.50	70.50	72.00 ^a	72.40	توصیه شده × 0.01 (Recommended × 0.01)
80.80	68.70	70.00 ^c	70.20	کم انرژی × 0 (Low energy × 0)
83.10	71.10	71.60 ^{ab}	72.50	کم انرژی × 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 × امولسی فایر (Interactions Energy × Emulsifier)
79.60	68.60	71.10	71.00	توصیه شده × 0 (Recommended × 0)
81.80	70.10	71.30	73.00	توصیه شده × 0.05 (Recommended × 0.05)
80.70	68.60	70.80	70.70	کم انرژی × 0 (Low energy × 0)
83.20	71.20	70.70	72.00	کم انرژی × 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

چربی خام Crude fat	پروتئین خام Crude protein	ماده آلی (Organic matter)	ماده خشک (Dry matter)	اثر سطح انرژی (Energy level effect)
اثرات متقابل آنزیم × 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	توصیه شده × 0 × 0 (Recommended × 0 × 0)
80.00	70.00	72.20	71.60	توصیه شده × 0 × 0.01 (Recommended × 0.01 × 0)
80.60	69.20	70.80	72.80	توصیه شده × 0 × 0.05 (Recommended × 0 × 0.05)
83.00	71.00	71.80	73.20	توصیه شده × 0.01 × 0.05 (Recommended × 0.01 × 0.05)
79.60	67.40	69.60	69.80	کم انرژی × 0 × 0 (Low energy × 0 × 0)
81.80	69.80	72.00	71.60	کم انرژی × 0 × 0.01 (Low energy × 0.01 × 0)
82.00	70.00	70.40	70.60	کم انرژی × 0 × 0.05 (Low energy × 0 × 0.05)
84.40	72.40	71.20	73.40	کم انرژی × 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 ($P < 0.05$). 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

موثر بود. به حداقل رساندن هزینه‌های خوراک در پرورش طیور نیازمند پژوهش‌هایی در زمینه کاهش مصرف انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام 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 مولتی آنزیم 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 مولتی آنزیم بر عملکرد رشد و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گیرند.

بر اساس 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 ($P > 0.05$). نتایج این آزمایش نشان می‌دهند که استفاده از مولتی آنزیم و موزایم 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 تری‌گلیسیرید 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

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, carcass 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

- Cho, J. H., Zhao, P., & Kim, I. H. (2012). Effects of emulsifier and multi-enzyme in different energy density diet 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., Juskiwicz, 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

- 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., Rezaei-pour, 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

- 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